



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

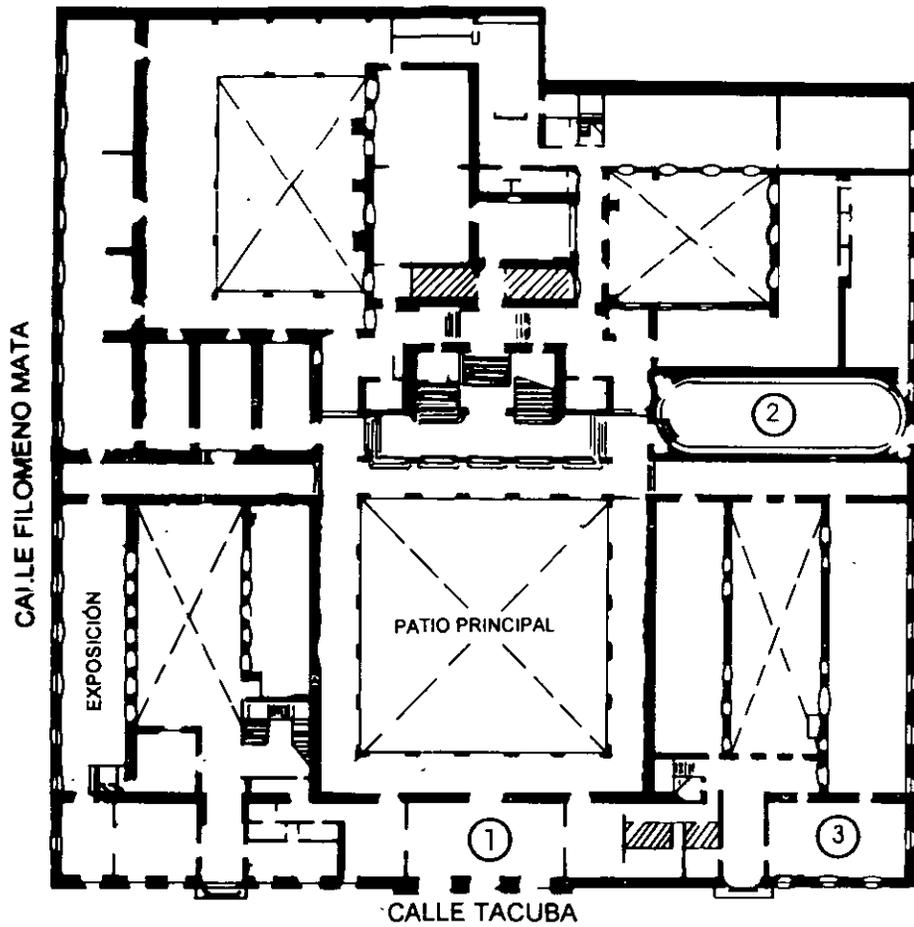
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

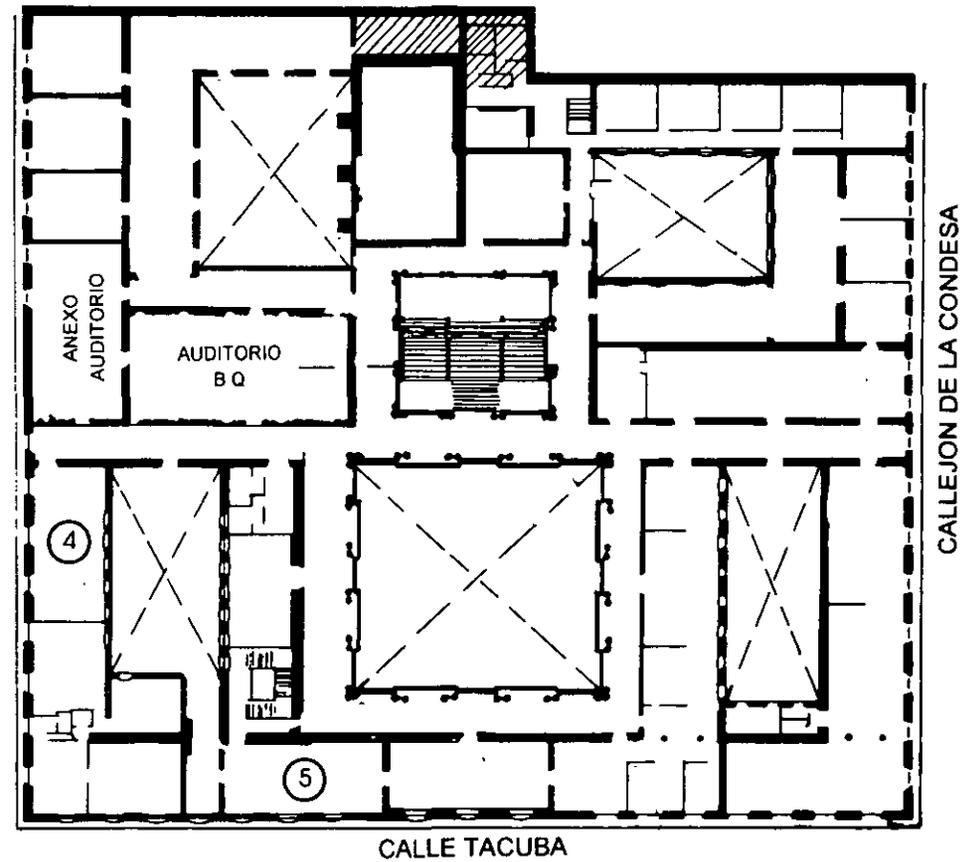
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente  
División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

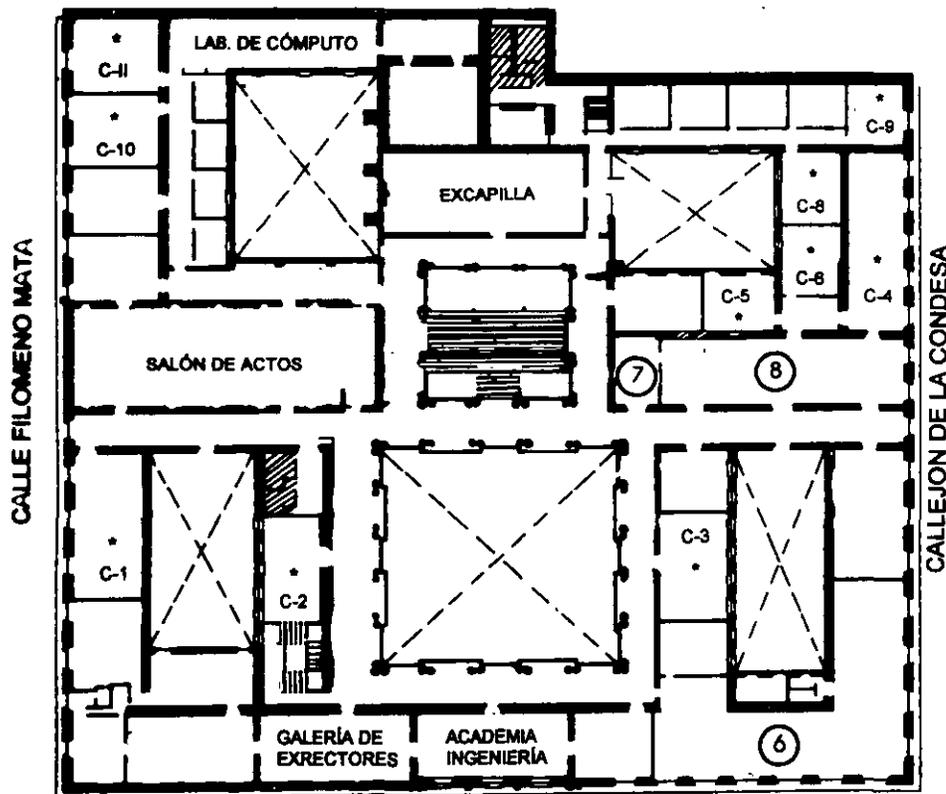


**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

# PALACIO DE MINERÍA



**1er. PISO**

CALLE TACUBA

## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
  2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
  3. LIBRERÍA UNAM
  4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN  
"ING. BRUNO MASCANZONI"
  5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
  6. OFICINAS GENERALES
  7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
  8. SALA DE DESCANSO
- SANITARIOS
- \* AULAS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**INTRODUCCIÓN**

**EXPOSITOR: M. en C. RAÚL VICENTE OROZCO SANTOYO**

**PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **INTRODUCCION**

M.I. RAUL VICENTE OROZCO SANTOYO

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**MODELOS DE JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

**EXPOSITOR: M. en I. OSCAR DE BUEN RICHKARDAY**

**PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **MODELOS DE JUSTIFICACION ECONOMICA**

M.I. OSCAR DE BUEN RICHKARDAY

MODULO I  
PLANEACION DE CARRETERAS

MAYO, 1998.

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **ALTERNATIVAS DE SOLUCION**

M.I. OSCAR DE BUEN RICHKARDAY

MODULO I  
PLANEACION DE CARRETERAS

MAYO, 1998.

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **ESTUDIOS DE GRAN VISION**

M.I. OSCAR DE BUEN RICHKARDAY

MODULO I  
PLANEACION DE CARRETERAS

MAYO, 1998.

## I. FUNDAMENTOS PARA LA EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS<sup>1</sup>

La evaluación social de proyectos consiste en comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad (bienestar social de la comunidad).

Es claro que el bienestar social de la comunidad dependerá de la cantidad de bienes y servicios disponibles (ingreso nacional), de la cantidad relativa de bienes y servicios recibidos por cada uno de los miembros que la componen (distribución personal de ese ingreso nacional); de las libertades políticas, del respeto al derecho de la propiedad; de la movilidad social; de la composición y monto de la inversión extranjera, y de otros factores que pudieran enumerarse. Desde el punto de vista "restringido" del economista, la evaluación social de proyectos se limita a considerar solamente el efecto que el proyecto tiene sobre el monto y la distribución del ingreso nacional a lo largo del tiempo.

En términos del monto del ingreso nacional, los beneficios sociales anuales (brutos) del proyecto se miden por el aumento que dicho proyecto provoca en el ingreso nacional; los costos, por el ingreso nacional sacrificado (alternativo) por el hecho de haber efectuado este proyecto en lugar de otro (que es su mejor alternativa). Es así que el proyecto será rentable en la medida que el ingreso nacional generado por éste sea mayor (o por lo menos igual) que aquel que se hubiera obtenido de ejecutar el mejor proyecto alternativo.

Se puede establecer que los resultados de la evaluación social de un proyecto diferirá de los de una evaluación privada (evaluación desde el punto de vista del inversionista) si acaso los precios y costo de capital sociales difieren de sus correspondientes valores privados.

Existen grupos de proyectos donde el precio privado de los bienes o servicios que producen (precios de mercado) son significativamente distintos de sus precios sociales. Este es el caso de los bienes públicos, donde el precio privado es como norma igual-a cero; el de servicios que proveen proyectos tales como defensa nacional, algunas carreteras, calles y otros proyectos en que es difícil obtener una recaudación de quienes utilizan los bienes o servicios generados, y el caso de bienes que la sociedad de alguna forma ha decidido "objetar" (opio, heroína) o bien "fomentar" (parques nacionales, vacunaciones, educación primaria). Es

---

<sup>1</sup>Extracto del capítulo V del libro "Evaluación Social de Proyectos" de Ernesto R. Fontaine Ediciones Universidad Católica, décima edición, Santiago de Chile.

claro que en estos casos el inversionista privado, motivado por la evaluación privada del proyecto, tomará acciones que pueden estar reñidas con el interés social: no querrá construir carreteras, ni conservar parques nacionales.

Las imperfecciones del mercado de bienes y servicios, provenientes de situaciones de monopolio y monopsonio, especialmente en los países latinoamericanos, constituyen otra razón para que la evaluación social de un proyecto pueda arrojar resultados diferentes y aun contradictorios a los que se obtienen de su evaluación privada y, por lo tanto, llevar a inversiones privadas subóptimas.

Existen una serie de disposiciones legales (impuestos y subsidios, cuotas, prohibiciones, etc.), que también conducen a que los precios de productos e insumos en el mercado difieran de sus "verdaderos valores" -tal es el caso, por ejemplo, de las tarifas aduaneras o exenciones tributarias que vienen a hacer muy rentables para el empresario actividades que pueden no ser rentables desde el punto de vista del país en su conjunto-. Las restricciones e incentivos al comercio exterior, además de introducir distorsiones en los precios de los bienes afectados, normalmente conducen a que el precio de mercado de las divisas difiera de su verdadero valor o costo para el país, con lo que la rentabilidad privada de los proyectos relacionados con bienes y servicios internacionales (exportables e importables) diferirá de su correspondiente rentabilidad social.

La evaluación social de un proyecto puede también diferir de su correspondiente evaluación privada debido a que éste puede generar los llamados beneficios y costos sociales indirectos. Tal es el caso del descongestionamiento del tráfico urbano de superficie que conlleva la construcción de un metro subterráneo; el costo de contaminación ambiental que tiene una planta de celulosa que arroja desperdicios a un río; o bien el caso de un proyecto hidroeléctrico que al desviar las aguas de un afluente disminuye las captaciones subterráneas.

Por último, la evaluación social de proyectos puede contemplar y considerar la existencia de beneficios o costos intangibles -no medibles, ya sea porque no es posible el concepto mismo o bien porque no es posible valorar el costo o beneficio implícito (redistribución geográfica del ingreso). Dentro de los intangibles se incluyen los efectos que el proyecto tiene sobre aquellas otras cosas que razonablemente contempla la función social de bienestar de una comunidad; entre ellas, factores políticos, distribución geográfica de la población, distribución geográfica del ingreso, población en estado de extrema pobreza, etc.

Es claro que las inversiones privadas pueden tener rentabilidades sociales muy distintas de las que obtienen los inversionistas privados. Si la sociedad desea que la inversión privada, que se moviliza en función de la rentabilidad que espera

obtener para sí, tenga el mayor impacto posible sobre el bienestar económico de esa sociedad, debe buscar los medios para que la rentabilidad social de los inversionistas se refleje adecuadamente en su rentabilidad privada.

Para ello deben tomarse medidas tendientes a que los precios de mercado no mientan, deben aplicarse políticas económicas que conduzcan a que los precios de mercado de productos e insumos reflejen fielmente sus verdaderos precios (valores y costos) sociales. Por otra parte, deberán incentivarse aquellas actividades que generen beneficios indirectos y externalidades positivas, en especial si acaso es cierto que el sector no las llevaría a cabo sin dichos incentivos.

## 1. La Evaluación Social y el Crecimiento Económico

Hasta hace pocos años, el crecimiento económico se atribuía principalmente a la inversión total realizada por el país; de ahí que todo el énfasis de las recomendaciones al respecto estaba colocado en hacer esfuerzos para aumentar el nivel de la inversión a través de un mayor ahorro interno y externo. No se daba mucha importancia a la composición de esa inversión y se desestimaba el aporte que podía realizar el factor trabajo.

Desde mediados de la década de los sesenta se han hecho una serie de investigaciones para explicar el crecimiento económico (el crecimiento del ingreso nacional) de los países en función de un modelo más realista y completo. En esencia, este modelo dice que el ingreso nacional crece como consecuencia del crecimiento del acervo de capital y de trabajadores efectivamente utilizados en el país; es decir, crece como resultado de que el país acumula capital a través de tener inversión neta positiva y como resultado de que aumenta el número de personas productivamente empleadas.

Las investigaciones más recientes han desagregado este modelo, distinguiendo entre inversiones que se realizan en bienes físicos y en seres humanos, además de distinguir entre las que se realizan en distintos sectores de la economía.

Si tenemos un país que invierte el 15% de su ingreso nacional y en donde la productividad de la inversión es en promedio 10%; con esto, el país estaría creciendo al 1.5% ( $0.15 \times 0.10$ ) como resultado de su esfuerzo de inversión. Si en estas circunstancias, el empleo nacional crece el 3% y el factor trabajo participa con un 60% del producto, el crecimiento atribuible al factor trabajo sería de 1.8%, es decir, nuestro modelo indicaría que el país crece al 3.3% por año: 1.5% debido a la acumulación de capital y 1.8% debido al mayor empleo nacional.

Veamos ahora con más detalle la parte referida a inversiones. Supongamos, que sólo hay tres sectores. Estos reciben el 10%, 30% y 60% de la inversión total del país; es decir, el país invierte el 1.5%, 4.5% y el 9% de su ingreso, respectivamente, en estos tres sectores. Para una rentabilidad promedio de 10% para la inversión, puede darse el caso que la rentabilidad en cada uno de los sectores es 40%, 10% y 5%. Para estos datos se tiene que la tasa de crecimiento ( $T_c$ ) es:

$$T_c = 0.015 \times 0.40 + 0.045 \times 0.1 + 0.09 \times 0.05$$

$$T_c = 0.015 = 1.5\%$$

Se obtiene que la contribución del proceso de inversión al crecimiento es de 1.5% por año. ¿Cómo aumentar esta contribución?. Obviamente, podrá aumentarse mediante un aumento del esfuerzo de inversión total -la visión más tradicional al problema del crecimiento-. El esfuerzo de inversión deberá necesariamente exigir un aumento del ahorro nacional o bien un aumento de la deuda externa, no siempre fácil de hacer.

Además, se podrá aumentar la contribución por medio de una reasignación de las inversiones desde los sectores donde rinde sólo un 5% hacia los sectores donde rinde 40% y 10%. Por ejemplo, si se detienen o eliminan los proyectos que rinden sólo 5% y se destinan esos fondos a los sectores más productivos -de manera que se elimina el sector que rinde 5% y los otros dos se llevan cada uno 50% del presupuesto de inversión- la contribución de la inversión al crecimiento puede elevarse hasta 3.75%.

$$T_c = (0.5 \times 0.15)(0.4) + (0.5 \times 0.15)(0.1)$$

$$T_c = 0.0375 = 3.75\%$$

En el caso de que sólo puede hacerse un cambio menos drástico en la composición de la inversión -aumentar desde un 10% al 20% las cantidades que se invierten en el sector que rinde 40% y aumentar desde 30% al 70% la cantidad que se invierte en el sector que rinde el 10%, dejando sólo un 10% en proyectos con rentabilidades del 5%- la contribución al ingreso nacional podría aumentarse a 2.325%. Para obtener este mismo crecimiento por medio de mayores inversiones, deberá aumentarse el esfuerzo de ahorro interno y externo del país desde el 15% al 23.25% del producto nacional, algo verdaderamente difícil de lograr.

Con este ejercicio se ha querido mostrar cómo es que una reasignación de los escasos fondos de inversión puede conducir, con menor sacrificio, a mayores tasas de crecimiento. Por desgracia, este simple hecho no ha sido

suficientemente destacado hasta ahora. Para reasignar los recursos disponibles del sector público será necesario, primero, tener mayor información sobre las verdaderas rentabilidades de los proyectos y, segundo, idear mecanismos que conduzcan a una programación de las inversiones que tome más en cuenta dichas rentabilidades.

## **2. La evaluación Social y la Programación de Inversiones**

No se puede negar el hecho de que en la mayoría de los países las asignaciones del presupuesto de capital a las distintas secretarías y dependencias públicas poco tienen que ver con la calidad de los proyectos que tienen en ejecución o en cartera; que la necesidad de gastar ese presupuesto muchas veces lleva a que algunas entidades ejecuten proyectos de escasa o negativa rentabilidad social y que la falta de presupuesto obliga a otras a tener que postergar la ejecución de proyectos de alta rentabilidad social.

Nadie puede negar el hecho de que las rentabilidades sociales de los proyectos marginales ejecutados por cada dependencia deben ser en extremo diferentes, de modo que una reasignación del presupuesto de capital resultará con plena seguridad, en un aumento de la contribución que la inversión pública hace al crecimiento económico.

Por otra parte, tampoco hay duda de que en la medida que las asignaciones presupuestarias dependan en parte de la cantidad de proyectos que estén adecuadamente preparados y la disponibilidad de créditos externos dependa muy fundamentalmente de ello, algunas dependencias ven disminuidas sus posibilidades de obtener fondos, no porque no haya buenas oportunidades de inversión, sino porque no tienen los equipos de técnicos requeridos para adecuadamente identificarlas y preparar y evaluar los proyectos correspondientes. Es decir, con toda probabilidad ha de ser alta la rentabilidad social de formar equipos de técnicos capaces de identificar y preparar proyectos en todas las entidades del sector público.

Por último, debe reconocerse que es prácticamente imposible parar la realización de un proyecto de inversión una vez que se haya terminado su estudio de factibilidad, ya que serán muchos los compromisos que se adquieren y las expectativas de ganancias que surgen con motivo de ese estudio.

Si es que en verdad se desea influir sobre la calidad de los proyectos que finalmente se incluirán en el programa de inversiones públicas, deberá establecerse un mecanismo de mayor control a nivel de estudio de prefactibilidad o de perfil. En función de estos estudios podrán eliminarse sin

mayores dificultades los proyectos "malos" y fijar claros términos de referencia para la elaboración de los estudios de factibilidad y diseño de sólo aquellos que parecen prometedores.

### **3. Principios Generales para la Estimación de Costos y Beneficios atribuibles a un Proyecto**

- Los beneficios que ocurren en la situación con proyecto pero que no ocurren en la situación sin proyecto optimizada son los beneficios atribuibles al proyecto, y lo mismo sucede con los costos.
- Se computa como costo de usar un insumo, el valor que se pierde por usar el insumo en el proyecto en lugar de usarlo en la mejor alternativa posible fuera del proyecto (costo alternativo).
- El valor asignable a un beneficio no puede ser mayor que el menor costo de obtener el mismo beneficio por una vía alternativa.
- El valor asignable a un costo no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo por una vía alternativa.

## II. PROYECTOS DE CARRETERAS

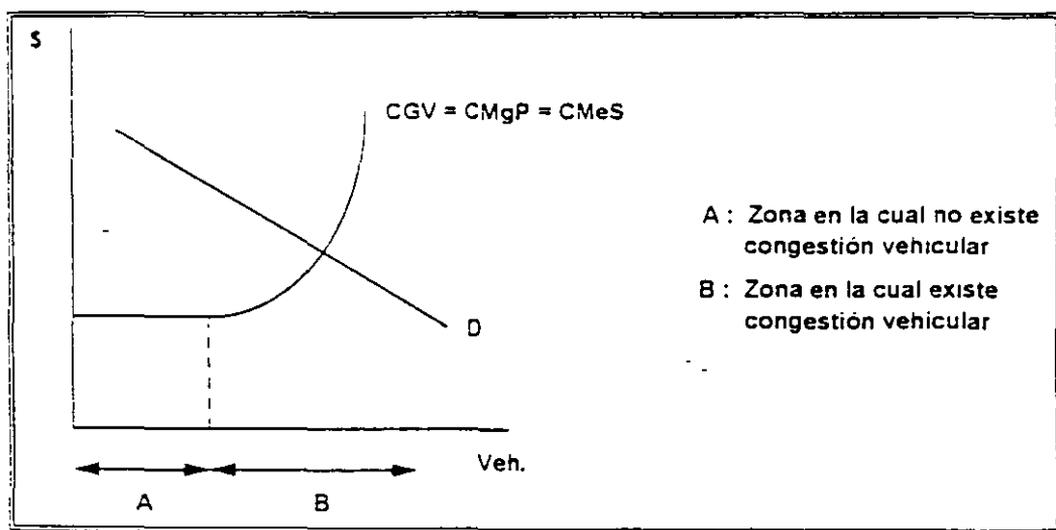
La evaluación socioeconómica de un proyecto de carreteras consiste en la identificación, medición y valoración de todos los costos y beneficios asociados a la construcción, mantenimiento y uso de la ruta para las situaciones con y sin proyecto.

El costo en que incurren los usuarios de una carretera se denomina costo generalizado de viaje, CGV, el cual depende principalmente de la valoración del tiempo empleado en el viaje y del costo de operación de los vehículos en que se realizan dichos viajes (combustible, neumáticos, etc.)

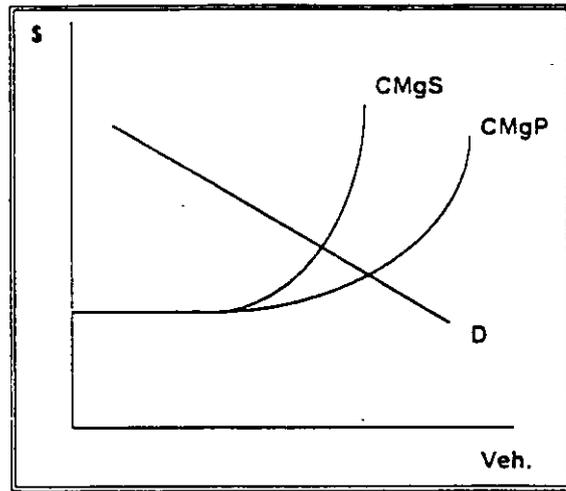
El costo que percibe el usuario que se incorpora a una ruta es el CGV, por lo que también se le conoce como costo marginal privado, CMgP. Dado que el CGV es el costo que percibe cada uno de los usuarios de la vía, también será igual al costo medio social, CMeS.

Es conveniente señalar la diferencia entre "costo privado" y "costo social". El primero representa el costo para un individuo de transitar por un determinado par origen - destino, en cambio el segundo representa el costo que tiene para la sociedad el hecho de que entre a transitar ese vehículo adicional.

Se debe mencionar, que a medida que se realizan más viajes por unidad de tiempo, en una ruta, es posible que aumente el CGV debido a la congestión vehicular, situación en la cual la curva de costo marginal deja de ser lineal para convertirse en exponencial.



Cuando una ruta presenta congestión vehicular, la incorporación de un nuevo vehículo afectará a todos los usuarios de la ruta al aumentar la congestión, es decir, el costo marginal social (CMgS) será mayor que el costo marginal privado (CMgP) del vehículo que se incorpora.



## 1. Tipos de Proyectos

- a) **Ampliación.** Corresponde a aquellos proyectos que aumentan la capacidad vehicular de un camino y su objetivo principal es reducir la congestión.
- b) **Mejoramiento del trazado.** Corresponde a aquellos proyectos que aumentan la calidad del servicio existente mediante cambios en la trayectoria del camino, por ejemplo:
  - Disminución de la curvatura de un camino
  - Construcción de un túnel que evita una cuesta
  - Disminución de las pendientes de un camino

El motivo principal de la realización de estos proyectos es disminuir los costos de circulación.

- c) **Mejoramiento de carpeta.** Corresponde a aquellos proyectos que cambian el tipo de carpeta de rodadura, a una de mejor calidad. Su objetivo es disminuir los costos de circulación.
- d) **Reposición de carpeta.** Consiste en renovar parcial o totalmente la carpeta de rodadura deteriorada.

## 2. Identificación de Costos

Para poder percibir los beneficios del proyecto es necesario incurrir en costos. Evidentemente, los costos más importantes están relacionados con el tramo de camino que se mejora, tal como los costos de construcción de las obras que contempla el proyecto, su conservación y las reposiciones futuras necesarias.

No obstante, por causa del proyecto se pueden producir efectos en tramos donde no se realizan trabajos de construcción, por ejemplo, los caminos alternativos demandarán menos inversiones en mantenimiento y se postergará la reposición futura de sus carpetas, en la medida que se haya desviado una buena parte de su tránsito pesado. En el caso de los caminos complementarios ocurrirá lo contrario, demandarán mayores inversiones.

Los costos de conservación se clasifican en:

- **Rutinaria.** Se realiza todos los años, su objetivo es mantener el nivel de servicios del camino a lo largo de su vida útil.
- **Periódica.** Se realiza aproximadamente cada 5 años y su objetivo es evitar el deterioro de las capas inferiores del pavimento.
- **Extraordinaria.** Se realiza cuando el estado del camino antes del término del período contemplado en la evaluación lo requiera. Esto se mide a través del Índice de Serviciabilidad.

En la práctica se debe determinar el total de recursos que se necesitarían cada año para mantener el estándar técnico de los tramos que pertenecen al área del proyecto (incluidos caminos alternativos y complementarios). Por lo tanto, el costo del proyecto estará dado por la cantidad adicional de recursos que se requieren en la situación con proyecto respecto de la situación sin proyecto.

Además de lo anterior, dentro de los costos del proyecto se deben incluir los costos por molestias de viaje durante la construcción, los cuales se refieren a las interferencias (desvíos, detenciones y reducción de la velocidad de circulación) que la ejecución de obras impone al tránsito vehicular; es decir, corresponde al aumento en los CGV de los vehículos, ocasionado por las obras de ampliación o mejoramiento del camino.

## 3. Identificación de Beneficios

En los proyectos de carreteras los beneficios se pueden dividir en dos tipos, los directos, que son los percibidos por los usuarios del proyecto y los beneficios

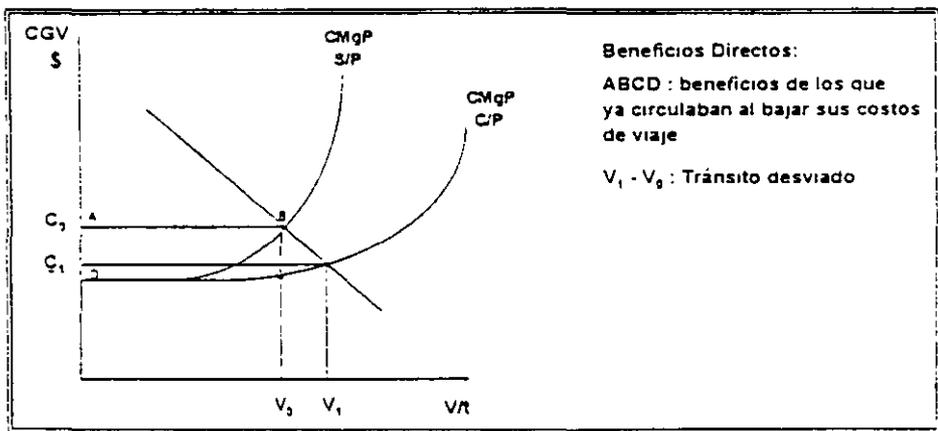
indirectos, que son los percibidos por los usuarios que circulan por vías distintas al proyecto pero que se benefician con la ejecución de él.

Los beneficios del proyecto se obtienen principalmente de comparar los CGV, asociados a las situaciones sin proyecto<sup>2</sup> y con proyecto y estos se pueden resumir básicamente en:

- **Ahorro de costos de operación de los vehículos.** Consumo de combustible, lubricantes, neumáticos, repuestos, mano de obra de mantenimiento y depreciación del vehículo
- **Ahorro de tiempo de las personas y de la carga.** Esto debido a que el tiempo tiene un uso alternativo.
- **Disminución del número de accidentes.** Pérdidas de vidas humanas, invalidez temporal o definitiva de las personas, daños materiales a los vehículos y a la infraestructura física.

### Efectos Directos de un proyecto de carreteras

Como se mencionó anteriormente, en el caso de un proyecto de ampliación el objetivo es aumentar la capacidad de las vías, gráficamente esto se refleja con un desplazamiento de las curvas de costo marginal hacia la derecha, indicando que la zona de no congestión (parte lineal de la curva de costos) es más amplia.

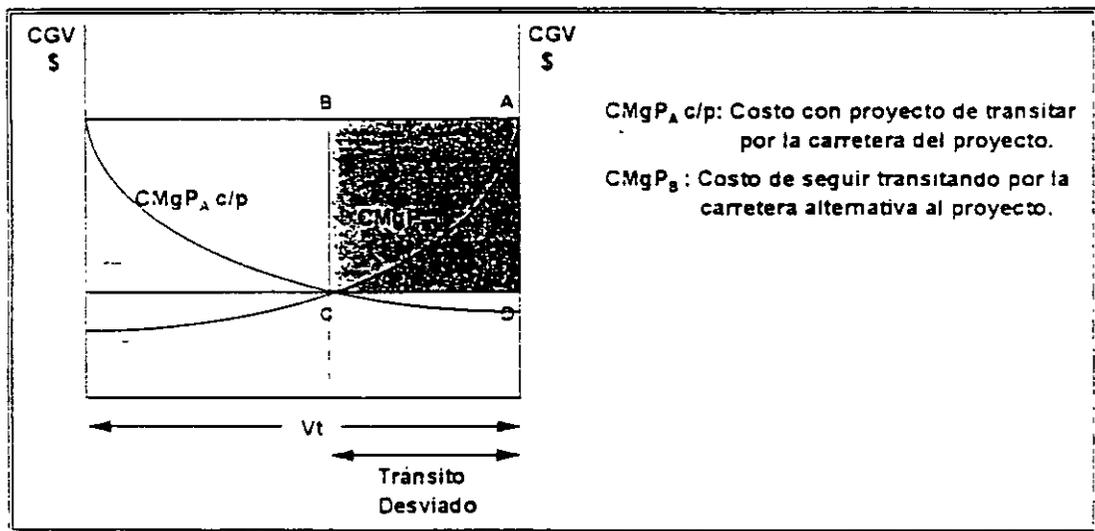


<sup>2</sup>La situación sin proyecto, se refiere a la situación actual optimizada con medidas administrativas, inversiones menores, proyectos aprobados y financiados. De esta manera se pasa de la situación actual a la situación sin proyecto.

En la situación sin proyecto circulaban  $V_0$  vehículos a un costo  $C_0$ , con la realización del proyecto sus costos se van a ver disminuidos y podrán circular a un nuevo costo  $C_1$  y por lo tanto tendrán beneficios equivalentes al área ABCD.

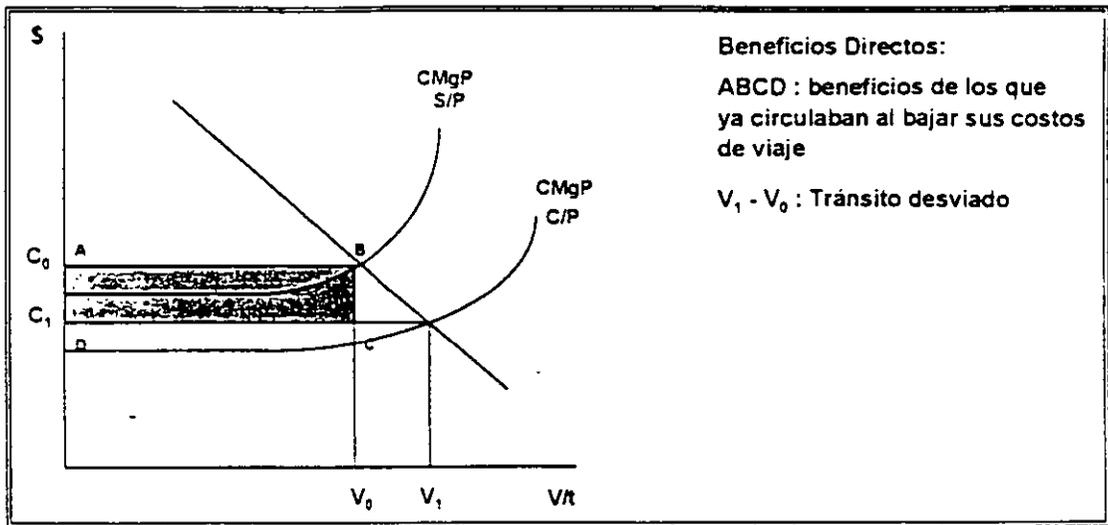
La disminución en los CGV al transitar por esta carretera, va a incentivar a que otros usuarios la utilicen y aumentará el número de vehículos que transitan por ella ( $V_0$  a  $V_1$ ). Como no sabemos el origen de este tránsito adicional, los beneficios de estos vehículos se observan en otra gráfica y estos se calcularían restándole al costo de transitar por la ruta original, el costo de transitar por la ruta del proyecto.

### Beneficios del tránsito desviado



El área ABCD representa los beneficios del tránsito que se va a desviar de la ruta alternativa a la ruta del proyecto.

En el caso de un proyecto de no ampliación (cambio de trazado o mejoramiento de la ruta actual), aún en el caso en que no existiera congestión, existiría una disminución en los CGV debido a las mejoras realizadas por el proyecto y esto se refleja con un desplazamiento hacia abajo de las curvas de costos marginales.



En la situación sin proyecto se encontraban circulando  $V_0$  vehículos a un costo  $C_0$ , al realizarse el proyecto de mejoramiento sus costos se van a ver disminuidos a  $C_1$  y por lo tanto estos vehículos tendrán beneficios equivalentes al área ABCD.

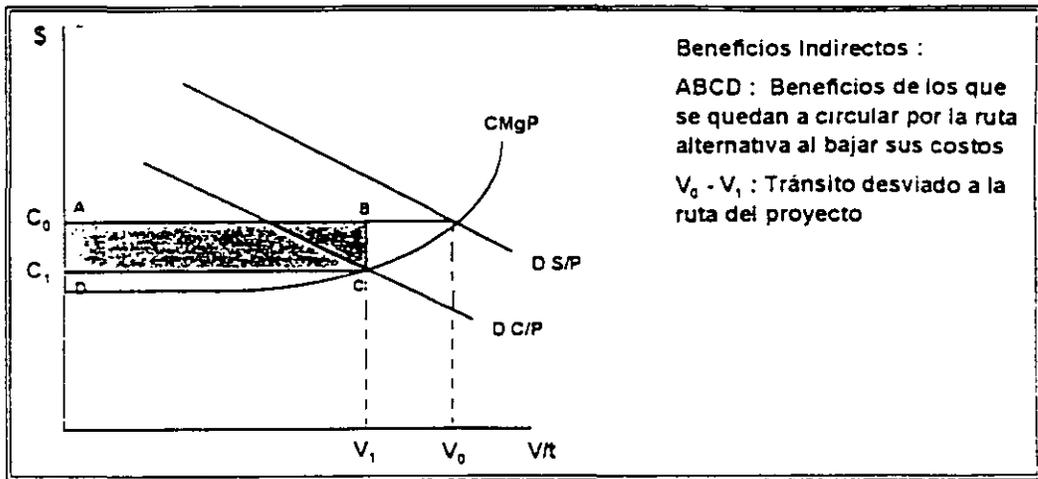
Igual que en el caso de una ampliación, la reducción en los costos de viaje va a inducir a que usuarios de otras vías utilicen ahora la vía del proyecto, aumentando como consecuencia el número de vehículos de  $V_0$  a  $V_1$ . El cálculo de los beneficios del tránsito adicional se determina también de la misma manera que en el caso de una ampliación.

### Efectos Indirectos de un proyecto de carreteras

En la mayoría de los casos, la realización de un proyecto de carreteras va a ocasionar efectos indirectos, los cuales se refieren a beneficios o costos causados a los usuarios de rutas alternativas o complementarias a la del proyecto.

#### Rutas alternativas

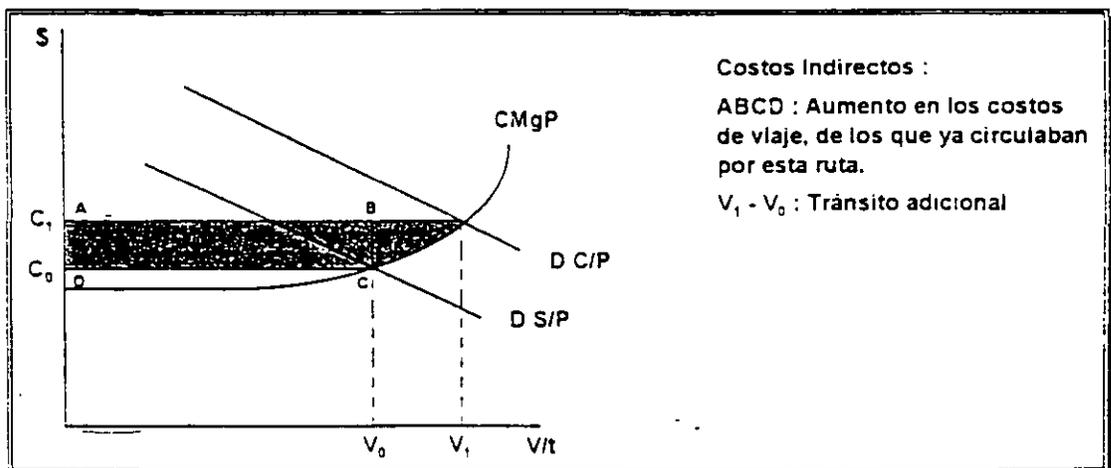
Los beneficios indirectos en un proyecto de carreteras se producen en rutas alternativas (sustitutas) a la del proyecto. Como se mencionó anteriormente al realizarse el proyecto, algunos vehículos que antes circulaban por una ruta alternativa se van a ver incentivados a circular ahora por la ruta del proyecto, lo cual ocasiona una disminución de los costos de viaje de los que van a seguir circulando por la ruta alternativa (esto sucede como consecuencia de la reducción de la demanda por esa vía):



En la situación sin proyecto, en la ruta alternativa circulaban  $V_0$  vehículos a un costo  $C_0$ , con la realización del proyecto la demanda por usar esta ruta disminuye por lo que ahora sólo van a circular  $V_1$  vehículos a un costo  $C_1$  y por lo tanto existirán beneficios indirectos equivalentes al área ABCD.

#### Ruta complementaria

En el caso de una ruta complementaria al proyecto, el efecto va a ser el contrario debido a que como consecuencia del proyecto, esta ruta va a ver incrementado el número de vehículos que circulan por ella.



En este caso, en la situación sin proyecto en la ruta complementaria circulaban  $V_0$  vehículos a un costo  $C_0$ , con la realización del proyecto, aumenta la demanda por usar esta ruta. En la situación con proyecto el número de

vehículos se va a incrementar a  $V_1$  con un consiguiente aumento en los costos de circulación ( $C_0$  a  $C_1$ ) y por lo tanto existirán costos indirectos para los usuarios que ya transitaban por esa ruta, equivalentes al área ABCD.

No está por demás mencionar que para determinar el efecto indirecto neto atribuible a un proyecto, a los beneficios indirectos se les deben restar los costos indirectos.

#### 4. Momento Óptimo de Inicio

El momento óptimo de entrada en operación de un proyecto de carreteras es aquel año en que la TRI (Tasa de Rentabilidad Inmediata) es igual o mayor que la tasa social de descuento. La TRI es el cociente entre los beneficios netos percibidos durante un año de operación del proyecto y la inversión requerida en ese año para realizarlo. Esta regla es aplicable para todos aquellos proyectos que tengan beneficios crecientes en el tiempo.

$$TRI_1 = BN_1 / I_1 \quad TRI > = \text{Tasa social de descuento}$$

Visto de otra manera, el momento óptimo de inicio es aquel en que los beneficios del primer año son mayores o iguales que el costo de oportunidad de la inversión.

$$BN > = (\text{Inversión})(\text{Tasa Soc. de descuento})$$

#### Ejemplo:

Se dispone de la siguiente información, para realizar la evaluación de un proyecto que consiste en la ampliación de una carretera que une dos municipios del sur del Estado.

Durante el día existen 5 horas en las cuales la carretera se encuentra congestionada y permite la circulación de 700 veh/hora, los cuales incurren en un costo de circulación de \$15 por veh/viaje (Costo Generalizado de Viaje).

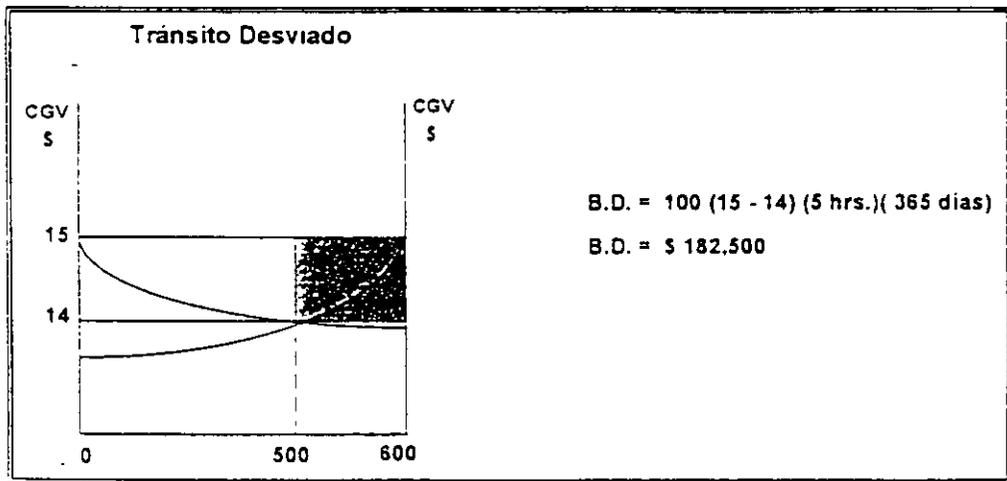
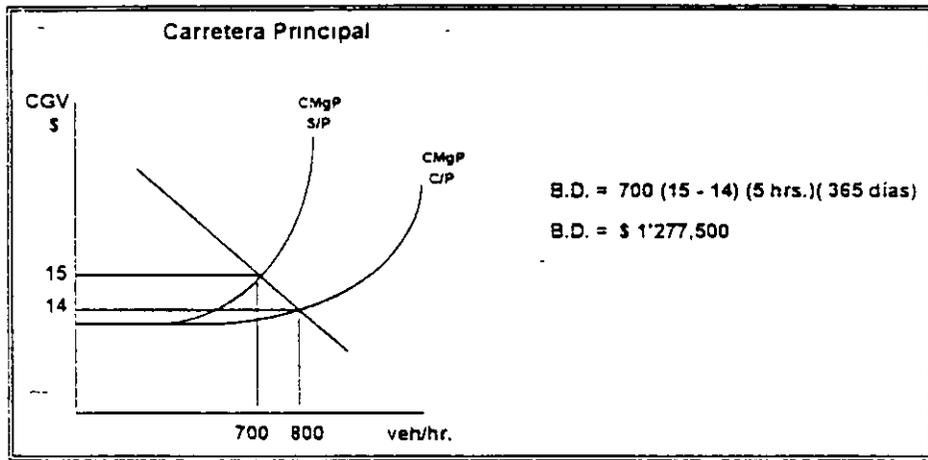
Si se realiza el proyecto el CGV disminuiría a \$14 por veh/viaje y el tránsito aumentaría a 800 veh/hora.

En una carretera alternativa a la del proyecto, también congestionada durante las mismas 5 horas, transitan actualmente 600 veh/hora a un costo de \$15 por veh/viaje y dichas cantidades bajarían a 500 veh/hora y \$14 en caso de realizarse el proyecto.

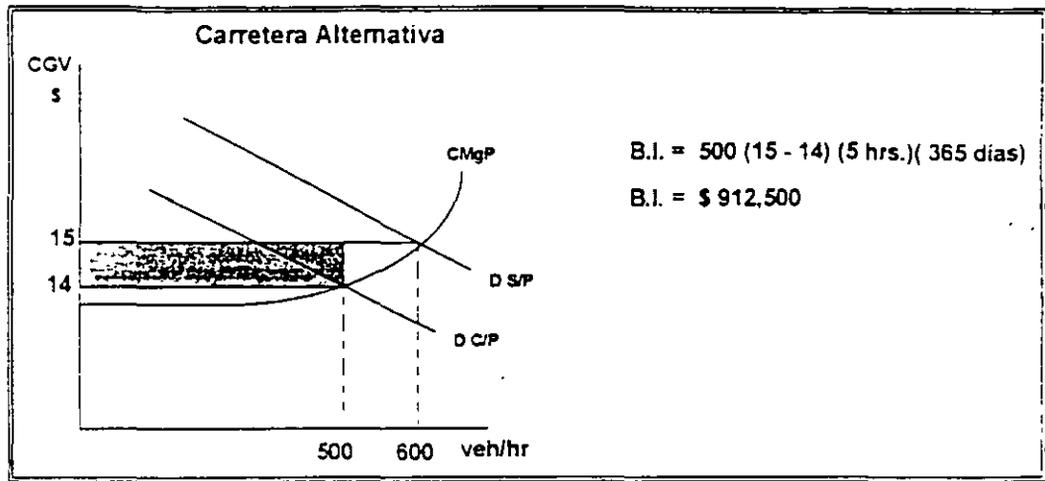
El costo social de la inversión es de 15 millones y la tasa social de descuento es 10%.

Se pide:

- a) Identifique en una sola gráfica la situación con proyecto y sin proyecto en una hora de congestión de la carretera principal (carretera del proyecto) y calcule los beneficios directos anuales del proyecto.



- b) Identifique en una sola gráfica la situación con proyecto y sin proyecto en una hora de congestión de la carretera alternativa y calcule los beneficios indirectos anuales del proyecto.



c) Establezca si el primer año es el momento óptimo de inicio del proyecto.

$$\begin{aligned}
 \text{Benef. Totales} &= \text{Benef. Directos} + \text{Benef. Indirectos} \\
 &= \$ 1'277,500 + \$ 182,500 + \$ 912,500 \\
 &= \$ 2'372,500
 \end{aligned}$$

El momento óptimo de inversión es cuando:

$$\begin{aligned}
 \text{Benef. Totales} &\geq \text{Inversión} \times \text{Tasa Descuento} \\
 \$ 2'372,500 &\geq (15 \text{ millones}) (0.10) \\
 \$ 2'372,500 &> \$ 1'500,000
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el primer año es el momento óptimo para invertir

### Quantificación de Beneficios y Costos

Para efecto de evaluar desde el punto de vista social un proyecto de carreteras, es obvio que se requiere conocer costos sociales asociados al proyecto, beneficios sociales y la tasa social de descuento.

Para la estimación de los costos sociales, es necesario recurrir a costos promedio por tipo de terreno o estudios de ingeniería dependiendo del nivel de la evaluación. Dichos estudios entregarán información respecto a costos "privados" los cuales tendrán que ser corregidos, para transformarlos a costos sociales.

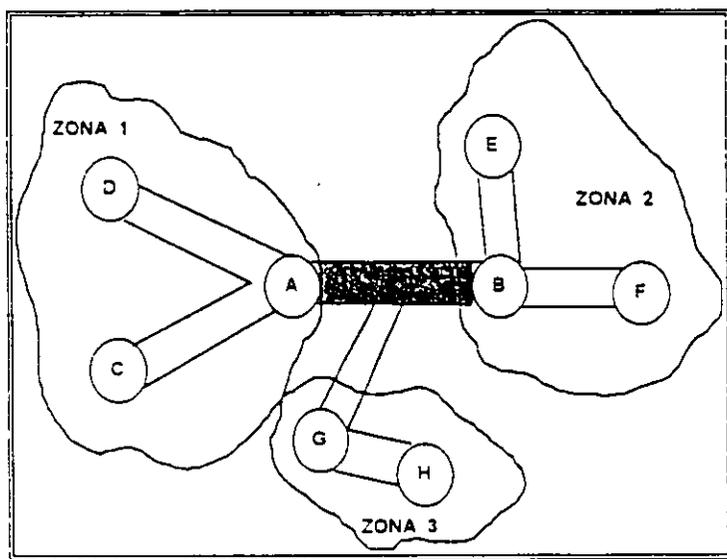
Por otra parte, para la cuantificación de los beneficios de un proyecto de carreteras se requiere conocer:

- Pares Origen-Destino (O/D) y la oferta de rutas para trasladarse entre ellos bajo las situaciones sin proyecto (s/p) y con proyecto (c/p).
- Costos generalizados de viaje (CGV) sociales de circular por las diferentes rutas y los costos de inversión y conservación (s/p y c/p).
- Número de vehículos y personas que circularán por las diversas rutas nuevas (proceso de reasignación de vehículos).

Para determinar los flujos de beneficios se requiere realizar las siguientes actividades:

a) Zonificación

Consiste en desagregar el área en estudio en zonas de atracción vehicular tanto de origen como de destino con el objeto de establecer las rutas que se utilizan como acceso y salida de esas zonas.



El principal instrumento que se utiliza para zonificar es la encuesta de origen y destino. Consiste en entrevistar a los usuarios de los vehículos en los puntos de acceso y salida de la zona de interés.

Se debe llegar a establecer una matriz en la cual se especifiquen los flujos vehiculares que transitan entre cada par origen-destino.

**Matriz Origen-Destino**  
**Flujos Vehiculares**

	D	1	2	3
O				
1		—		
2			—	
3				—

Información a recopilar. Tipo de vehículo, tasa de ocupación, motivo de viaje, nivel de ingreso, origen o destino y ruta seguida.

El objetivo final de la zonificación es obtener **la red vial relevante** para el proyecto, la cual se define como las vías alternativas (sustitutas) y complementarias al proyecto que se ven afectadas por la realización del mismo.

Con un conteo vehicular se obtienen los flujos vehiculares y se clasifican por tipo de vehículo y por horario, esto en la red vial relevante.

La razón para definir tipos de vehículos es que los CGV varían por tipo de vehículo, las tasas de ocupación son diferentes, su impacto en la congestión es diferente, la conservación de los caminos se afecta diferente según el tipo de vehículo.

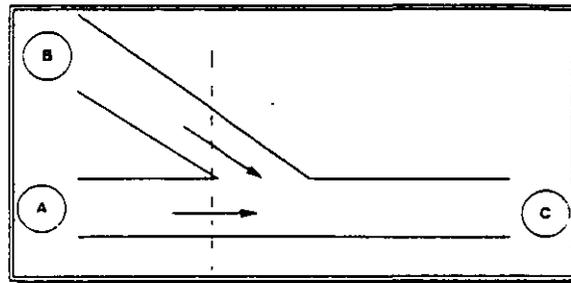
#### b) Tramificación

Se basa en el principio de la separabilidad de proyectos. Los proyectos independientes deben evaluarse por separado.- Cada tramo representa un proyecto diferente

Tramificación por demanda:

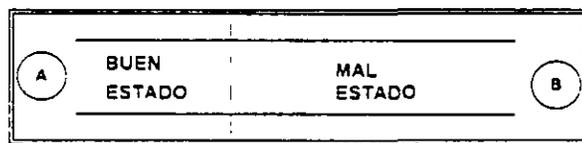
La tramificación por demanda consiste en dividir el camino en tramos con demanda vehicular homogénea. Esta tramificación es importante, ya que en la

medida en que los flujos vehiculares sean muy diferentes, los costos generalizados de viaje también serán diferentes, por lo cual si no se separan se correría el riesgo de que tramos rentables subsidien la inversión en tramos no rentables. O también podría darse el caso de que tramos no rentables impidan la realización de un tramo rentable por haberlos evaluado en forma conjunta.



Tramificación por oferta:

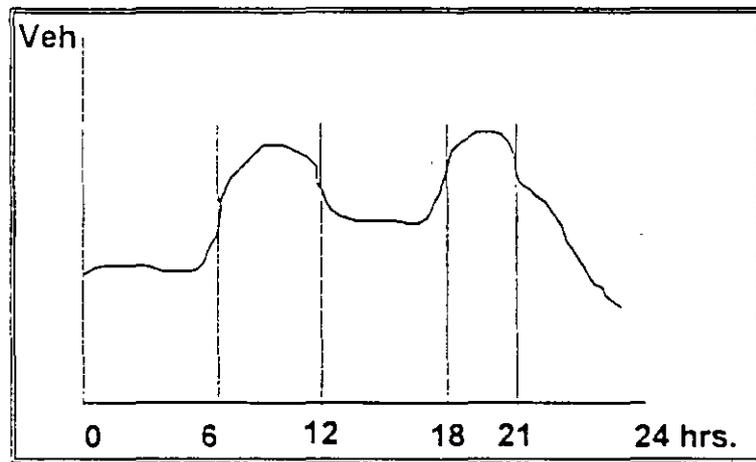
La tramificación por oferta busca determinar tramos del camino con similares características físicas y geométricas. La razón por la cual se debe tramificar por oferta, es básicamente la misma para tramificar por demanda, y es que en la medida en que se tengan condiciones diferentes los costos de circulación serán diferentes.



En resumen, es importante señalar que un mismo camino se debe tramificar por oferta y demanda simultáneamente y se debe evaluar cada tramo por separado ya que cada uno tendrá sus propios beneficios y costos.

### c) Periodización

Una vez determinada la tramificación es necesario realizar la llamada periodización. La periodización consiste en producir una partición de las semanas y días en "periodos tipo" en los cuales se tengan similares flujos vehiculares. esto debido a que los beneficios y algunos costos, van a depender del nivel de tránsito (los beneficios de un proyecto de ampliación van a ser diferentes en horas de congestión y en horas de no congestión), además de que la reasignación de vehiculos puede ser diferente para diversos periodos



Para la gráfica anterior se podrían establecer tres períodos tipo :un período de "bajo" flujo vehicular (0:00 a 6:00 hrs y 21:00 a 24:00 hrs.), un período de flujo intermedio (12:00 a 18.00 hrs.) y un periodo de "alto" flujo vehicular (6:00 a 12:00 y 18:00 a 21:00).

La interacción, entre las condiciones de oferta (características físicas y geométricas) y demanda de la carretera (flujos vehiculares por tipo de vehículo), va a entregar el costo de transitar por ese determinado par origen - destino para cada tipo de vehículo. Dicha interacción se puede lograr a través de modelos computacionales o de manuales de costos de operación publicados por instituciones especializadas en el tema (para el caso de México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Mexicano de Transporte).

## 5. Modelos Computacionales

### a) HDM III (Highway Design and Maintenance Standards Model).

El HDM-III es un modelo computacional utilizado para evaluaciones de proyectos de caminos, entregando información sobre costos de operación y costos de mantenimiento y conservación vial. Permite simular el comportamiento de los vehículos y estimar el deterioro del camino en el tiempo.

El modelo fue desarrollado para caminos sin congestión vehicular, y para pavimentos de asfalto.

Información requerida:

- Características del camino
- Estado de la carpeta de rodamiento
- Normas de conservación vial y costos unitarios
- Características de los vehículos y costos unitarios
- Volúmenes de tránsito y características de crecimiento, etc.

El HDM III entrega los resultados del análisis en 11 tipos de informe entre los que destacan:

- Informe anual de conservación
- Informe anual de tránsito
- Informe anual del costo de operación de los usuarios
- Informe de los costos sociales de las alternativas

### b) TRARR (traffic on rural roads).

Este es un modelo microscópico de simulación de tráfico interurbano para caminos de dos, tres y cuatro carriles.

El modelo permite calcular, para un determinado tramo del camino y para diferentes flujos vehiculares, los tiempos de viaje y el consumo de combustible de los vehículos que viajan por el tramo.

El modelo reproduce el comportamiento de todos los vehículos que circulan por cada carril, considerando los efectos de congestión y la geometría del camino.

Información requerida:

- Volúmenes de tránsito y su composición
- Tasas de crecimiento
- Características del camino
- Líneas de demarcación
- Tipo y estado de la carpeta de rodamiento
- Visibilidad, etc.

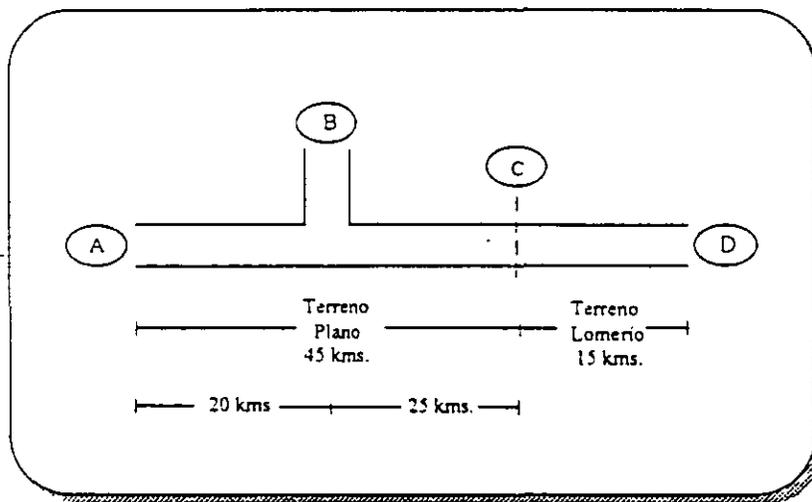
El modelo da la posibilidad de elegir la ubicación de los puntos de observación en los cuales se desea obtener información y en esos puntos entrega:

- Tiempo de viaje por tipo de vehículo
- Consumo de combustible por tipo de vehículo
- Velocidad promedio por tipo de vehículo
- Porcentaje de vehículos en seguimiento
- Número de vehículos que rebasan y que son rebasados etc.

## EJERCICIO

El proyecto planteado por el gobierno del estado, consiste en la ampliación de 2 a 4 carriles de un tramo de carretera de 60 kms. (desde A hasta D, en la figura 1). Este tramo une dos poblaciones del estado y está construido sobre terreno plano y lomerío<sup>3</sup>.

Figura No. 1



Como se puede observar en la figura 1, de los 60 kms., 45 son en terreno plano y los 15 restantes son de lomerío suave. Además se sabe que los primeros 20 kms. (en dirección A-D), tienen un flujo vehicular más elevado por la influencia de un poblado en ese punto, hacia el cual se desvía parte del tránsito.

A continuación se presenta el resto de la información base requerida para la evaluación del proyecto. ¿Si usted fuera el responsable de la aprobación del proyecto, qué respondería ?.

<sup>3</sup> Según el Manual de Capacidad de Carreteras se clasifica a los terrenos en :  
Plano o llano : pendientes entre 1 y 2%  
Lomerío suave u ondulado : pendientes entre 2 y 4%  
Montañoso : pendientes mayores a 4%

## INFORMACION BASE

Distancias	
A-B (kms.)	20
B-C (kms.)	25
C-D (kms.)	15

Flujos :		
A-B		Horas
Congestión	2500	6
No congestión	500	18
B-D		Horas
Congestión	1700	6
No congestión	200	18

Tasa de crecim. (%)	3.5
Tasa de ocup. (pers./veh.)	3
Valor tiempo (\$/hr-hom)	7
Tasa social de desc. (%)	12

C. Inversión (mill \$/km.)	
Lomerío	2.5
Plano	2

## FUNCIONES DE VELOCIDAD Y COSTOS DE OPERACIÓN

### CARRETERA 2 CARRILES

Plano	Lomerío
$V = 230 - 0.075 T$	$V = 230 - 0.08 T$
$Cop. = 7 - 0.01 V$	$Cop. = 7 - 0.01 V$

### CARRETERA 4 CARRILES

Plano	Lomerío
$V = 240 - 0.06 T$	$V = 240 - 0.065 T$
$Cop. = 7 - 0.01 V$	$Cop. = 7 - 0.01 V$

\* Límite máximo de velocidad 120 kms./hr.

\* La velocidad está expresada en kms./hr. y los costos de operación en \$/veh.

### III. PROYECTOS DE VIALIDAD URBANA<sup>4</sup>

La infraestructura vial de una ciudad se puede representar mediante una red de vías o arterias y nudos o intersecciones que proveen una cierta capacidad de transporte al flujo vehicular urbano. En un momento dado del tiempo, las características de diseño y construcción de esta red y sus elementos, conjuntamente con el nivel de utilización a que éstos se ven sometidos, determinan lo que generalmente se llaman un "nivel de servicio de transporte" que puede ser representado en términos de los costos que para los distintos usuarios implica el uso del sistema.

Dichos costos, denominados "costos de transporte", pueden ser modificados en el largo plazo a través de cambios en la infraestructura. En nuestro caso, a través de modificaciones en la estructura de la red vial o el rediseño de sus elementos.

#### 1. Tipos de Proyectos

Existen ciertas clases de proyectos de vialidad urbana, los cuales están diferenciados por la naturaleza de los impactos esperados, por ejemplo, si el proyecto modifica o no la demanda de viajes en el área. Se tienen dos clases, proyectos estructurales y no estructurales.

Proyectos estructurales:

Son aquellos que producen cambios significativos en las matrices origen-destino por modo. Estos proyectos se deben analizar con el enfoque de red.

Proyectos no estructurales:

Son aquellos que no producen cambios relevantes en la demanda de vías externas al sistema analizado (interurbano o rurales).

Ambos tipos de proyectos se pueden dividir a su vez en:

a) Proyectos de infraestructura física

b) Proyectos de gestión operacional (semaforización, sentido de tránsito).

---

<sup>4</sup> Metodología tomada del libro Inversión Pública, Eficiencia y Equidad. Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile

## **2. Identificación de Costos**

Al igual que en proyectos de carreteras, dentro de los costos se incluyen los costos de inversión, los costos de mantenimiento y los costos de congestión durante la construcción, todos ellos resultan de comparar la situación base optimizada, con la alternativa de referencia.

## **3. Identificación de Beneficios**

Dentro de los beneficios se incluyen todos los impactos económicamente cuantificables provocados por la inversión de cada alternativa, obtenidos como diferencial con respecto a la situación de referencia.

Los beneficios se pueden clasificar como beneficios económicos provenientes de impactos sobre el tránsito vehicular (disminución del tiempo de viaje, menores costos de operación de los vehículos); y otros beneficios económicos, que incluyen impactos sobre otros usuarios.

## **4. Impactos Sociales**

Un proyecto de vialidad en un contexto urbano puede provocar un número apreciable de impactos sociales que no quedan recogidos en la evaluación económica. Algunos de ellos pueden ser:

- Disminución o aumento de áreas verdes
- Cambios en uso del suelo, producto de expropiaciones
- Efectos sobre peatones
- Aumento o disminución de oferta de estacionamientos
- Accidentes
- Contaminación del aire, ruido.

Se debe asegurar que si estos factores no fueron recogidos en la evaluación económica, queden claramente explicados a fin de complementar el estudio y permitir a la autoridad correspondiente una mejor toma de decisiones.

Al desarrollar este tipo de proyectos, se realiza primero un análisis cuya finalidad es generar buenas alternativas de proyecto a nivel de prediseño, que deben ser desarrolladas y evaluadas en la fase siguiente. Para proyectos no

estructurales, la información necesaria proviene de mediciones en terreno y de estimaciones obtenidas a partir de ellas.

Las actividades metodológicas a contemplar en esta fase deben iniciarse con la definición del área de referencia, aquella en que se estima que se producirán los impactos del proyecto analizado. Luego es necesario definir la semana tipo y se debe recolectar información a través de mediciones de terreno o de otras fuentes.

La fase de análisis continúa con la generación de alternativas, ésta pretende definir alternativas que difieran en sus características físicas u operacionales sin que el tipo o el alcance de los impactos que producen sean diferentes. Con esto se procede a realizar una selección y evaluación de alternativas.

En proyectos de infraestructura debe atenderse especialmente la definición de la situación base. Con frecuencia, las condiciones deterioradas que existen en la situación actual responden, al menos parcialmente, al uso ineficiente de la vialidad disponible. Medidas de costo substancialmente inferior a las del proyecto podrían entonces producir mejoras importantes. Introducirías en la situación base evita atribuir a la nueva infraestructura beneficios que no le son propios.

## IV. PROYECTOS DE PAVIMENTACION

Los proyectos de inversión en pavimentación tienen como finalidad mejorar el tránsito peatonal y vehicular, así como también delimitar el uso de la calle y facilitar el escurrimiento de las aguas de lluvia. Todo esto está orientado a mejorar el nivel de vida de la población beneficiada por el proyecto.

### 1. Identificación de Costos

Los costos asociados la ejecución de cada proyecto corresponden a la mayor utilización de recursos humanos y físicos. Al igual que en proyectos de carreteras, dentro de los costos se deben incluir los costos de inversión y los costos de mantenimiento, los cuales resultan de comparar la situación base optimizada, con la alternativa de referencia.

### 2. Identificación de Beneficios

Dentro de los beneficios atribuibles a este tipo de proyectos, se pueden mencionar:

- Ahorro en el tiempo de las personas.
- Ahorro en los costos de operación vehicular.
- Disminución de la contaminación, al disminuir los niveles de partículas en suspensión.
- Eliminación de problemas de accesibilidad, como es el caso de inundaciones.
- Reducción de accidentes peatonales por banquetas en mal estado.
- Mejoramiento de la imagen del sector.
- Aumento de la plusvalía de las propiedades beneficiadas por el proyecto.

### 3. Metodología Costo-Eficiencia

Parte importante de los beneficios atribuibles a este tipo de proyectos, son de difícil cuantificación y/o valoración, por eso en este tipo de casos se ha optado tradicionalmente por el criterio costo eficiencia, en el cual se escoge la

alternativa técnicamente factible, que entregue una solución de mínimo costo al problema detectado.

En función del problema que se desea resolver, corresponde analizar todas aquellas alternativas técnicamente posibles.

Estas se pueden referir a pavimento de asfalto, concreto o simplemente revestir la calle. Dependiendo de las condiciones climáticas, flujo vehicular, etc. pueden presentar ventajas ciertos materiales o métodos de construcción.

Según esta metodología para seleccionar la mejor alternativa, se debe suponer que todas llevan a similares beneficios, y por lo tanto se utiliza como criterio de selección el costo anual equivalente mínimo, el cual nos permite comparar alternativas de proyecto con distinta vida útil.

#### **4. Metodología de Precios Hedónicos o Implícitos de las Características de un Bien**

La teoría que respalda esta metodología supone la existencia de un equilibrio competitivo de largo plazo en un mercado de productos diferenciados. En este caso, el producto diferenciado es la vivienda, puesto que cada vivienda es distinta en cuanto a la calidad y cantidad de atributos o características que posee. Con esta teoría se pretende estimar el precio de las características o atributos de la vivienda, tales como el número de metros cuadrados del terreno y metros cuadrados construidos, la calidad de los materiales utilizados, la ubicación y accesibilidad, el saneamiento y la pavimentación, entre otros. En definitiva, con la teoría de precios hedónicos se puede explicar la formación de precios de las viviendas en función de las características o atributos que poseen. Así, mientras más calidad y cantidad de la característica o atributo apreciado por los demandantes tenga la vivienda, mayor es su valor.

La metodología en el caso de pavimentación se usa para establecer el mayor precio o el mayor monto de renta pagada por una vivienda colindante a una calle pavimentada, versus el de una idéntica (en cuanto a sus otros atributos) ubicada en una calle sin pavimentar. Cabe aclarar que este diferencial no capta todo el beneficio de la pavimentación, pues en él no se reflejan los ahorros producidos en los CGV de los autos que transitan por esa calle y por las alternativas.

Para realizar las estimaciones de beneficios por disminución de los CGV, se debe utilizar la metodología "tradicional", realizando conteos y estimaciones de tránsito en toda la red vial relevante para las situaciones con y sin proyecto.

Es claro que entre menor sea el flujo vehicular menos importantes serán estos beneficios.

El estudio de cualquier proyecto o programa de inversión de pavimentación, debiera contemplar las siguientes fases:

**a) Diagnóstico y situación sin proyecto.**

El diagnóstico consiste en describir cualitativa y cuantitativamente la situación actual y futura (sin proyecto) del área en estudio donde se ejecutaría el proyecto.

Para determinar los beneficios del proyecto hay que estudiar aspectos tales como: (i) estado de calles, indicando tipo de superficie de rodamiento, vías de circulación, sentidos de tránsito y recorridos del transporte colectivo; (ii) flujo vehicular en la red vial relevante; (iii) posibles zonas de expansión urbana, relevantes para la proyección del flujo vehicular; (iv) tipo de viviendas y sus características.

**b) Identificación de alternativas de proyectos y programas.**

El conocimiento de las características relevantes del sector, permitirá definir razonablemente, a nivel de idea, las calles que más se justificaria pavimentar y sus alternativas técnicas más convenientes.

Las alternativas de proyectos que se planteen comprenden aspectos como calles o conjunto de calles que se pavimentarán; tramos de la(s) calle(s) que se pavimentará(n); pavimentación de un solo sentido versus pavimentación de ambos sentidos; material del pavimento (asfalto, concreto, etc.) y especificaciones técnicas.

**c) Financiamiento.**

Dentro del estudio debe existir un apartado referente al financiamiento para aquellos proyectos que resultaron rentables. Se debe establecer la magnitud de los beneficios recibidos por diferentes grupos de beneficiarios y de esta manera exigirles parte del financiamiento del proyecto.

## V. CAMINOS RURALES PRODUCTIVOS

Se conoce como caminos rurales productivos a aquellos caminos no pavimentados que sirven principalmente al transporte de productos e insumos relacionados con actividades productivas de bienes agrícolas, ganaderos, pesqueros, mineros, forestales, etc.

La metodología tradicional recomendada para la evaluación de proyectos viales, subestima los beneficios de proyectos en caminos rurales productivos, debido a que basa el cálculo de los beneficios en los ahorros de CGV. Si bien esa metodología resulta adecuada para los caminos de mayor tránsito relativo, pues con ello se capta la mayor parte de los beneficios del proyecto, ésta resulta inadecuada para la evaluación de proyectos en caminos de menor tránsito relativo, en especial en aquellos cuyo tránsito es estacional por razones de restricciones de oferta, pues los beneficios por el tránsito generado por el proyecto son así desestimados. No obstante lo más probable es que en los caminos rurales productivos dichos beneficios (por tránsito generado) constituyan una fracción importante de los beneficios totales del proyecto en cuestión.

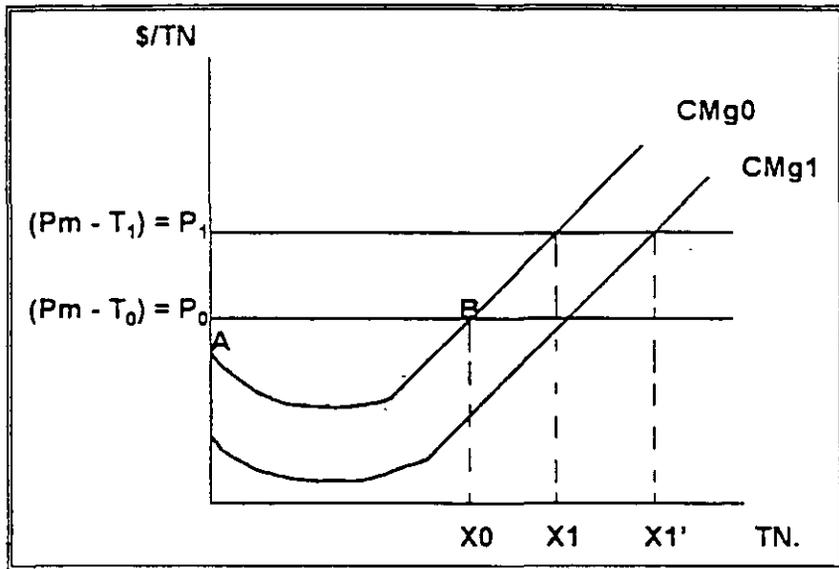
### 1. Identificación de Costos

Al igual que en los otros proyectos de vialidad, en este apartado se incluyen los costos de inversión en mejoramientos (cambio de terracería a pavimento, etc.), los costos de mantenimiento, que son inversiones destinadas a mantener, reparar o recuperar el estado del camino en estudio y si se diera el caso, los costos de molestias durante la construcción.

### 2. Identificación de Beneficios

La metodología planteada a continuación sugiere medir los beneficios del proyecto en caminos rurales productivos a través de los cambios que éste provocará en las actividades productivas que se desarrollan en el área de influencia del camino.

La ejecución del proyecto provoca una serie de efectos que se muestran en la siguiente gráfica. Se contempla la situación de un productor individual ubicado en la zona de influencia del camino y cuya curva de costo marginal de producir un bien-X, "sin proyecto", es  $CMg_0$ . Dicho productor enfrenta un precio de compra de  $P_0$ , obtenido por la diferencia entre el precio de venta de sus productos en el mercado,  $P_m$ , y el costo de transporte por unidad de producción,  $T_0$ .

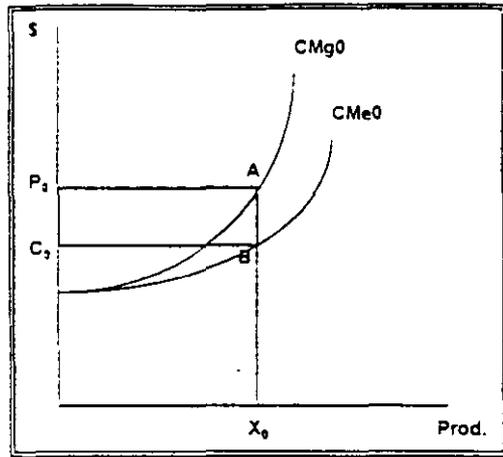


En la situación sin proyecto, el productor obtiene un excedente representado por el área  $ABP_0$ . En la situación con proyecto, los costos de transporte disminuyen a  $T_1$ , aumentando por consiguiente el ingreso obtenido por el productor a  $P_1$ ; además, disminuyen los costos de producción debido al menor costo de transporte de los insumos, y se traslada la curva de  $CMg_0$  a  $CMg_1$ , aumentando de este modo la cantidad producida del bien y aumentando por consiguiente el excedente del productor. El supuesto que se realiza en este caso es que los ahorros en los CGV debidos al proyecto se expresan en los fletes.

En resumen, un proyecto que disminuye los costos de transportar insumos y productos, tiene beneficios por:

- Ahorros en costos de transporte
- Disminución en los costos de producción

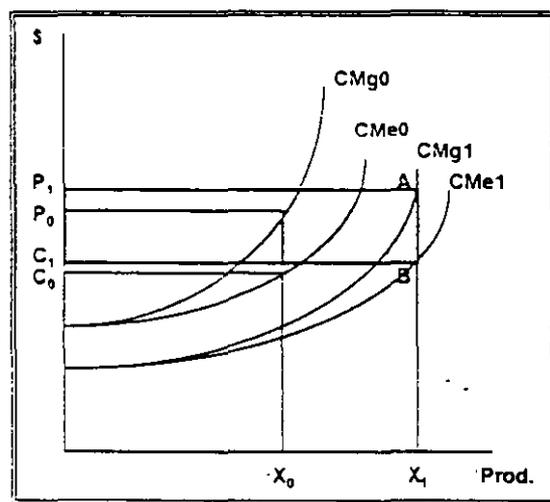
Además del análisis marginal descrito anteriormente, para la cuantificación de los beneficios de un proyecto rural productivo se puede utilizar el análisis de costos medios; es decir, usar los costos e ingresos medios para calcular el cambio en el excedente de los productores inducido por el proyecto.



El ingreso medio ( $P_0$ ) se obtiene como el precio de mercado menos los costos de transporte. El costo medio es  $C_0$ .

En la situación "sin proyecto" el excedente del productor corresponde a la diferencia entre el ingreso medio y el costo medio para el nivel de producción  $X_0$ , es decir, el área  $P_0ABC_0$ .

En la siguiente gráfica se muestra la situación "con proyecto" en la cual debido al mejoramiento del camino, el ingreso medio obtenido por el productor es más alto ( $P_1$ ), y se trasladan hacia abajo las curvas de costo marginal y costo medio, estableciéndose un nuevo equilibrio con una producción  $X_1$  y un costo medio  $C_1$ . El nuevo excedente del productor está dado por el área  $P_1ABC_1$ .



La diferencia entre el excedente del productor "sin proyecto" y "con proyecto" nos determina el beneficio atribuible al proyecto. Este incluye los beneficios generados por el ahorro en costos de transporte y los beneficios por aumento de producción (el cual pudiera contemplar como en este caso un incremento en los costos medios de producción).

Resulta conveniente señalar, que en el caso de los proyectos de caminos rurales productivos, al igual que en los de carreteras o vialidad urbana, también es necesario definir el área de influencia del proyecto, es necesario realizar la tramificación del camino y es necesaria la periodización de la demanda

# EVALUACION ECONOMICA VS FINANCIERA

## Evaluación Económica

- ◆ Desde el punto de vista de la sociedad
- ◆ Costos unitarios económicos (sociales)

## Evaluación Financiera

- ◆ Desde el punto de vista de la agencia
- ◆ Costos unitarios financieros (de mercado)



# COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD

## Costos del gobierno

- ◆ Construcción
- ◆ Mantenimiento
- ◆ Operación del sistema

## Costos del Usuario de la vía

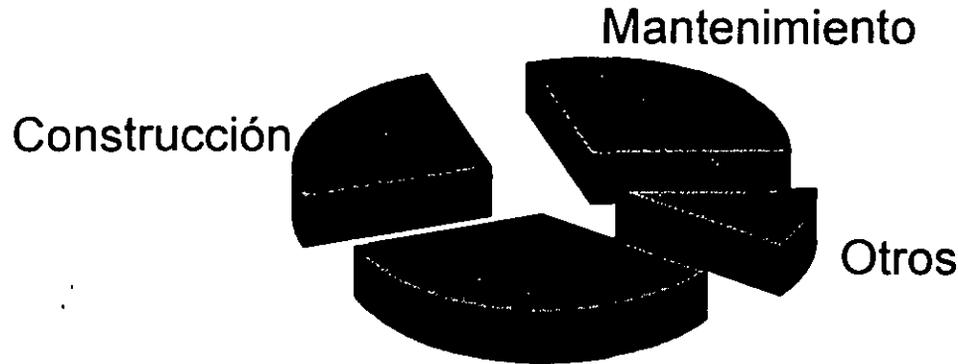
- ◆ Costos de operación de vehículos
- ◆ Tiempo de pasajeros y carga
- ◆ Accidentes



# COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD (cont)

- Terreno
- Suelo
- Lluvias
- Diseño geométrico
- Diseño del pavimento

- Deterioro del camino  
(diseño del pavimento,  
tránsito, clima, etc.)
- Normas de mantenimiento



- Volumen de tránsito
- Diseño geométrico
- Estado de la superficie
- Velocidades de los vehiculos

- Accidentes
- Demoras
- Contaminación ambiental

# DEFINICION DE ALTERNATIVAS

Uno de los temas más delicados y de mayor importancia que el proceso de evaluación debe tocar, es el de la formulación de alternativas sobre el tipo de obra que se debe realizar para proporcionar una comunicación eficiente entre dos o más puntos.

Para seleccionar una estrategia apropiada para dar solución al problema de comunicación, se pueden considerar las siguientes estrategias:



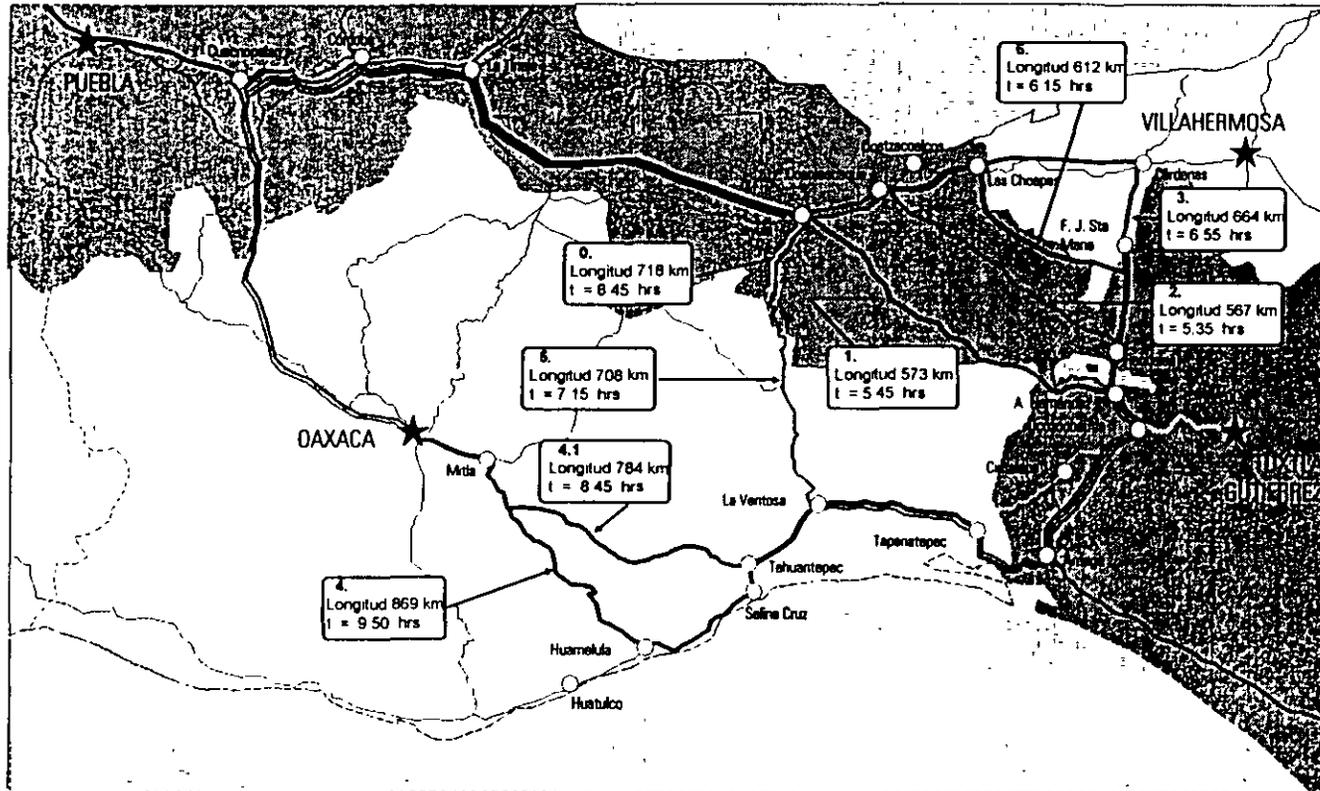
# DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

1. Proyectos para mantener las características iniciales  
Mantenimiento preventivo y/o correctivo
2. Proyectos para retomar objetivos iniciales  
Rehabilitación, reconstrucción, terminación de obras y modificaciones
3. Proyectos para atender incrementos en la demanda  
Ampliación
4. Proyectos para aumentar el nivel de servicio  
Mejoramiento y modernización
5. Proyectos para satisfacer nuevas necesidades  
Desarrollo



# DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

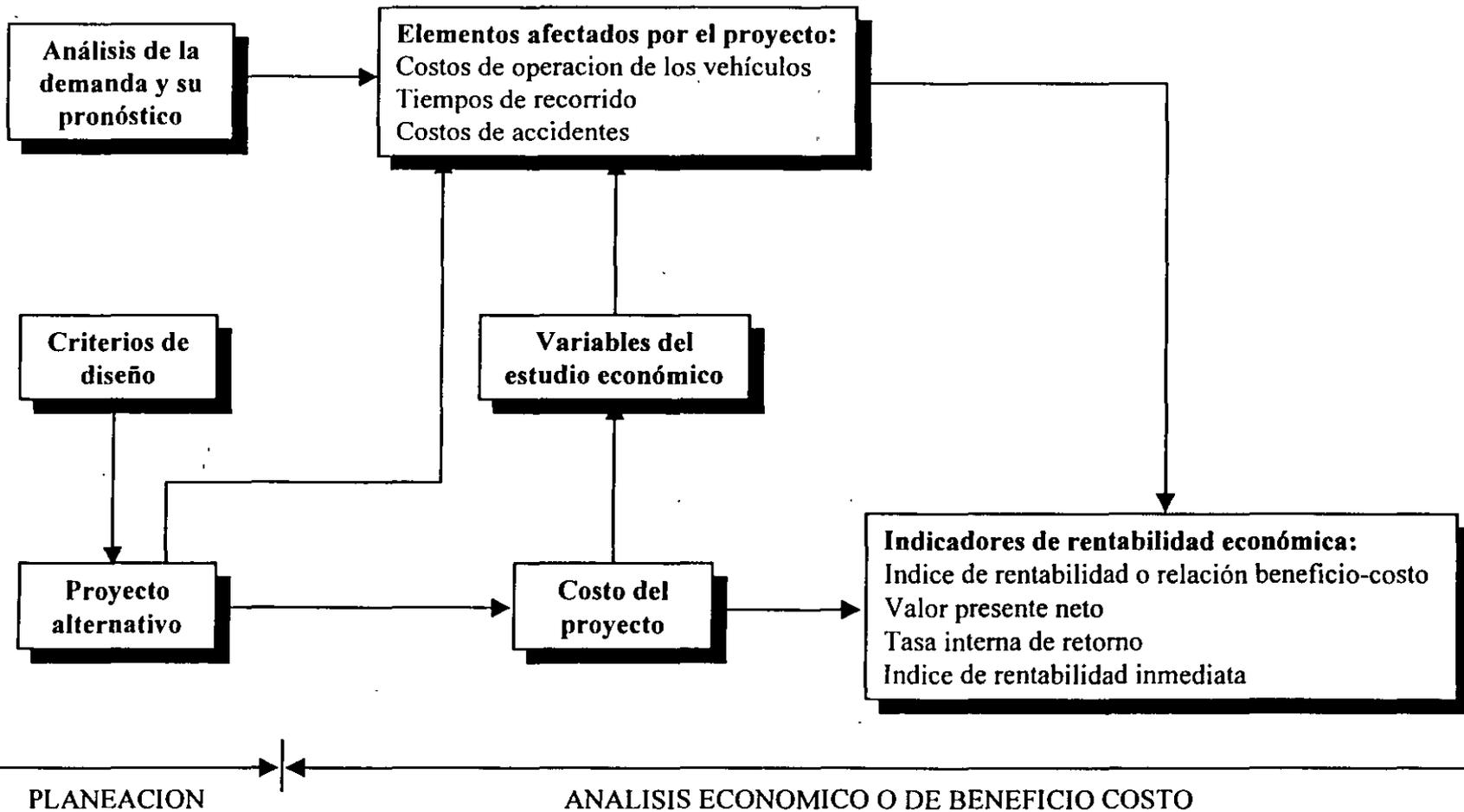
## CUACNOPALAN - OCOZOCOAUTLA RUTAS ALTERNATIVAS DE ACCESO A CHIAPAS



# EVALUACION DE ALTERNATIVAS

1. Evaluación Económica
2. Evaluación Técnica
3. Evaluación Institucional
4. Evaluación Financiera
5. Evaluación Comercial
6. Evaluación Social
7. Evaluación Ambiental

# PROCESO DE PLANIFICACION Y EVALUACION ECONOMICA



# METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica tiene como objetivo determinar la utilidad colectiva que un proyecto puede generar (Excedente colectivo).

La metodología es la siguiente:

- ◆ Identificación de elementos afectados.
- ◆ Estimación de cada uno de los elementos identificados.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo anual durante la vida útil del proyecto.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo global.



# ETAPAS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

- ◆ Diagnóstico de la situación actual y problemática.
- ◆ Pronóstico de la demanda
- ◆ Objetivos del proyecto
- ◆ Generación de alternativas
- ◆ Estimación de los costos del proyecto
- ◆ Estimación de beneficios
- ◆ Comparación de beneficios y costos
- ◆ Resultados finales



# PRINCIPALES DATOS REQUERIDOS EN LA EVALUACION

- ◆ Características geométricas
  - ◆ TPDA, Composición y tasa de crecimiento
  - ◆ Costos de operación
  - ◆ Velocidad de operación
  - ◆ Tiempos de recorrido
  - ◆ Número de pasajeros promedio en automóviles y autobuses
  - ◆ Valor del tiempo de los pasajeros
  - ◆ Costo del proyecto y años de construcción
  - ◆ Costos de mantenimiento
  - ◆ Tasa de actualización
  - ◆ Horizonte económico
- 

# COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación, están dados para cada tipo de vehículo y corresponden a las velocidades de operación para las condiciones “con” y “sin” proyecto y para una superficie de rodamiento determinada (IRI).

Los valores que se presentan en la tabla fueron determinados con ayuda del VOC y se detrminaron para un IRI de 2, 6 y 9 y para diferentes tipos de terreno.



# COSTOS DE OPERACION (Cont.)

**Ahorros en los costos de operación de los vehículos:**

$$Aoj = Cojs - Cojc$$

Para el cálculo de los costos de operación indicados se utiliza la expresión siguiente:

$$Cij = (TPDAj) (\%i) (365) (Ci) (L)$$

Para calcular los costos de operación correspondientes a todo el tramo se utiliza la siguiente expresión:

$$Cojs = \text{SUMA } (i = 1\dots): Cij, (i=\text{automóviles, autobuses y camiones})$$



# TIEMPOS DE RECORRIDO

**Ahorros en tiempos de recorrido:**

$$A_{tj} = A_{tja} + A_{tjb} + A_{tjc}$$

Para el cálculo de tiempos de recorrido se necesita la longitud de los tramos que componen las situaciones “con” y “sin” proyecto, así como la velocidad de operación.

Una vez que se cuenta con los tiempos de recorrido, se asigna un valor al tiempo tanto de los pasajeros como para el conductor y tomando un índice de ocupación promedio para vehículos, autobuses y camiones, es posible determinar los costos por tiempos de recorrido para ambas situaciones y posteriormente será posible determinar el ahorro.



# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS

La comparación se realiza mediante los siguientes indicadores:

## **Indice de rentabilidad o relación beneficio-costos.**

Es el cociente de los beneficios totales actualizados y los costos totales actualizados. Proporciona información relativa a la rentabilidad del proyecto, y refleja los beneficios obtenidos por cada peso invertido en el proyecto. Su valor depende de la tasa de actualización utilizada.

La expresión que permite calcular este indicador, es la siguiente:

$$IR = \text{SUMA } (i=1\dots n): Bi(1+r)^{-i} / \text{SUMA } (i=1\dots n): Ci(1+r)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Valor presente neto.

En virtud de que el indicador anterior no proporciona información sobre la magnitud de los beneficios netos totales que puede arrojar el proyecto, se recomienda el uso de este indicador, que representa el conjunto de beneficios netos actualizados derivados de la inversión.

El cálculo de este indicador se expresa como sigue:

$$VPN = \text{SUMA } (i=1\dots n): (B_i - C_i) (1+r)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Tasa interna de retorno.

Es la tasa de actualización con la cual se anula la diferencia entre los beneficios y costos, es decir, la que hace que el valor presente neto sea cero.

Esto se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{SUMA } (i=1\dots n): C_i (1+t)^{-i} = \text{SUMA } (i=1\dots n): B_i (1+t)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Indice de rentabilidad inmediata.

Con este indicador, es posible determinar el momento apropiado para la puesta en operación del proyecto; si el índice es menor a la tasa de actualización, la puesta en operación del proyecto resulta prematura.

El cálculo se realiza de la manera siguiente:

$$IRI = (Bs(1+r)^{-s}) / \text{SUMA } (i=1 \dots s-1): Ci(1+r)^{-i})$$



# VELOCIDADES DE OPERACION

El cálculo de la velocidad de operación para el vehículo ligero, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Vel.} = ((B-x) / B-(Ax)) V_o$$

Donde:

$A = a + (bp^c)$ , Los factores a,b,p y c, se obtienen del cuadro 1

$B = a + (bp^c)$ , Los factores a,b,p y c, se obtienen del cuadro 1

$x$  = Es el nivel de saturación del tramo ( $v/c$ )

$V_o$  = Es la velocidad de proyecto y se obtiene del cuadro 2



# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Para el cálculo de velocidades, el punto de partida lo constituye el cálculo de la capacidad (c). Las capacidades para los diferentes tipos de carreteras y en diferentes tipos de terreno según el Manual de Capacidad Vial son las que se muestran en el cuadro 3.

Una vez determinada la capacidad del tramo, se procede a determinar el voúmen de tránsito, expresado en vehículos equivalentes (v) mediante los índices especificados en el cuadro 4, para así poder determinar el nivel de saturación del tramo (v/c).

$$v/c = x = (TPDA(\%A)+TPDA(\%B)(\text{índice})+TPDA(\%C)(\text{índice})) / c$$



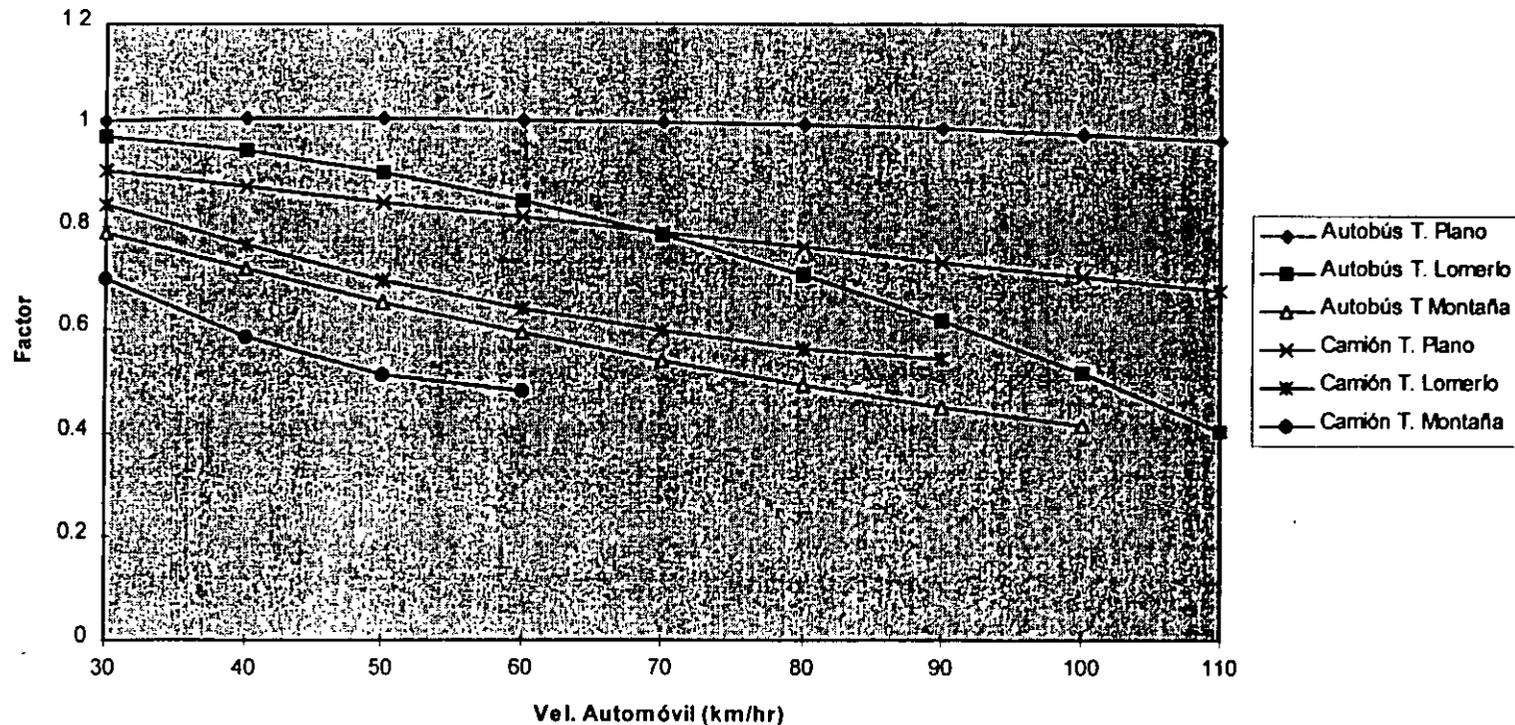
# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Una vez determinada la velocidad para el vehículo ligero, la velocidad para el autobús y para el camión se obtiene mediante la ecuación que se presenta en el cuadro 5 y que resultó de la aplicación de VOC de la metodología del HDM del Banco Mundial.



# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Factor de afectación de la velocidad para el autobús y el camión con respecto al automóvil.



# COSTOS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

Para determinar los costos en que incurrirá el proyecto por este concepto, será necesario definir una política de mantenimiento, la cual contendrá las siguientes acciones:

## ◆ **Mantenimiento Ritunario:**

Actividades de mantenimiento que normalmente se ejecutan una o más veces por año y que incluye: reparaciones locales de la superficie de rodamiento, limpieza del derecho de vía y del drenaje, mantenimiento del señalamiento, etc.



◆ **Mantenimiento periodico:**

Actividades de mantenimiento de mayor dimensión y de menor frecuencia que las de mantenimiento rutinario. En estas actividades se incluye: la renovación de la superficie de rodamineto o la aplicación de una sobrecarpeta.

◆ **Rehabilitación:**

Trabajos requeridos para llevar una carretera a su condición original de servicio (reconstrucción).





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**DEFINICIÓN DE CRITERIOS BÁSICOS**

**EXPOSITOR: ING. OMAR ORTIZ RAMIREZ**

**PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **DEFINICION DE CRITERIOS BASICOS**

ING. OMAR ORTIZ RAMIREZ

MODULO I  
PLANEACION DE CARRETERAS

MAYO, 1998.

# **PROYECTO DE CARRETERAS**

Ing. Omar Ortiz Ramírez  
Director General de Carreteras Federales, SCT.

## **1. INTRODUCCION**

Proyectar carreteras en un país como el nuestro, dada la situación económica actual, implica una gran responsabilidad y por lo tanto un reto, ya que es necesario continuar con el desarrollo de la infraestructura carretera nacional, dentro de un marco estricto de austeridad y racionalidad en el proyecto y ejecución de las obras viales.

El proyecto de carreteras se conforma de: la definición geométrica y estructural de las terracerías, el drenaje, el pavimento, las intersecciones, el señalamiento, los puentes, los túneles y las obras complementarias.

Cada uno de estos elementos en las diferentes etapas de su estudio se define mediante el análisis de varias alternativas, en las que se comparan costos y beneficios. Aquí es necesario recalcar que además de los costos de construcción, operación y conservación, también se incluyen los costos financieros, sociales y de mitigación del impacto ambiental.

A continuación, como introducción al módulo de proyecto trataremos cada uno de los elementos principales, mencionando los criterios básicos y las tendencias actuales en el uso de cada uno de ellos.

## **2. PROYECTO GEOMETRICO**

En la estricta acepción del término, proyecto geométrico se refiere a la realización del proyecto en las tres dimensiones de la carretera: la planta, el perfil y la sección transversal; por extensión se aplica al drenaje menor, los puentes, las intersecciones, las obras complementarias y el señalamiento, incluyendo en su caso el aspecto estructural.

La metodología seguida en el proyecto, comprende tres etapas ampliamente conocidas como son: la elección de la ruta, el anteproyecto y el proyecto detallado, las que se tratarán cuidadosamente en el desarrollo de este módulo en el cual verán que con base en los datos fotogramétricos y en los estudios geotécnicos, de drenaje y de impacto ambiental se realiza el proyecto detallado que comprende el diseño de los alineamientos horizontal y vertical, de la sección transversal, del drenaje menor, de las intersecciones y el señalamiento.

Actualmente una parte importante del trabajo de la dirección, es la modernización de la red federal que en este año llega a la inversión de \_\_\_\_\_ millones de pesos y en base en lo que se hace en este programa y al de autopistas concesionadas, se describirán las tendencias actuales en el proyecto.

Los tramos que se están modernizando se ubican en alguna de las situaciones siguientes:

1. Alto índice de accidentes.
2. Alto costo de transporte.
3. Capacidad insuficiente.
4. Modernización para inducir desarrollo económico y social.

Así, las opciones son las siguientes:

- a. Mejoramiento de los alineamientos horizontal y vertical, mediante rectificación del camino actual o en ruta nueva.
- b. Ampliación de la sección transversal.
- c. Adición de un cuerpo nuevo separado, no necesariamente paralelo al actual.
- d. Mejoramiento de la estructura carretera en combinación con ampliaciones de sección.
- e. Modernización de entronques.

A continuación se verá brevemente lo que se está haciendo en algunos de estos conceptos.

### **2.1. Mejoramiento de los alineamientos horizontal y vertical, mediante rectificación del camino actual o en ruta nueva.**

Se está proyectando de acuerdo con el tipo de terreno para velocidades de 80 a 110 kph, a fin de satisfacer los requerimientos de por lo menos el 85% de los usuarios; la selección de la velocidad de proyecto obedece al estudio de anteproyecto con varias velocidades, a los recursos disponibles y atendiendo al rango de velocidades deseado por los conductores.

Se pone especial atención en el concepto de seguridad, conservando constante la velocidad de proyecto en tramos largos y dando en las carreteras de dos carriles un alto porcentaje de distancia de visibilidad de rebase. En las carreteras de cuatro carriles, las distancias de visibilidad se dan por encima de la visibilidad mínima de parada.

Dadas las características de operación de los vehículos, en función de las longitudes críticas de las pendientes, se implementan carriles de ascenso para aumentar la capacidad de las carreteras.

Con el fin de abatir los costos de transporte en carreteras con altos volúmenes de tránsito se han diseñado rutas más directas que reducen distancias, tiempos de recorrido y accidentes, por ejemplo para las carreteras México - Guadalajara, Cuernavaca - Acapulco. Guadalajara - Tepic, etc., se diseñaron trazos que han implicado la construcción de importantes volúmenes de corte y terraplén, viaductos, túneles o atravesar grandes lagunas, buscando siempre el menor costo total del transporte y las menores afectaciones sociales y de impacto ambiental.

## **2.2. Ampliación de la sección transversal.**

Por limitaciones del derecho de vía disponible, en ocasiones es conveniente ampliar la corona existente, de 7 u. 8 m a 11 ó 12 m (inclusive a 13 m) para dos carriles o hasta 20 ó 21 m para cuatro carriles. En este último caso se instala en la faja separadora central una barrera de concreto, generalmente seccionada, para reducir los choques de frente por invasión del sentido contrario.

La sección ahora es de 21 m y no de los 22 tradicionales, porque los acotamientos se han reducido de 3.0 a 2.5 m, lo que es más congruente con su función de carretera de cuatro carriles.

Un estudio sobre el uso de acotamientos en las autopistas nacionales, mostró que los vehículos que se detienen lo hacen en mayor porcentaje en lugares predispuestos o en anchos mayores a 3.0 m, por ejemplo, en los cortes; un mínimo de ellos lo hace en el acotamiento para resolver emergencias y para ello basta el ancho de 2.5 m. Es recomendable proporcionar zonas de paraderos de 5.0x30.0 m o mayores aprovechando los tiros de desperdicio o en ampliaciones de cortes para bancos.

En carreteras como la Puebla - Atlixco o la Autopista Guadalajara - Colima en zonas de dos carriles, cuando se tienen subtramos de pendientes entre 5 y 6 %, se ha dado un ancho de corona de 13.0 m, toda pavimentada para tener dos carriles centrales de 3.5 m y acotamientos de 3.0 m. Con esta disposición y el señalamiento apropiado, se busca que el tránsito lento, transite eventualmente sobre la zona de acotamiento para permitir el rebase de subida y de bajada sin invasión del sentido contrario, reduciendo los choques de frente, que constituyen la principal desventaja de las secciones de tres carriles.

La sección de 13.0 m, como se ha descrito, opera con muy buenos resultados en países más desarrollados, donde la experiencia indica que la capacidad se duplica al pasar de una carretera de 9.0 m a una de 13.0 m de ancho, con una gran reducción en el número y gravedad de los accidentes.

### **2.3. Adición de un cuerpo nuevo para separar sentidos de circulación, mejorando alineamientos y sección transversal.**

En las carreteras San Luis - Saltillo, Sabinas - Monclova, entre otras, se construye un cuerpo nuevo de 10.5 m de ancho y se rehabilita el cuerpo antiguo si lo necesita. Así mismo en los tramos en que la topografía lo requiere, dejan de ser paralelos los cuerpos para darle al nuevo el mejor alineamiento posible, con una sección única de 21.0 m de ancho, pero con menor desarrollo y superior alineamiento.

En aquellas zonas donde es económicamente posible ampliar el derecho de vía, como en la autopista Guadalajara- Colima, se han construido cuerpos paralelos con distancia de 20.0 a 30.0 m de hombro a hombro para reducir accidentes por deslumbramiento.

### **2.4. Mejoramiento de la estructura de la carretera en combinación con ampliación de la sección.**

La ampliación de la corona es ocasión para corregir la estructura y el bombeo de la porción existente y dar a la ampliación las características necesarias para que el conjunto trabaje adecuadamente con el tránsito de proyecto; sin embargo cuando la estructura existente está en buenas condiciones y tiene bombeo hacia ambos lados, la pendiente transversal de ampliación se da hacia fuera y para drenar el centro se construye una cuneta revestida provisional que se conecta a las alcantarillas existentes mediante un tubo vertical. El bombeo del cuerpo antiguo debe cambiarse hacia fuera cuando se requiera mejorar su estructura.

### **2.5. Modernización de entronques**

Los entronques, al igual que el resto de los elementos de la carretera, se están proyectando para que puedan evolucionar por etapas, de manera funcional, al menor costo y con las menores molestias para el público, reservando físicamente el derecho de vía necesario para las condiciones futura previsible.

El procedimiento de proyecto se ha seguido modernizando, principalmente con la ayuda de las calculadoras programables, microcomputadoras, terminales gráficas interactivas y graficadores automáticos, con esta ayuda se está logrando: optimización, rapidez y economía en los proyectos de los nuevos entronques.

### 3. PAVIMENTOS

El pavimento que ha sido tradicionalmente utilizado ha sido el asfáltico, de manera que actualmente más del 99 % de los cerca de 95,000 km pavimentados que cuenta la red carretera mexicana son de este tipo.

A partir de 1925, los primeros pavimentos asfálticos fueron hechos con carpetas de mezcla asfáltica elaborada en lugar o por sistemas de riegos que fueron los más populares hasta que a partir de los 60's, apareció el concreto asfáltico hecho en planta y en caliente para adecuarse a las condiciones cambiantes de tránsito, con un producto de mayor calidad y resistencia.

Entre los desarrollos que se han tenido en este campo, para adecuarse a la situación actual, está el uso de capas asfálticas más gruesas, ya que hasta los 70's, el espesor máximo era del orden de 80 mm, mientras que en la actualidad el orden es de los 150 mm o aún más. También se ha incrementado el uso de las emulsiones asfálticas y se tienen en experimentación carpetas ahuladas drenantes, estudios de durabilidad de agregados, etc.

Algo muy importante actualmente es la adaptación de nuestra tecnología a la nueva producción de cementos asfálticos que realiza PEMEX, para lo cual ya se cuenta entre otras cosas con una regionalización de la república para utilizar el tipo de cemento más apropiado en cada zona; otra actividad es trabajar en algunos casos con pruebas desarrolladas en el programa de investigación llamado SHRP, con objeto de actualizar los ensayos de laboratorio, además de estar preparando personal en esta especialidad, todo con objeto de seguir manteniendo la mejor tecnología posible, en este campo tan importante de las vías terrestres.

Una condición notable es que en México, hasta el año 1993, la utilización de pavimentos de concreto en carreteras interurbanas fue muy escasa, mientras que su presencia en vialidades urbanas como avenidas, calles y bulevares de acceso a ciudades ha sido muy abundante. Como ejemplo, se menciona el caso de Guadalajara, segunda ciudad del país con cerca de 5.0 millones de habitantes y en la cual de 24 millones de metros cuadrados de calles, 17 millones están pavimentados, correspondiendo 59% a los de concreto hidráulico, proporción que crece cada día más.

Hay dos razones principales del porque el pavimento asfáltico había sido la solución única seguida por el país en su red carretera: la primera que México, país petrolero era y es un importante productor de asfalto y el modelo económico nacional era proclive a proporcionar a ese asfalto a precios subsidiados, de manera que los pavimentos asfálticos resultaban de 2.0 a 2.5 veces más baratos en su inversión inicial que los de concreto, y la segunda, porque las intensidades del tránsito nacional hacían la solución del concreto asfáltico perfectamente compatible con los requerimientos.

Sin embargo, el desarrollo económico del país en el último decenio ha producido que los niveles de tránsito alcancen volúmenes de tránsito muy altos y además con proporciones de vehículos desusadamente altas y es así que porcentajes del 30 o más, en caminos de carga, son usuales en los caminos más transitados.

De acuerdo al crecimiento de los volúmenes de tránsito, en los casos que los requerían, se empezaron a incluir en los estudios de proyecto de pavimentos como solución alternativa los de concreto, teniendo en cuenta que la elección de un sistema de pavimentación sobre otro, no puede ser objeto de preferencia subjetiva o moda, sino que debe responder a un análisis técnico - económico claro y consistente, necesariamente basado en dos aspectos contrastantes: el económico y el de suministros.

El problema de los suministros se centra evidentemente en la disponibilidad de asfalto y cemento. En estos terrenos, aunque el país es un productor muy importante de ambos insumos, es necesario el conocimiento de políticas claras fundamentadas en informaciones fehacientes acerca del futuro de esos insumos para tomarlas en cuenta en el análisis.

Después de un periodo inicial en el cual, en varios estudios de pavimentación aparecía como solución alternativa o la más recomendable el pavimento de concreto, se iniciaron los esfuerzos para implementar y construir los primeros pavimentos de este tipo, para lo cual se tuvieron que vencer una serie de reticencias y limitaciones, de las cuales, las más importantes fueron por una parte, la carencia de maquinaria de alto rendimiento para la construcción de pavimentos de concreto, mientras que por la otra, para los asfálticos el país contaba con un parque de maquinaria moderno y abundante. La situación anterior se superó, se adquirieron equipos modernos y a finales de 1993, se construyó el primer tramo interurbano de concreto (libramiento Ticumán, Morelos).

La longitud de pavimentos de concreto, construidos o en proceso de construcción desde noviembre de 1993 hasta la fecha (mayo de 1998), suma alrededor de 2100 km carril, de los cuales el 28 % se han utilizado como sobrecarpeta (white topping), mientras que el resto, 72% forma parte de una estructura nueva.

Adicionalmente a este inventario, longitudes considerables de pavimentos de concreto han sido construidos en caminos estatales, libramientos, avenidas urbanas, etc.

En las carreteras principales donde se están utilizando pavimentos de concreto, las cargas de tránsito de diseño son mayores a  $2 \times 10^7$  ejes equivalentes de 8.2 ton, excepto en tres casos que pertenecen a zonas turísticas de alto nivel, como son Cancún, Ixtapa y Puerto Vallarta. Los espesores de losa han variado de 200 a 300 mm, según la calidad de materiales disponibles y el tránsito esperado.

Una alternativa en este tipo de pavimentos es el uso de losas de espesor relativamente pequeño (50 a 100 mm) colocadas sobre pavimentos asfálticos que requieren reconstrucción.

Para tener éxito en este sistema se requieren dos cosas: una, que la carpeta existente no este muy agrietada y la otra, que la preparación de la superficie de rodamiento en servicio permita lograr una adherencia significativa entre el concreto fresco y la carpeta asfáltica existente, por lo cual debe tenerse un cuidado muy especial para tener éxito en este tipo de refuerzo, el cual tiene un campo de aplicación muy interesante si se considera que en la red nacional de carreteras se tienen más de 50,000 km pavimentados con carpetas asfálticas.

Actualmente, se tiene una sección de prueba con esta solución, en la carretera costera del Pacífico, en el tramo Guasave - Los Mochís, vía que tiene 100 mm de carpeta asfáltica, tránsito mayor a 16,000 vehículos diarios y cuatro carriles de circulación. La sobrecarpeta de concreto hidráulico tiene espesores entre 80 y 100 mm.

Otra alternativa es el llamado concreto compactado con rodillos (CCR), su diferencia con el concreto regular es que en la mezcla tiene una consistencia seca con cero revenimiento, y después de compactada muestra una resistencia igual o mayor al concreto convencional, con un consumo de cemento hasta 30 % menor para la misma resistencia a la compresión.

Dado que las experiencias muestran que se presentan problemas en la construcción del CCR, que afectan notablemente su funcionamiento como son su textura superficial lisa, rugosidad excesiva y agrietamientos no controlados, es necesario analizar cuidadosamente esta alternativa para utilizarla como superficie de rodamiento en caminos de tránsito menor o incorporar capas de este producto a la sección estructural de pavimentos asfálticos para carreteras de tránsito intenso.

Hasta la fecha en nuestro país, para el caso de las obras viales la utilización del CCR, ha estado limitada a zonas de circulación lenta de vehículos como las explanadas operativas de puertos, como el de Altamira Tamaulipas, en algunos caminos modestos o en calles urbanas de bajos volúmenes de tránsito como en Guadalajara, Jalisco.

#### **4 . PUENTES**

La mayoría de los puentes carreteros de la red nacional han sido proyectados con base en las normas norteamericanas de AASHTO. Esta tradición data de 1925, cuando la recién fundada Comisión Nacional de Caminos tuvo la necesidad de contratar empresa norteamericanas para el proyecto y la construcción de las primeras carreteras del país. ante la falta de experiencia y conocimiento que en ese tiempo tenían las empresas nacionales sobre esos aspectos de las vías terrestres. Sin embargo, en pocos años los

ingenieros mexicanos adoptaron la tecnología y empezaron a hacerle modificaciones de acuerdo con las circunstancias nacionales. En lo referente al proyecto de puentes, las adaptaciones más notables incluyen por ejemplo, la adopción de esfuerzos de trabajo más altos para el acero de refuerzo; disposiciones más severas para el cálculo de refuerzo por cortante en vigas y consideración de los efectos de fatiga para el dimensionamiento de losas de calzada, etc.

En los últimos 15 años, adaptaciones como las anteriores han resultado insuficientes, dada la necesidad de construir un mayor número de puentes de grandes claros y estructuras especiales, que respondan a las características actuales del volumen y tipo de vehículos que circulan por la red; debido a lo anterior, se ha hecho imperiosa la necesidad, tanto de elaborar normas mexicanas para proyecto de puentes, así como adquirir tecnologías desarrolladas en países como Alemania y Francia y además crear tecnologías propias, pese a las dificultades resultantes de la carencia de investigación suficiente en este tema, en nuestro país.

Actualmente sólo en la red federal mexicana, se tienen más de 6300 puentes de un gran número de tipos y formas, a continuación se enumerarán los principales sistemas utilizados y algunas de las estructuras destacadas en cada sistema.

En relación a las vigas pretensadas de concreto, que se empezaron a utilizar en los 60's, se tiene el puente el Zacatal, con 3.0 km de longitud ubicado en el estado de Campeche con claros de \_\_\_\_\_ y un claro elevado central de \_\_\_\_m. Este puente tiene tres años en operación.

Entre las estructuras metálicas ortotrópicas, ocupan un lugar sobresaliente los puentes Ing. Fernando Espinoza en Jalisco e Ing. Mariano García Sela en Veracruz, con claros de 110.0 m y 140.0 m respectivamente. Las rasantes de estos puentes se encuentran a 110.0 y 140.0 m en relación al lecho del cauce por lo que son propiamente viaductos ya que en su diseño no influyó el régimen hidráulico de los ríos que cruzan. Estas estructuras tienen cerca de 30 años en operación.

Una tecnología mexicana son las estructuras espaciales, entre las cuales destacan el viaducto El Nuevo, en la autopista Guadalajara- Colima de 160.0 m de longitud y el llamado Platanar de 120.0 m de longitud en la autopista Guadalajara - Tepic. Las primeras estructuras de este tipo se fabricaron en los 70's.

Con relación a puentes empujados destacan el puente La Marquesa en la autopista México - Toluca de 400 m de longitud y los llamados Atenquique I y II en la autopista Guadalajara - Colima de 440.0 y 320.0 m de longitud respectivamente, todos estos con dovelas cajón de concreto preesforzado y alrededor de 10 años en operación. En este sistema destaca la fabricación de la nariz, que es una estructura metálica indispensable para el empujado de las dovelas. En los últimos años se han construido otros puentes con

este sistema, pero usando dovelas de acero en las autopistas Guadalajara - Tepic Tehuacán - Puebla.

En cuanto a puentes en doble voladizo a base de dovelas de concreto pretensado, destacan los viaductos Beltrán y Pialla en la autopista Guadalajara - Colima, de 297.0 m y 158.0 m de longitud, 130.0 y 82.0 m de altura máxima de pila respectivamente. Estas estructuras tiene cerca de 10 años en operación.

Una innovación en el sistema doble voladizo es el acostillado que consiste en colocar una costilla estructural en el centro del ancho del puente, que ayuda a soportar a las dovelas pretensadas, como es el caso del puente Papagayo de la autopista Cuernavaca - Acapulco, que tiene una longitud total de 315.0 m; actualmente tiene alrededor de 6 años de servicio.

Entre las estructuras atirantadas más grandes se encuentran los puentes Antonio Dovalí Jaime ( Coatzacoalcos II), Tampico y el Mezcala, cuyas longitudes son en el mismo orden 1170.0 m, 1543.0 m y 882.0 m, con alturas máximas de pila de 100.0 m, 185.0 m y 243.0 . La calidad en el diseño y construcción de estos puentes los han hecho merecedores de premios internacionales.

## 5. TUNELES

En México, la experiencia tunelera es rica y variada, abarcando numerosas obras para minería, vías férreas, acueductos, drenajes, proyectos hidroeléctricos, líneas de Metro, etc; algunas de ellas construidas desde épocas prehispánicas y coloniales.

Sin embargo el túnel vehicular carretero, fue un notorio faltante hasta hace casi 20 años en que aparece formalmente en México, durante los 70's, en el camino de acceso al PH Chicoasén en el estado de Chiapas.

Desde entonces nuevos túneles vehiculares se han incorporado a la infraestructura carretera del país, siendo los dos primeros los construidos en la ciudad de Puerto Vallarta y en la autopista México - Toluca, con 400 m y 340 m respectivamente de longitud y con más de 10 años en operación; a partir de ahí, se han multiplicado los túneles, como los construidos en las autopistas Cuernavaca - Acapulco y Puebla - Orizaba; es importante mencionar el túnel de ingreso a la ciudad de Acapulco de 3.0 km de longitud y alrededor de dos años en operación. Actualmente se tienen proyectados más de 20 túneles adicionales.

El túnel vehicular puede definirse como un pasaje preferencial subterráneo o subacuático para el transporte de mercaderías o el tránsito de personas, que libra obstáculos topográficos o cuerpos de agua, permitiendo abatir los costos de operación de la vialidad al construirse con altas especificaciones.

El ahorro económico que tienen los usuarios de la vialidad con túnel, compensa con creces su costo inicial y el de mantenimiento, ya que los ahorros se van acumulando rápidamente durante la operación. Adicionalmente la reducción del tiempo de recorrido beneficia directamente a los usuarios, quienes transitan en caminos más cortos y seguros.

La construcción de túneles vehiculares en ciudades congestionadas y en carreteras sobre zonas con topografía accidentada es altamente aconsejable, debiéndose realizar para cada caso en particular, un análisis económico que incluya las etapas de construcción y operación para poner en claro las ventajas de su realización.

En todos los casos en que se ha proyectado túneles, se ha tomado esta decisión después que un análisis económico lo ha justificado.

Se considera que la experiencia ganada en los primeros túneles construidos y el estado actual de la tecnología nos permite diseñar y construir en México, túneles vehiculares carreteros en cualquier condición geológica, y los resultados económicos de la operación de las vialidades de un túnel de cuota, parece confirmar que esta debe ser una solución cada vez más usada en las comunicaciones terrestres del agreste suelo mexicano.

## **6. OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Dentro de las obras complementarias, en este rubro, vamos a tratar brevemente de la construcción geotécnica.

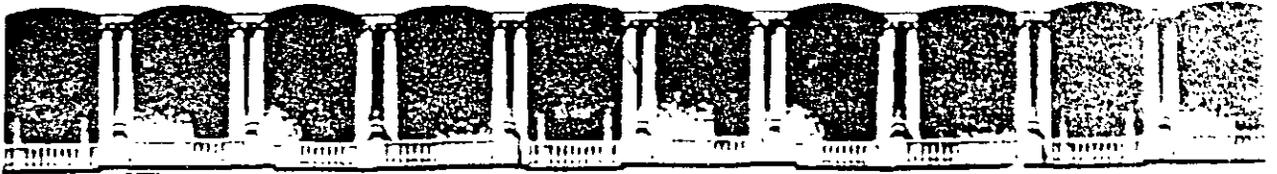
Para contener rellenos, como son los terraplenes, ya es práctica común aparte de utilizar los muros de contención a base de mampostería o concreto, usar sistemas de suelo reforzado de los cuales hay más de 6 empresas en México que venden diferentes modalidades, además se utilizan sistemas de muro jaula y otros hechos a base de geosintéticos. Cuando se trata de evitar la erosión, se utiliza el sembrado de especies vegetales, solo o combinado con soluciones técnicas que evitan la erosión y permiten el desarrollo de la cobertura vegetal. También se utilizan con frecuencia los muros pantalla, hechos a base de gaviones u otro material. Todos estos sistemas pueden verse en las diferentes carreteras del país.

En el caso de taludes excavados, se utilizan una gran variedad de sistemas para la contención de paredes según el tipo de material y las características geométricas del talud, entre ellos los métodos biotécnicos para materiales erosionables ( el pasto en rollo, hidrosiembra, emulsiones asfálticas, manta fértil, etc.), concreto lanzado para diferentes tipos de rocas, anclajes a fricción o a tensión para suelos y rocas; mallas ancladas para proteger de caídos.; pilotes de concreto plástico como elementos de estabilización, etc.

También como en el caso anterior, se pueden ver estos sistemas al recorrer alguna de las autopistas del país.

En general, los geosintéticos tienen un uso muy abundante en carreteras, pero quizá su mejor aplicación hasta la fecha es en obras de subdrenaje, ya que se usan para mejorar el comportamiento de capas drenantes, drenes longitudinales de zanja, drenes transversales de penetración, etc.

Otras utilizaciones valiosas de los geosintéticos son: refuerzo del terreno de cimentación de terraplenes colocados sobre suelos blandos; capa amortiguadora de esfuerzos para disminuir la reflexión de agrietamientos; capa de transición entre materiales gruesos y finos, etc.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**ETAPAS PARA EL PROYECTO  
CONCEPTOS FUNDAMENTALES  
ESTUDIOS DETALLADOS**

**EXPOSITOR: ING. BULMARO CABRERA RUIZ  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **ETAPAS PARA EL PROYECTO CONCEPTOS FUNDAMENTALES ESTUDIOS DETALLADOS**

ING. BULMARO CABRERA RUIZ

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.

# CARRETERAS

1.- PLANEACION

2.- PROYECTO

3.- CONSTRUCCION

4.- OPERACION

5.- CONSERVACION

# ETAPAS PARA EL PROYECTO DE CARRETERAS

## 1.- SELECCION DE RUTAS

### A) CONTROL TERRESTRE

## 2.- PROYECTO PRELIMINAR

## 3.- PROYECTO DEFINITIVO

# PROYECTO CONSTRUCTIVO

1.- DERECHO DE VIA

2.- TERRRACERIAS

3.- DRENAJE

4.- PAVIMENTOS

5.- INTERSECCIONES

6.- SEÑALAMIENTO

7.- PUENTES

8.- TUNELES

9.- PASOS A DESNIVEL

10.- EDIFICIOS

11.- ILUMINACION

12.- RESTAURACION ECOLOGICA

# CONCEPTOS BASICOS

1.- TRAZO DIRECTO

2.- VELOCIDAD DESEADA, UNIFORME,  
NO SORPRESAS

3.- VALORES LIMITE SOLO EN  
SITUACIONES CRITICAS

4.- CURVAS LARGAS; NO INVERSAS

5:- COORDINACION DE ALINEAMIENTOS

# ELEMENTOS

1.- DATOS DE TRANSITO

2.- ACCIDENTES

3.- COSTOS DE TRANSPORTE

4.- TOPOGRAFIA

5.- GEOLOGIA Y GEOTECNIA

6.- HIDROLOGIA Y DRENAJE

7.- USO DEL SUELO

8.- TENENCIA DE LA TIERRA

9.- PLANES DE DESARROLLO

A) NACIONAL

B) ESTATAL

C) MUNICIPAL

10.- PROGRAMA SECTORIAL DE OBRAS

TOPOGRAFIA

GEOLOGIA

MECANICA DE SUELOS

HIDROLOGIA

HIDRAULICA

DRENAJE

SUBDRENAJE

PAVIMENTOS

ESTRUCTURAS

PUENTES

EDIFICIOS

PASOS A DESNIVEL

TUNELES

VIADUCTOS

FOTOGRAMETRIA

VIAS TERRESTRES

ECOLOGIA

COSTOS Y PRESUPUESTOS

INGENIERIA DE TRANSITO

MEDIOS DE TRANSPORTE SUS PESOS Y MEDIDAS

REGLAMENTACION Y ESPECIFICACIONES

PROGRAMACION DE OBRAS Y PROYECTOS

# CONTROLES EXTERNOS

1.- DICTAMEN CNA

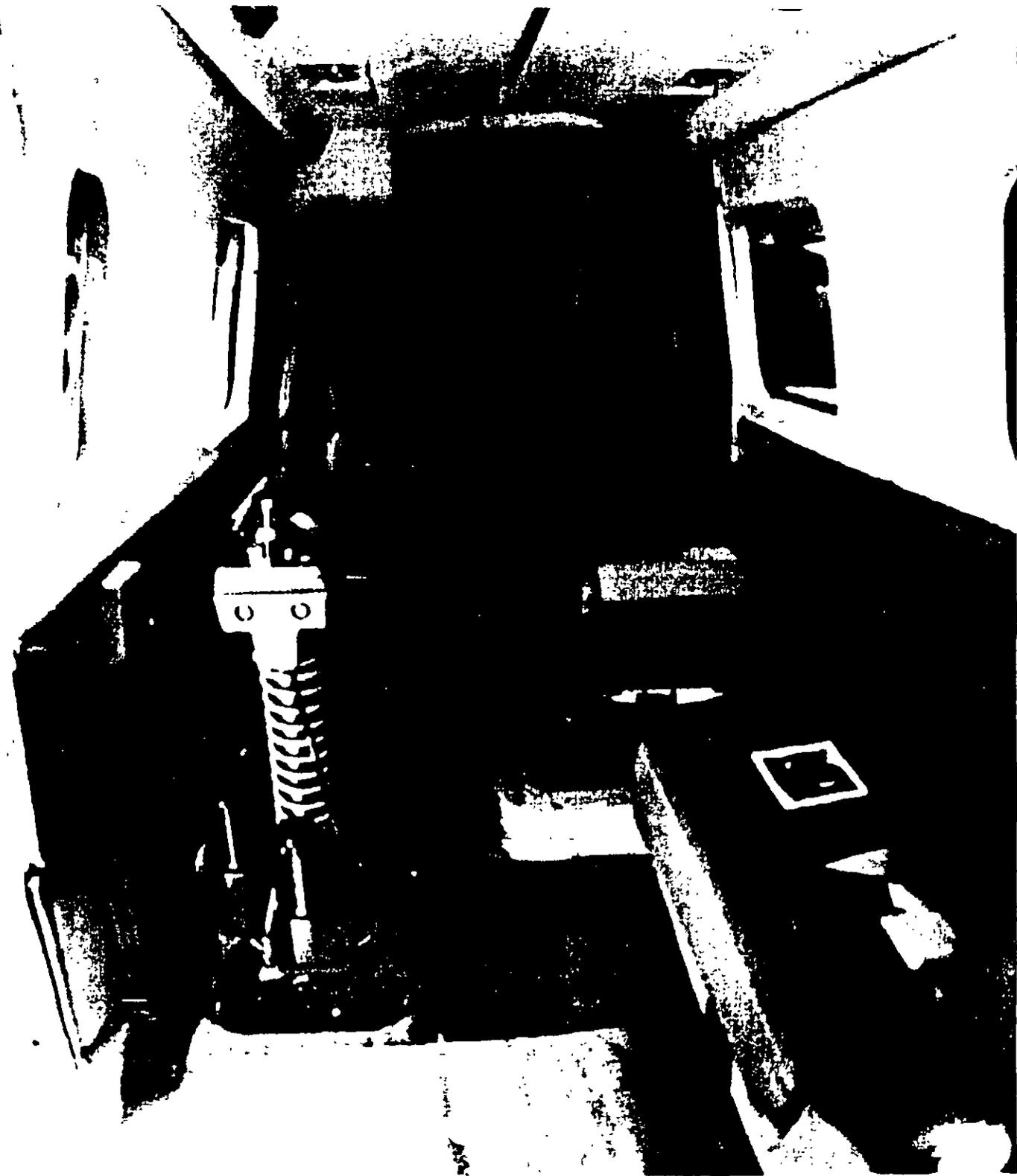
2.- DICTAMEN DE ANTROPOLOGIA

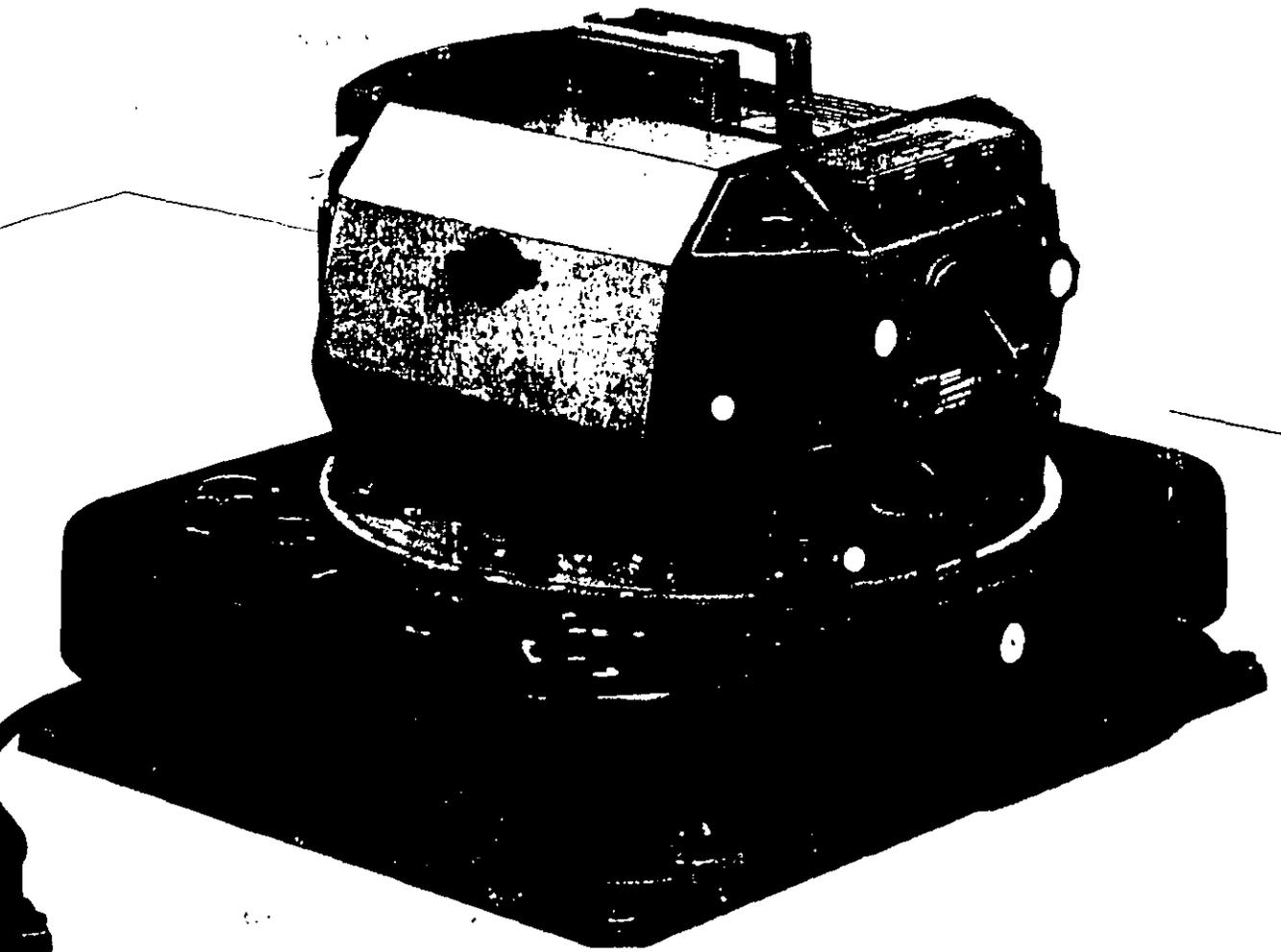
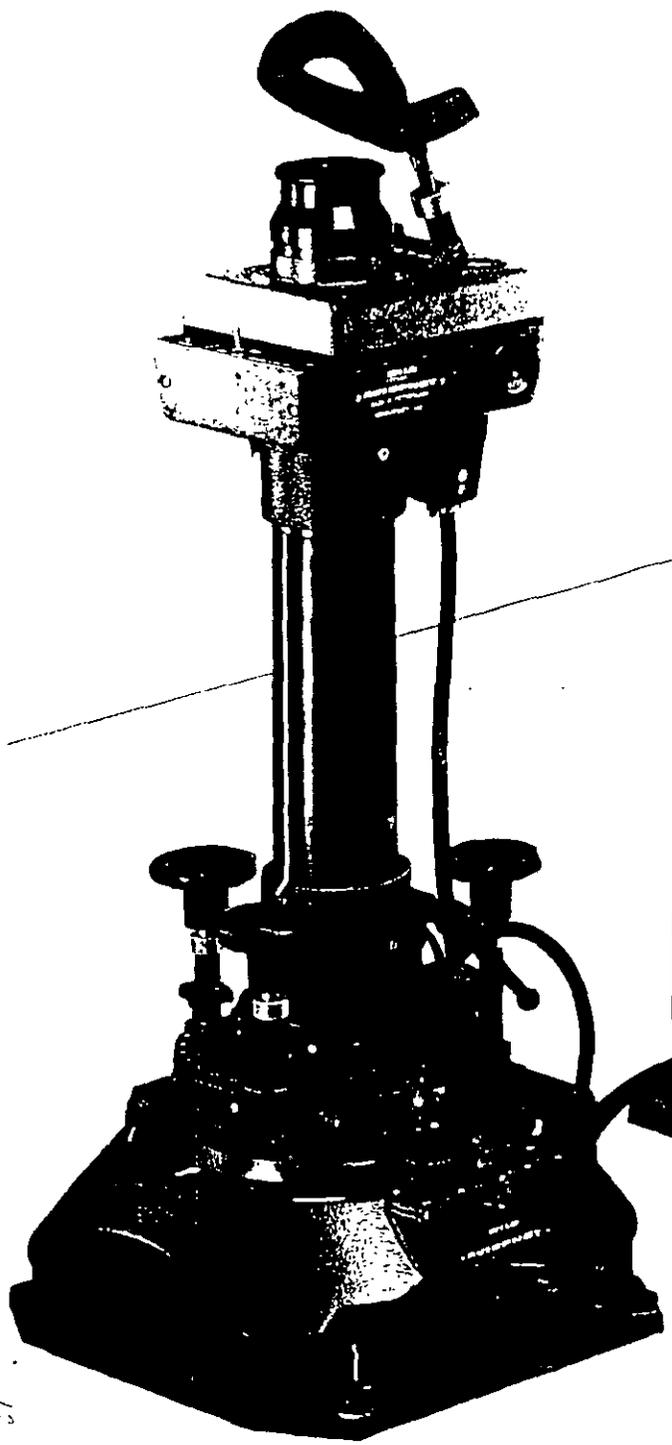
3.- MANIFESTACION DE IMPACTO  
AMBIENTAL Y DICTAMEN

4.- MITIGACION AMBIENTAL

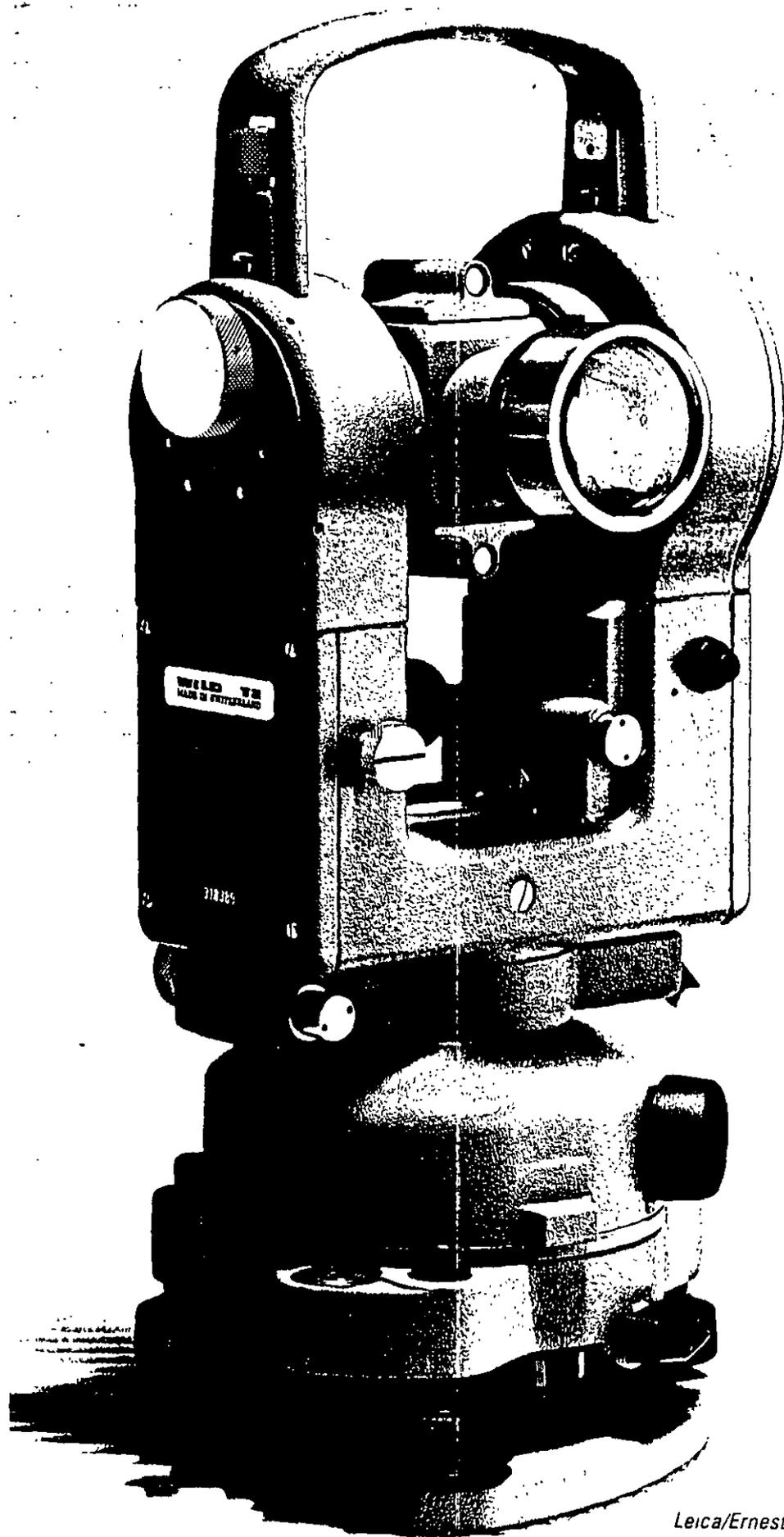
5.- CONFORMIDAD DE AFECTADOS



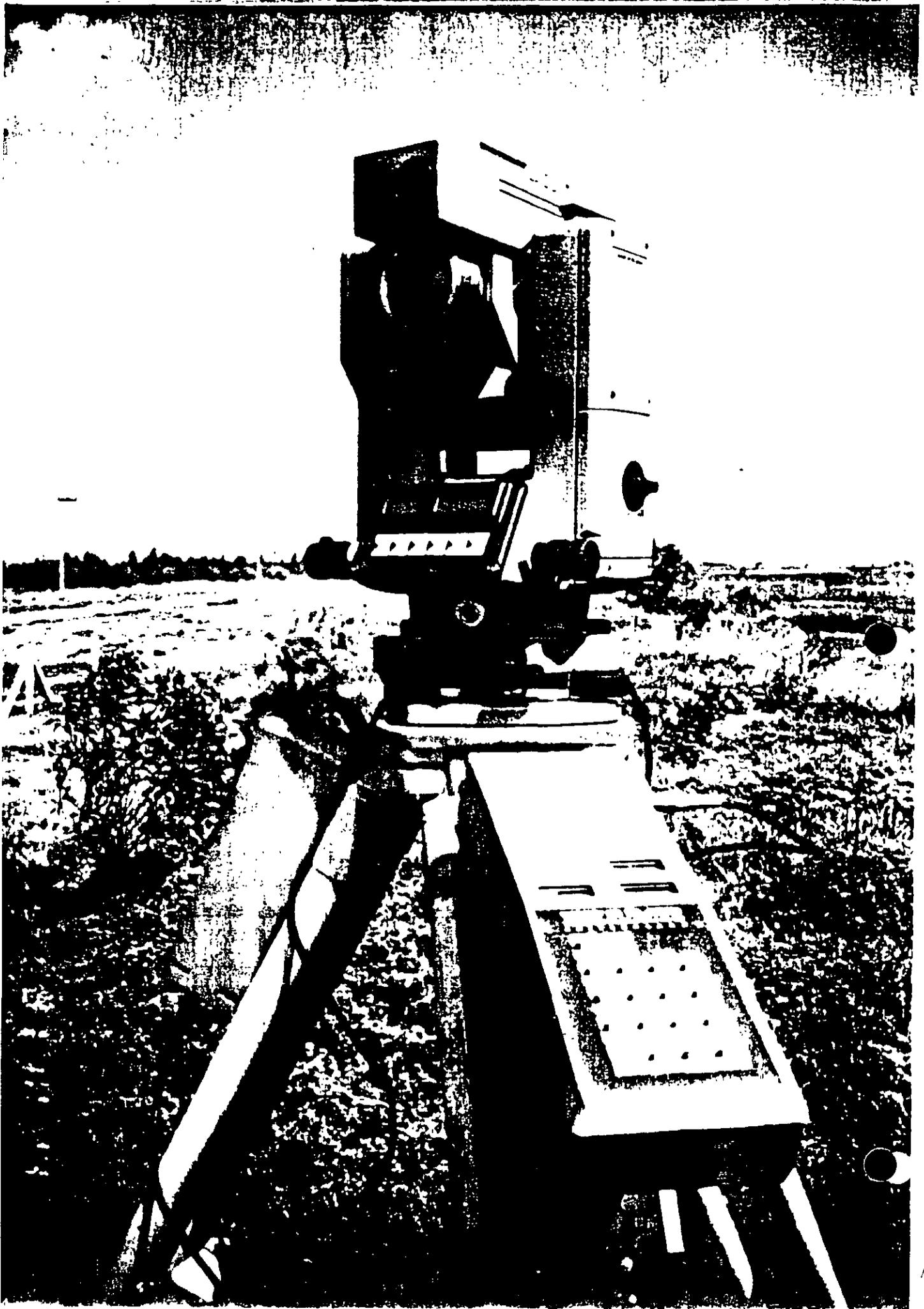


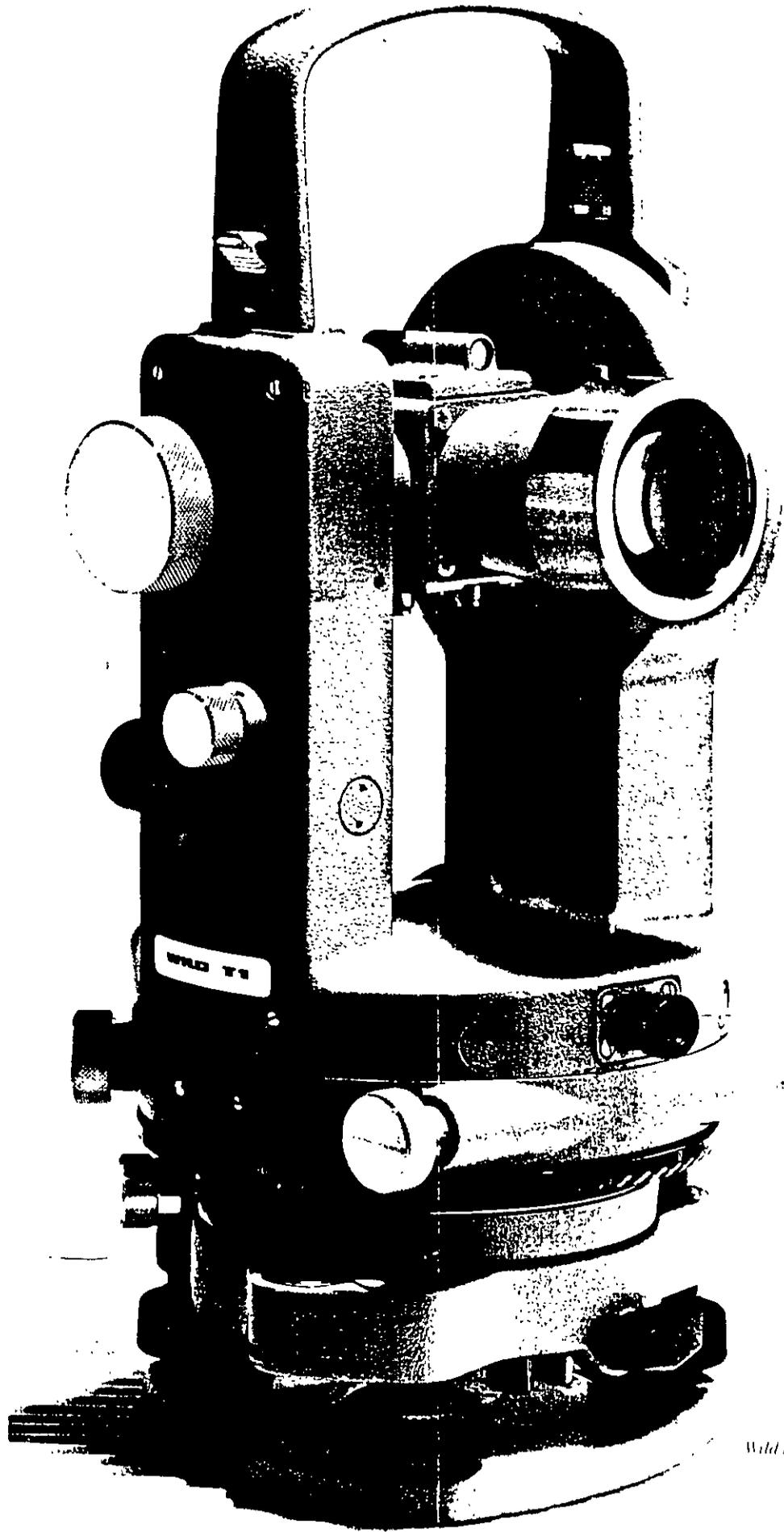




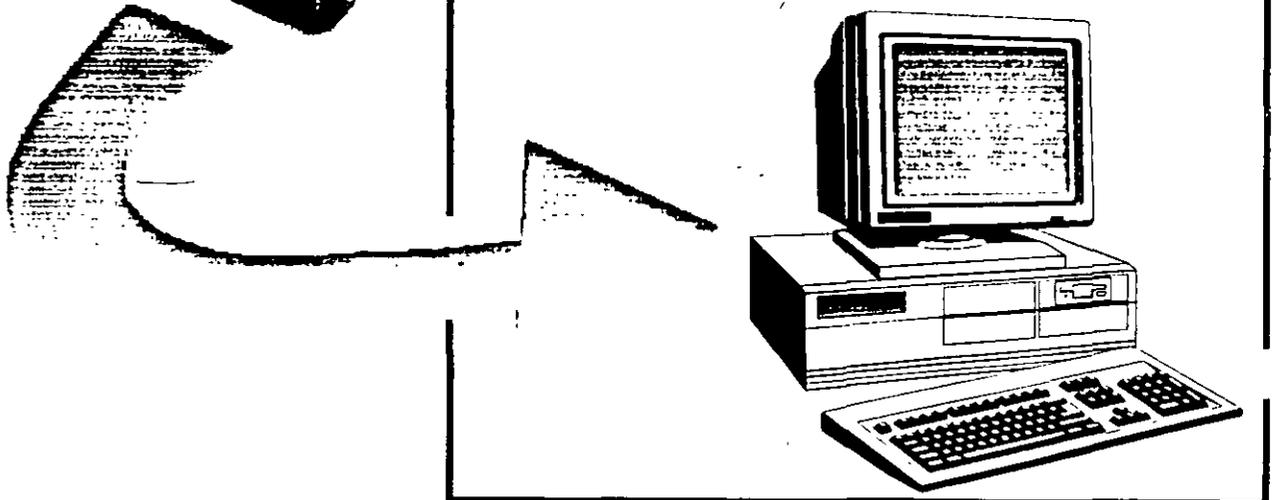
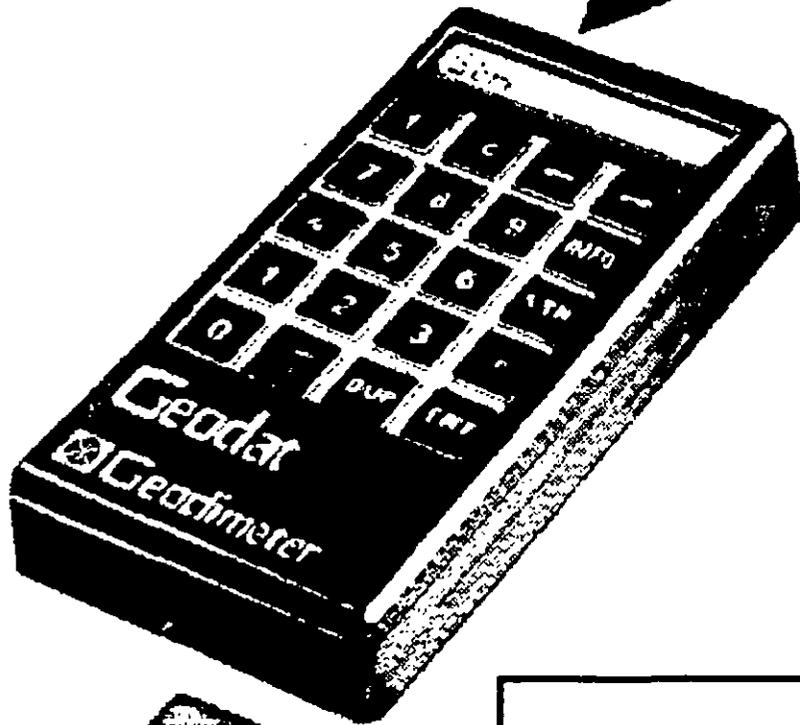


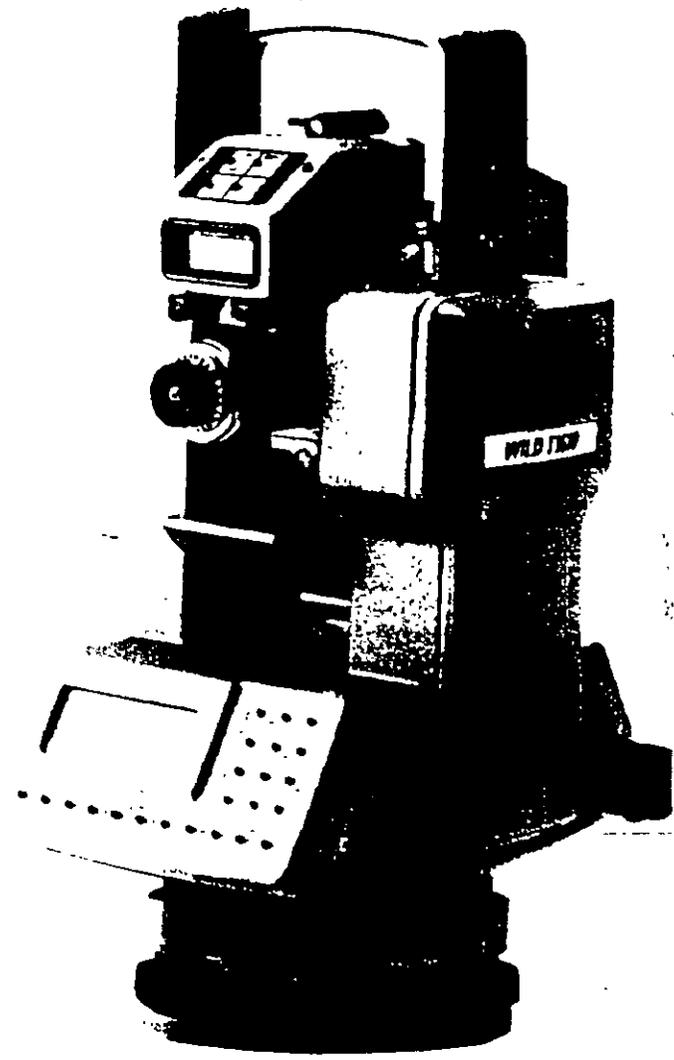
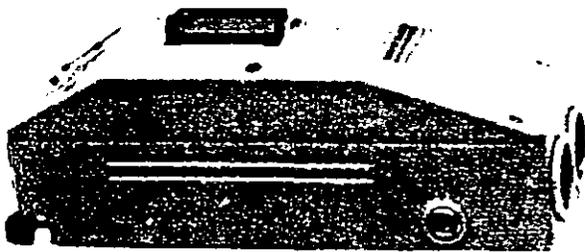
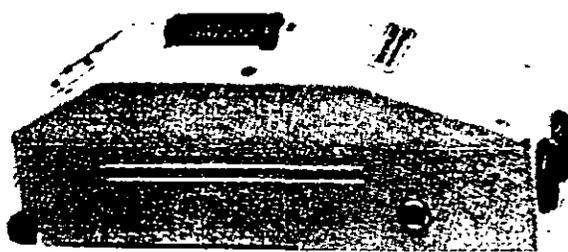
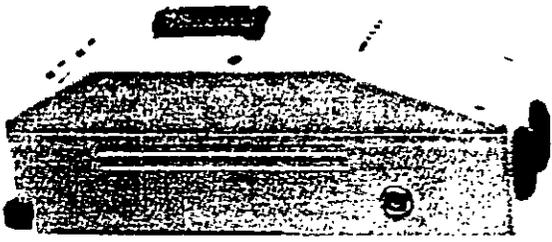
*Leica/Ernest Igl Design*

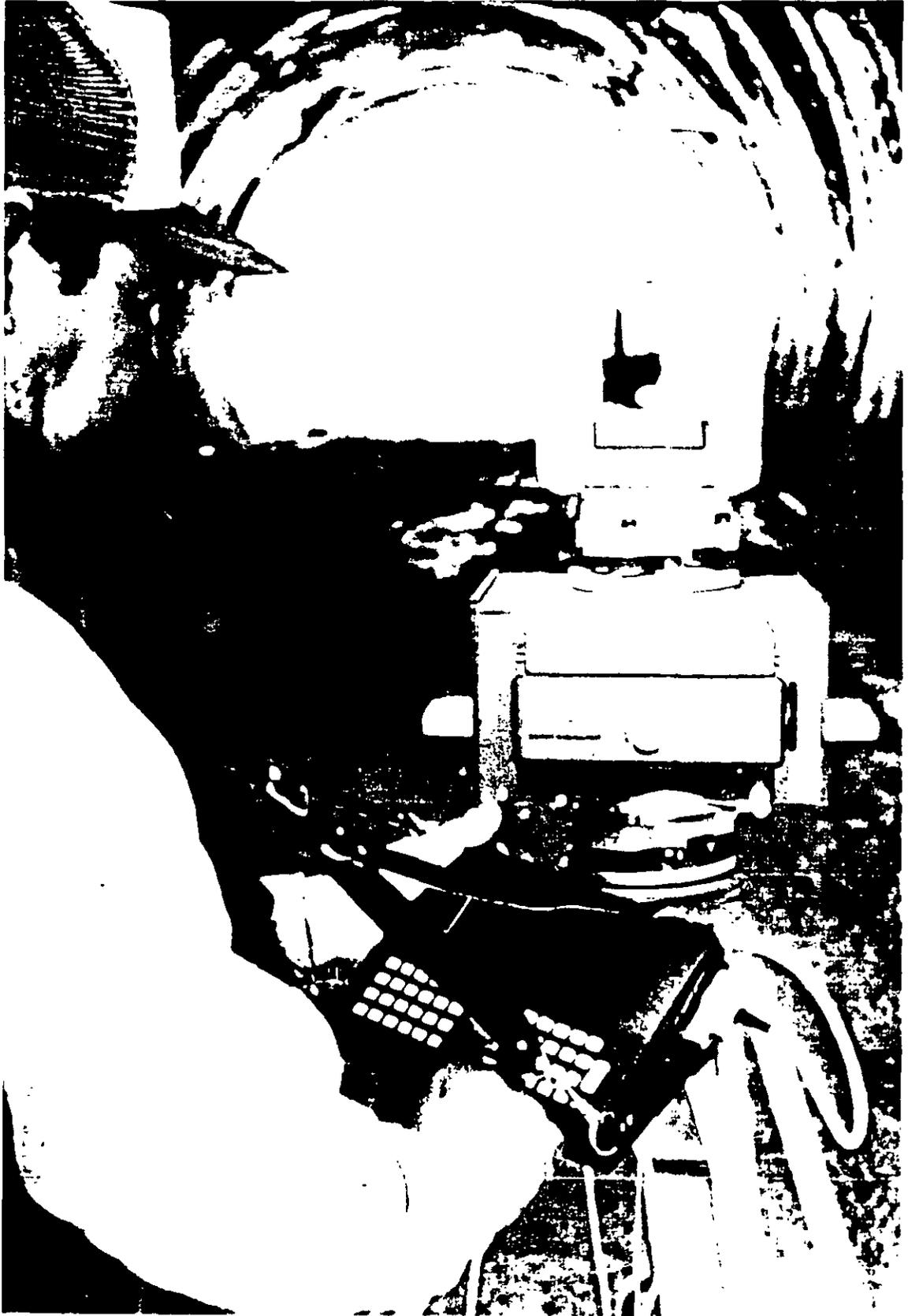




Wild T1 Design





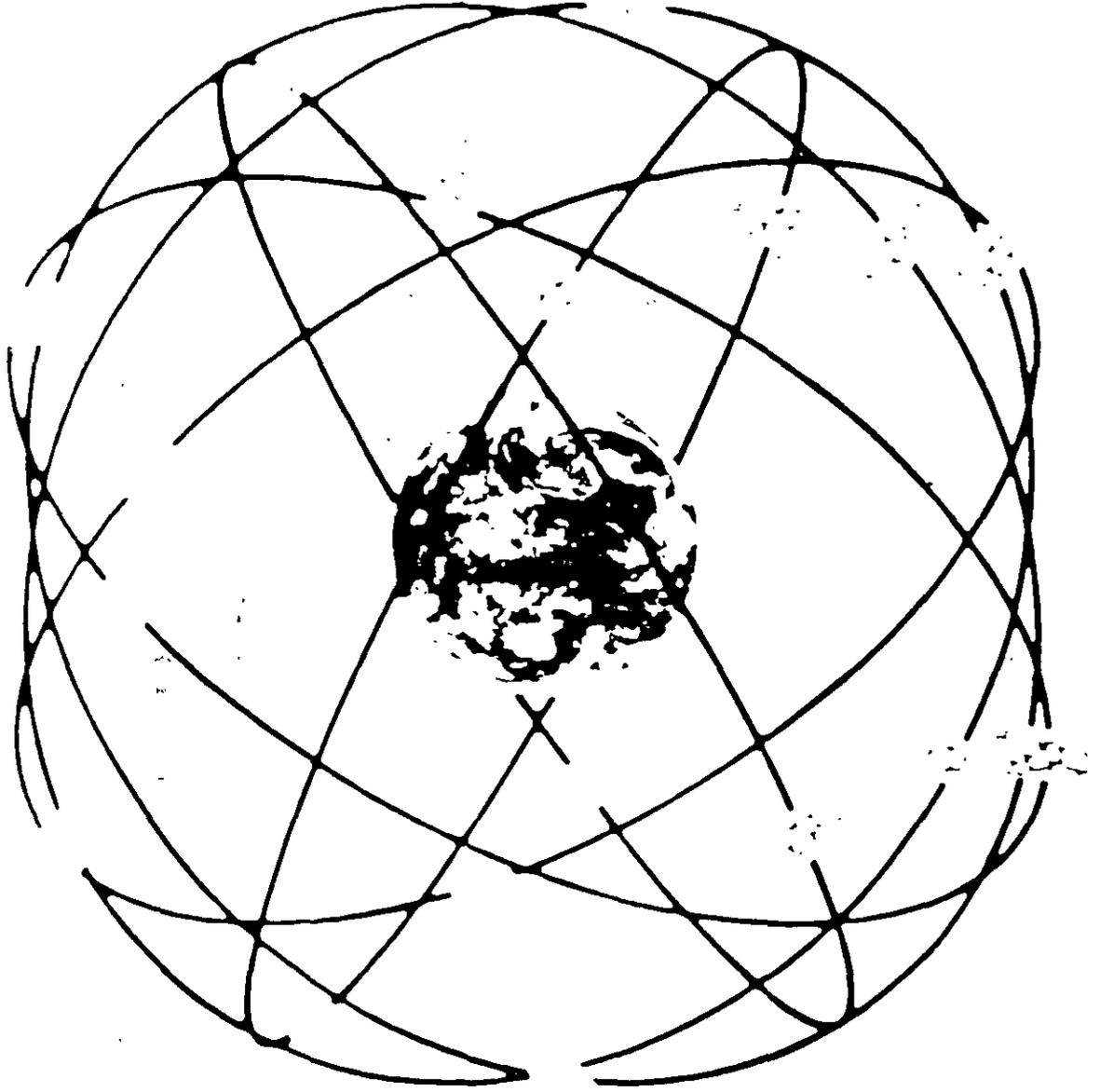




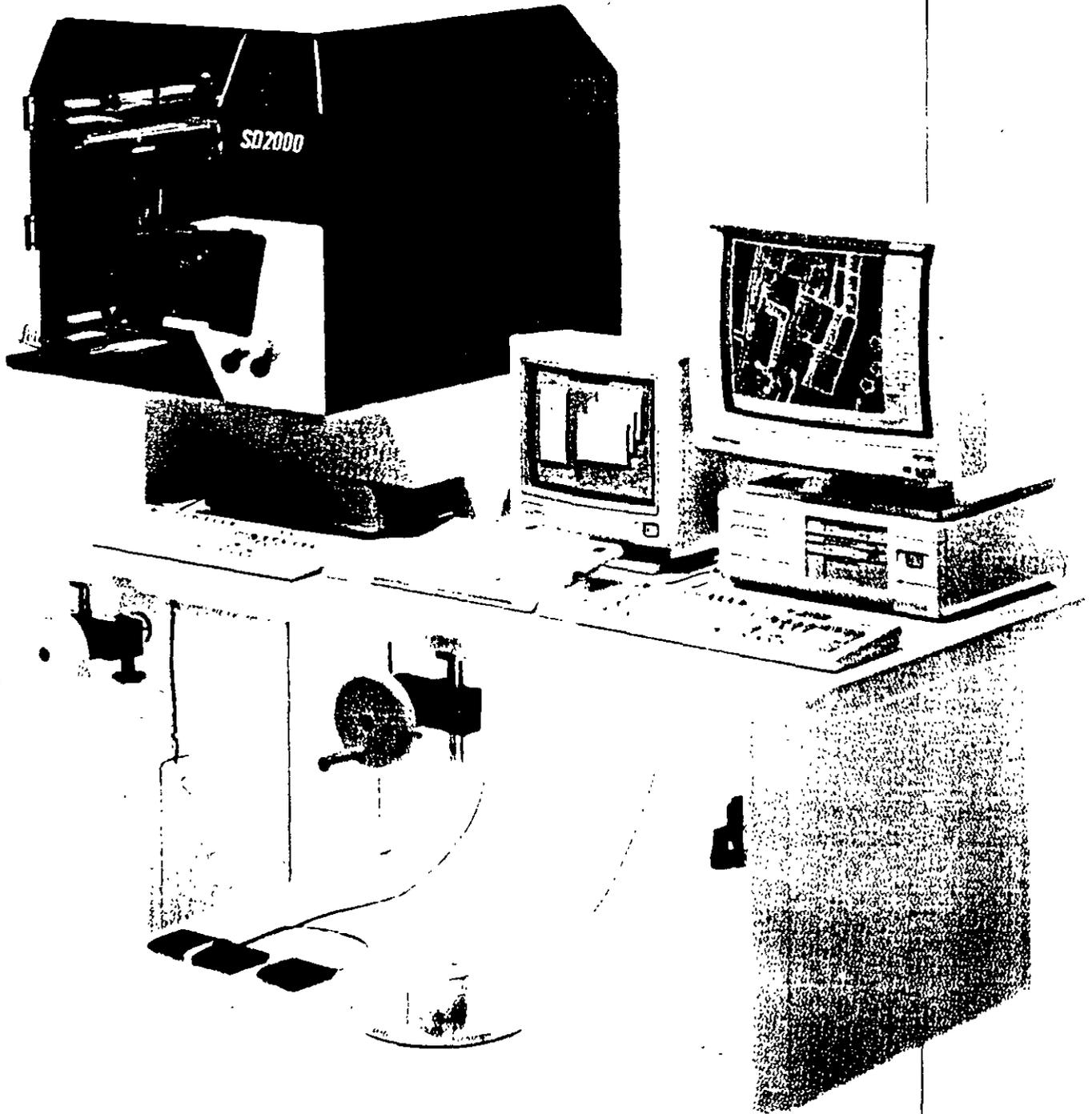
Leica

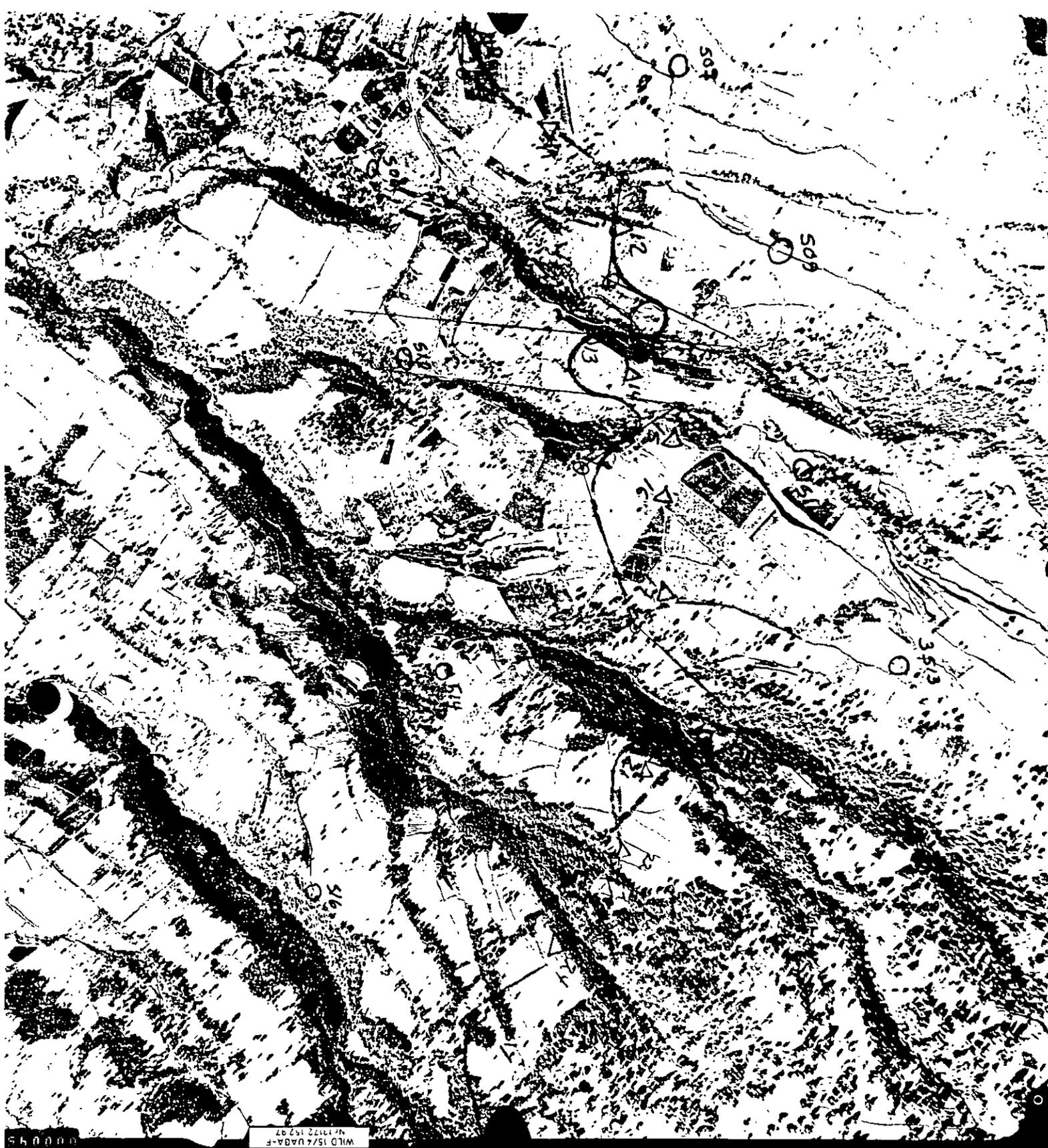
WILD SR299



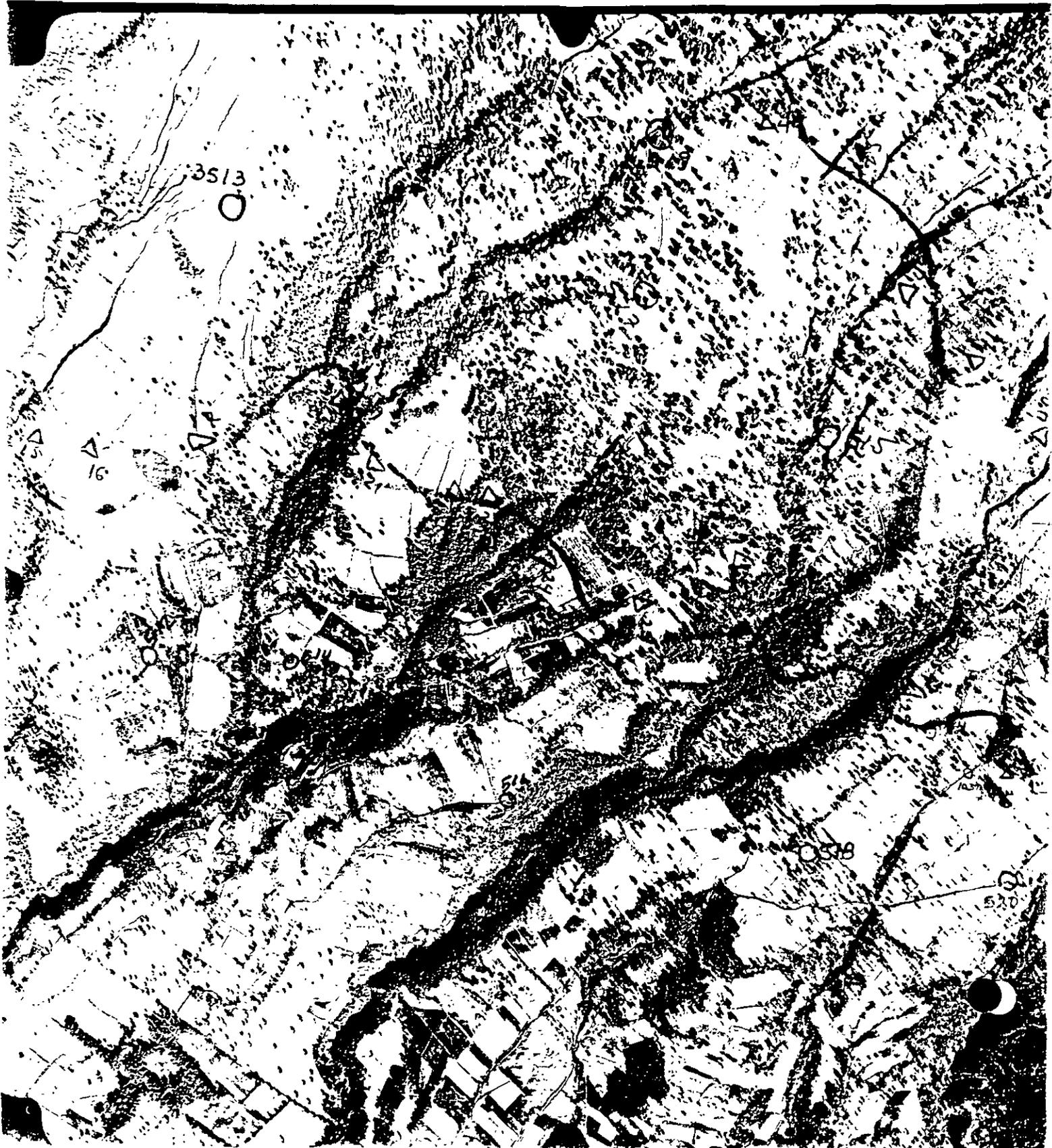


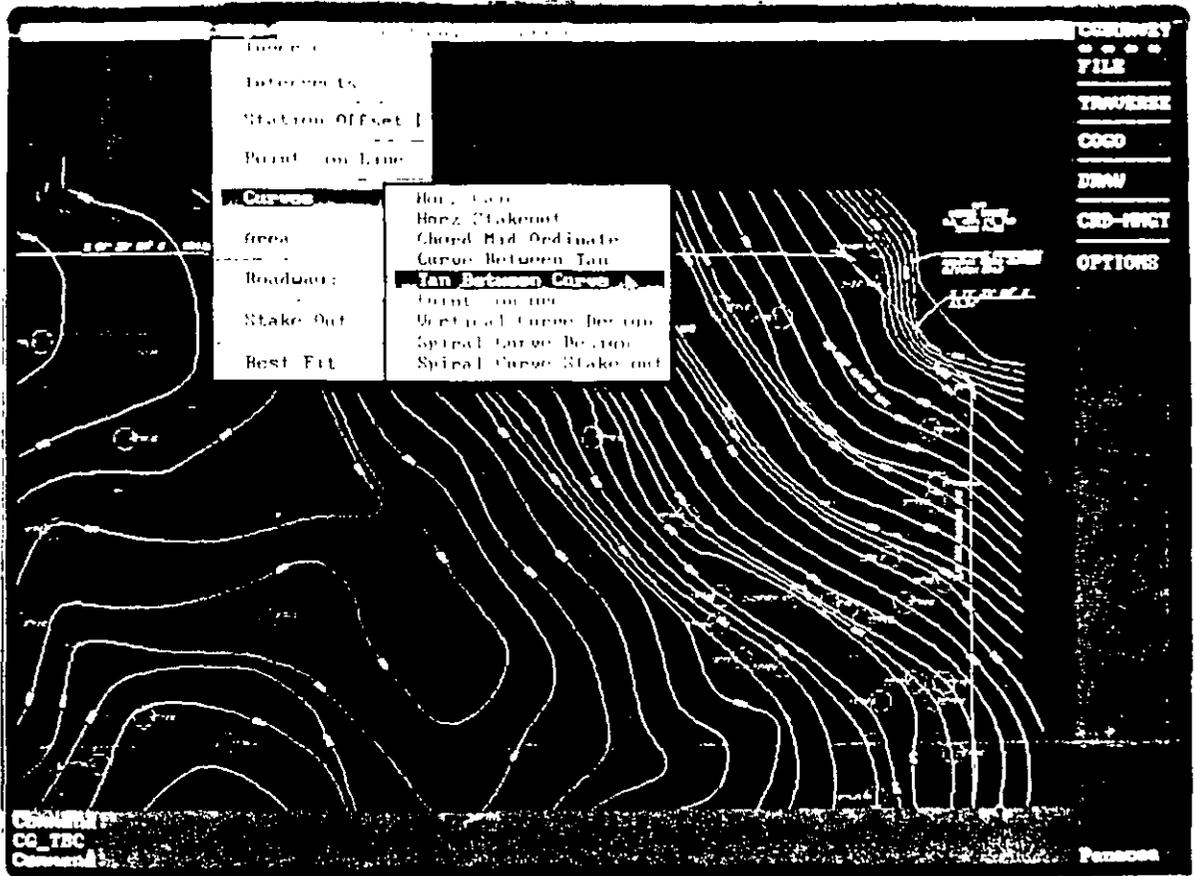
**GPS**



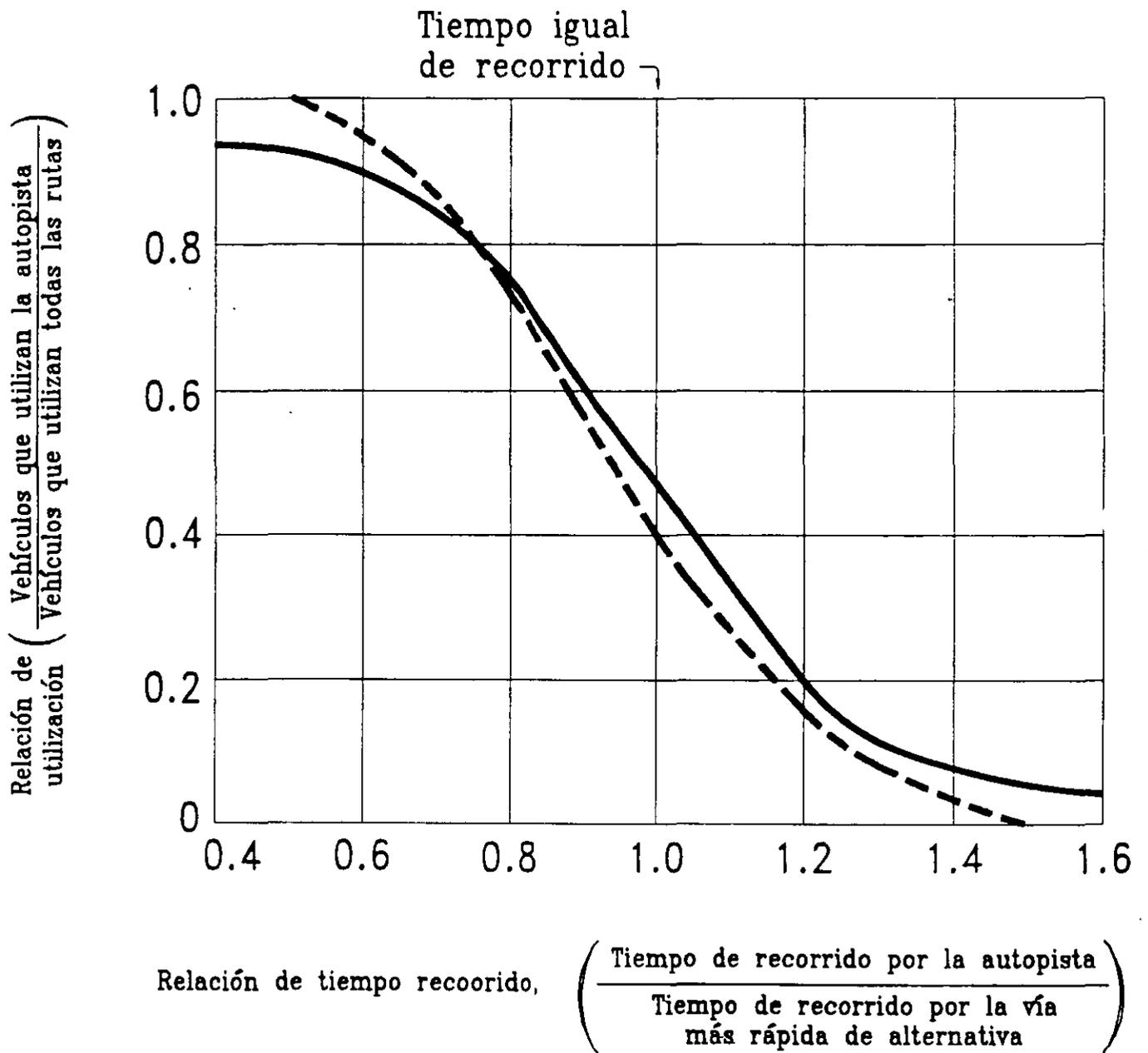


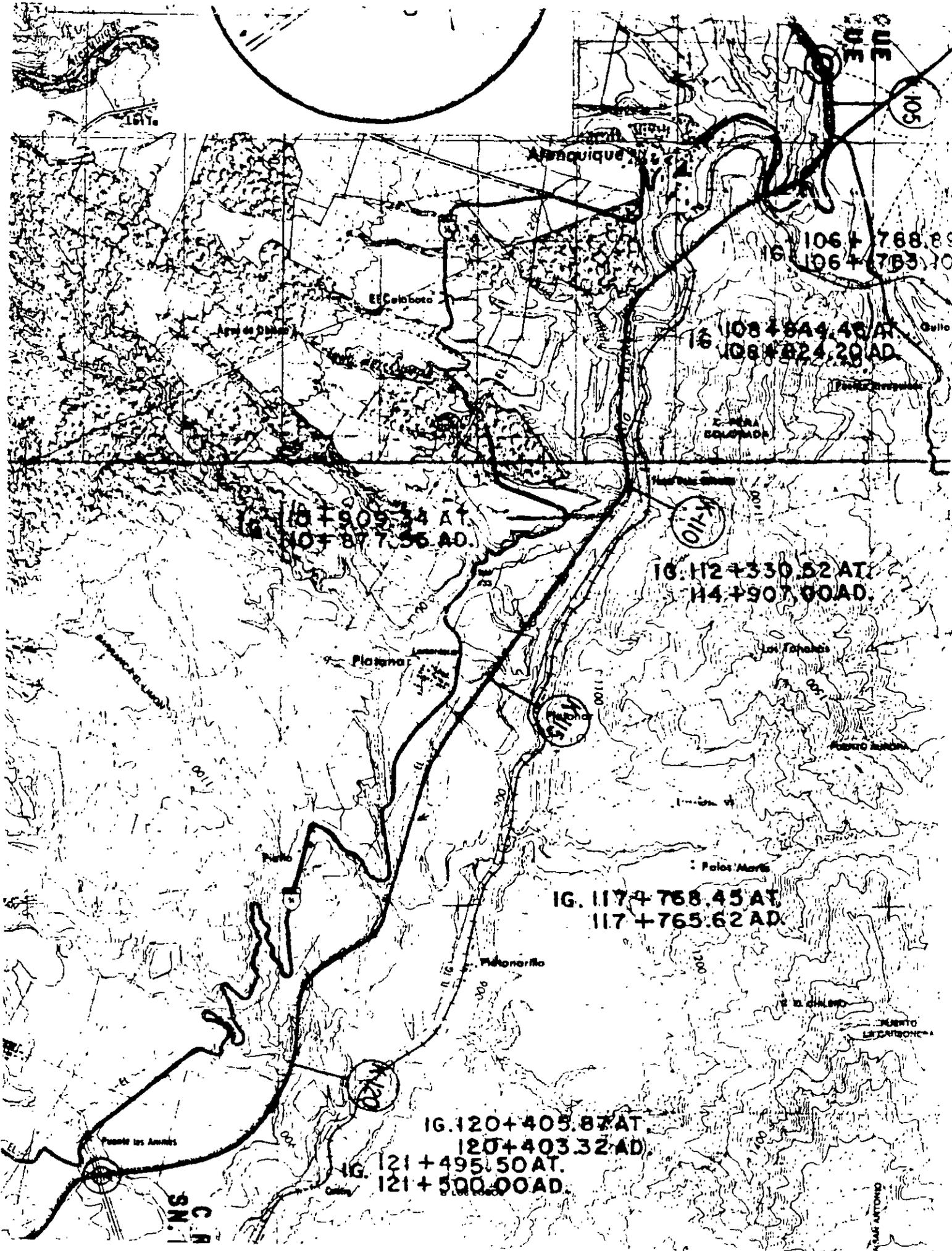
WILD 15/4 UABA-F  
M. 1172 152 97  
00005





Look again.





CUE  
CUE

105

16 106 + 788.89 AT  
106 + 783.10 AD

16 108 + 844.48 AT  
108 + 824.29 AD

16 109 + 909.34 AT  
109 + 877.56 AD

16 112 + 330.52 AT  
112 + 907.00 AD

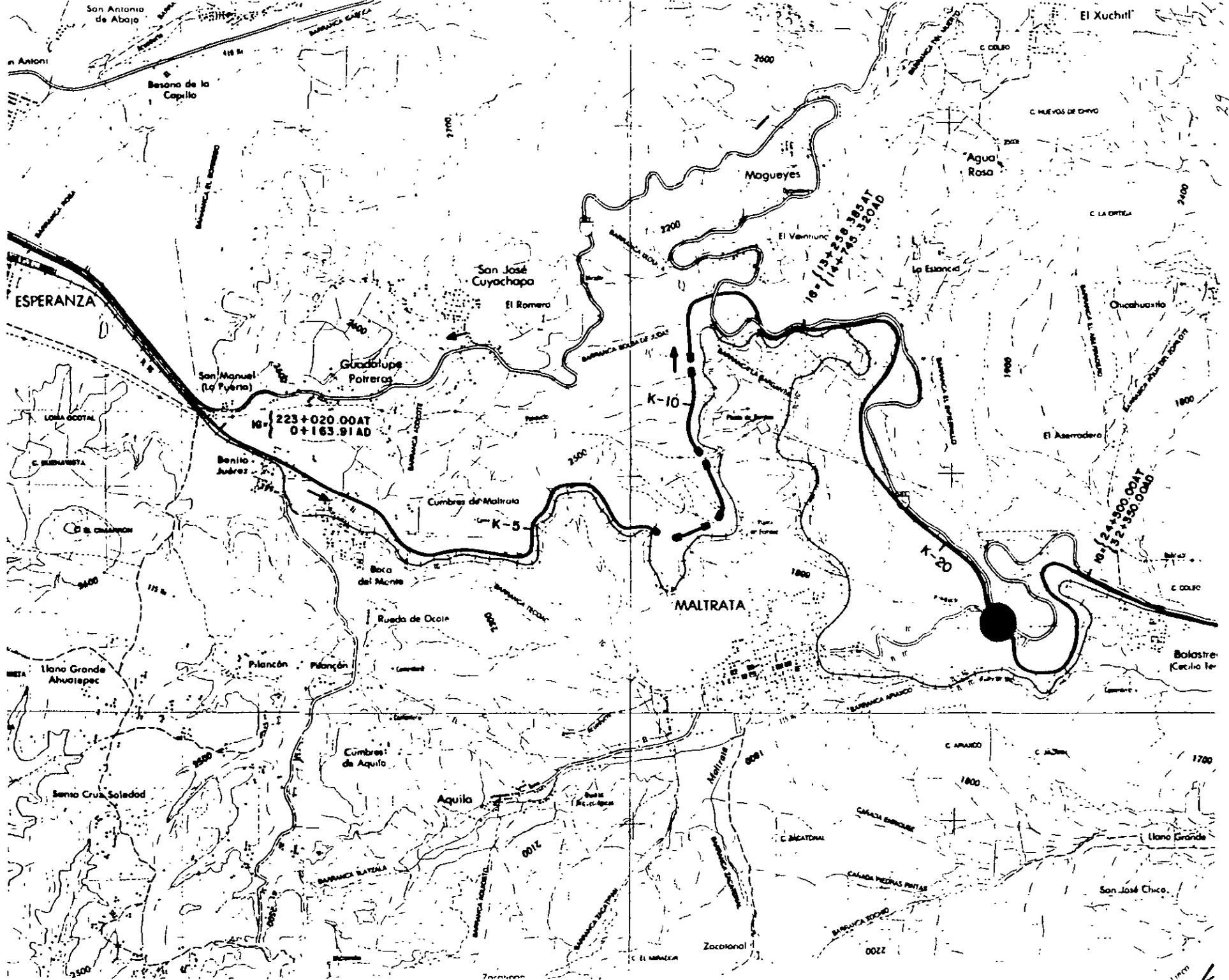
16 117 + 768.45 AT  
117 + 765.62 AD

16 120 + 405.87 AT  
120 + 403.32 AD

16 121 + 495.50 AT  
121 + 500.00 AD

C.R.  
S.N.I.

ANTONIO SAAZ



**AUTOPISTA: MEXICO - VERACRUZ**  
**TRAMO: ESPERANZA - CD. MENDOZA**

	<b>ANTIGUA</b>	<b>NUEVA</b>
<b>No. CURVAS</b>	<b>90</b>	<b>42</b>
<b>G. MAX.</b>	<b>28°</b>	<b>5° 30'</b>
<b>V. DE PROY.(kph)</b>	<b>40 - 80</b>	<b>80 - 110</b>

Se construyeron 4 túneles con longitudes de:

300 m.  
191 m.  
72 m.  
170 m.

**A H O R R O S**

8 Km.  
30 Min.

12-07-96



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

19

## EVALUACION DE LA OPERACION DEL CAMINO

### NUEVA ITALIA - LAZARO CARDENAS

TDPA :	1500
AUTOBUSES :	7%
CAMIONES :	10%
RECREATIVOS :	0%
Fecha:	11-18-1994

En ambos sentidos		
KM	126+270.00 KM	134+000.00
Costo 1er. año		3,553.41
Costo Total		33,372.88
Longitud		7.73 Km

#### DATOS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Coordenadas Origen:	811865	2041000	583.5
Coordenadas Final	816064	2034500	483
Cadenamiento Origen:	126270		
Coordenada PI :	812714	2041109	
Grado Curvatura :	0.6		
Coordenada PI :	813540	2039275	
Grado Curvatura :	0.2		
Coordenada PI :	814474	2037730	
Grado Curvatura :	0.4		
Coordenada PI :	815055	2036337	
Grado Curvatura :	0.2		

#### DATOS DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

Coordenada PIV :	127500	645
Longitud Curva :	220	
Coordenada PIV :	128635	620.5
Longitud Curva :	520	
Coordenada PIV :	129575	572.5
Longitud Curva :	320	
Coordenada PIV :	130950	545.5
Longitud Curva :	60	
Coordenada PIV :	131580	555.5
Longitud Curva :	260	
Coordenada PIV :	132525	508
Longitud Curva :	140	
Coordenada PIV :	133155	519.5
Longitud Curva :	240	
Coordenada PIV :	133875	484
Longitud Curva :	240	

Tramo evaluado del Km. 126270 al Km. 134000



(35)

**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

**ANALISIS TEMPORAL DEL PROGRAMA COSTOP2**

AÑO	TDP	VEL	NIVEL SERVI	HORAS CONGT	CONFIA BILIDAD	COSTO (MILL)
1	1500	91	1	0	100	3,553.41
2	1560	91	1	0	100	3,299.57
3	1622	91	1	0	100	3,063.09
4	1687	91	1	0	100	2,844.46
5	1755	91	1	0	100	2,642.02
6	1825	91	1	0	100	2,452.97
7	1898	91	1	0	100	2,277.68
8	1974	91	1	0	100	2,114.99
9	2053	91	1	0	100	1,963.85
10	2135	91	1	0	100	1,823.35
11	2220	91	1	0	100	1,692.66
12	2309	90	1	0	100	1,571.73
13	2402	90	1	0	100	1,459.68
14	2498	90	1	0	100	1,355.20
15	2598	90	1	0	100	1,258.23
TOTAL	2002	91	1	0	100	33,372.88

**ANALISIS ESPACIAL DEL PROGRAMA COSTOP2**

KMTJE	PUNTO	VEL	NIVEL SERVI	HORAS CONGT	CONFIA BILIDAD	COSTO /KM
126270						
127390	PCV	90	1	0	100	925
127500	PIV	90	1	0	100	917
127610	PTV	92	1	0	100	861
128147	PT,ET	92	1	0	100	863
128375	PCV	92	1	0	100	798
128397	PC,TE	92	1	0	100	798
128635	PIV	92	1	0	100	864
128895	PTV	88	1	0	100	924
129088	PT,ET	88	1	0	100	927
129415	PCV	88	1	0	100	850
129575	PIV	88	1	0	100	847
129735	PTV	92	1	0	100	745
130334	PC,TE	92	1	0	100	743
130760	PT,ET	92	1	0	100	832
130920	PCV	92	1	0	100	743
130950	PIV	92	1	0	100	742
130980	PTV	92	1	0	100	756



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

39

**PRECIOS Y COSTOS EN MILES DE PESOS**

Precio por litro de gasolina	1.20
Precio por litro de diesel	0.80
Precio por litro de aceite	8.50
Tipo de cambio del dolar	3.30
Costo horario de pasajeros	5.00
Costo horario de operadores	12.00

**Para el AUTOMOVIL**

Precio de un juego de llantas	628.00
Costo depreciable de unidad	57,945.00

**Para el CAMION**

Precio de un juego de llantas	5,436.00
Costo depreciable de unidad	250,000.00

**Para el AUTOBUS**

Precio de un juego de llantas	7,750.00
Costo depreciable de unidad	700,000.00

**Para el TRACTOR - SEMIREMOLQUE**

Precio de un juego de llantas	22,100.00
Costo depreciable de unidad	550,000.00

No de carriles / direccion	1
Ancho de cada carril (m)	3.5
Dist. a obst. a la der. (m)	1.5

Distribucion direccional (%)	50
Restricciones rebase (%)	30

Porcentaje de autobuses:	7
Porcentaje de camiones:	10
Porcentaje recreativos:	0

TDPA en ambas direcciones año inicial	1500
Velocidad deseada media (km/hora)	75
Años del periodo de analisis	15
Volumen horario maximo (% del TDPA)	7
Tasa de incremento anual de transito (%)	4
Tasa de actualizacion del capital (%)	12





SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO

## ALINEAMIENTO VERTICAL

Camino: MORELIA - LAZARO CARDENAS  
Tramo: PATZCUARO - URUAPAN  
Subtramo:  
Alternativa CORONA DE 12.00 m.  
Origen: KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

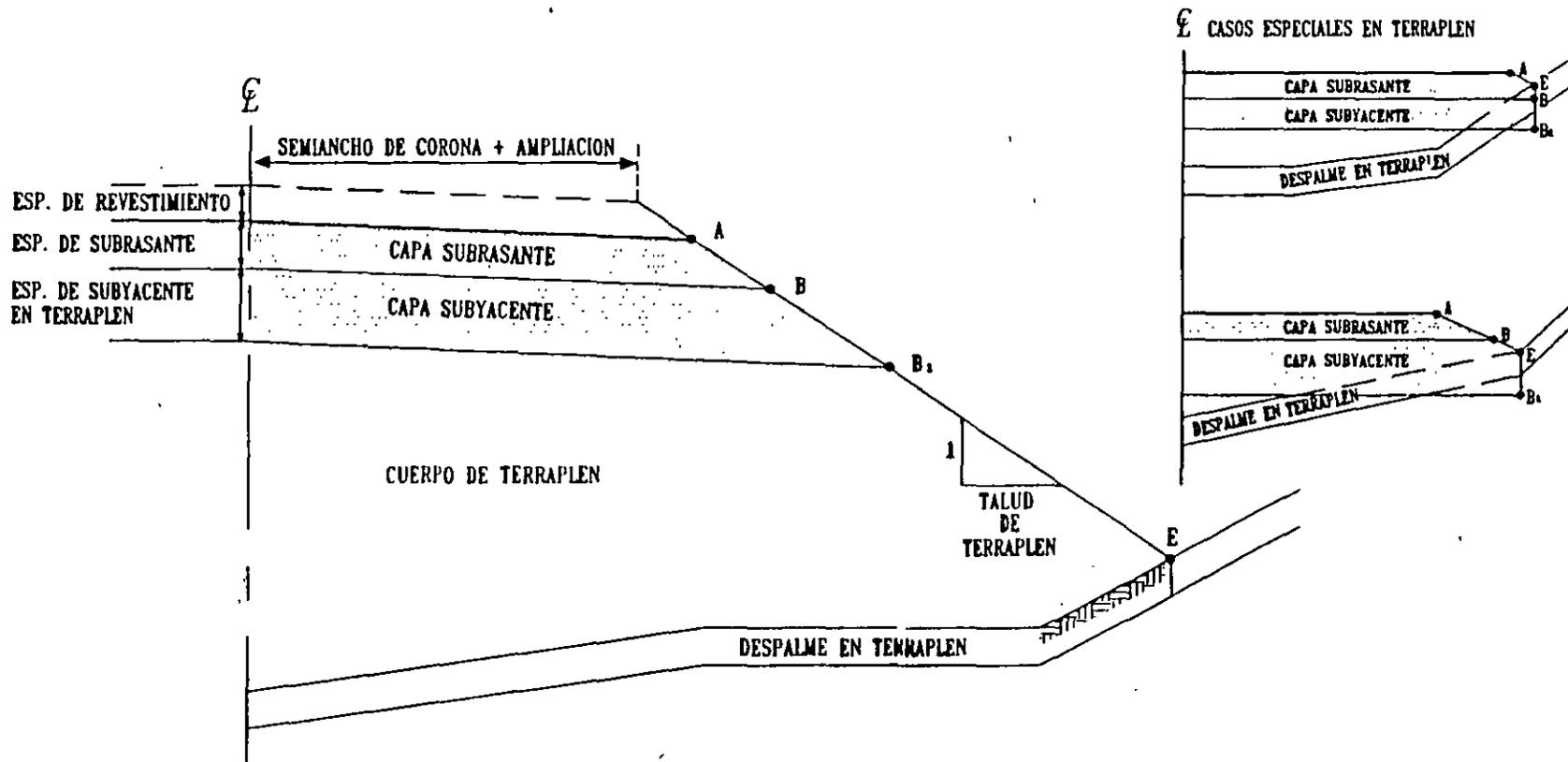
Hoja No.: 1  
Archivo: CM52011  
Fecha: 09-24-1996  
Hora:

<i>PCV CAD/ELV</i>	<i>PIV CAD/ELV</i>	<i>PTV CAD/ELV</i>	<i>L. CURVA</i>	<i>PENDIENTE DE SALIDA</i>	<i>TV LIBRE</i>
29900.00 2006.72	29900.00 2006.72	29900.00 2006.72	0.00	-4.80 %	10.00
29910.00 2006.24	30020.00 2000.96	30130.00 2000.47	220.00	-0.45	220.00
30350.00 1999.48	30550.00 1998.58	30750.00 1986.58	400.00	-6.00 %	410.00
31160.00 1961.98	31290.00 1954.18	31420.00 1952.36	260.00	-1.40 %	380.00
31800.00 1947.04	31930.00 1945.22	32060.00 1939.38	260.00	-4.50 %	170.00
32230.00 1931.73	32370.00 1925.44	32510.00 1926.84	280.00	1.00 %	30.00
32540.00 1927.14	32780.00 1929.54	33020.00 1916.38	480.00	-5.48 %	300.00
33320.00 1899.93	33400.00 1895.54	33480.00 1891.30	160.00	-5.30 %	280.00
33760.00 1876.46	33840.00 1872.22	33920.00 1867.42	160.00	-6.00 %	69.03
33989.03 1863.28	33989.03 1863.28	33989.03 1863.28	0.00	0.00 %	10.97
34000.00 1863.28	34000.00 1863.28	34000.00 1863.28	0.00	-6.00 %	480.00
34480.00 1834.48	34590.00 1827.88	34700.00 1825.77	220.00	-1.92 %	20.00
34720.00 1825.39	34860.00 1822.70	35000.00 1815.00	280.00	-5.50 %	200.00



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
 SUBDIRECCION DE FOTOCAMETRIA Y PROCESO DE DATOS  
 DEPARTAMENTO DE PROCESO DE DATOS

SECCION TIPO : 1



CONDICIONES

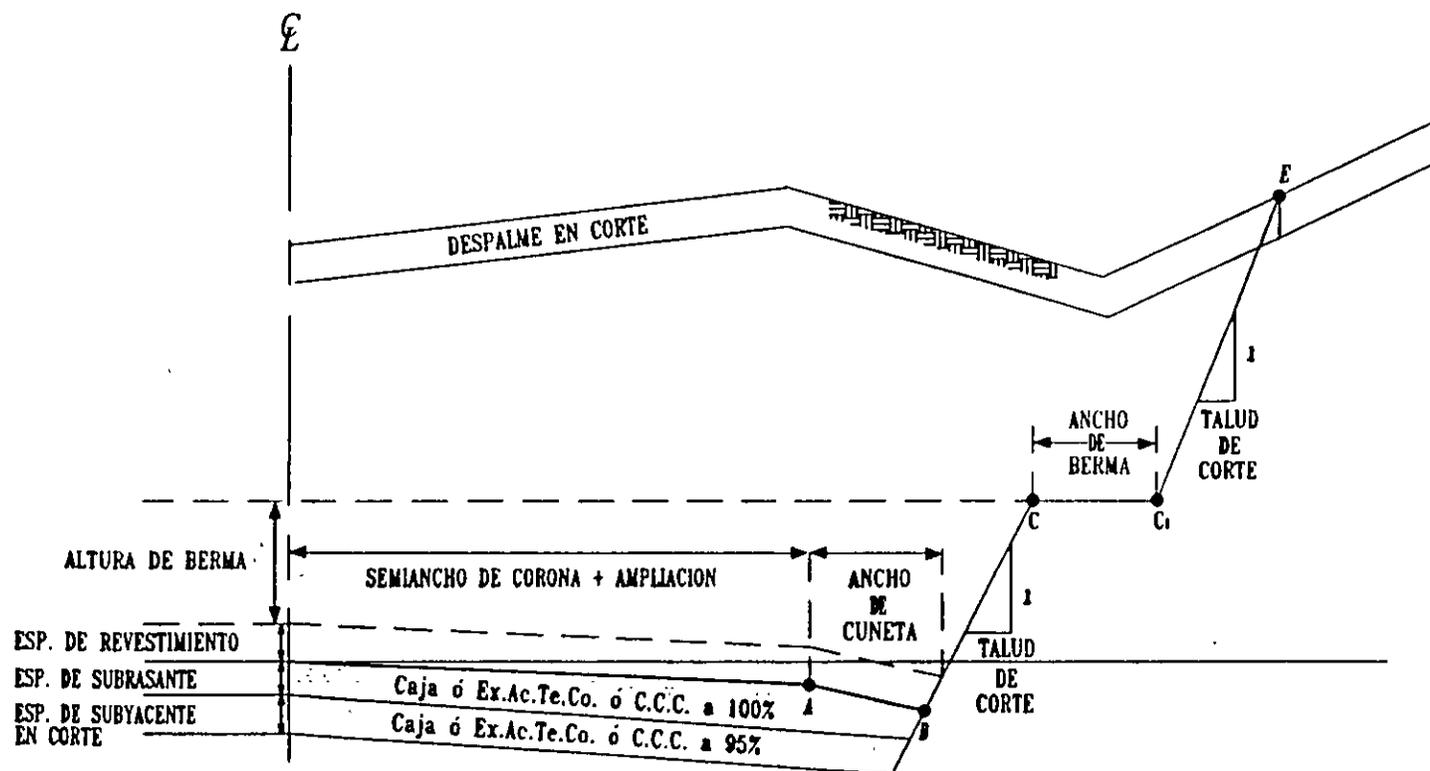
SECCION EN TERRAPLEN

DATOS REQUERIDOS

Indicador de cuña de afinamiento = 0

PUNTOS DE IMPRESION

- A Hombro
- B Límite de capa subrasante
- B<sub>1</sub> Límite de capa subyacente
- E Intersección de proyecto-terreno natural



**CONDICIONES**

**SECCION EN CORTE**  
 ( Fondo de cuneta enterrado )  
 Puntos C y C enterradas y encima  
 altura minima de berma

**DATOS REQUERIDOS**

Talud de corte estrato 2 = Talud de corte estrato 3  
 Ancho de berma  $< > 0$

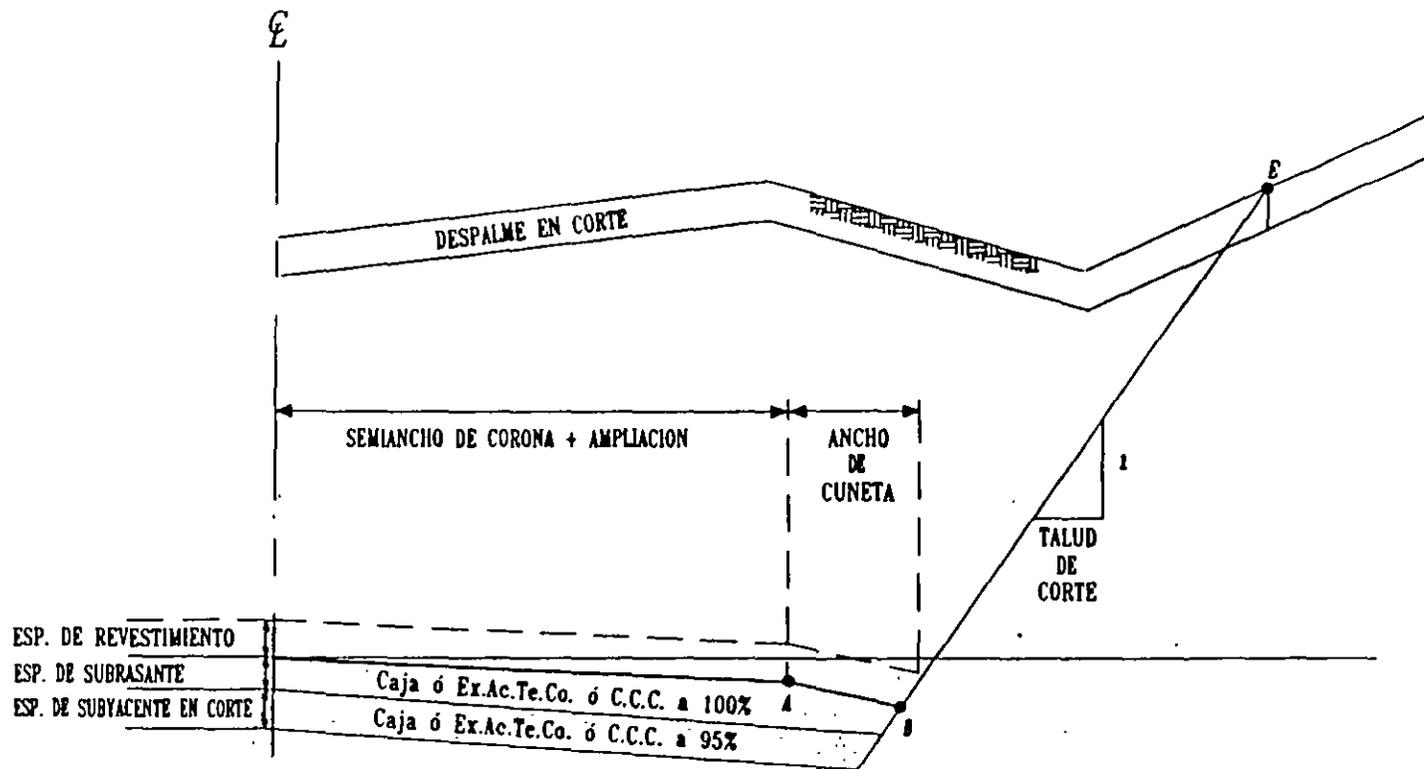
**PUNTOS DE IMPRESION**

A Hombro  
 B Fondo de cuneta definitiva  
 C Punto de inicio de berma  
 C1 Punto de fin de berma  
 E Intersección de proyecto-terreno natura'



DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
SUBDIRECCION DE FOTOGRAMETRIA Y PROCESO DE DATOS  
DEPARTAMENTO DE PROCESO DE DATOS

SECCION TIPO : 3



**CONDICIONES**

**SECCION EN CORTE**

( Fondo de cuneta enterrado )  
Punto B

**DATOS REQUERIDOS**

Talud de corte estrato 2 = Talud de corte estrato 3  
Ancho de berma = 0

**PUNTOS DE IMPRESION**

A Hombro  
B Fondo de cuneta definitiva  
E Intersección de proyecto-terreno natural



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

**GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION**

**Camino:** MORELIA - LAZARO CARDENAS  
**Tramo:** PATZCUARO - URUAPAN  
**Subtramo:**  
**Alternativa:** CORONA DE 12.00 m.  
**Origen:** KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

**Hoja No.:** 1  
**Archivo:** CM52011  
**Fecha:**  
**Hora:** 13:31:38

ESTACION	EL-TN EL-SB	H	LADO IZQUIERDO					FRM SEC	LADO DERECHO						
			E	D	C'	C	B		A	B	C	C'	D	E	
30000.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo															
30000.00	2002.92	-0.20	7.18				7.18	6.82	2	3	6.92	7.00			8.63
	2002.72		-0.38				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.58
30020.00	2002.94	-0.78	8.22				7.22	6.82	2	3	6.92	7.00			8.90
	2002.16		-1.20				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.85
30023.44	2003.02	-0.95	7.90				7.21	6.82	2	3	6.92	7.00			9.03
	2002.07		-0.99				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.97
30037.00	2001.20	0.54	8.44				7.23	6.82	2	3	6.92	7.00			7.47
	2001.74		-1.34				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			0.42
30040.00	2001.29	0.38	7.61				7.19	6.82	2	3	6.92	7.00			8.51
	2001.67		-0.80				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.46
30046.00	2001.41	0.13	8.02				7.22	6.82	2	3	6.92	7.00			8.74
	2001.54		-1.07				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.69
30050.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo															
30050.00	2002.17	-0.71	6.93				6.93	6.82	2	3	6.92	7.00			7.97
	2001.46		-0.21				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			0.92
30060.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo															
30060.00	2002.20	-0.94	7.02				7.02	6.82	2	3	6.92	7.00			8.07
	2001.26		-0.27				-0.44	-0.14			-0.14	-0.05			1.02
30080.00	2002.61	-1.67	7.70				7.00	6.92	3	3	6.92	7.00			10.16
	2000.94		0.65				-0.05	-0.14			-0.14	-0.05			3.11
30084.00	2002.41	-1.53	7.55				7.00	6.92	3	3	6.92	7.00			8.66
	2000.88		0.50				-0.05	-0.14			-0.14	-0.05			1.61
30095.00	1996.38	4.36	16.31				7.27	6.82	2	2	6.82	7.27			12.78
	2000.74		-6.59				-0.45	-0.14			-0.14	-0.45			-4.24
30099.00	1996.29	4.41	16.71				7.27	6.82	2	2	6.82	7.24			8.96
	2000.70		-6.86				-0.45	-0.14			-0.14	-0.44			-1.70
30100.00	1996.58	4.11	15.90				7.27	6.82	2	2	6.82	7.21			7.99
	2000.69		-6.32				-0.45	-0.14			-0.14	-0.44			-1.04

PLANTILLA DE REFERENCIA

NO. PLAN	PROYECTO	FECHA	ESCALA
85	3510 551	21/07/80	1:2000
86	3510 551	21/07/80	1:2000

REFERENCIAS DEL TRAZO

ESTACION	ALINEAMIENTO	PROYECTO
0+000	ALINEAMIENTO 1	PROYECTO 1
0+000	ALINEAMIENTO 2	PROYECTO 2
0+000	ALINEAMIENTO 3	PROYECTO 3

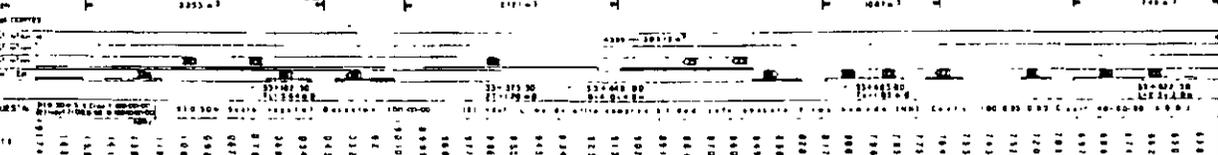
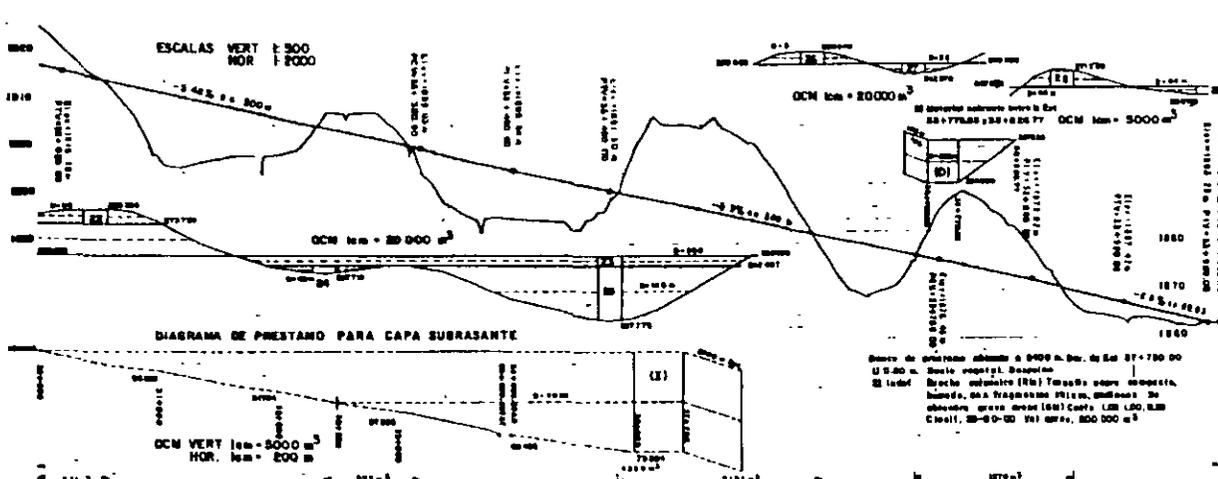
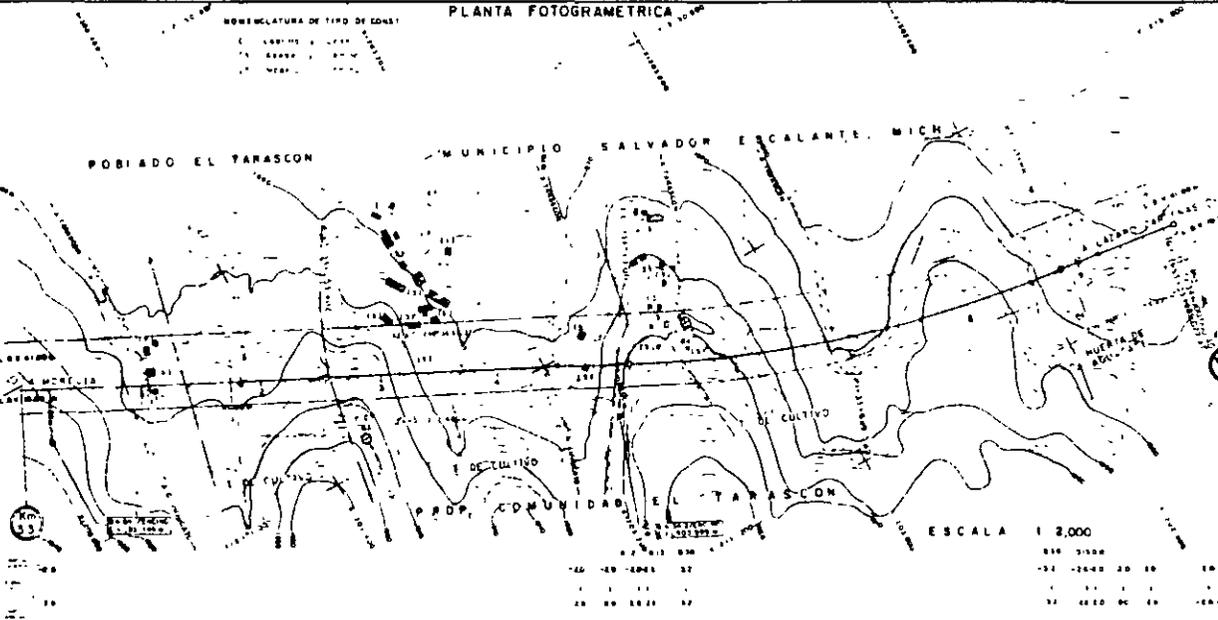
GEOMETRIA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

ESTACION	ALINEAMIENTO	PROYECTO
0+000	ALINEAMIENTO 1	PROYECTO 1
0+000	ALINEAMIENTO 2	PROYECTO 2
0+000	ALINEAMIENTO 3	PROYECTO 3

ESTACION	ALINEAMIENTO	PROYECTO
82	3517	80 4.0 EST 14069 M <sup>2</sup> EST
83	7995	390 1.0 NM 7995 M <sup>3</sup> NM
84	4944	48 3.1 EST 10382 M <sup>2</sup> EST
85	4890	140 0.4 NM 4890 M <sup>3</sup> NM
86	11097	5 2.5 EST 27743 M <sup>2</sup> EST
87	7400	32 1.6 EST 11840 M <sup>2</sup> EST
88	3561	44 2.2 EST 7847 M <sup>2</sup> EST
9	18789	202 1.0 NM 18789 M <sup>3</sup> NM
1	4559	7650 1.0 NM 4559 M <sup>3</sup> NM
		70 0.8 NM 30513 M <sup>3</sup> NM

ESTACION	ESPESOR EN M	EN CORTE	ENTERRAPLEN
	0.30	0.30	0.30

ESTACION	ELEVACION DE SUBRASANTE
0+000	110.00
0+005	110.00
0+010	110.00
0+015	110.00
0+020	110.00
0+025	110.00
0+030	110.00
0+035	110.00
0+040	110.00
0+045	110.00
0+050	110.00
0+055	110.00
0+060	110.00
0+065	110.00
0+070	110.00
0+075	110.00
0+080	110.00
0+085	110.00
0+090	110.00
0+095	110.00
0+100	110.00



DATOS DE PROYECTO

ESTACION	PROYECTO
0+000	PROYECTO 1
0+000	PROYECTO 2

SECCION TIPO

ESTACION	PROYECTO
0+000	PROYECTO 1
0+000	PROYECTO 2

CANTIDADES DE OBRA

ESTACION	PROYECTO
0+000	PROYECTO 1
0+000	PROYECTO 2

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
**MORELIA - LAZARO CARDENAS**  
 PROYECTO DE TERRACERIAS  
 PATZCUARO 33-34  
 URUAPAN



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

**GEOMETRIA DEL SECCIONAMIENTO DE CONSTRUCCION**

**Camino:** MORELIA - LAZARO CARDENAS  
**Tramo:** PATZCUARO - URUAPAN  
**Subtramo:**  
**Alternativa:** CORONA DE 12.00 m.  
**Origen:** KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

**Hoja No.:** 1  
**Archivo:** CM52011  
**Fecha:**  
**Hora:** 13:31:38

ESTACION	EL-TN	H	LADO IZQUIERDO					FRM SEC	LADO DERECHO					
	EL-SB		E	D	C'	C	B		A	A	B	C	C'	D
30000.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo														
30000.00	2002.92	-0.20	7.18					7.18	6.82	2	3	6.92	7.00	8.63
	2002.72		-0.38					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.58
30020.00	2002.94	-0.78	8.22					7.22	6.82	2	3	6.92	7.00	8.90
	2002.16		-1.20					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.85
30023.44	2003.02	-0.95	7.90					7.21	6.82	2	3	6.92	7.00	9.03
	2002.07		-0.99					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.97
30037.00	2001.20	0.54	8.44					7.23	6.82	2	3	6.92	7.00	7.47
	2001.74		-1.34					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	0.42
30040.00	2001.29	0.38	7.61					7.19	6.82	2	3	6.92	7.00	8.51
	2001.67		-0.80					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.46
30046.00	2001.41	0.13	8.02					7.22	6.82	2	3	6.92	7.00	8.74
	2001.54		-1.07					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.69
30050.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo														
30050.00	2002.17	-0.71	6.93					6.93	6.82	2	3	6.92	7.00	7.97
	2001.46		-0.21					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	0.92
30060.00 supresion de cuna de afinamiento lado izquierdo														
30060.00	2002.20	-0.94	7.02					7.02	6.82	2	3	6.92	7.00	8.07
	2001.26		-0.27					-0.44	-0.14			-0.14	-0.05	1.02
30080.00	2002.61	-1.67	7.70					7.00	6.92	3	3	6.92	7.00	10.16
	2000.94		0.65					-0.05	-0.14			-0.14	-0.05	3.11
30084.00	2002.41	-1.53	7.55					7.00	6.92	3	3	6.92	7.00	8.66
	2000.88		0.50					-0.05	-0.14			-0.14	-0.05	1.61
30095.00	1996.38	4.36	16.31					7.27	6.82	2	2	6.82	7.27	12.78
	2000.74		-6.59					-0.45	-0.14			-0.14	-0.45	-4.24
30099.00	1996.29	4.41	16.71					7.27	6.82	2	2	6.82	7.24	8.96
	2000.70		-6.86					-0.45	-0.14			-0.14	-0.44	-1.70
30100.00	1996.58	4.11	15.90					7.27	6.82	2	2	6.82	7.21	7.99
	2000.69		-6.32					-0.45	-0.14			-0.14	-0.44	-1.04



## SECCIONES TRANSVERSALES

**Camino:** MORELIA - LAZARO CARDENAS  
**Tramo:** PATZCUARO - URUAPAN  
**Subtramo:**  
**Alternativa:** CORONA DE 12.00 m.  
**Origen:** KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

**Hoja No.:** 1  
**Archivo:** CM52011  
**Fecha:**  
**Hora:**

LADO IZQUIERDO				CADENAMIENTO C L		LADO DERECHO					
-30.00	-17.00	-13.00	-10.00	30000.00	30.00						
-4.20	-1.90	-1.80	-0.80	2002.92	4.80						
-30.00	-11.00	-8.00	-3.00	30020.00	31.00						
-4.20	-1.80	-2.00	-0.40	2002.94	3.70						
	-30.00	-10.00	-7.00	30023.44	31.00						
	-4.30	-1.80	-2.00	2003.02	3.50						
		-30.00	-3.00	30037.00	32.00						
		-3.60	-0.10	2001.20	4.10						
		-30.00	-4.00	30040.00	7.00	32.00					
		-3.60	0.10	2001.29	1.70	4.00					
			-30.00	30046.00	4.00	7.50	32.00				
			-3.50	2001.41	0.20	1.70	4.00				
			-30.00	30050.00	2.00	6.00	11.00	32.00			
			-4.00	2002.17	-0.50	-0.70	1.60	3.40			
			-31.00	30060.00	5.00	9.00	13.00	18.50	30.00		
			-4.00	2002.20	0.70	-0.10	-0.30	3.50	3.60		
			-30.00	30080.00	17.00	21.00	25.50	30.00			
			-4.00	2002.61	2.40	2.10	0.30	0.50			
			-30.00	30084.00	21.00	30.00					
			-4.10	2002.41	0.20	0.70					
			-30.00	30095.00	21.00	30.00					
			-4.10	1996.38	0.20	0.60					
			-30.00	30099.00	17.50	26.50	30.00				
			-4.40	1996.29	5.30	5.50	6.00				
			-34.50	30100.00	12.50	17.50	26.50	30.00			
			-4.80	1996.58	4.80	4.80	5.00	5.80			
		-30.50	-5.00	30107.00	11.00	18.00	31.00				
		3.50	0.10	2000.57	0.10	3.60	5.80				
		-30.50	-5.00	30108.00	11.00	18.00	31.00				
		-2.70	1.30	1999.62	1.00	4.50	6.50				
	-31.50	-15.50	-9.50	30112.00	10.00	20.00	30.00				
	-1.80	0.00	-1.10	1999.46	4.40	4.20	1.10				
	-31.50	-15.50	-10.00	30113.00	10.00	20.00	30.00				
	-1.70	0.10	-1.10	1999.24	4.40	4.40	1.00				
		-30.00	-9.00	30116.50	30.00						
		-6.00	-3.80	2001.24	5.20						



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

**VOLUMENES DE CONSTRUCCION**

**Camino:** MORELIA - LAZARO CARDENAS  
**Tramo:** PATZCUARO - URUAPAN  
**Subtramo:**  
**Alternativa:** CORONA DE 12.00 m.  
**Origen:** KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

**Hoja No.:** 1  
**Archivo:** CM52011  
**Fecha:**  
**Hora:**

ESTACION	DESP CORTE	DESP TERR	CORTE		CAJA		C.T.N.	C.C.C		CUERPO TERR	SBY TERR	SBR TERR	RELLENO		CAJA 100%	Ex Ac 95%	Te Co. 100%
			2	3	2	3		95%	100%				95%	100%			
30000.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30020.00	76	23	181	0	8	0	4	81	0	6	16	33	0	49	0	0	0
30023.44	13	4	42	0	1	0	2	9	0	2	5	4	0	10	0	0	0
30037.00	33	33	89	0	3	0	15	27	0	19	42	35	0	21	0	0	0
30040.00	5	10	7	0	1	0	3	6	0	3	11	10	0	2	0	0	0
30046.00	13	17	23	0	1	0	3	15	0	3	18	19	0	6	0	0	0
30050.00	13	6	12	0	3	0	2	11	0	2	6	12	0	5	0	0	0
30060.00	44	1	83	0	8	0	0	28	0	0	0	13	0	28	0	0	0
30080.00	99	0	415	0	3	0	0	53	0	0	0	3	0	78	0	0	0
30084.00	20	0	96	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	18	0	0	0
30095.00	27	48	110	0	0	0	32	14	0	524	42	23	0	22	0	0	0
30099.00	0	33	0	0	0	0	22	0	0	350	31	17	0	0	0	0	0
30100.00	0	7	0	0	0	0	5	0	0	74	8	4	0	0	0	0	0
30107.00	12	28	1	0	3	0	17	12	0	238	27	28	0	1	0	0	0
30108.00	2	2	0	0	1	0	1	3	0	1	2	4	0	0	0	0	0
30112.00	7	14	15	0	1	0	7	5	0	23	18	14	0	3	0	0	0
30113.00	2	4	8	0	0	0	2	1	0	11	5	3	0	1	0	0	0
30116.50	10	12	30	0	0	0	7	5	0	38	13	9	0	6	0	0	0
30120.00	14	6	58	0	1	0	3	9	0	17	5	5	0	10	0	0	0
30140.00	98	5	355	0	5	0	0	57	0	0	4	13	0	70	0	0	0
30160.00	79	19	202	0	7	0	1	56	0	0	18	30	0	53	0	0	0
30180.00	67	30	133	0	7	0	1	59	0	0	27	41	0	42	0	0	0
30180.50	2	1	4	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0
30182.00	7	1	21	0	0	0	0	4	0	0	1	1	0	5	0	0	0
30200.00	81	8	255	0	4	0	0	52	0	0	5	14	0	60	0	0	0
30220.00	51	52	105	0	6	0	24	42	0	106	57	52	0	31	0	0	0
30240.00	11	107	6	0	2	0	65	11	0	448	128	80	0	4	0	0	0
30260.00	0	144	0	0	0	0	95	0	0	1164	152	84	0	0	0	0	0
SUMAS :	784	615	2247	0	63	0	311	552	0	3029	641	552	0	524	0	0	0



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES  
DIRECCION DE PROYECTO**

**ORDENADA DE CURVA MASA**

**Camino:** MORELIA - LAZARO CARDENAS  
**Tramo:** PATZCUARO - URUAPAN  
**Subtramo:**  
**Alternativa:** CORONA DE 12.00 m.  
**Origen:** KM. 47+730. AUTOP. MORELIA - PATZCUARO

**Hoja No.:** 1  
**Archivo:** CM52011  
**Fecha:** 09-24-1996  
**Hora:**

ESTACION	VLM-G CR-E2	COEF ABND	VLM-A CR-E2	VLM-G CR-E3	COEF ABND	VLM-A CR-E3	CORTE COMPS	VOLUM TR-90	VOLUM TR-95	VOLUM TR-100	TRRPL COMPS	CM-1	CM-2
30000.00	181.00	0.95	172.00	0.00	0.95	0.00	172.00	6.00	16.00	82.00	22.00	200000.00	100000.00
30020.00	42.00	0.95	40.00	0.00	0.95	0.00	40.00	2.00	5.00	14.00	7.00	200156.00	99918.00
30023.44	89.00	0.95	85.00	0.00	0.95	0.00	85.00	19.00	42.00	56.00	61.00	200190.00	99904.00
30037.00	7.00	0.95	7.00	0.00	0.95	0.00	7.00	3.00	11.00	12.00	14.00	200218.00	99848.00
30040.00	23.00	0.95	22.00	0.00	0.95	0.00	22.00	3.00	18.00	25.00	21.00	200210.00	99836.00
30046.00	12.00	0.95	11.00	0.00	0.95	0.00	11.00	2.00	6.00	17.00	8.00	200212.00	99811.00
30050.00	83.00	0.95	79.00	0.00	0.95	0.00	79.00	0.00	0.00	41.00	0.00	200218.00	99794.00
30060.00	415.00	0.95	394.00	0.00	0.95	0.00	394.00	0.00	0.00	81.00	0.00	200305.00	99753.00
30080.00	96.00	0.95	91.00	0.00	0.95	0.00	91.00	0.00	0.00	16.00	0.00	200702.00	99672.00
30084.00	110.00	0.95	105.00	0.00	0.95	0.00	105.00	524.00	42.00	45.00	566.00	200794.00	99656.00
30095.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	350.00	31.00	17.00	381.00	200332.00	99611.00
30099.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	74.00	8.00	4.00	82.00	199951.00	99594.00
30100.00	1.00	0.95	1.00	0.00	0.95	0.00	1.00	238.00	27.00	29.00	265.00	199869.00	99590.00
30107.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	1.00	2.00	4.00	3.00	199608.00	99561.00
30108.00	15.00	0.95	14.00	0.00	0.95	0.00	14.00	23.00	18.00	17.00	41.00	199606.00	99557.00
30112.00	6.00	0.95	6.00	0.00	0.95	0.00	6.00	11.00	5.00	4.00	16.00	199580.00	99540.00
<b>SUMAS :</b>	<b>1080.00</b>		<b>1027.00</b>				<b>1027.00</b>	<b>1256.00</b>	<b>231.00</b>	<b>464.00</b>	<b>1487.00</b>		

IMPRESION DE BANCOS DISPONIBLES

KILOMETRAJE	DISTANCIA AL EJE	CAPACIDAD	LADO	COEFICIENTES 100- 95 - 90	CLASIFICACION PAGO
96+563.00	150.00	300000.	DER	.95-1.00-1.05	20- 80- 0
106+360.00	100.00	100000.	IZQ	.95-1.00-1.05	20- 80- 0

IMPRESION DE DESPERDICIOS DISPONIBLES

KILOMETRAJE INICIAL	KILOMETRAJE FINAL	DISTANCIA AL EJE	CAPACIDAD
100+ .00	100+200.00	9000.00	100000.
103+500.00	103+700.00	9200.00	80000.

A C A R R E O S

NOV NUM	CORTE O BANCO C G	TERRAPLEN O DESPROC C G	OCN(1) OCN(2)	VOLUM ABUND M3	VOLUM GEOMT M3	DIST DE SOBRE- ACARREO	DIST DE CANT	PAGO UNID	VOLUM*DIST CANT	UNIDAD	PRECIO UNITAR	IMPORTE
1	100+400.00	100+397.11	534527.	126.	115.	AC-LIBR						
	100+417.11	100+400.00	534401.									
2	100+417.11	100+165.39	584749.	50222.	45657.	230.59	1.0	HM	45657.	M3-1.HM	1.20	54,788.40
	100+571.20	100+397.11	534527.				1.3	HM	59354.	M3-HM+1	.50	29,677.00
	100+518.04	100+267.45										
3	100+676.25	100+686.50	618401.	387.	352.	AC-LIBR						
	100+686.50	100+696.25	618014.									
4	100+571.20	100+696.25	618014.	33265.	30241.	142.92	1.0	HM	30241.	M3-1.HM	1.20	36,289.20
	100+676.25	100+823.42	584749.				.4	HM	12096.	M3-HM+1	.50	6,048.00
	100+610.74	100+773.66										
5	101+020.00	101+001.25	514202.	96.	91.	AC-LIBR						
	101+021.25	101+020.00	514106.									
6	101+021.25	100+823.42	584749.	70547.	66548.	231.81	1.0	HM	66548.	M3-1.HM	1.20	79,857.60
	101+249.58	101+001.25	514202.				1.3	HM	86512.	M3-HM+1	.50	43,256.00
	101+149.82	100+898.01										
7	101+642.60	101+650.50	647004.	70.	66.	AC-LIBR						
	101+650.50	101+662.60	646934.									
8	101+249.58	101+662.60	646934.	62185.	58659.	583.78	5.0	HM	58659.	M3-5.HM	3.22	188,881.98
	101+642.60	102+462.88	584749.				.8	HM	46927.	M3-HM+5	.35	16,424.44
	101+431.11	102+034.89										
	102+540.00	102+534.36	568295.	246.	224.	AC-LIBR						
	102+554.36	102+540.00	568049.									
10	102+554.36	102+462.88	584749.	16454.	14959.	161.24	1.0	HM	14959.	M3-1.HM	1.20	17,950.80
	102+752.33	102+534.36	568295.				.6	HM	8975.	M3-HM+1	.50	4,487.50
	102+675.81	102+494.57										
11	102+954.00	102+970.50	599101.	96.	87.	AC-LIBR						
	102+970.50	102+974.00	599005.									
12	102+752.33	102+974.00	599005.	14256.	12960.	443.30	1.0	HM	12960.	M3-1.HM	1.20	15,552.00
	102+954.00	103+599.98	584749.				3.4	HM	44064.	M3-HM+1	.50	22,032.00
	102+826.83	103+290.13										
13	106+360.00	103+599.98	584749.	0.	0.	2840.01	1.0	KM	0.	M3-1.KM	2.48	0,000.00
	100.00	103+600.00	584749.				2.0	KM	0.	M3-KM+1	1.28	0,000.00
		103+599.99										0,000.00
												515,244.93

S O B R E A C A R R E O S D E T E R R A C E R I A S

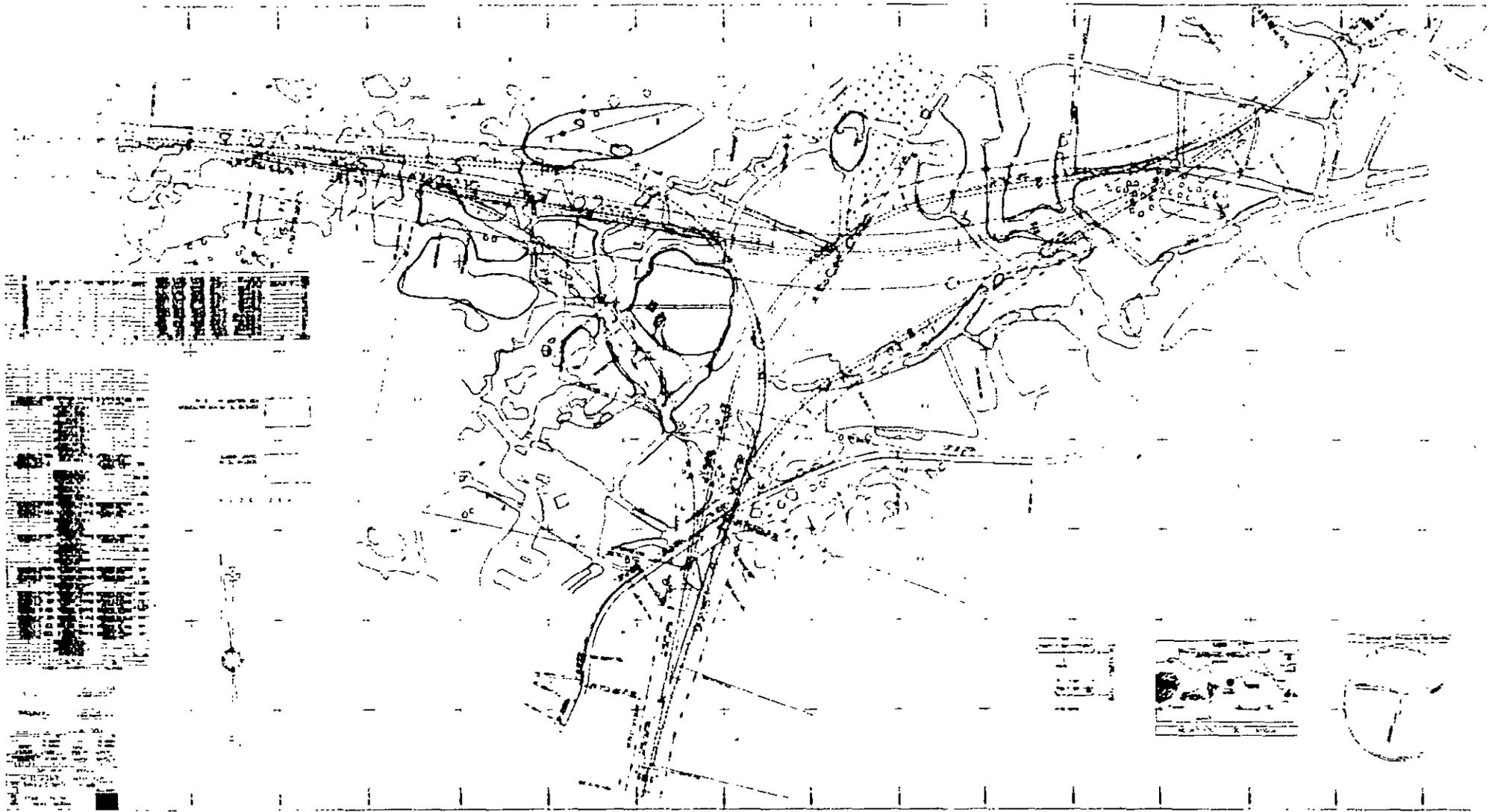
No. MOV	MATERIAL PRODUCTO DE CORTES					DE PRESTAMOS				
	M3-EST	M3-HM	M3 ADIC AL 1er HM	M3-5 HM	M3 ADIC AL 5o. HM	M3 1er KM	M3-KM ADIC	DESPERDICIO	PRESTAMOS LATERALES	
	DE 100165.40 A 101000.00									
2		45657.	59354.							
4		30241.	12096.							
SUMAS:	0.	75898.	71450.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	DE 101000.00 A 102000.00									
6		66548.	86512.							
8				58659.	46927.					
SUMAS:	0.	66548.	86512.	58659.	46927.	0.	0.	0.	0.	0.
	DE 102000.00 A 103000.00									
10		14959.	8975.							
12		12960.	44064.							
SUMAS:	0.	27919.	53039.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	DE 103000.00 A 103600.00									
13						0.	1.			
SUMAS:	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
TOTAL:	0.	170365.	211002.	58659.	46927.	0.	1.	0.	0.	0.

EXTRACCION PRESTAMOS

MOV NUM	BANCO EN	VOLUM GEOMT	PRECIO UNITAR	IMPORTE
13	106+360.00 100.00	0.	7.47	0,000.00
				BANCO DEFINIDO
				0,000.00

VOLUM	VOL*DIST	UNIDAD	PU	IMPORTE
0.	.0	M3-EST	.24	0,000.00
170365.	170365.0	M3-1.HM	1.20	204,438.00
	211001.0	M3-HM+1	.50	105,500.50
58659.	58659.0	M3-5.HM	3.22	188,881.98
	46927.0	M3-HM+5	.35	16,424.44
935.		AC-LIBR		
0.	.0	M3-1.KM	2.48	0,000.00
	.0	M3-KM+1	1.28	0,000.00
0.		P. LAT.		
				515,244.93





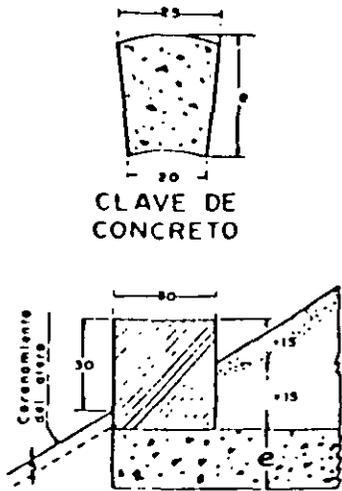


DIR. GRAL. DE CARRETERAS FEDERALES  
DIR. DE PROYECTO DE CARRETERAS  
DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

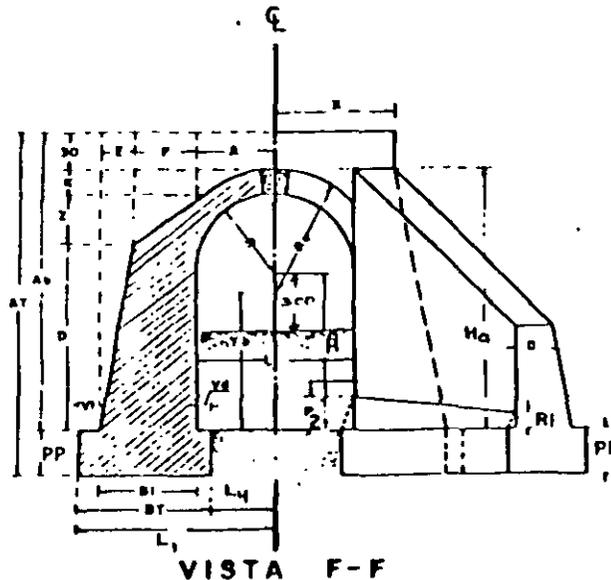
OF. DE ALC. Y ESTRUCTURAS MENORES  
JEFE DE OFICINA: ING. ANGEL V.  
Telefono: 687-61-99 (108)  
Proyectista: ING. A. VELLIZ V.

CARRETERA: MEXICO-ACAPULCO  
Km: 10+450.00 (P.S.V.)  
Origen: CHILPANCINGU, GRU.

ALCANTARILLA DE BOVEDA  
De 6.00 x 3.00 m  
Esv. 24.00 Iz. En C. CIRCU.



DETALLE DE LA GUARNICION  
SECCION NORMAL



VISTA F-F

SECCION  
Re 4.02M  
Yb 3.13M  
R 3.00M  
A 2.36M  
F 1.25M  
E 1.55M  
K 0.77M  
Z 0.91M  
D 5.47M  
BI 2.30M  
VI 0.00M  
VD 0.00M  
BT 2.30M  
PP 0.50M  
Ab 7.45M  
AT 7.95M  
PZ 0.00M

C. OBRA

Vc 3.18M3  
VM 986.62M3  
VZ 120.43M3

Hc 1.75M  
Ve 968.97M3

NIVEL

RF IZ 0.00M  
ELV 0.00M

RF IZ 0.00M  
ELV 0.00M

RF DR 0.00M  
ELV 0.00M

RF DR 0.00M  
ELV 0.00M

APLICACION DEL PROYECTO. Carga viva tipo  $H20-516$  MATERIALES. Clave de concreto, simple de  $f'c=100$  Kg/cm<sup>2</sup>. Arco, Estribos, Aleros, Típanos y Guarniciones, de mampostería de 3a. clase con mortero de cemento 1:5.

ADAPTACION DEL PROYECTO. El recorte mínimo de los aleros será el indicado; en caso de que se encuentre el terreno natural en otra altura, será en ese punto, por lo que queda a juicio del Ing. Residente la altura definitiva del recorte. -El desplante se hará en RSU con una capacidad de carga de  $3.0$  Kg/cm<sup>2</sup>, para ello podrá variar su elevación hasta en  $\pm 20$  cm. conservando los taludes del cuerpo de los estribos, el vuelo y el peralte del escalón de los cimientos.

DIMENSIONES en centímetros. ELEVACIONES en metros referidas al BN. 11-2 sobre 1000 a 40.00 m. a la Iz. de la EST. 10+598.00 cuya elevación es de 1269.988 m

ESPECIFICACIONES. Rigen las de la S.O.P. DE 1971. FECHA -----  
NOTAS.-

Canal de Salida a juicio del Ing. Residente. La excavación no incluye el Canal.

Si en el desplante propuesto no tiene el terreno una capacidad de carga de  $3$  Kg/cm<sup>2</sup> mínima deberá modificarse la profundidad del cimiento hasta encontrarla, modificando el volumen correspondiente, a juicio del Ing. Residente.

Esta obra funcionara como PASO SUPERIOR VEHICULAR \*\* EL CALVARIO \*\*

Perfil deducido de la planta topográfica.



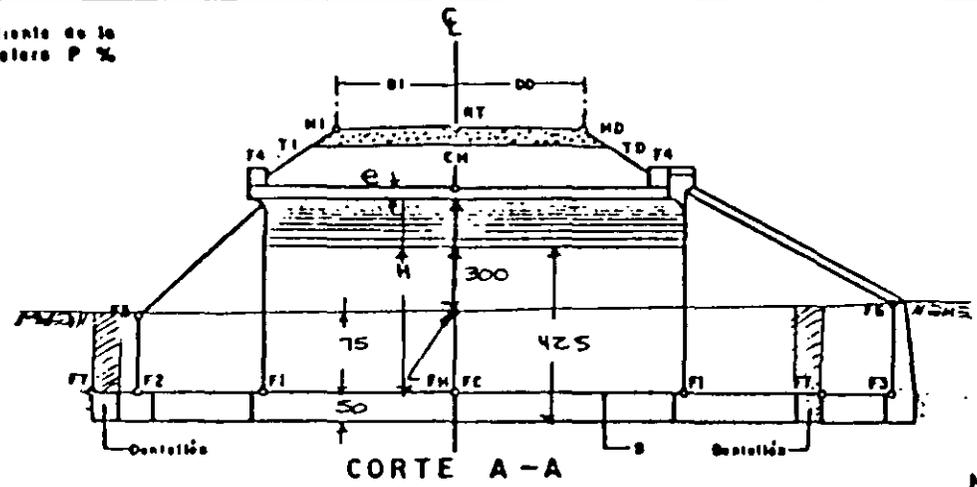
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS  
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS DE CARRETERAS  
 DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

OFICINA DE ALCANTARILLAS Y ESTRUCTURAS MENORES  
 JEFE DE OFICINA: ING. ANGEL V. VELAZQUEZ  
 Telefono 687-61-99 (108)  
 Projectista: ING. H. VELAZQUEZ

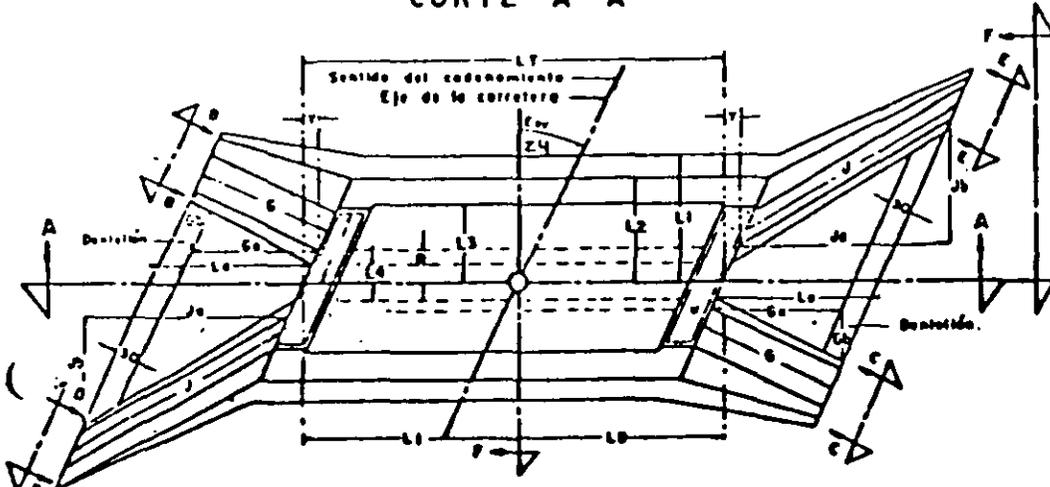
CARRETERA: MEXICO-ACAPULCO  
 Km. 10+450.00 (P.S.V.)  
 Origen: CHILPANLINGO, GRU.

ALCANTARILLA DE BOVEDA  
 De 6.00 x 3.00 m  
 Esv. 24.00 Izq. En L. D. I. R. C.

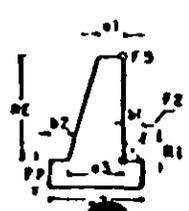
Pendientes de la  
 carretera P %



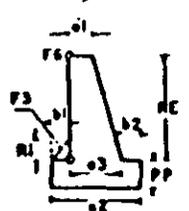
CORTE A-A



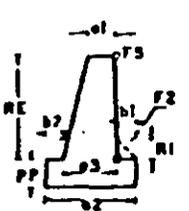
PLANTA



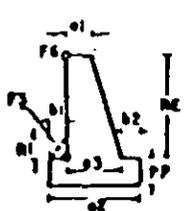
VISTA B-B



VISTA D-D



VISTA C-C



VISTA I

- BOVEDA
- ESV -24.00
- G 114.00
- L 6.00M
- H 3.75M
- e 0.40M

- RT 253.89M
- PN 5.00%
- DI 12.15M
- DD 11.49M
- S -0.20%
- FC 243.24M
- FH 243.99M
- HI 253.20M
- HD 254.54M
- LI 16.76M
- LD 18.56M
- LT 35.32M
- TI 1.59X1
- TD 1.70X1
- CH 3.50M
- PLANTA

- L4. 3.00M
- L3. 3.61M
- L2. 5.16M
- L1. 5.16M
- a 0.40M
- X 3.45M
- H 3.78M
- Y 1.34M
- IZQ

- ALERO
- Ha 7.15M
- RE 2.00M
- La 8.21M
- J 10.58M
- Ja 9.89M
- Jb 3.77M
- G 7.54M
- Ga 6.53M
- Gb 7.77M

- ELEVAC
- F1. 243.21M
- F2. 243.20M
- F3. 243.18M
- F4. 250.66M
- F5. 245.20M
- F6. 245.18M
- F7. 243.94M
- VISTA
- a1 0.44M
- a2 1.02M
- a3 1.02M
- b1 0.00M
- b2 0.00M
- R1 0.00M
- DER

- ALERO
- Ha 7.15M
- RE 0.75M
- La 10.83M
- J 13.97M
- Ja 13.05M
- Jb 4.98M
- G 9.95M
- Ga 8.62M
- Gb 4.98M

- ELEVAC
- F1. 243.28M
- F2. 243.29M
- F3. 243.31M
- F4. 250.73M
- F5. 244.04M
- F6. 244.06M
- F7. 244.05M

- VISTA
- a1 0.44M
- a2 0.66
- a3 0.66
- b1 0.00
- b2 0.00M





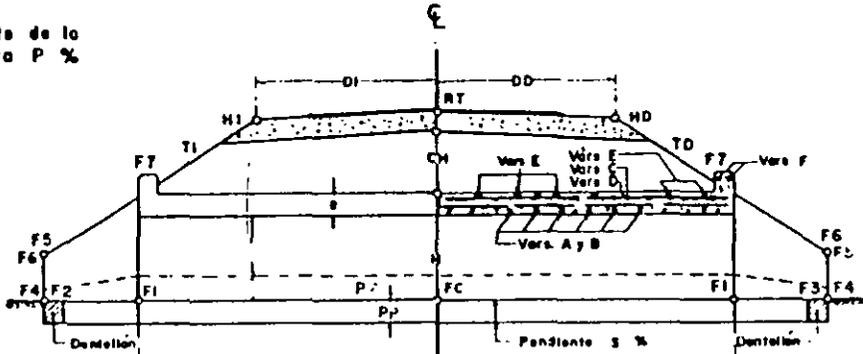
DIR. GRAL. DE CARRETERAS FEDERALES  
 DIR. DE PROYECTO DE CARRETERAS  
 DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

OF. DE ALC. Y C. ESTRUCTURAS MENORES  
 JEFE DE OFICINA: Ing. A. Velaz V.  
 Teléfono: 687-61-99 ext. 108  
 Projectista: Ing. Paul Velasco

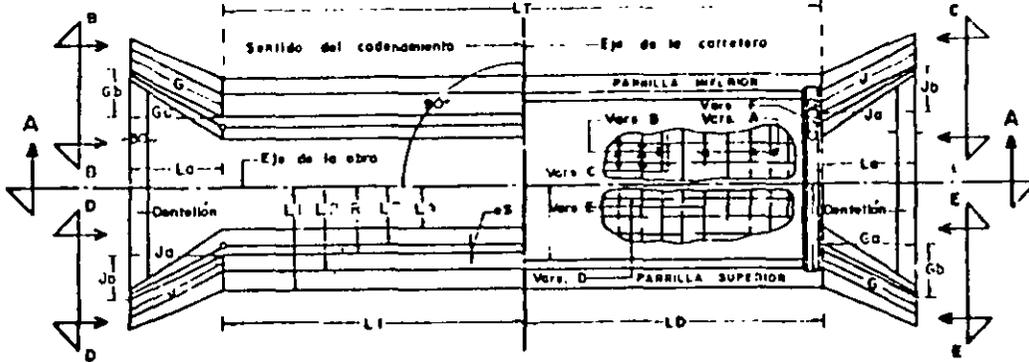
CARRETERA: MEXICO-TULUQUILAN  
 Km. 40+282.20 (Cpo. Der.)  
 Origen: Entr. ECATEPEC, Edo. de Méx.,

ALCANTARILLA DE LCSA  
 De 3.00 x 1.00 m  
NORMAL EN TANG.

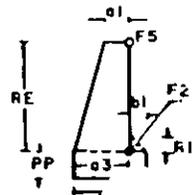
Pendiente de la  
 carretera P %



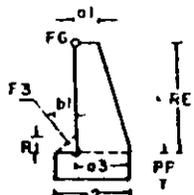
CORTE A-A



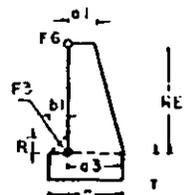
PLANTA



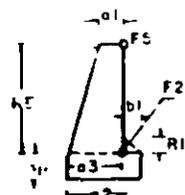
VISTA B



VISTA D-D



VISTA C-C



VISTA A-A

INDIOS VERDES - PIRAMIDES - TUL  
 ENT. SN. CRISTOBAL, ECATEPEC  
 CPO. DER.  
 KM 40+282.20

NORMAL	
G =	90 00''
L =	3.00 m
H =	1.00 m
e =	0.27 m
RT =	57.09
PN =	0.00
DI =	4.50
DD =	6.00
S =	12.00
FC =	54.50
AG =	0.20
PG =	0.52
MG =	0.10
NG =	0.15

HI =	57.18
HD =	56.97
LI =	55.94
LD =	10.99
LT =	16.93
TI =	2.00 x 1
TD =	2.00 x 1
CH =	1.32

PLANTA	
L4 =	1.12 m
L3 =	1.41 m
L2 =	1.95 m
L1 =	2.32 m
X =	1.88 m
W =	1.88 m

IZQ.	
ALERO	
Ha =	30
RE =	0.00
La =	0.09
J =	41
Ja =	0.09
Jb =	21
G =	41
Ga =	0.09
Gb =	21
ELEV	
F1 =	21
F2 =	46
F3 =	46
F4 =	46
F5 =	46
F6 =	46
F7 =	73

a1 = VISTA 0.30 m

DER	
ALERO	
Ha =	1.34
RE =	0.00
La =	3.54
J =	4.08
Ja =	3.54
Jb =	2.04
G =	4.08
Ga =	3.54
Gb =	2.04
ELEV	
F1 =	53.18
F2 =	52.76
F3 =	52.76
F4 =	52.76
F5 =	52.76
F6 =	52.76
F7 =	54.70

a1 = VISTA 0.30 m

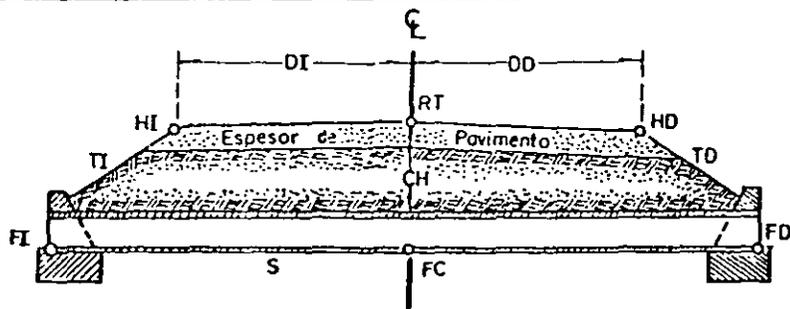


DIR. GRAL. DE CARRETERAS FEDERALES  
 DIR. DE PROYECTO DE CARRETERAS  
 DEPTO. DE PROYECTO DEFINITIVO

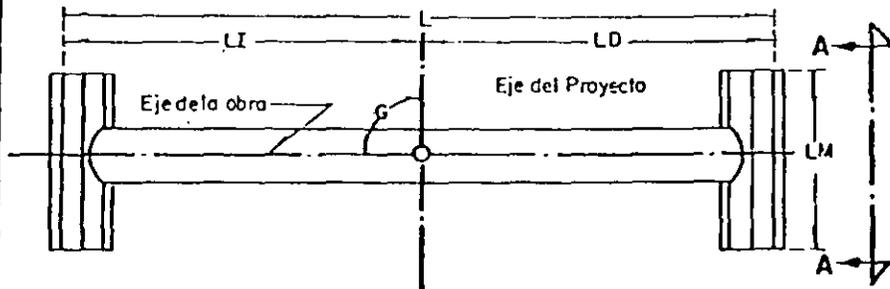
FNA. DE ALCANTARILLADO Y ESTES. MENS.  
 Oficio de Oficina  
 Teléfono: 5  
 Proyecto:

CARRETERA: MEXICO - ACAPULCO  
 Km. \_\_\_\_\_  
 ORIGEN: \_\_\_\_\_

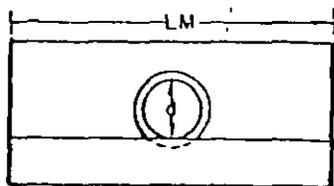
TUBO



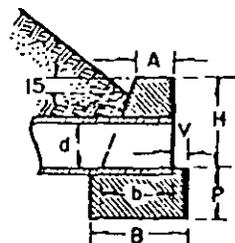
ELEVACION



PLANTA



VISTA A-A



SECCION NORMAL

CAMINO  
 MEXICO-ACAPULCO V.C.  
 KM 235.006.5  
 Ø  
 TUBO: CONCR.  
 ESV -20.00  
 G 110.00  
 d 0.90M  
 MURO: MAMPO.

RT 926.89M  
 PN 5.00%  
 DI 11.49M  
 DD 11.17M  
 TN 1.50X1  
 S 14.00%  
 FC 917.20M  
 HT 0.40M  
 HM 2.10M

HI 926.48M  
 HD 927.29M  
 TI 1.56X1  
 TD 1.65X1  
 LI 20.14M  
 LD 34.19M  
 L 54.33M  
 LP 55.00M  
 44.T 1.25  
 FI 920.02M  
 FD 912.41M  
 CH 8.69M  
 ET 33.36M3  
 EM 47.12M3

A 0.30M  
 b 0.70M  
 v 0.15M  
 B 1.00M  
 P 0.50M  
 LM 3.90M  
 H 1.30M  
 VM 7.90M3  
 RF IZ 25.00M  
 ELV 925.81M  
 RF IZ 15.00M  
 ELV 920.10M  
 RF DR 15.00M  
 ELV 915.77M  
 RF DR 30.00M  
 ELV 913.28M

FECHA \_\_\_\_\_

B.N. \_\_\_\_\_ sobre \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ m. de Estación \_\_\_\_\_ cuya elevación es de \_\_\_\_\_ m.

NOTAS: \_\_\_\_\_

ESPECIFICACIONES: Rigen las de la S.O.P. de 1971.

## **PROYECTO DE CARRETERAS PRINCIPALES PROGRAMAS DE COMPUTO**

1.- **"ECHART"**. Se utiliza para registrar las coordenadas X,Y & Z de todos los puntos, líneas y curvas que se capturan por medio de los equipos de fotogrametría, dando como resultado restituciones fotogramétricas escalas 1:5,000, 1:2,000, 1:1,000, etc. necesarias para elaborar los proyectos.

---

2.- **"ISTRAM"**. Utiliza los modelos digitales de terreno administrados por el programa **"ECHART"**, en los que se proponen diferentes alineamientos horizontales y verticales y con los datos de proyecto, da como resultados, el proyecto de secciones, volúmenes de terracerías, ordenadas de curva masa, perspectivas y todos los archivos necesarios para la graficación de planos para cada alternativa requerida.

---

3.- **"COSTOP"**. Con los costos actualizados de operación de todos los vehículos que se estima utilizarán la carretera en el período de análisis y con datos del tránsito diario promedio anual inicial, tasa de crecimiento, composición del tránsito, costos unitarios de operación de los vehículos en tangente y a nivel, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, número y ancho de carriles y tipo de pavimento. nos da como resultado los costos actualizados de operación del tránsito por sentido y por año.

---

2 + 3. Con los resultados de los programas **"ISTRAM"** y **"COSTOP"** mas los costos unitarios de construcción, junto con los beneficios y los efectos sociales y ecológicos se selecciona la mejor línea de ruta mediante calificaciones de conveniencia.

---

4.- **"CONTROL TERRESTRE"**. Es un conjunto de programas que realizan los cálculos topográficos del control terrestre para las fotografías aéreas, que se usan para la obtención de planos 1:2000.

- Azimut astronómico por observaciones del sol
  - Coordenadas XYZ de puntos de poligonal, radiaciones e intersecciones.
  - Coordenadas XYZ de una estación por observación de dos vértices.
  - Coordenadas XYZ de una estación por observación de tres vértices.
- 

5.- **"MATE"**. Calcula los elementos que definen en planta la geometría del eje de proyecto, los datos de entrada son: velocidad de proyecto, ancho de calzada, coordenadas de los puntos de inflexión (PI), grado y tipo de cada curva, así como el cadenamiento inicial del tramo de cálculo. Los resultados son los cadenamientos, ángulos distancias y coordenadas de los elementos principales del eje en planta, así como las ampliaciones y sobrelevaciones en curva. El programa también produce archivos para el replanteo del eje, así como de graficación para seccionamiento fotogrametrico, planta de ceros (limites de cortes y terraplenes), coordenadas XYZ de las secciones transversales de terreno y secciones transversales de construcción, esta para generar el dibujo de perspectivas e isometricos.

---

6.- **"ESTACA"**. Produce coordenadas polares necesarias para situar en el campo los puntos principales y de 20 Mts. del eje de proyecto. Utiliza uno de los archivos producidos por el programa **"MATE"** mas las coordenadas XYZ de los vértices de la poligonal de referencia.

---

7.- **"DCA"**. Programa de Autodesk en plataforma Autocad, calcula la geometría del alineamiento Horizontal de entronques y de pasos a desnivel del eje o ejes definitivos,

llegandose a producir proyectos de entronques completos, desde la geometría en planta hasta los planos constructivos de terracerías y de señalamiento de tránsito.

---

8.- **"SECCION"**. Transforma las coordenadas instrumentales del seccionamiento fotogramétrico a distancias y desniveles de cada punto de quiebre referidos al terreno en el eje de proyecto. Los datos de entrada son las coordenadas XYZ instrumentales de los puntos de apoyo terrestre y de los quiebres del terreno, así como las coordenadas geodesicas XYZ de los puntos de apoyo terrestre.

---

9.- **"CAMPO"**. Es un sistema de programas que utilizan las brigadas de campo adecuados al trabajo que desempeñan, entre los que se cuentan los siguientes, orientación astronómica, nivel, cálculo de coordenadas, captura de sección, obras de drenaje, trazo, referencias de trazo y replanteo.

---

10.- **"CM1"**. Calcula el alineamiento vertical, la geometría de las secciones de construcción, los volúmenes de terracerías, las coordenadas del diagrama de masas. Los datos de entrada son los siguientes: Las secciones tipo, ampliaciones y sobrelevaciones, alineamiento vertical, perfil longitudinal y secciones transversales de terreno, información geotécnica y precios unitarios de acuerdo a la zonificación. Los resultados son la geometría de construcción de cada sección referida a un sistema de coordenadas rectangulares, cuyo origen se ubica en el eje de proyecto a nivel de la subrasante, los volúmenes de corte y terraplén en los diferentes estratos, y la ordenada del diagrama de masas correspondiente a cada sección de cálculo. El programa produce archivos de datos para el proceso subsecuente de optimización de movimiento de terracerías, y para graficación de perfil y secciones de construcción costos totales de terracería.

---

11.- **"COMPEN"**. Calcula los movimientos de tierras, optimizado los movimientos de terracerías y reduciendo el mínimo los costos de los acarrees entre cortes y terraplenes. Los datos de entrada son las coordenadas del diagrama de masas del programa "CM1", características de los bancos de materiales para préstamo, sitios donde se puede depositar desperdicio, y costos unitarios de acarrees. Los resultados son, para cada movimiento, el volumen geométrico y abudado de sobreacarreo, volumen-distancia, y su costo. También genera un archivo el cual puede ser dibujado en diferentes graficadores.

---

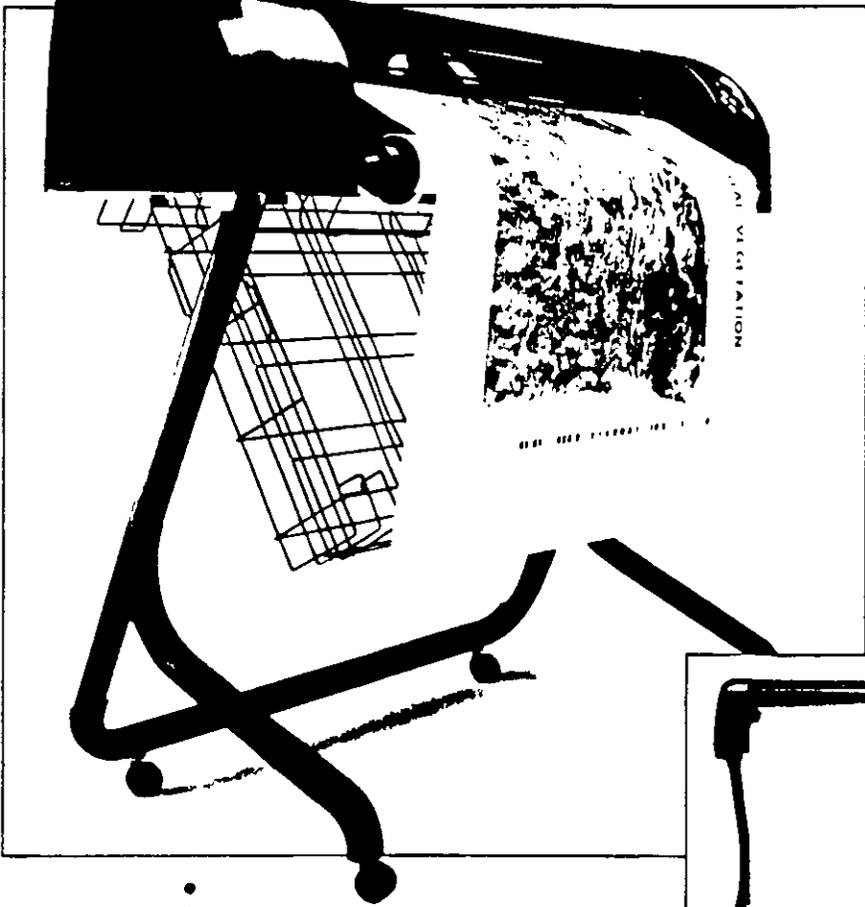
12.- **"DREN"**. Es un sistema de programas para el proyecto de losas, tubos, bóvedas, cajones, y muros los datos requeridos son: Kilometraje de ubicación, esviaje, ancho de semicoronas, sobrelevaciones, pendiente longitudinal del camino, diámetro o dimensiones de la sección de la alcantarilla, sentido del escurrimiento, elevación de desplante y pendiente de la obra. Los resultados son las dimensiones, angulos y elevaciones constructivas, así como las cantidades de materiales y volúmenes de excavación y obra.

---

13.- **"PERSPE" + "ANIMA"**. El primero se usa con el fin de analizar las distancias de visibilidad, y el segundo para fines de presentación, que mediante la geometría del proyecto constructivo, y la información relativa al punto de observación, calculan secuencialmente y a las equidistancias requeridas, las perspectivas correspondientes al proyecto constructivo realizado, que pueden graficarse o visualizarse en pantalla, una por una, o en movimiento según la velocidad de conducción sobre la carretera.

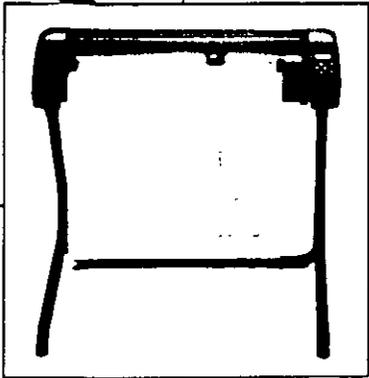
julio 1997.

Color And Monochrome  
Inkjet Plotting



Cut-Sheet and  
Roll Feed

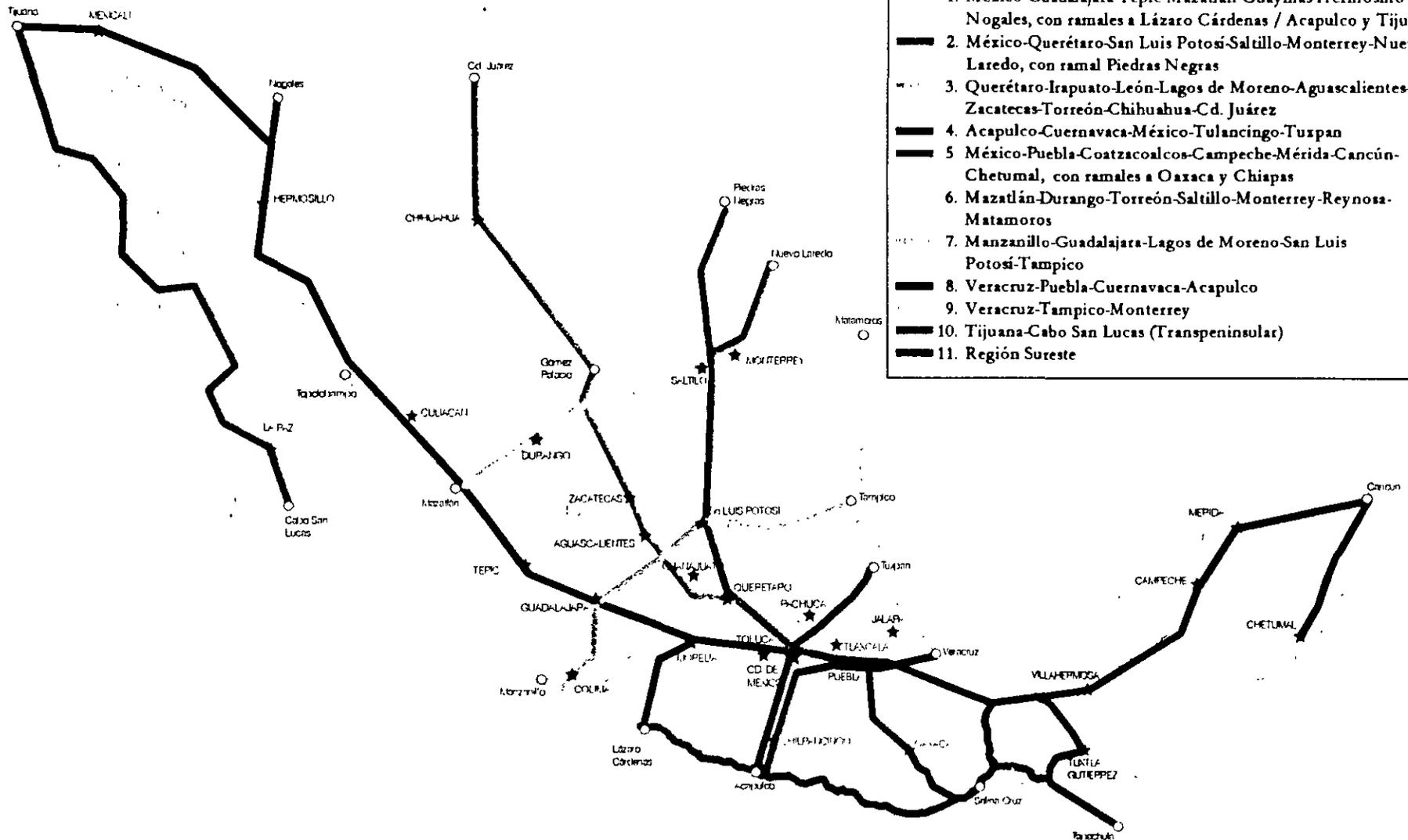
Resolution to 720 dpi



A-D or A-F Sizes

# Principales ejes carreteros de comunicación troncal 16,843 Km

1. México-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Guaymas-Hermosillo-Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas / Acapulco y Tijuana
2. México-Querétaro-San Luis Potosí-Salttillo-Monterrey-Nuevo Laredo, con ramal Piedras Negras
3. Querétaro-Irapuato-León-Lagos de Moreno-Aguascalientes-Zacatecas-Torreón-Chihuahua-Cd. Juárez
4. Acapulco-Cuernavaca-México-Tulancingo-Tuxpan
5. México-Puebla-Coatzacoalcos-Campeche-Mérida-Cancún-Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas
6. Mazatlán-Durango-Torreón-Salttillo-Monterrey-Reynosa-Matamoras
7. Manzanillo-Guadalajara-Lagos de Moreno-San Luis Potosí-Tampico
8. Veracruz-Puebla-Cuernavaca-Acapulco
9. Veracruz-Tampico-Monterrey
10. Tijuana-Cabo San Lucas (Transpeninsular)
11. Región Sureste









FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

*DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS*

MODULO I

PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS

TEMA

CONTROLES EXTERNOS

EXPOSITOR: ING. ALFREDO BONNIN ARRIETA  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

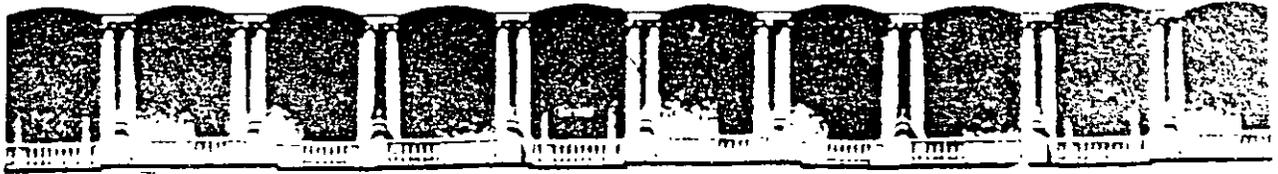
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **CONTROLES EXTERNOS**

ING. ALFREDO BONNIN ARRIETA

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**CONCEPTOS FUNDAMENTALES  
PUENTES**

**EXPOSITOR: ING. AMILCAR GALINDO SOLORZANO  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **CONCEPTOS FUNDAMENTALES PUENTES**

ING. AMILCAR GALINDO SOLORZANO

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

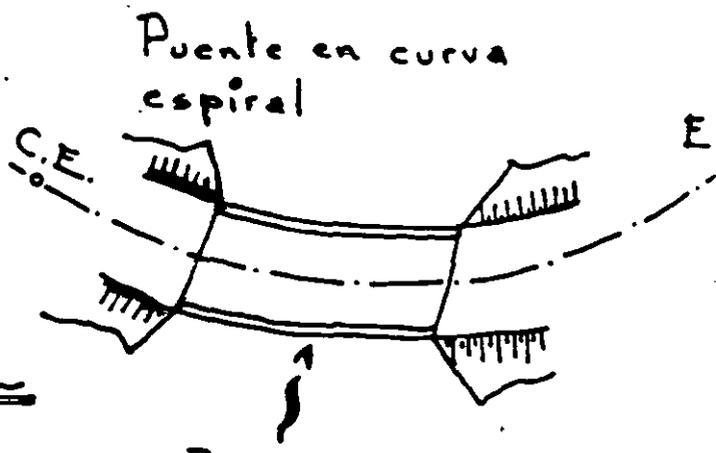
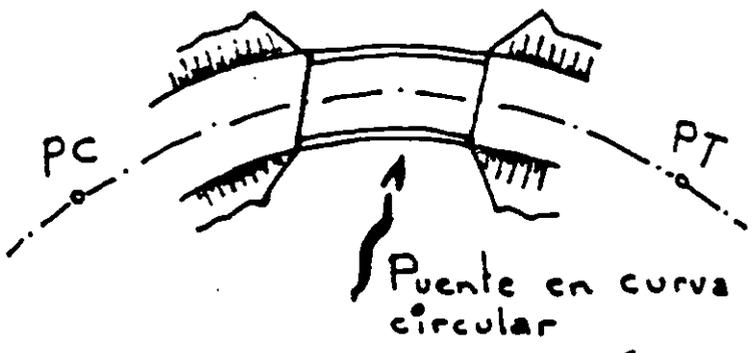
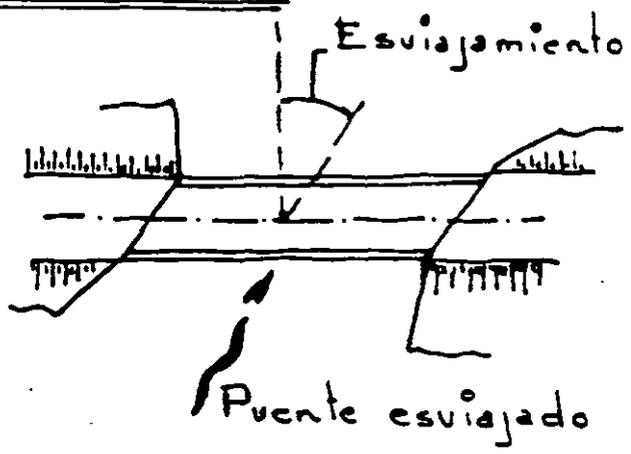
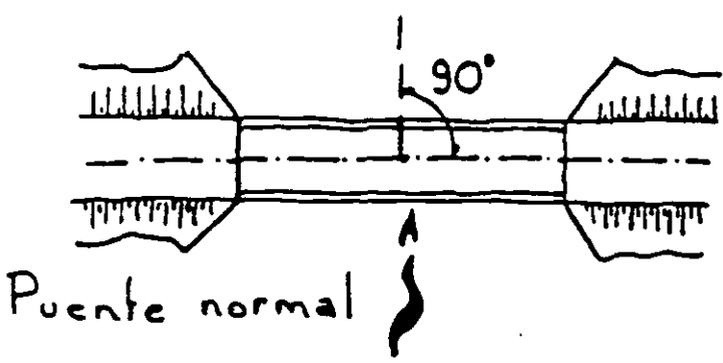
MAYO, 1998.

# PUNTES.

## Clasificación.-

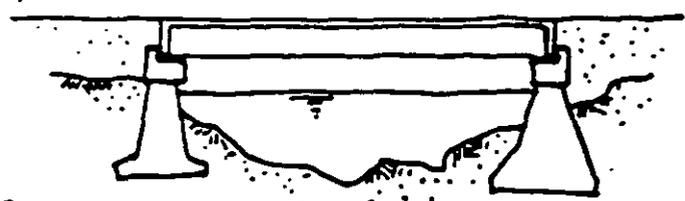
- Por la naturaleza de la carga que soportan.
- Carreteros
  - Ferrovianos
  - Ductos (cerrados o abiertos)
  - Peatonales.
- De acuerdo al trazo horizontal.
- Normales
  - Esuijados
  - En curva (circular o espiral)
- De acuerdo al trazo vertical.
- Tangente (horizontal)
  - Tangente (con pendiente)
  - En curva vertical
    - Cresta
    - o
    - Columpio
- Por el material empleado.
- De madera
  - De mampostería
  - De concreto
    - Reforzado
    - Presforzado
      - Pretensadas
      - Postensadas
  - De metal
    - Fierro
    - Acero
- Por la movilidad e inmovilidad de la superestructura.
- Fijo
  - Móvil
    - Levadizo
    - Giratorio
    - Basculante
    - Deslizante

# TRAZO HORIZONTAL

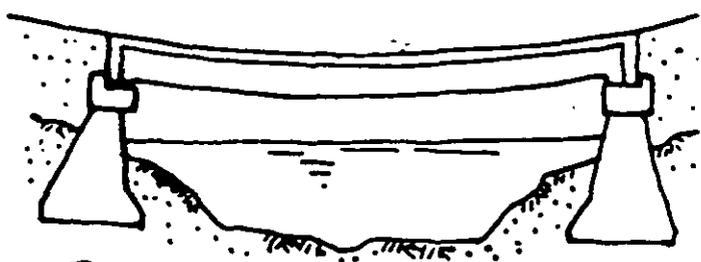
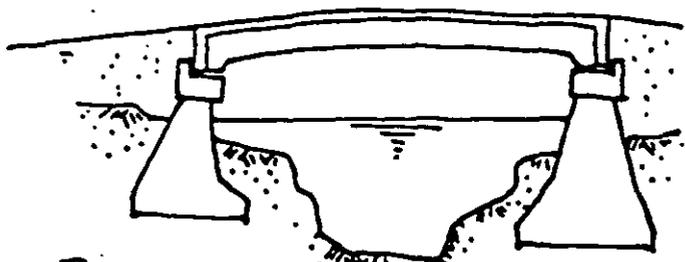
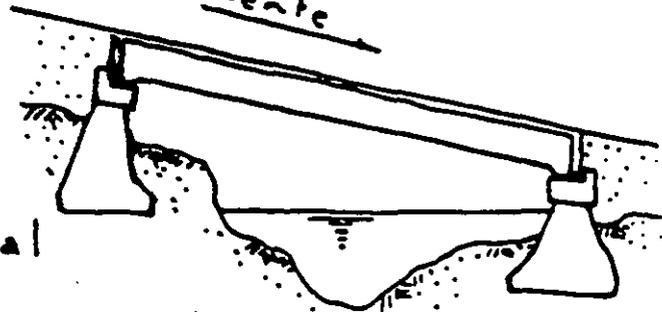


# TRAZO VERTICAL

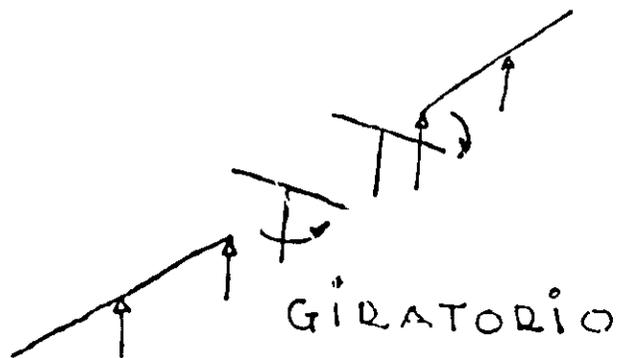
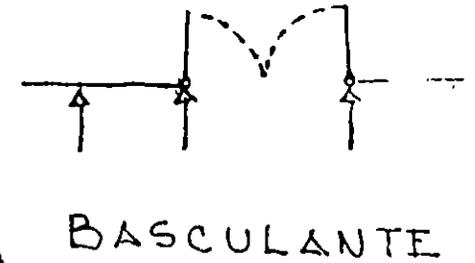
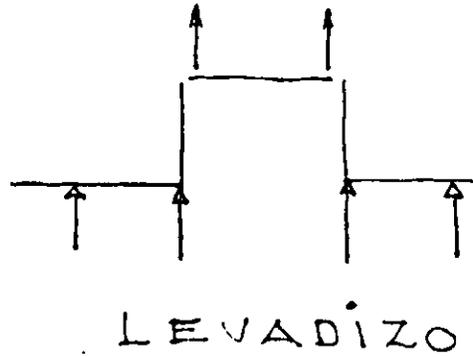
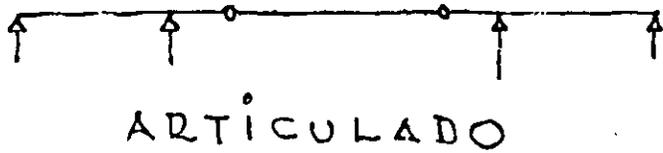
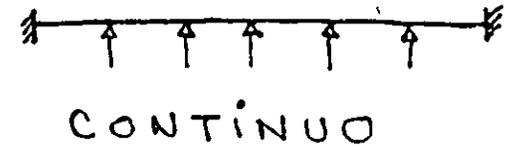
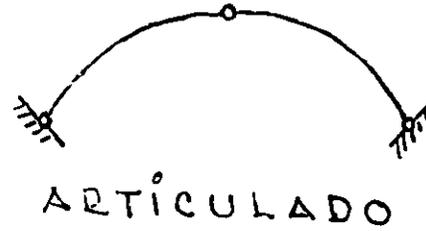
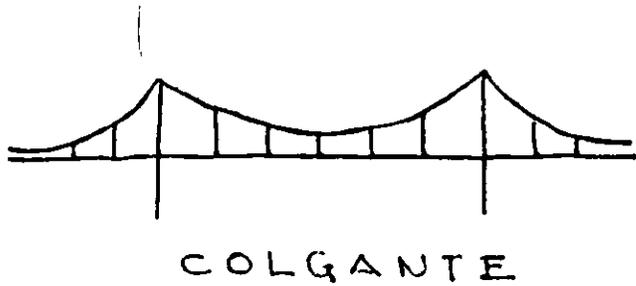
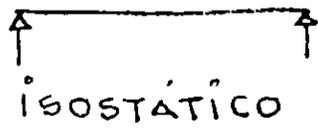
Pendiente 0%



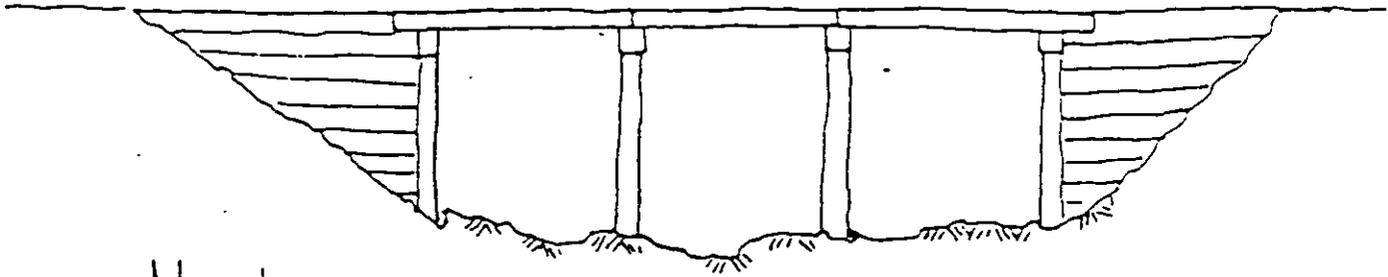
Pendiente



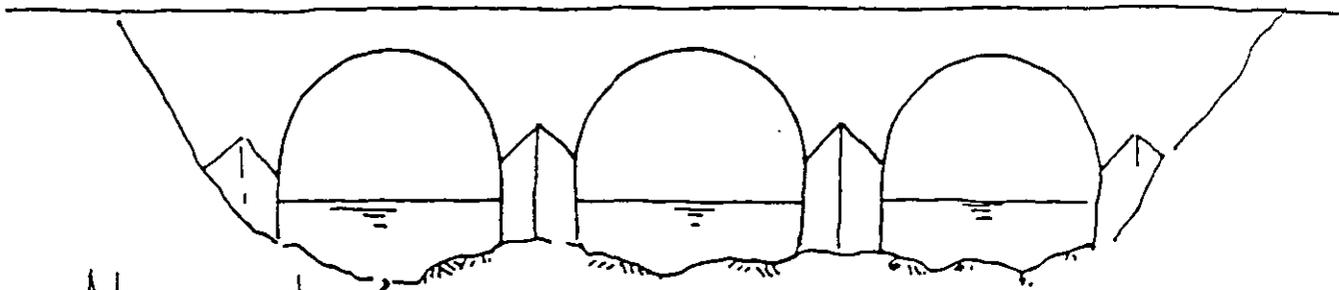
# ESTRUCTURACIÓN.-



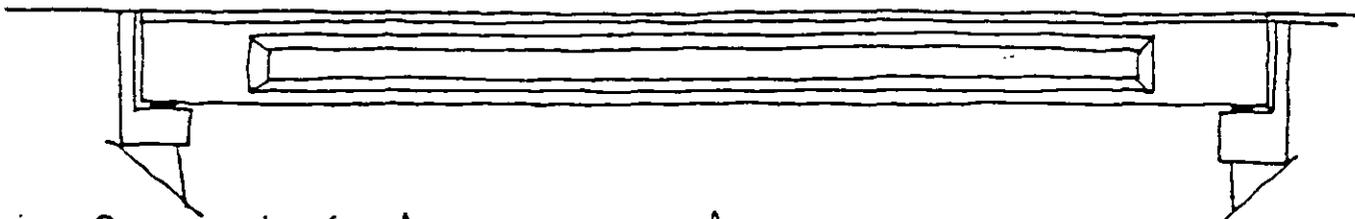
# MATERIAL EMPLEADO



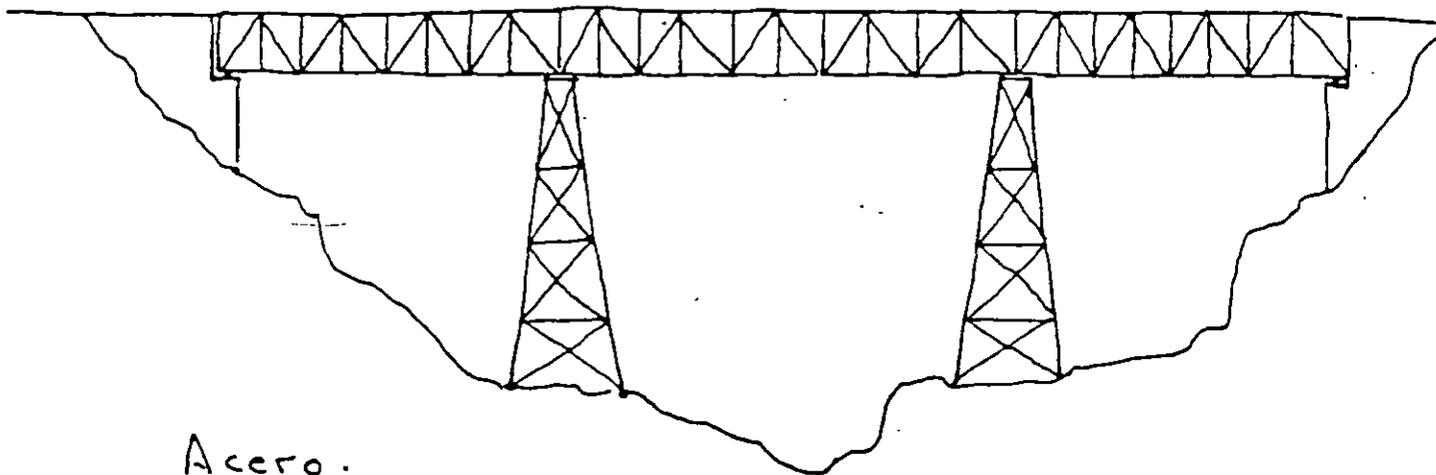
Madera.



Mamposteria

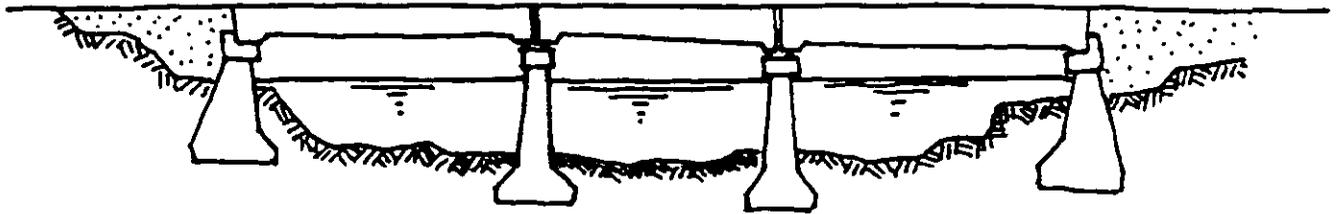


Concreto (Reforzado, presforzado o postensado).

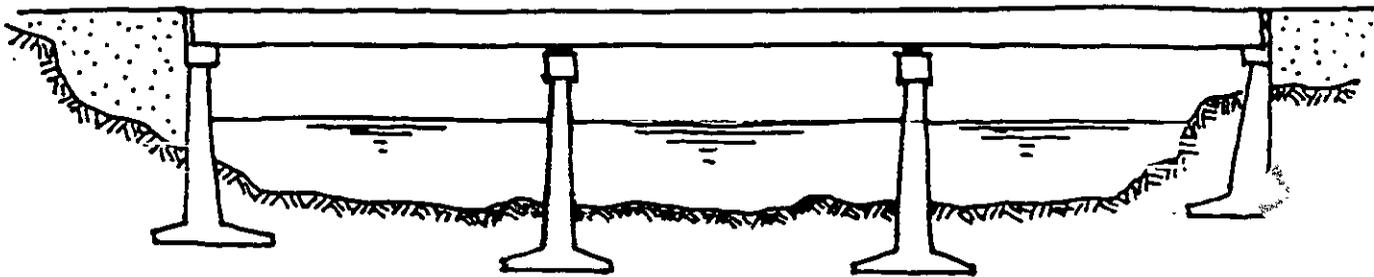


Acero.

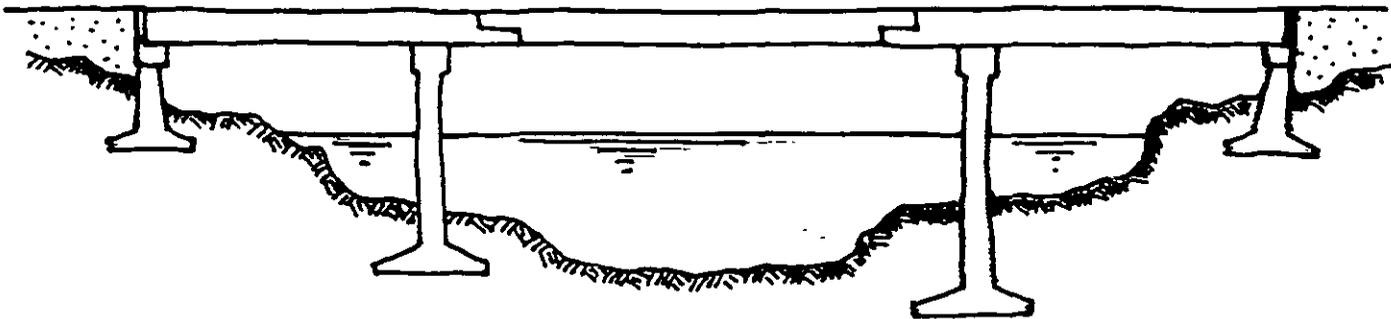
# TIPOS DE PUENTES



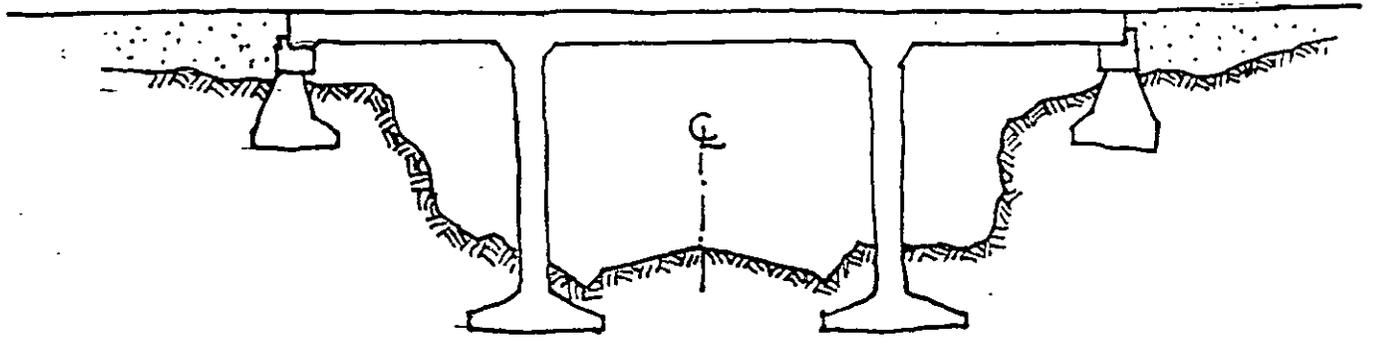
• Puente de tramos simplemente apoyados  
(Isostáticos)



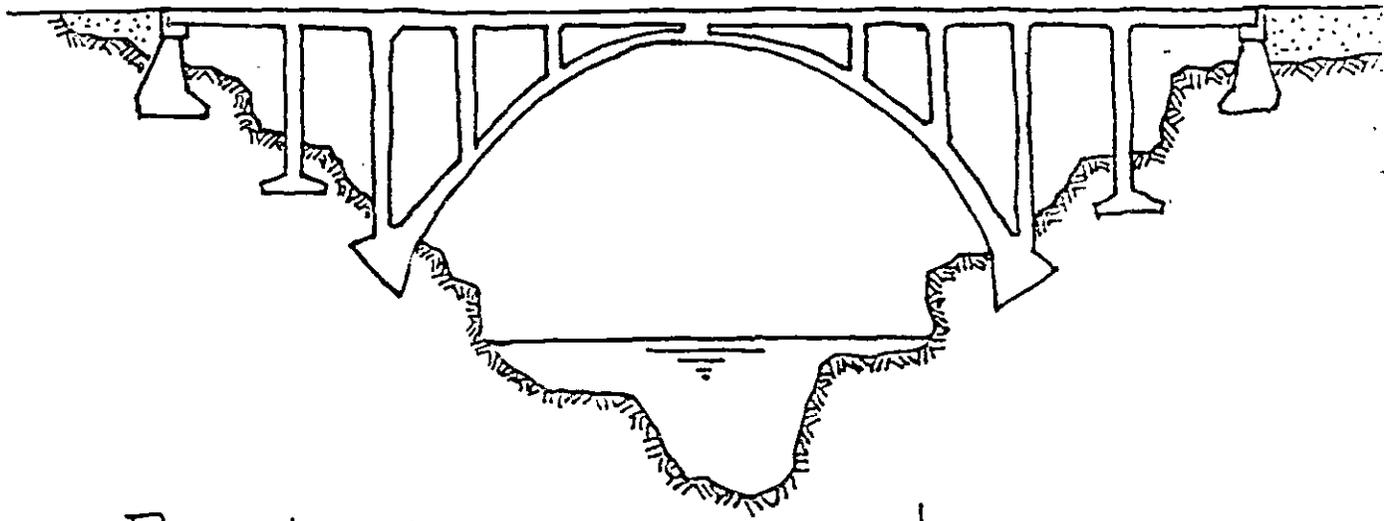
• Puente continuo  
(Hiperestático)



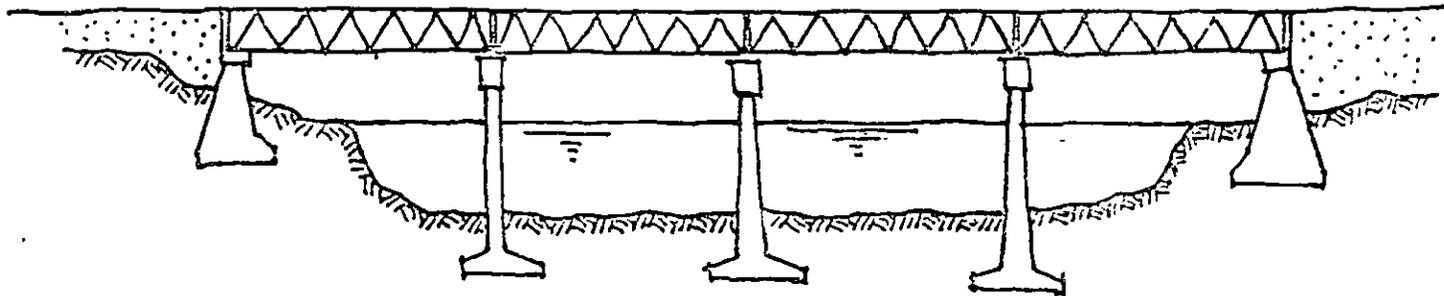
• Puente con tramo suspendido  
(Articulado)



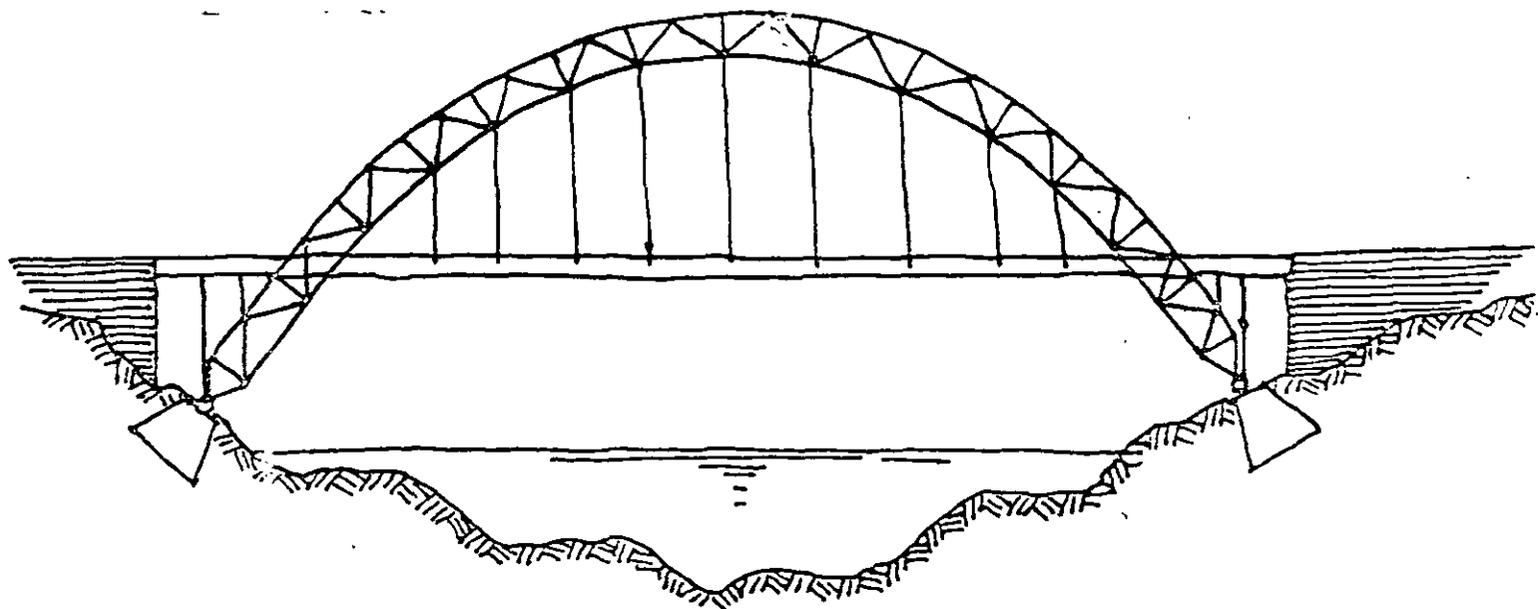
• Puente de marco



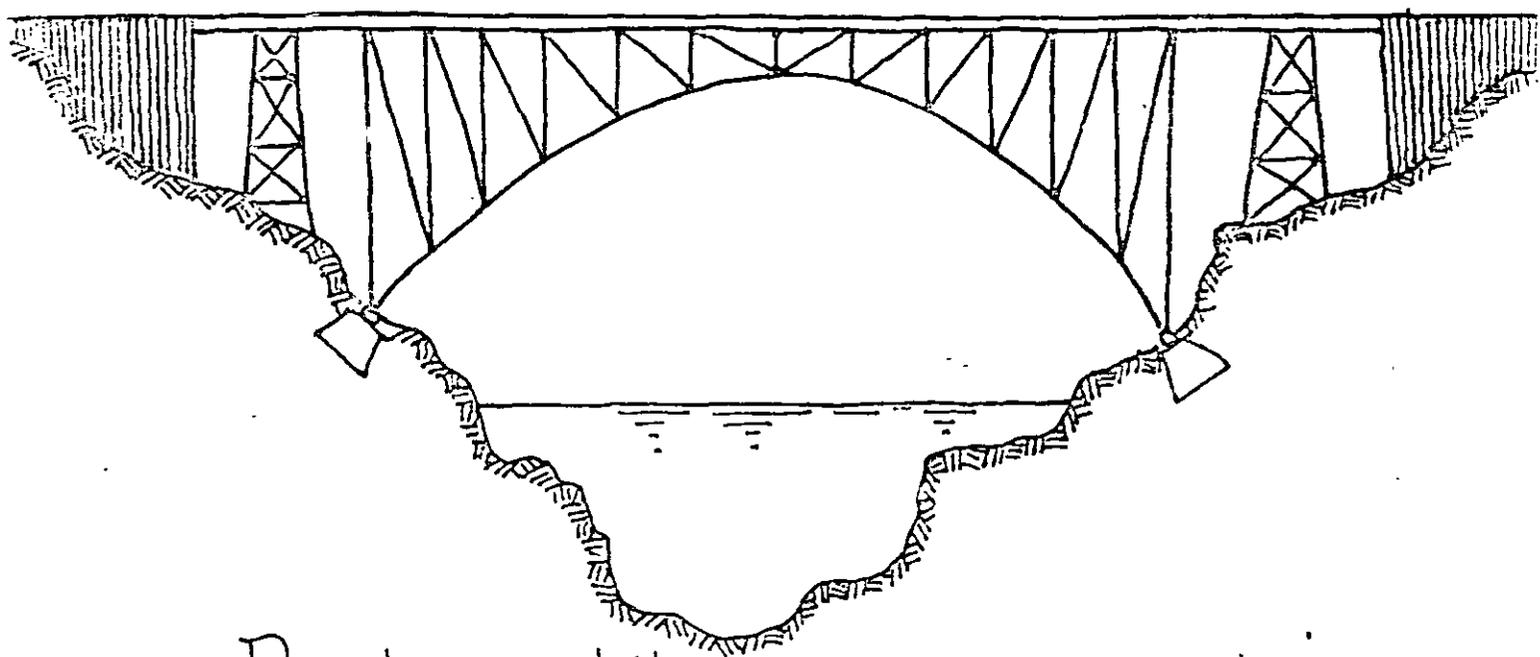
• Puente de arco con tímpanos



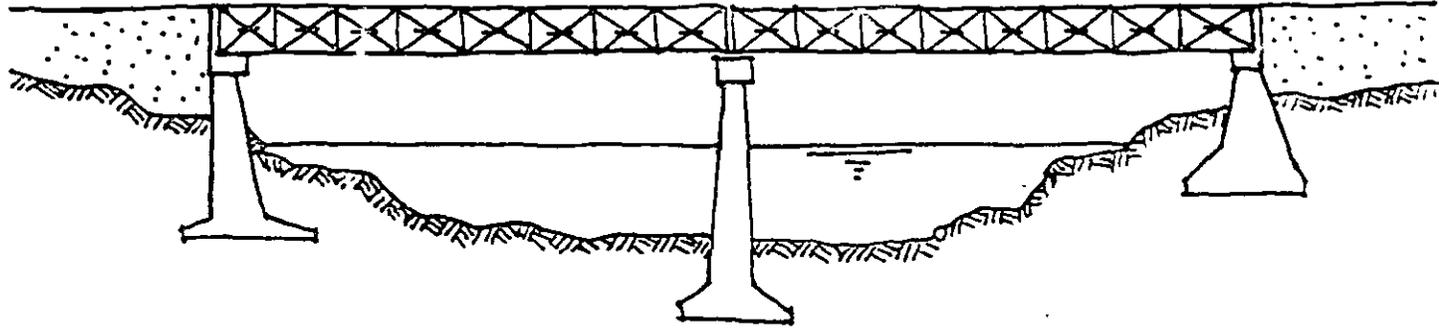
• Puente con tramos de armadura de acero simplemente apoyados



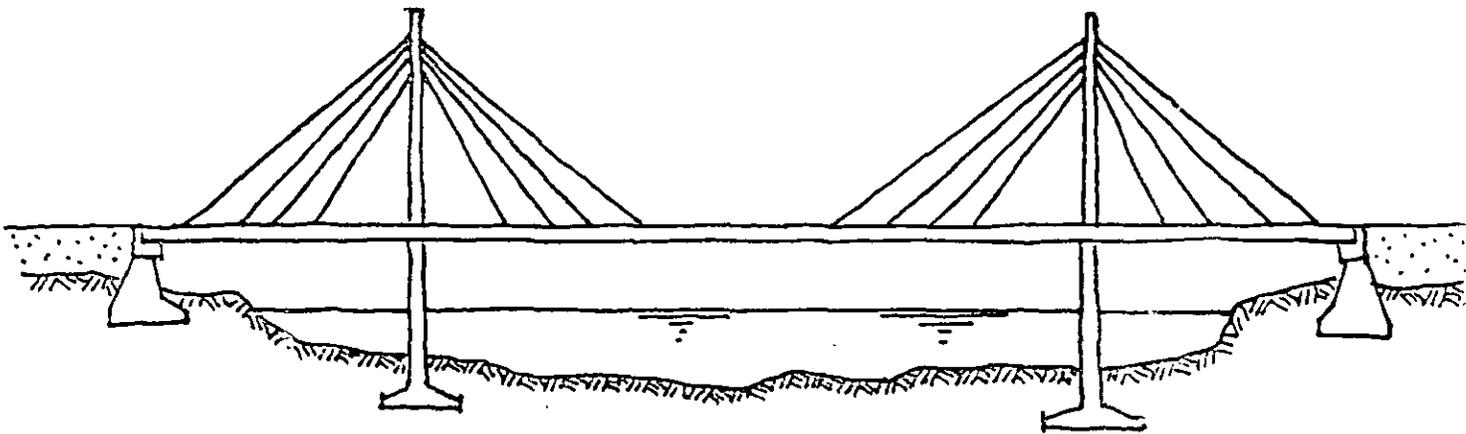
• Puente metálico de arco con 2 articulaciones. De paso a través



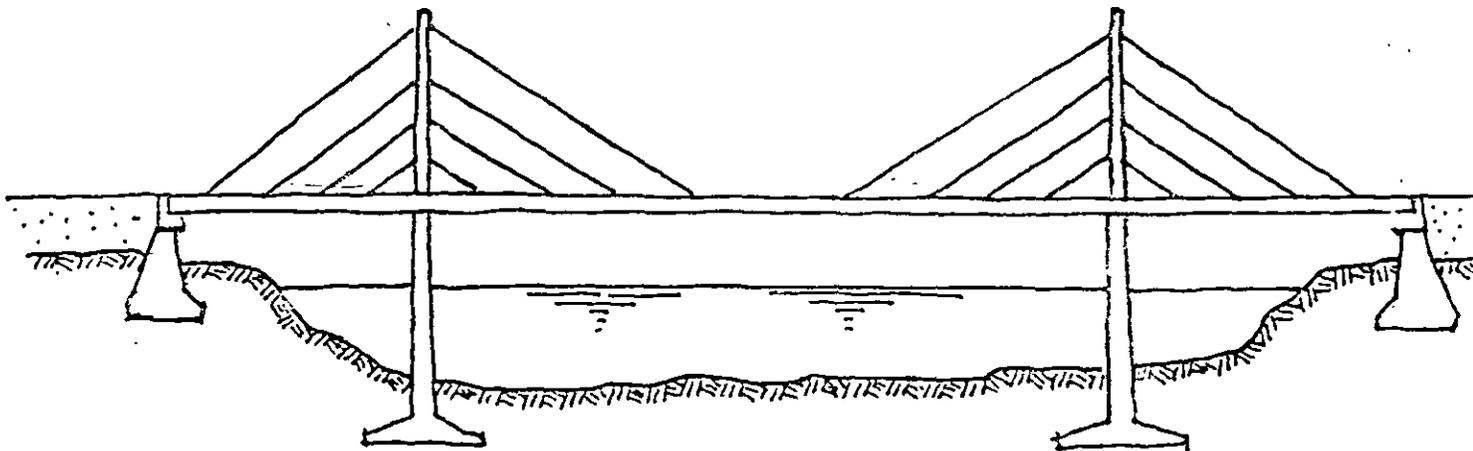
Puente metálico de arco con tres articulaciones. Paso superior



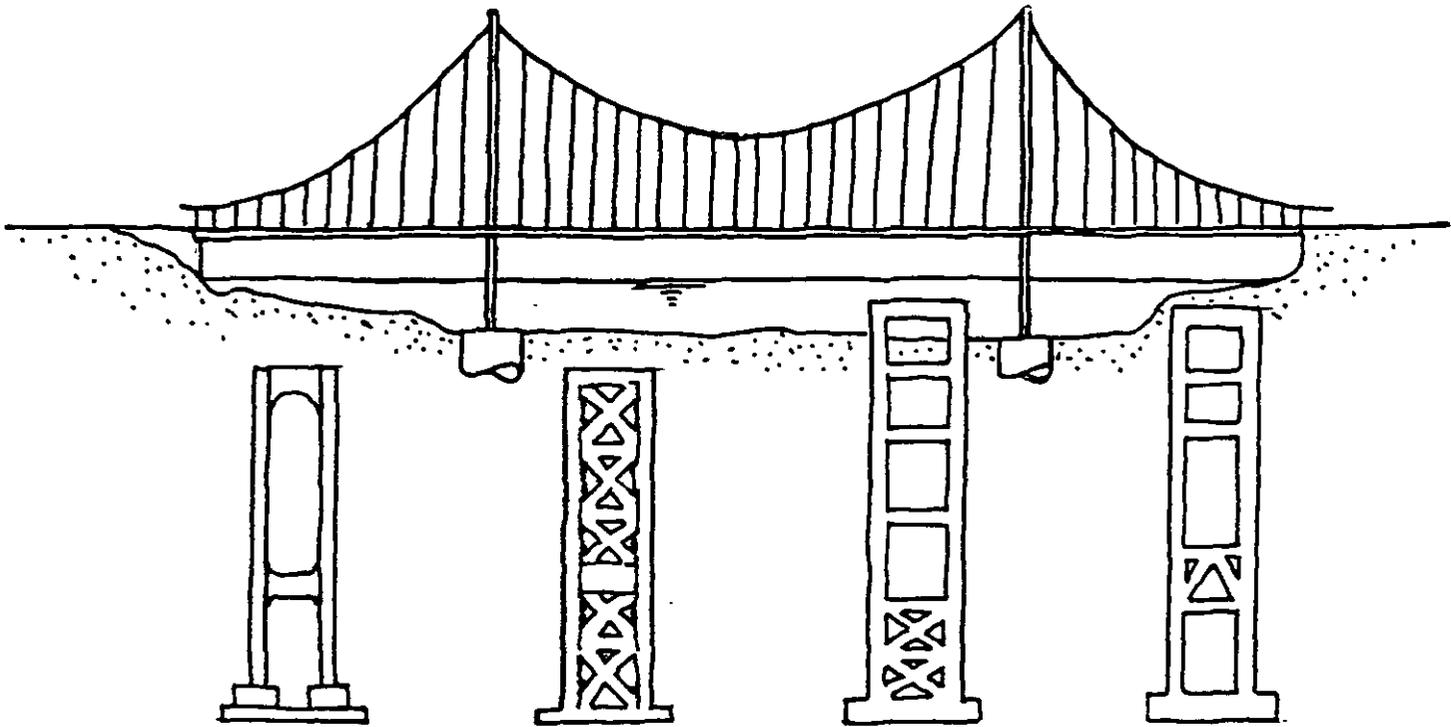
Puente de estructura espacial (tridimensional)



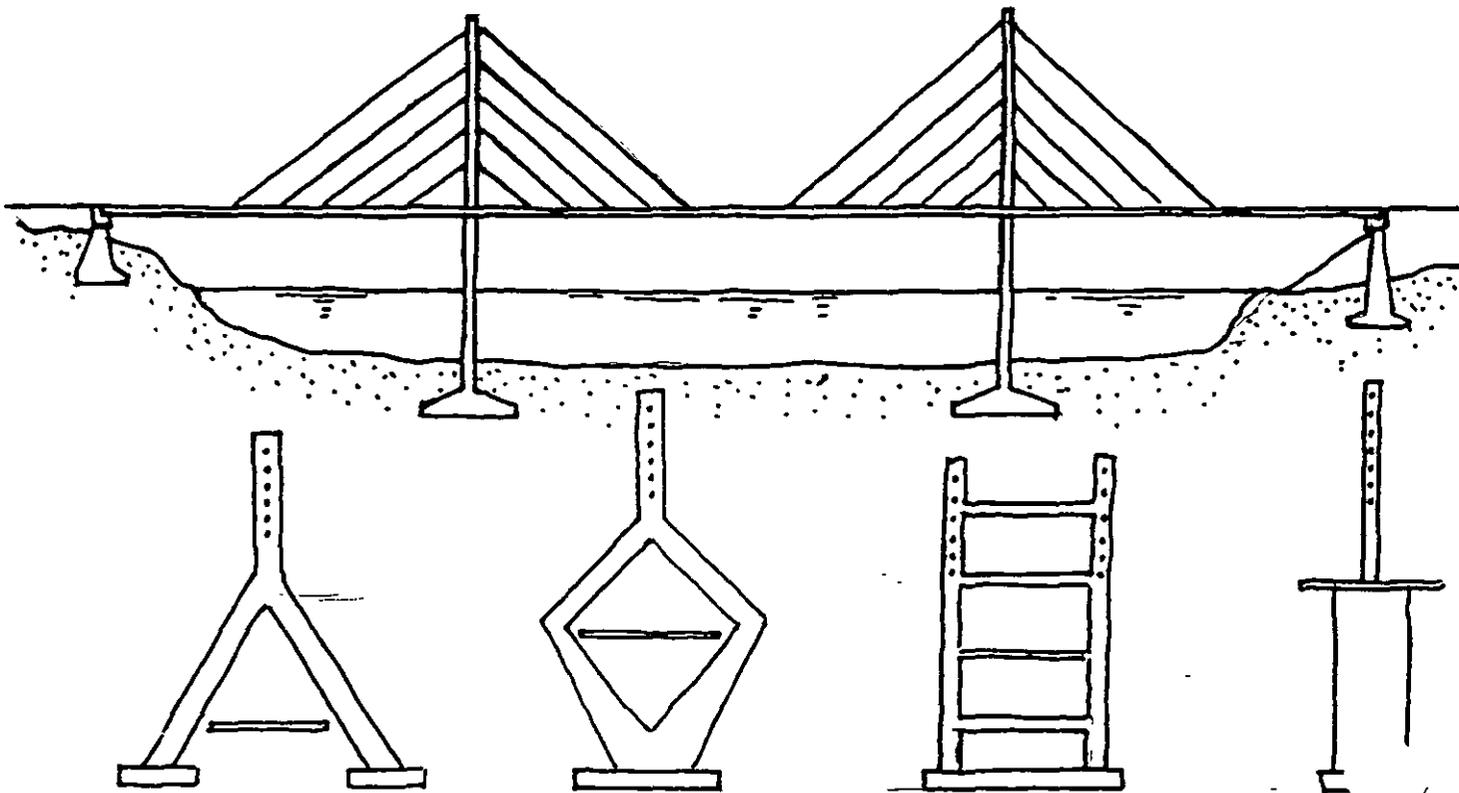
Puente atirantado con cables convergentes



Puente atirantado con cables en arpa



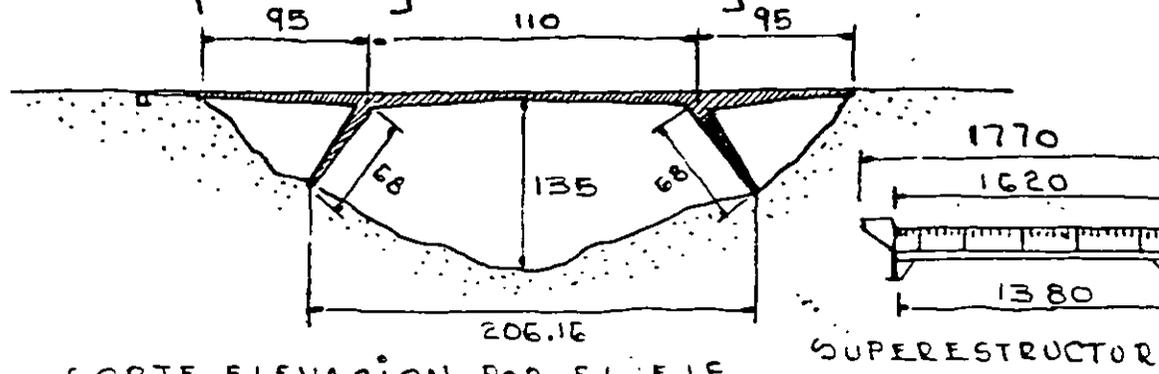
TÍPO DE TORRES DE PUENTES COLGANTES



TÍPO DE TORRES DE PUENTES ATIRANTADOS

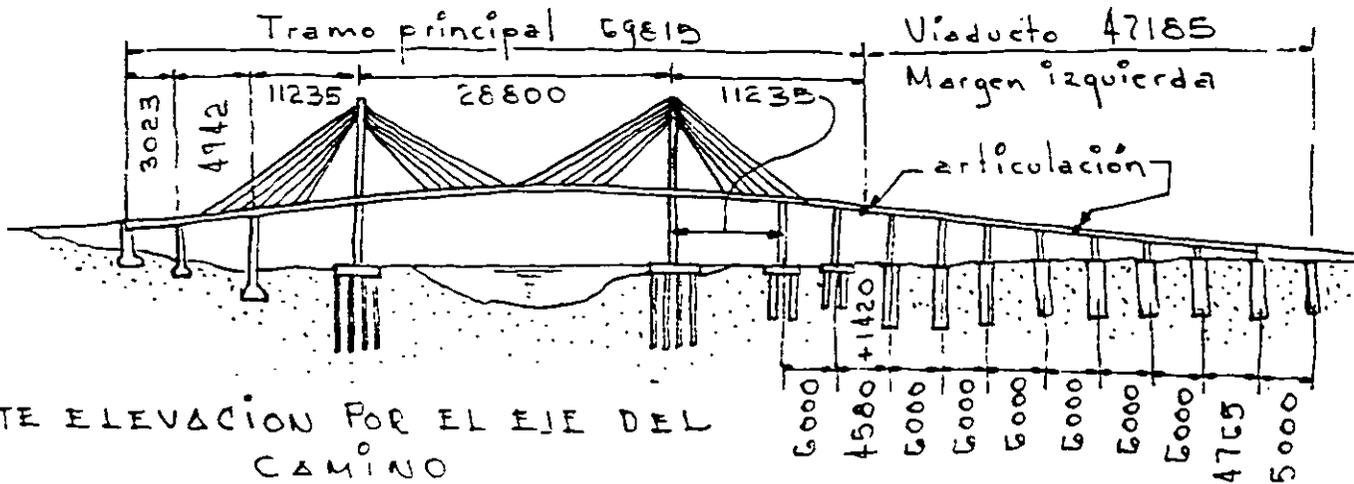
# Puentes grandes en México

Puente de acero "Ing. Fernando Espinosa"  
 Autopista: México - Guadalajara  
 Tramo: Zapotlanejo - Guadalajara

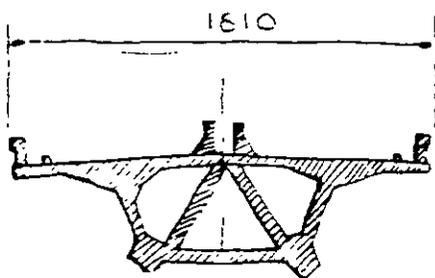


CORTE ELEVACION POR EL EJE DEL CAMINO

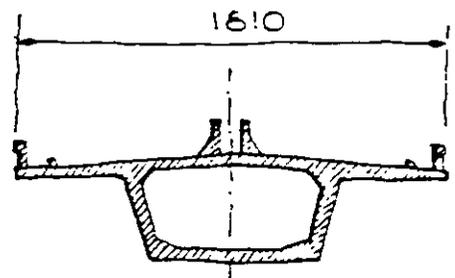
Puente tipo atirantado "Ing. Antonio Dovali Jaime"  
 Carretera: Costera del Golfo



CORTE ELEVACION POR EL EJE DEL CAMINO



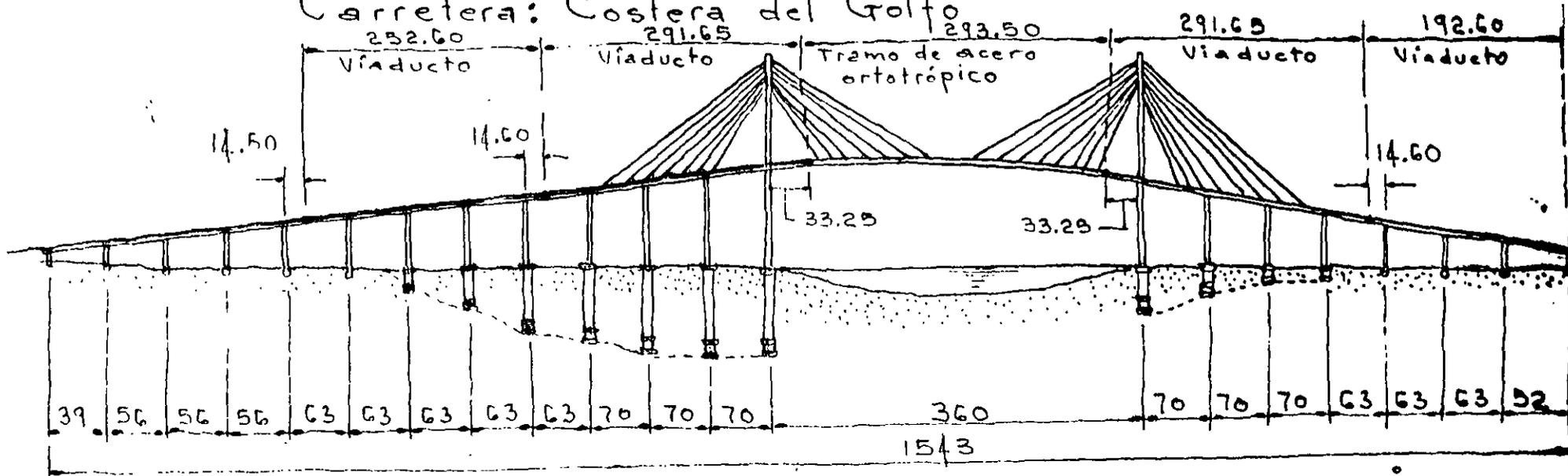
SECCION TRANSVERSAL EN TRAMO PRINCIPAL



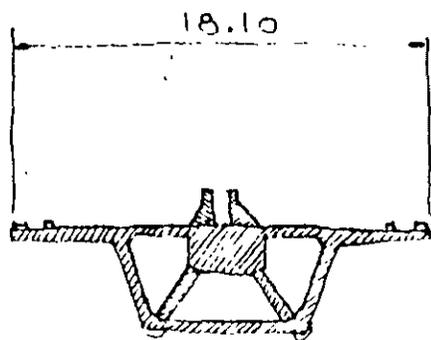
SECCION TRANSVERSAL EN VIADUCTO

# PUENTE "TAMPICO"

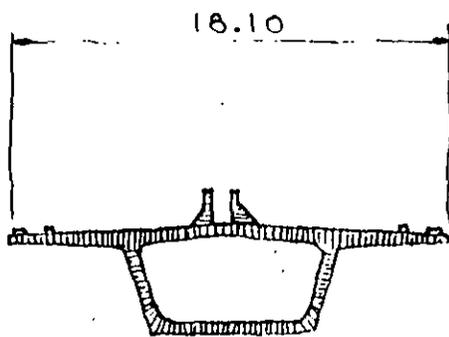
Carretera: Costera del Golfo



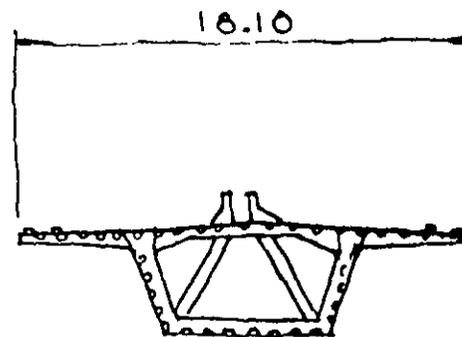
CORTE ELEVACION POR EL EJE DEL CAMINO



SECCION EN ANCLAJE DE TIRANTE



SECCION TRANSVERSAL



SECCION METALICA ORTOTROPICA

## Claros máximos en puentes

### Puentes colgantes.-

"Humbert River" Claro = 1396.00m

Inglaterra

"Verrazano-Narrow" Claro = 1298.50m

E.U.A.

"Golden Gate" Claro = 1280.16m

E.U.A.

### Puentes atirantados.-

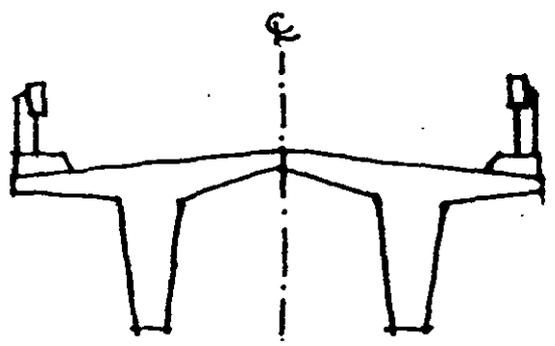
"Normandía" Claro = 856.00m

Francia

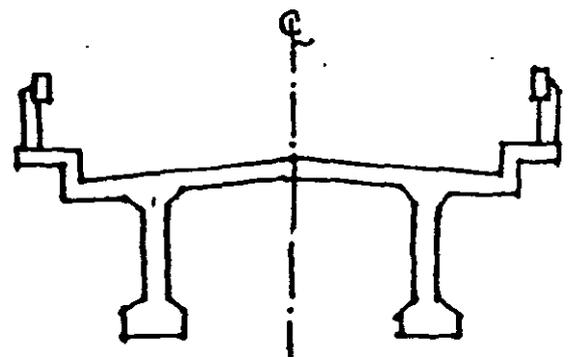
"Tatara" Claro = 890.00m

Japón

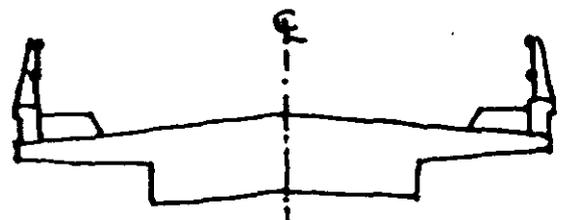
# TÍPOS DE SUPERESTRUCTURAS.-



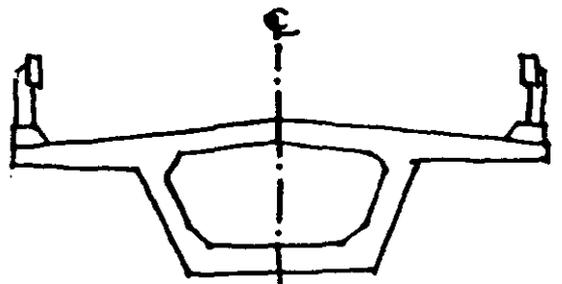
Losa nervurada < 32m



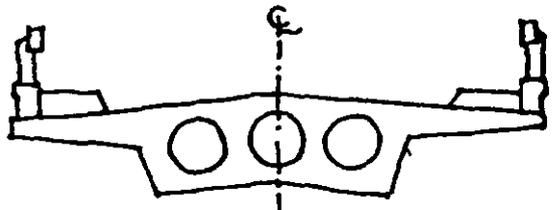
Losa nervurada < 32m



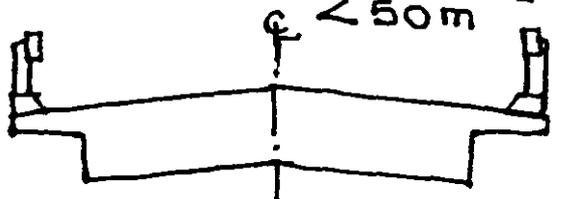
Losa diptera maciza < 15m



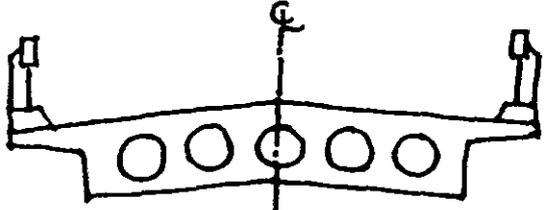
Losa sección cajón < 50m



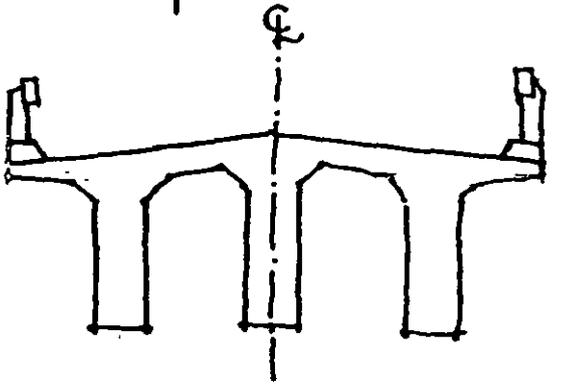
Losa diptera aligerada < 19m



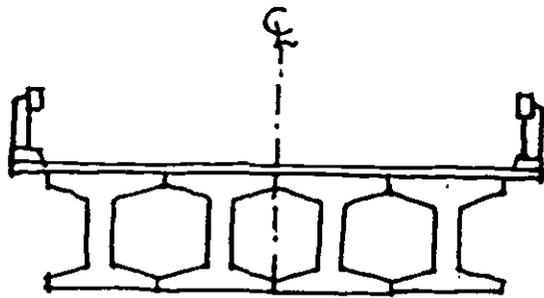
Losa plana maciza < 11m



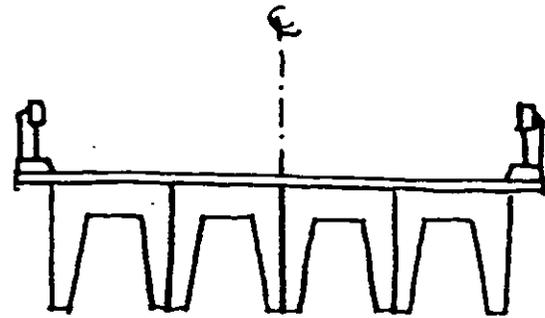
Losa plana aligerada < 18m



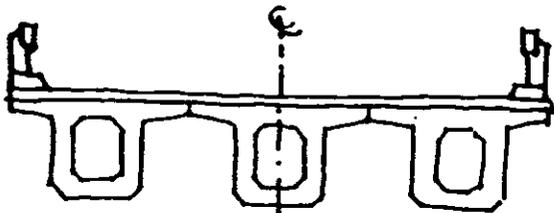
Losa con varias nervaduras < 15m



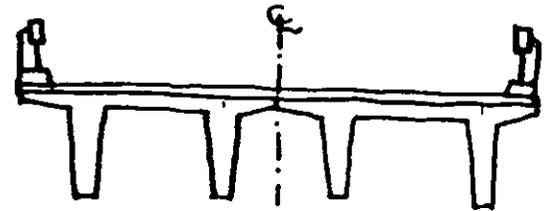
Vigas I < 20m  
Presforzadas



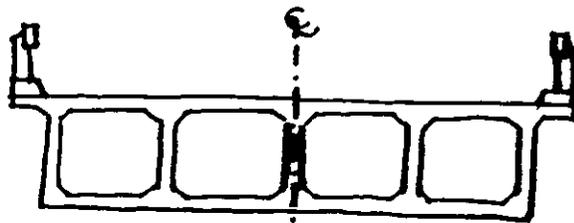
Canales < 10m  
Presforzadas



Vigas de cajón < 25m  
Presforzadas



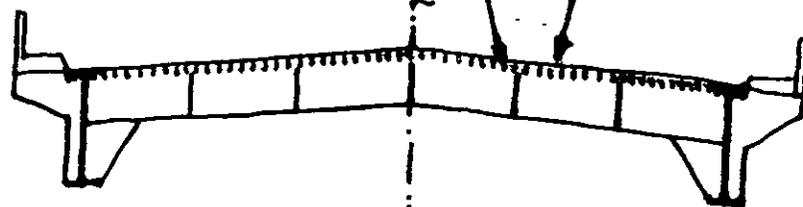
Vigas doble "T" < 12m



Cajón múltiple < 50m

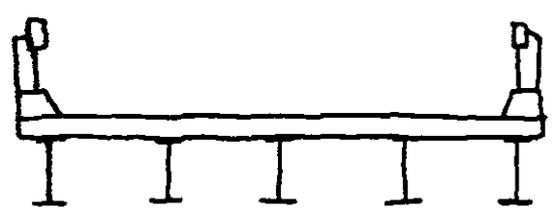
Placa de calzada

Sistema de piso ortotrópico

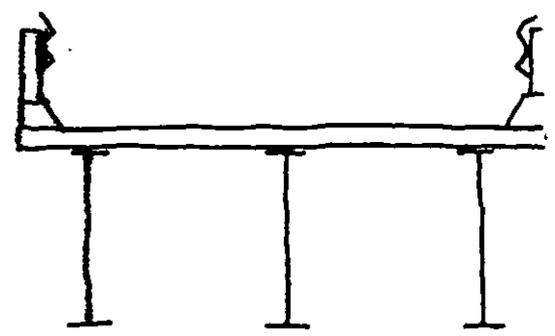


Placas de acero soldadas  
< 140m

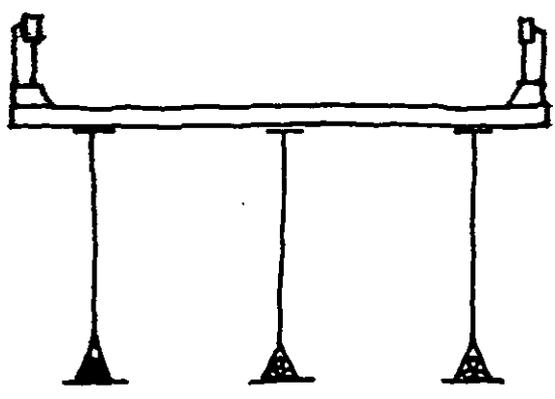
# SISTEMAS PORTANTES DE LOSAS DE PISO



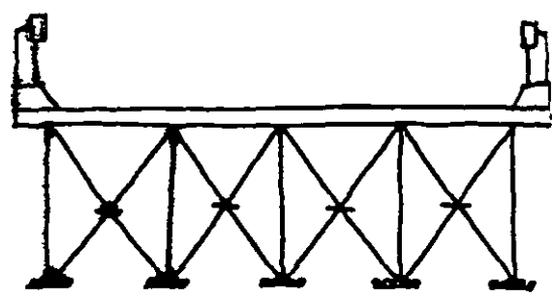
Losa sobre viguetas < 15m



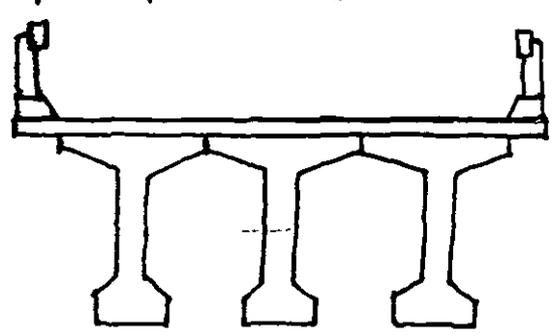
Vigas de placas de acero soldadas < 50m



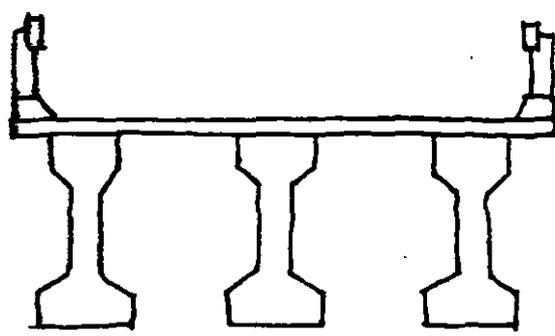
Trabes de acero prefabricadas < 70m



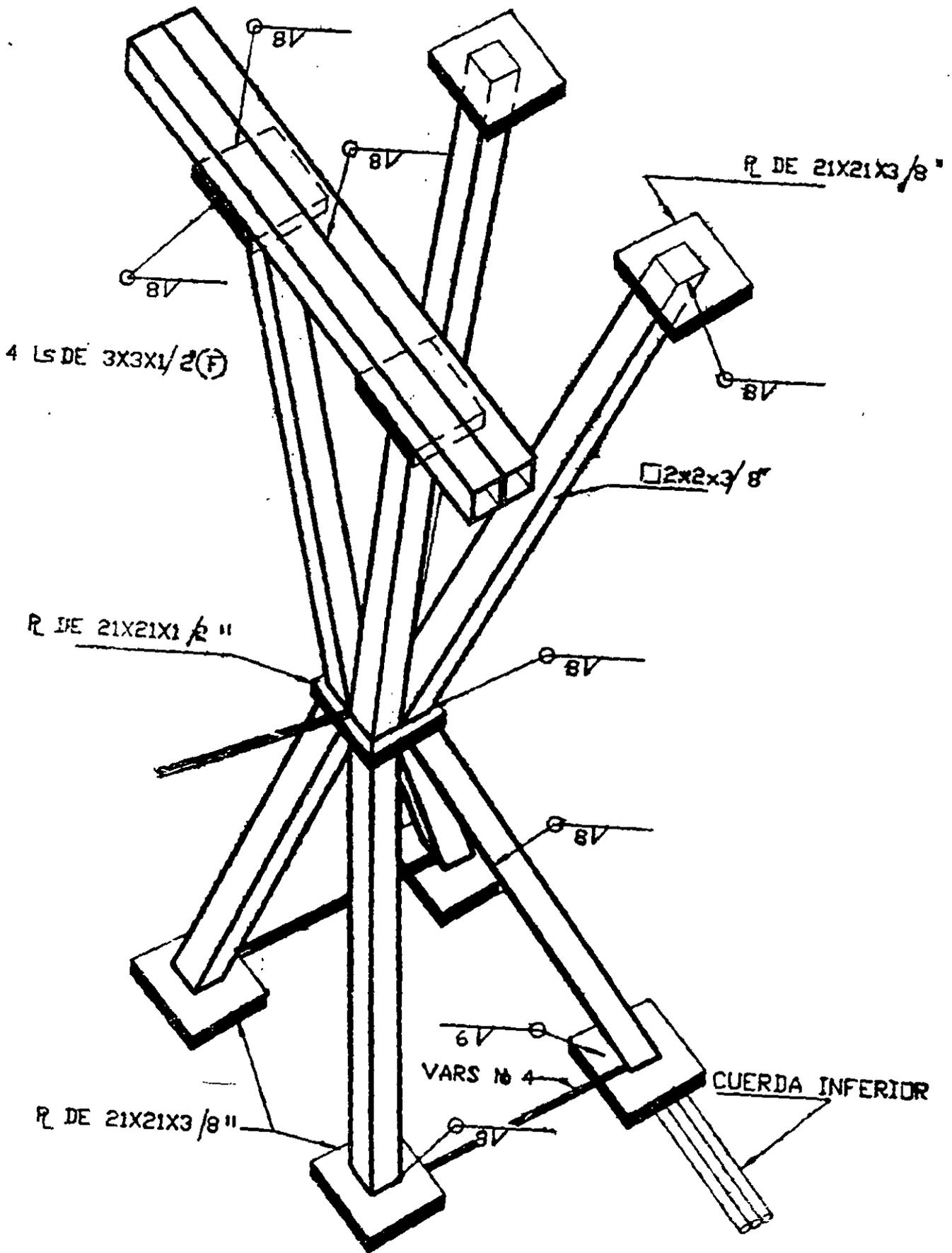
Estructura espacial (tridilosa) < 70m



Vigas "T" prefabricadas < 15m

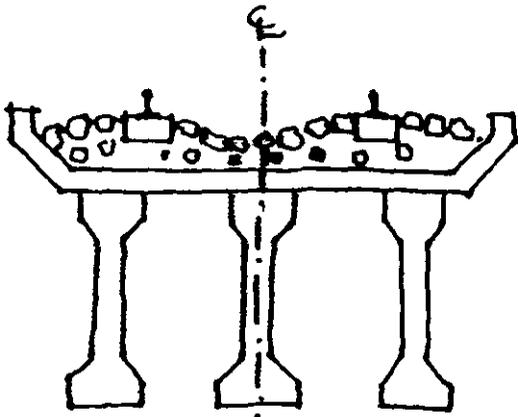


Vigas "I" prefabricad. < 30m

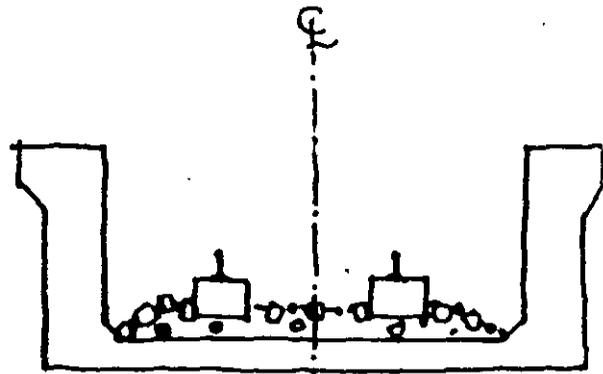


DETALLE DE ESTRUCTURA  
 (ISOMETRICO)

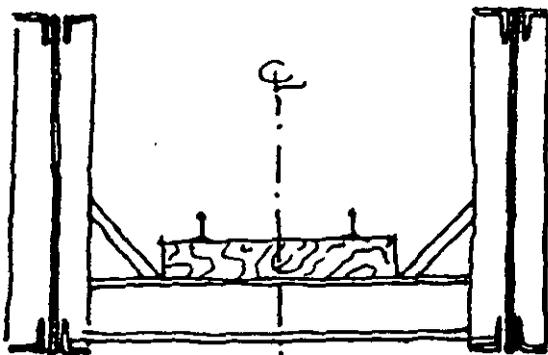
# SUPERESTRUCTURAS DE FERROCARRIL.-



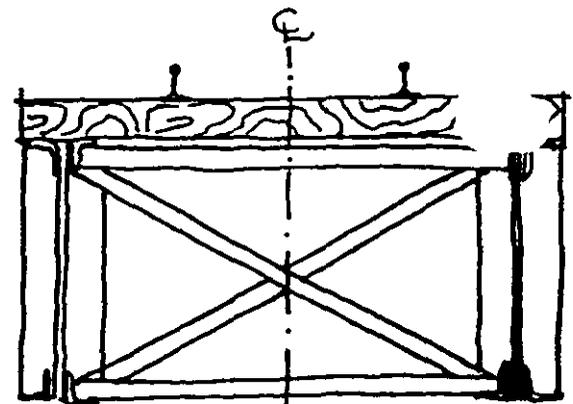
Vigas "I" Postensadas



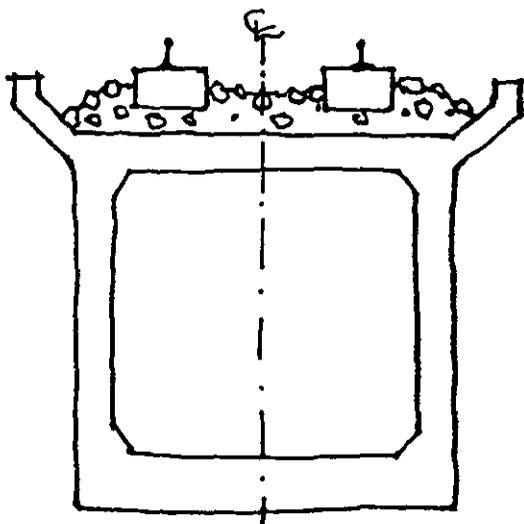
Paso a través



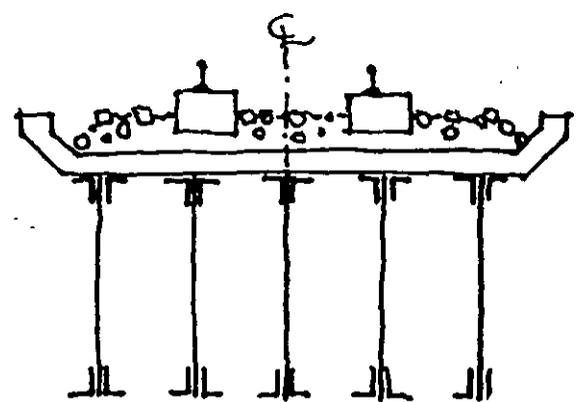
Paso a través



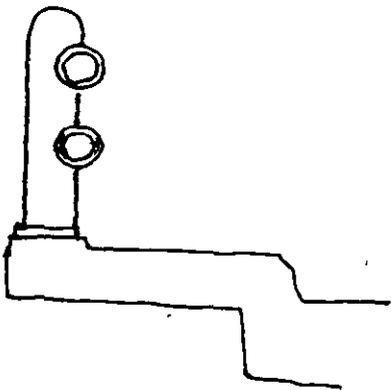
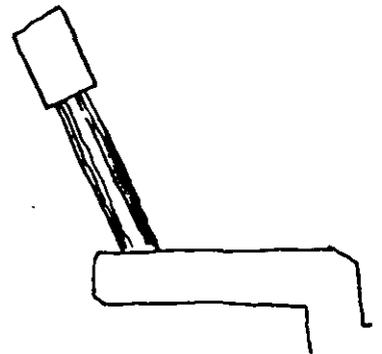
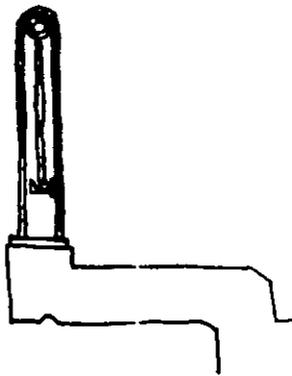
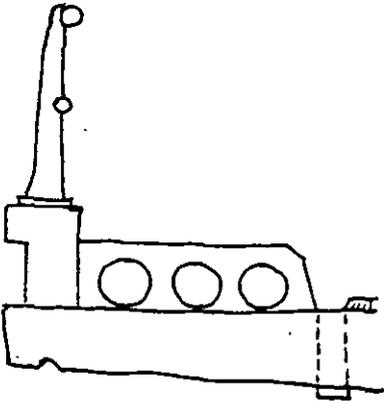
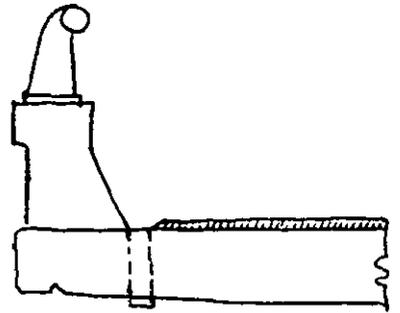
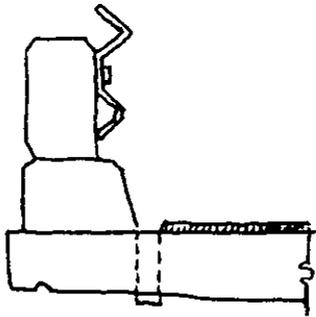
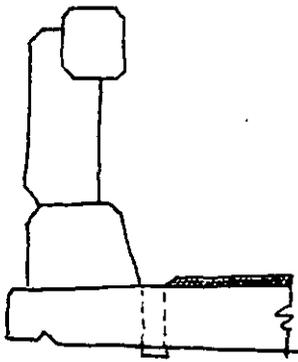
Paso Superior



Cajón presforzado

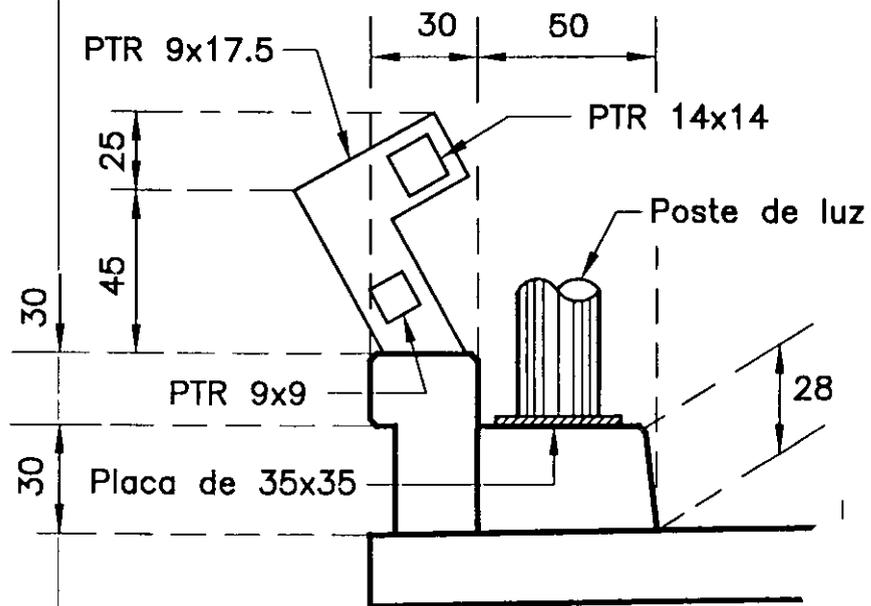
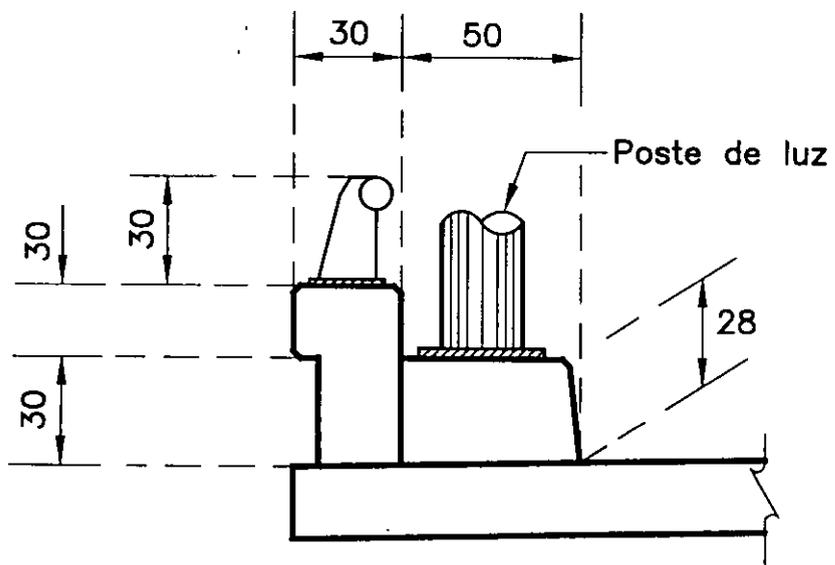
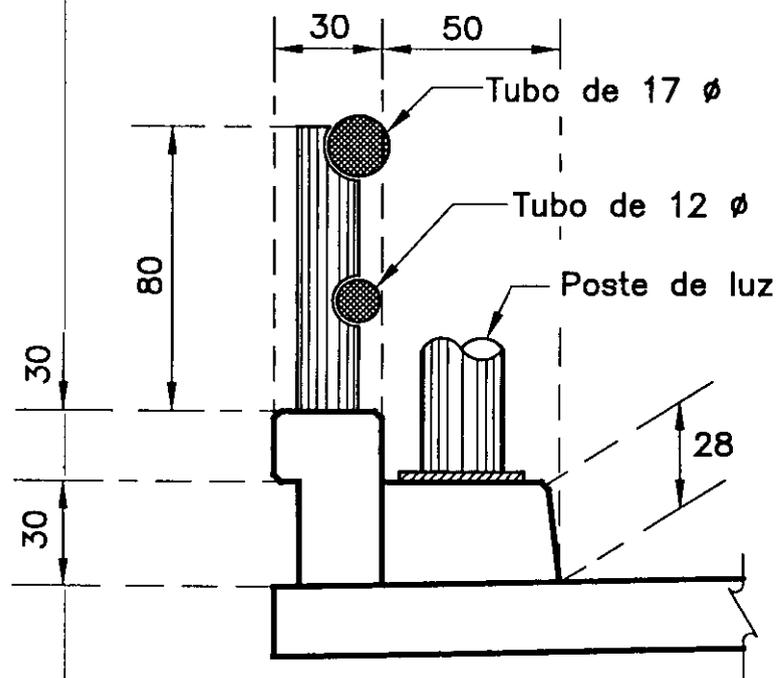
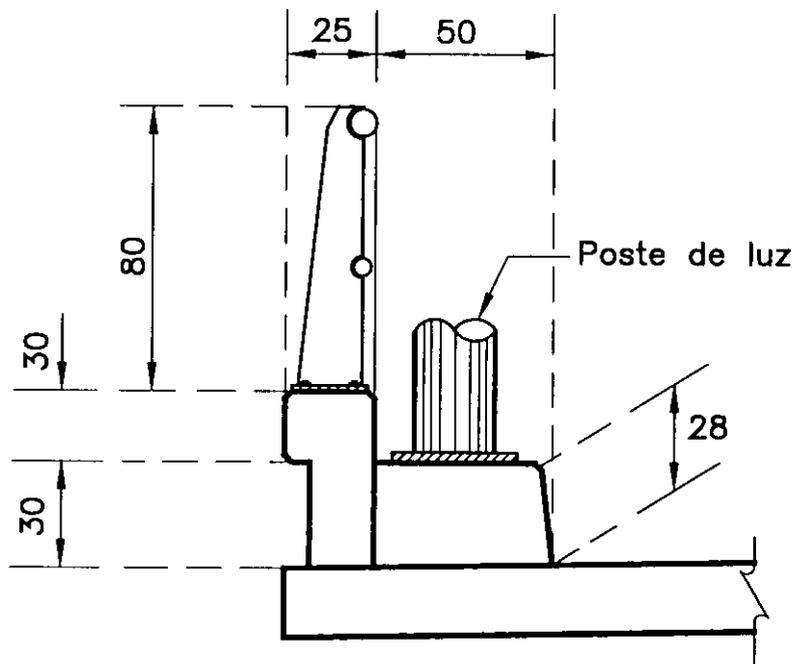


Estructura mixta

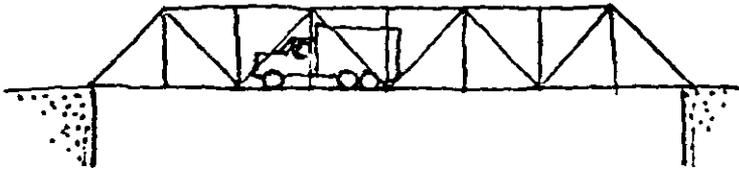


TIPOS DE  
PARAPETOS.

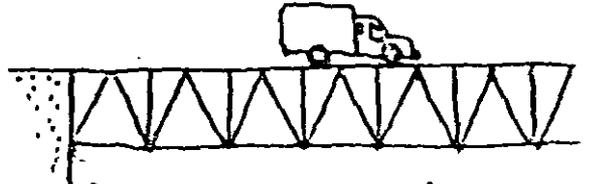
# P A R A P E T O S



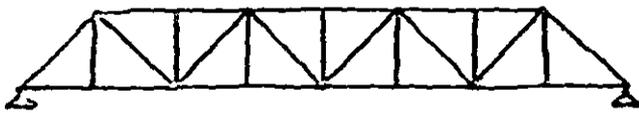
# ARMADURAS.



Armadura de paso a través.



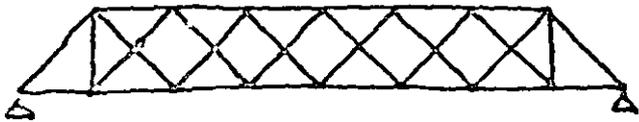
Armadura de paso superior



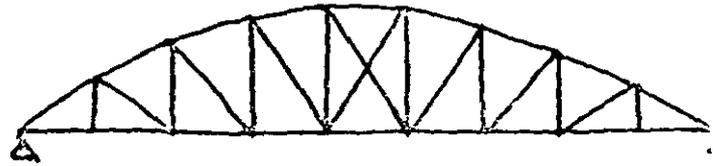
tipo Warren



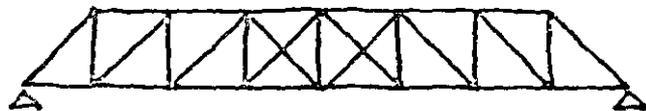
tipo Pratt



tipo Warren



tipo Pratt



tipo Howe



tipo Warren

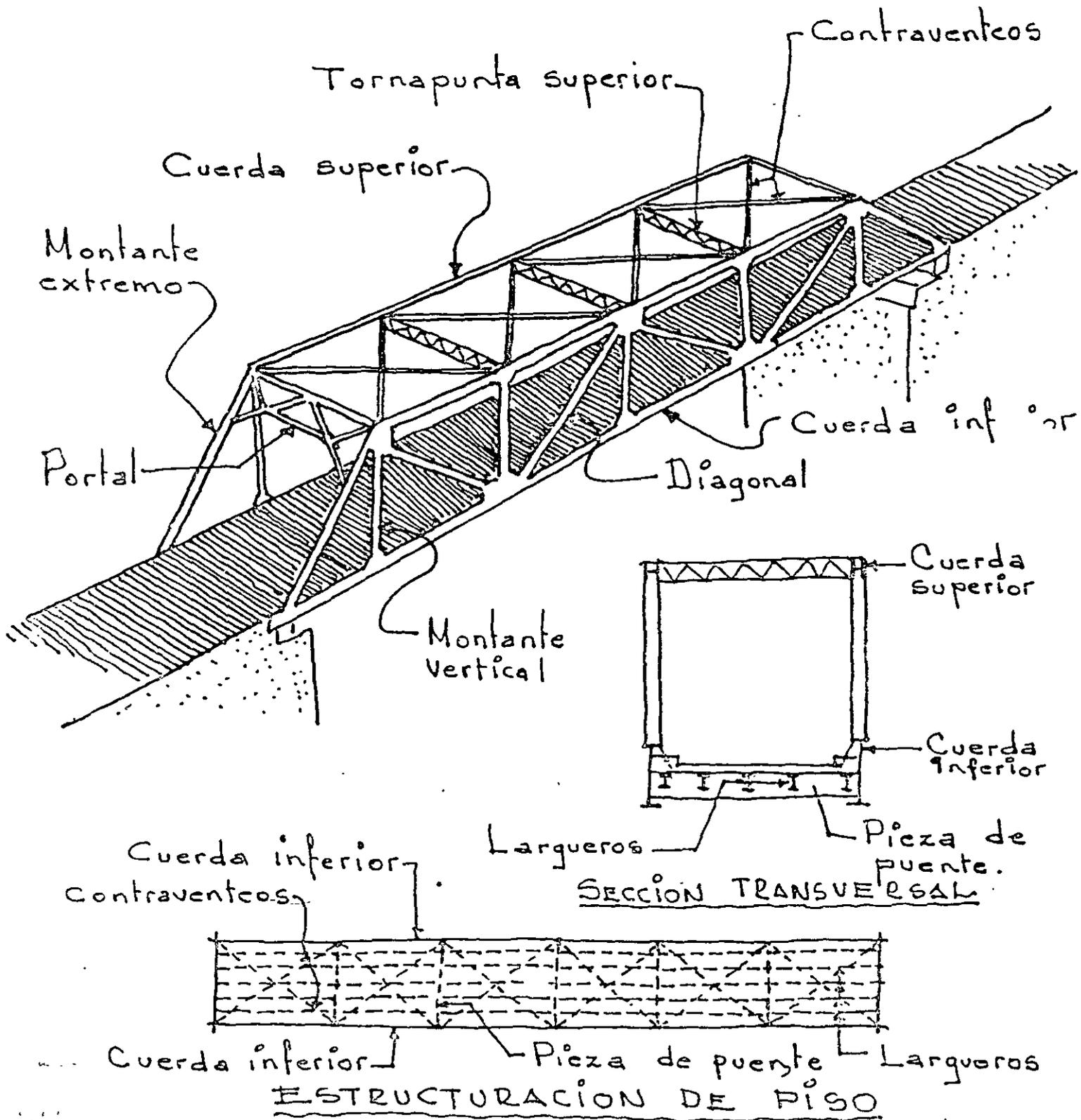


tipo Baltimore

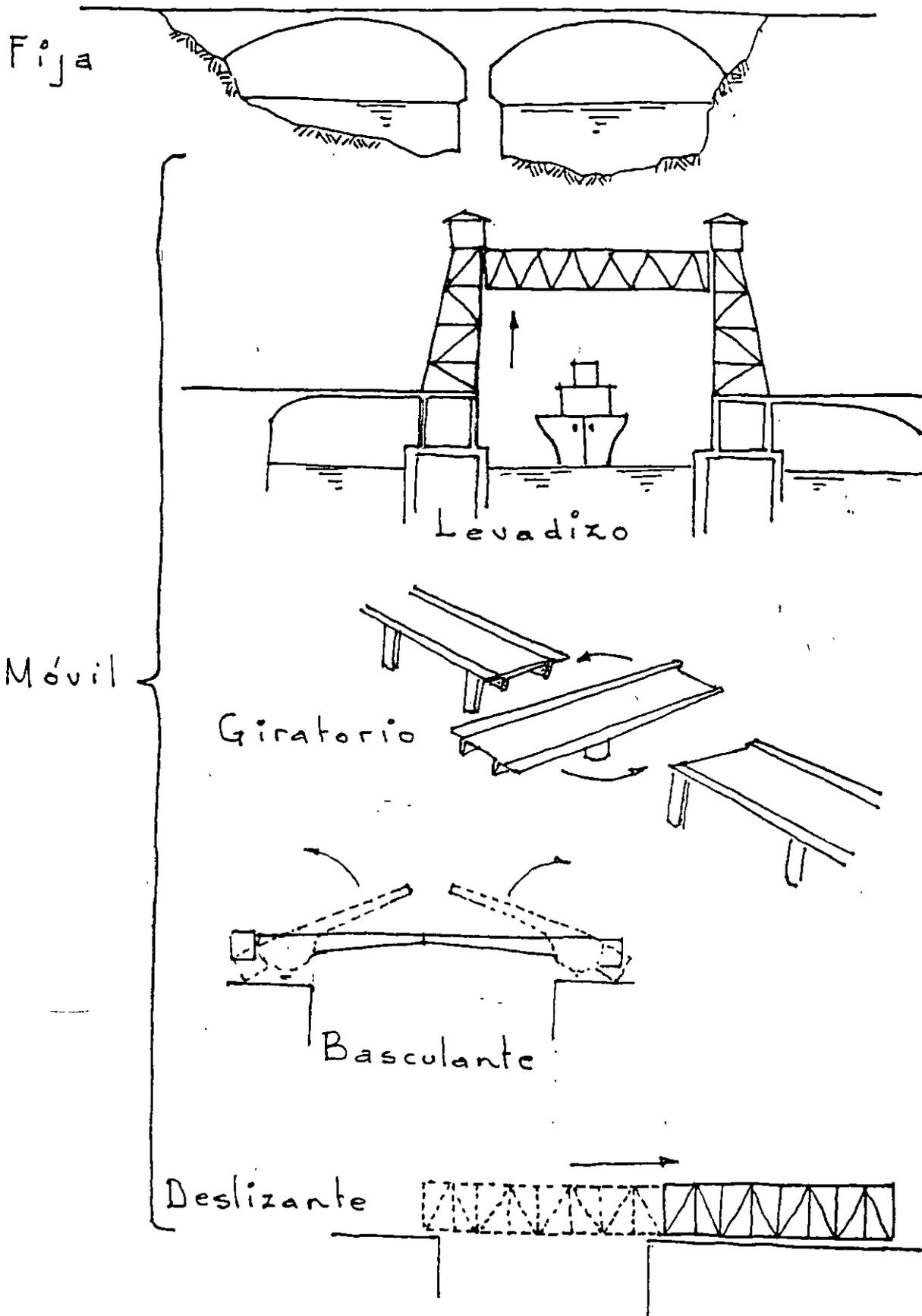


tipo "K"

# PUENTE DE ARMADURA DE PASO A TRAVES



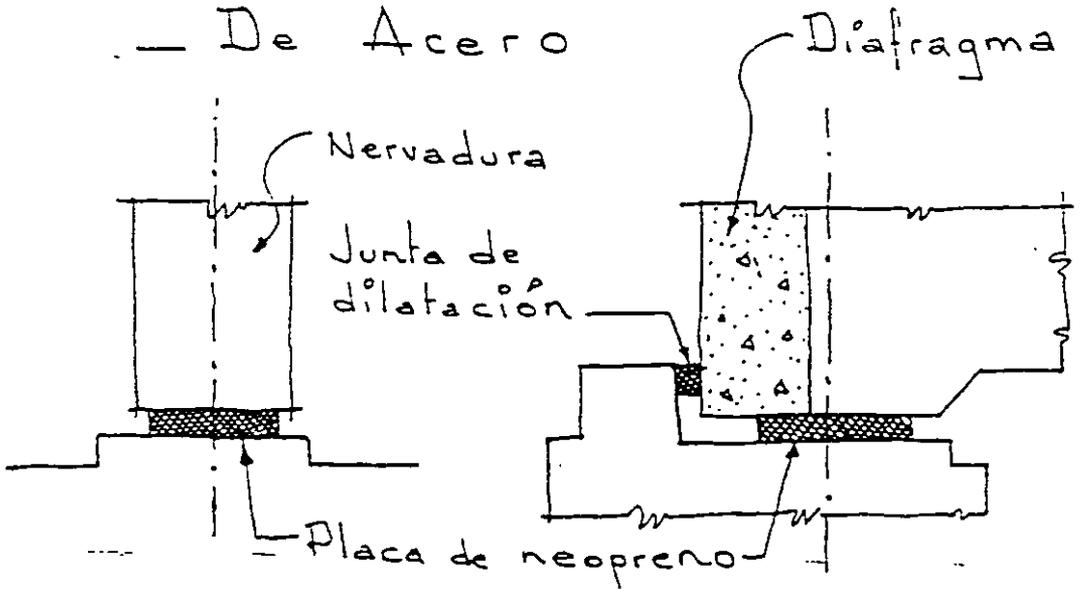
# SUPERESTRUCTURA.



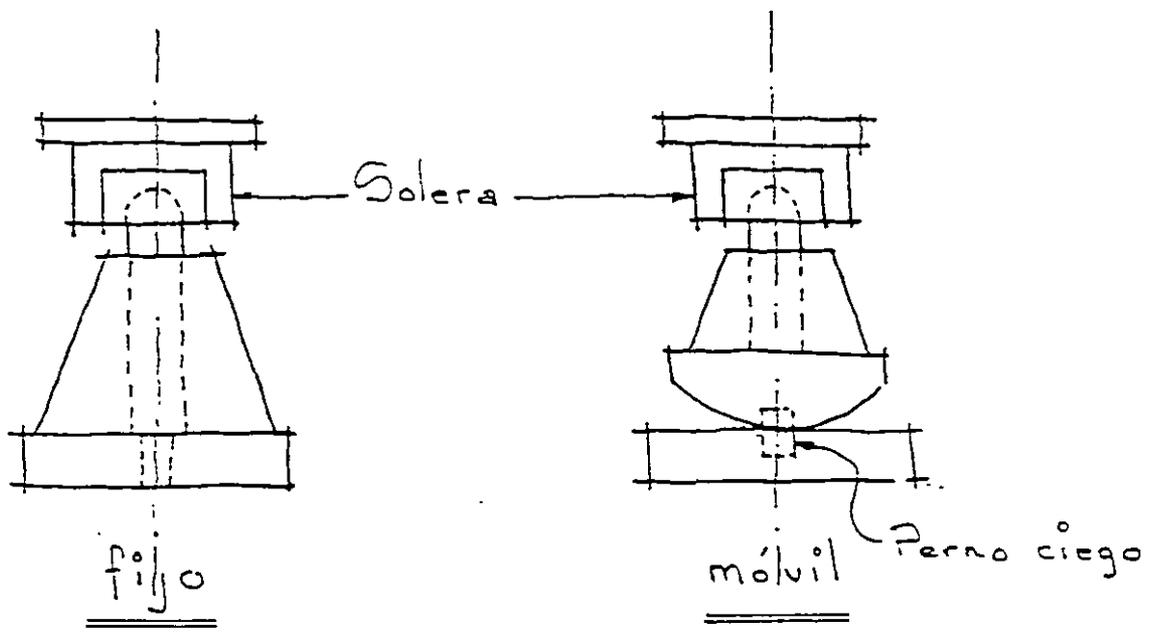
# APOYOS

- De Neopreno

- De Acero



## APOYOS DE NEOPRENO

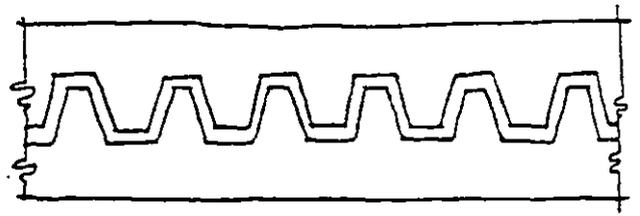
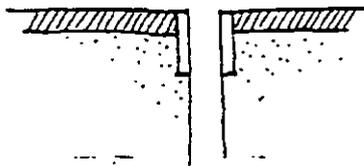


## APOYOS DE ACERO

# JUNTAS DE DILATACION

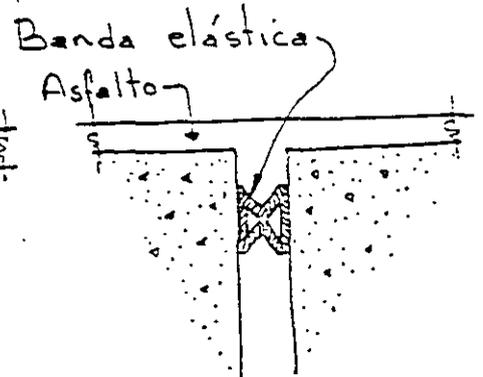
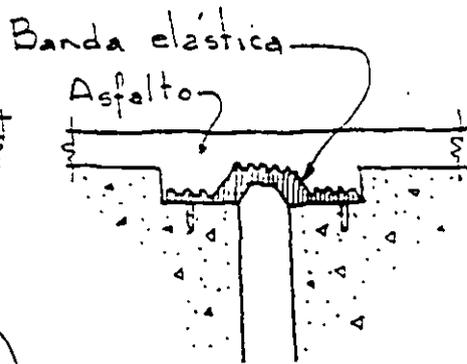
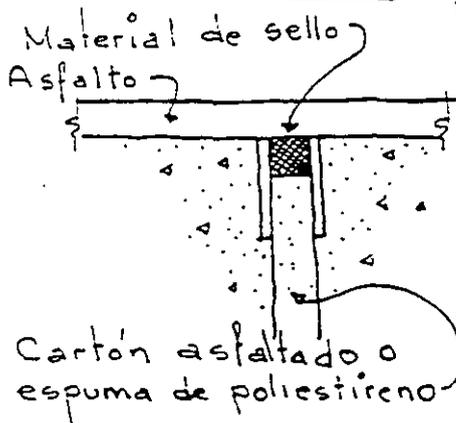
JUNTAS {  
Abiertas  
Selladas  
Tapadas

## Abierta



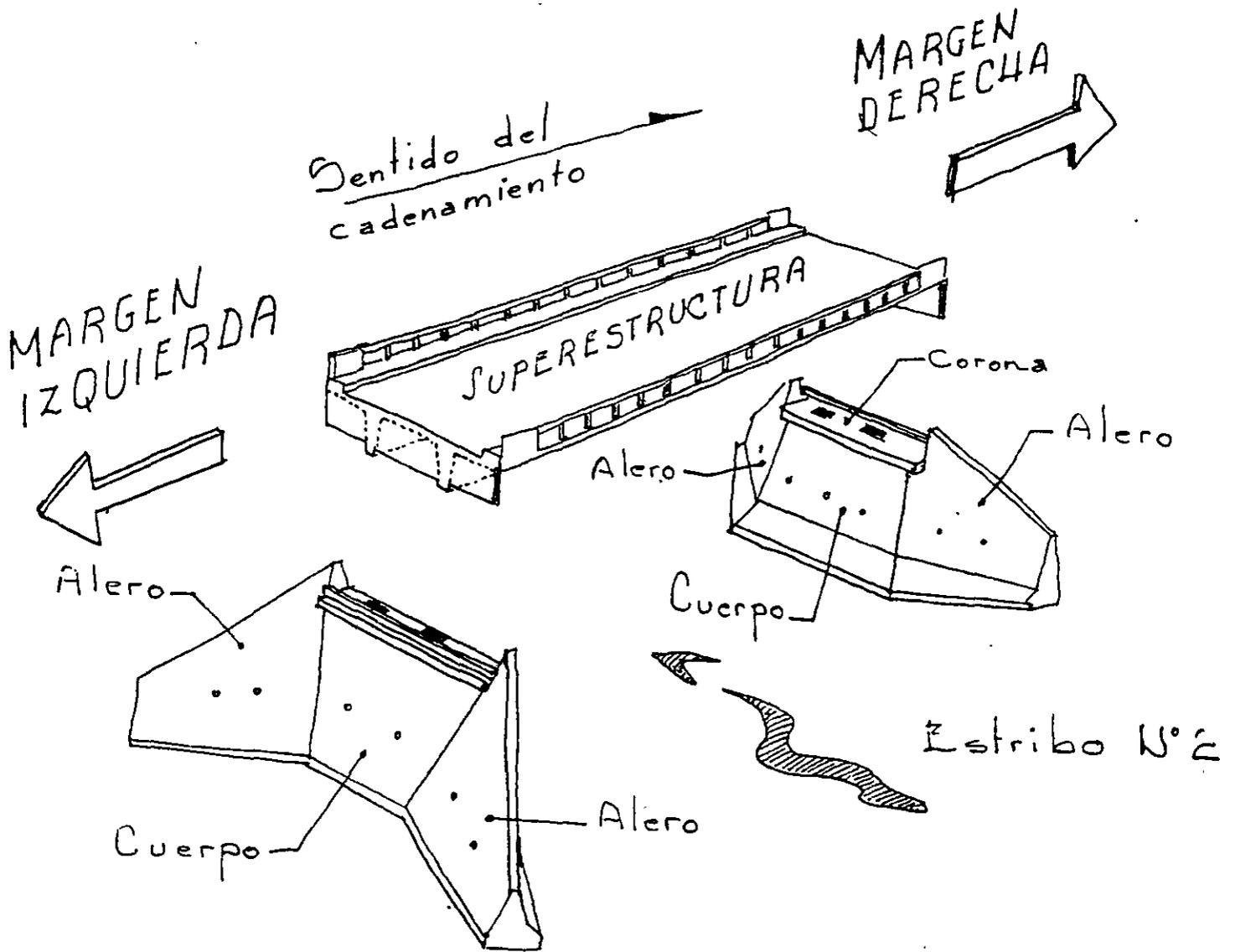
DENTADA

## Sellada



## Tapada

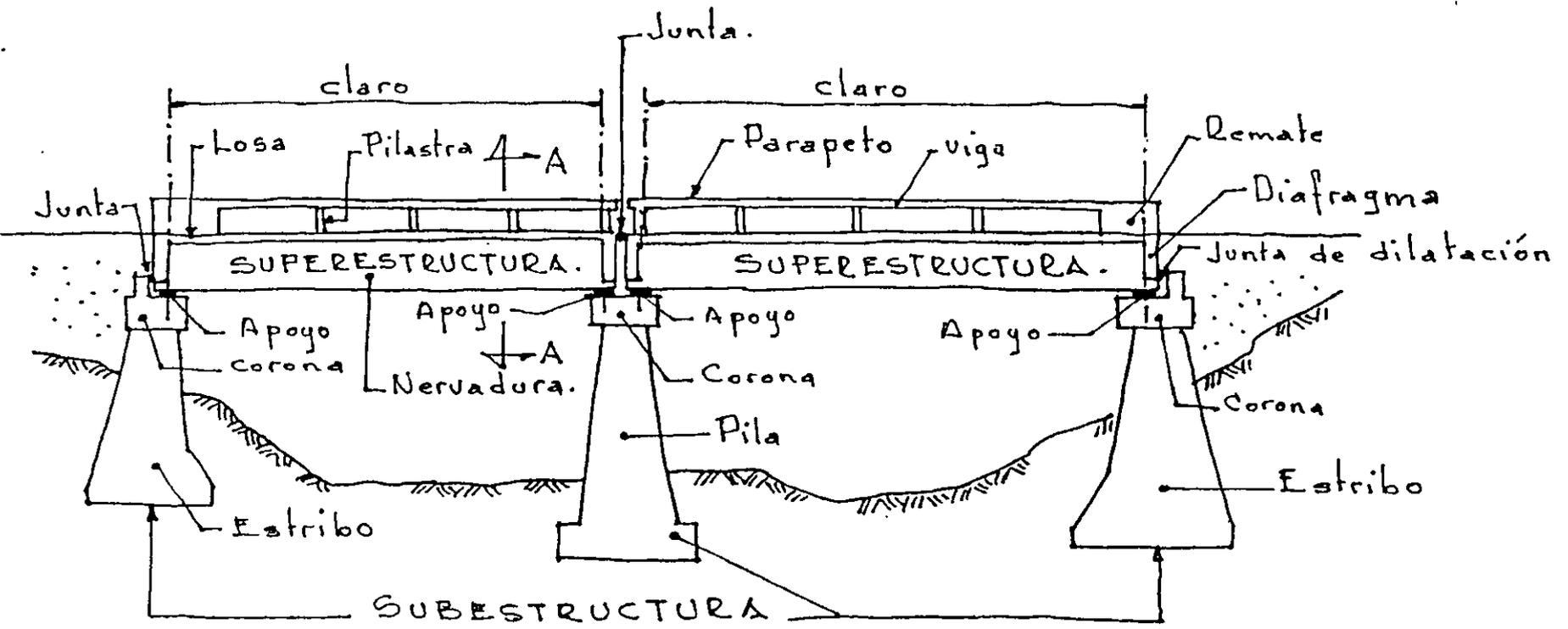




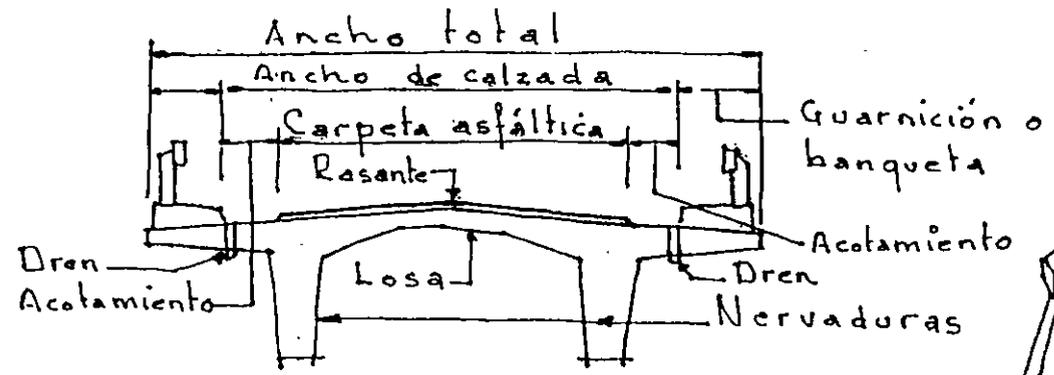
Estribo N° 1

SUPERESTRUCTURA... 1 Tramo de losa nervurada

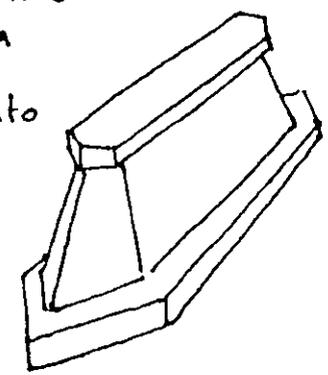
SUBESTRUCTURA... 2 Estribos de mampostería



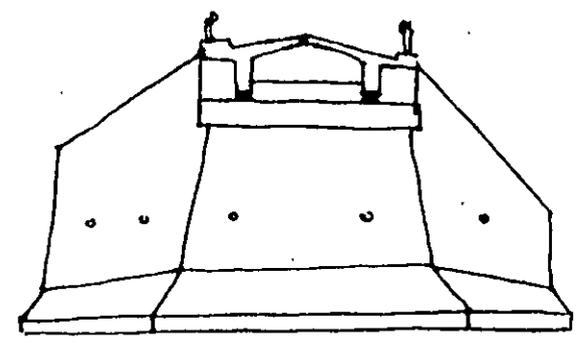
CORTE ELEVACION POR EL EJE DEL CAMINO



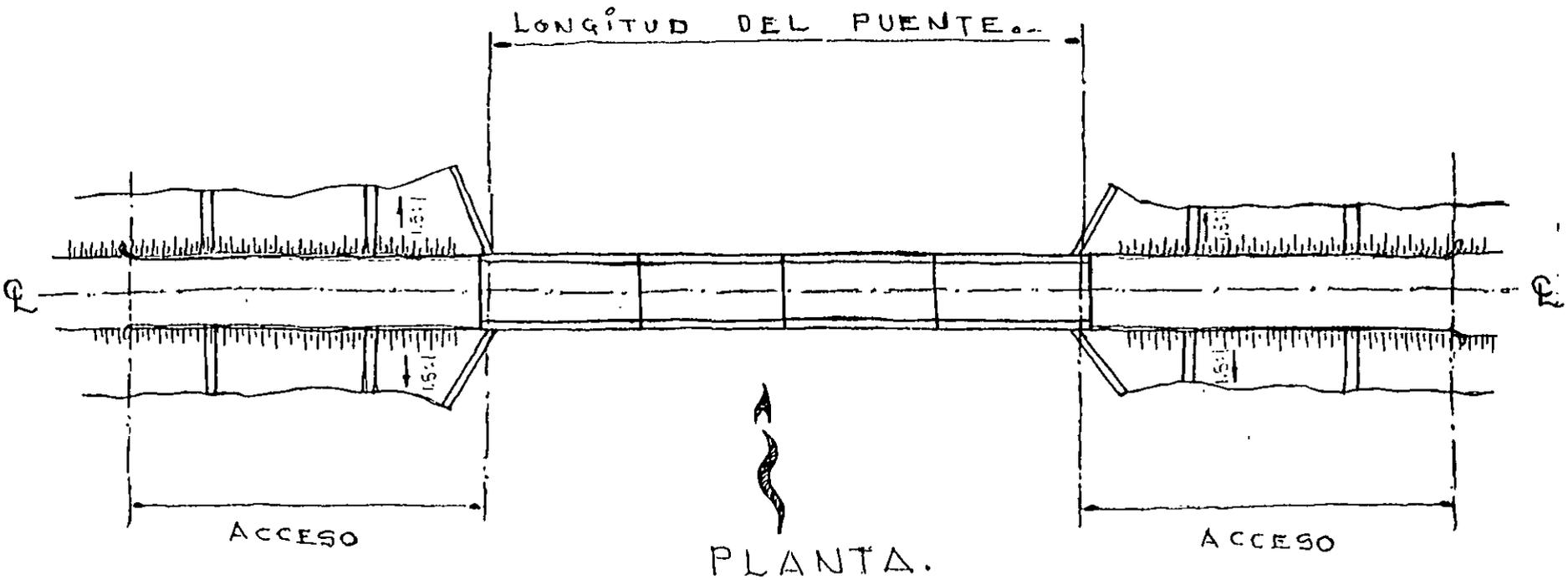
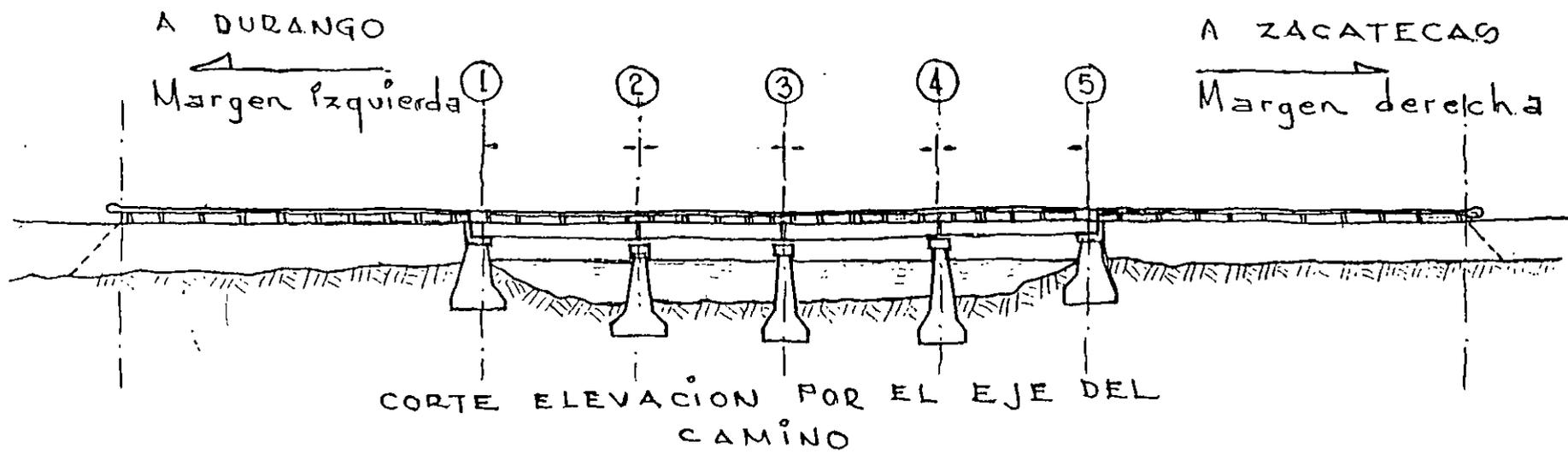
CORTE A-A TRANSVERSAL DE SUPERESTRUCTURA.



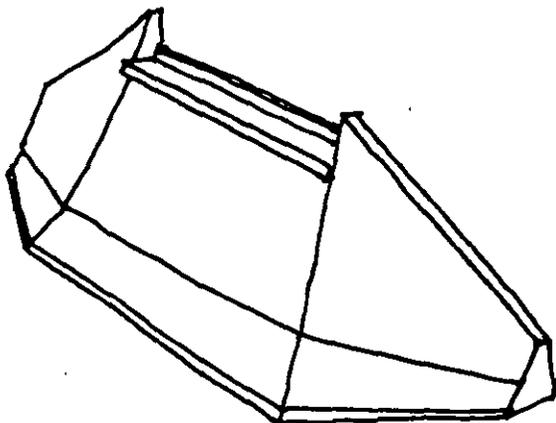
PILA.



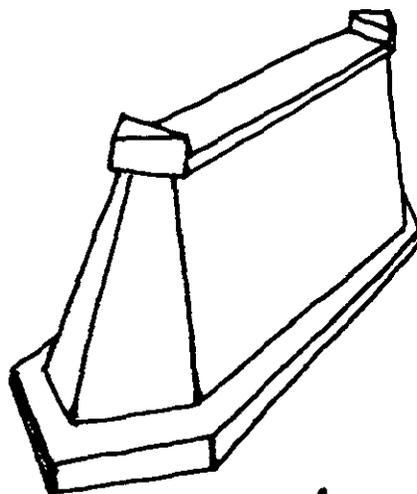
ESTRIBO (Vista frontal)



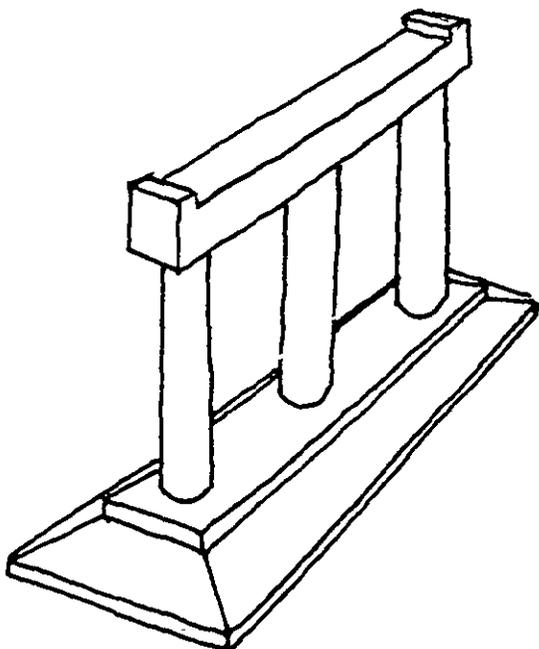
# SUBESTRUCTURAS



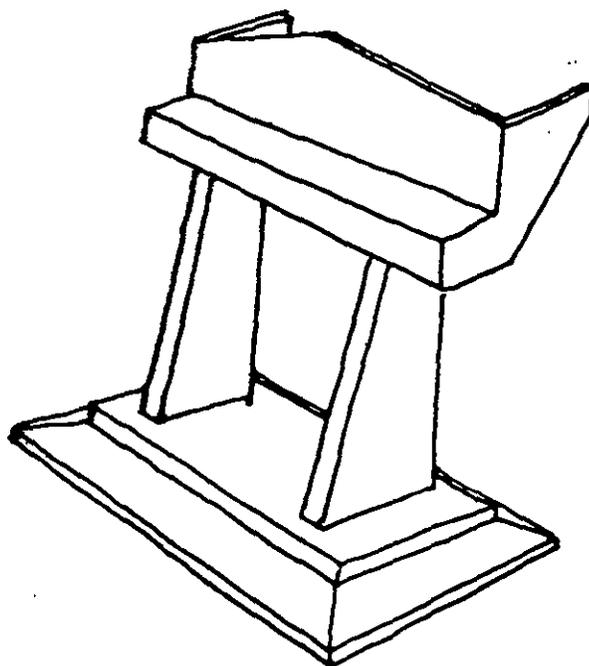
ESTRIBO



PILA

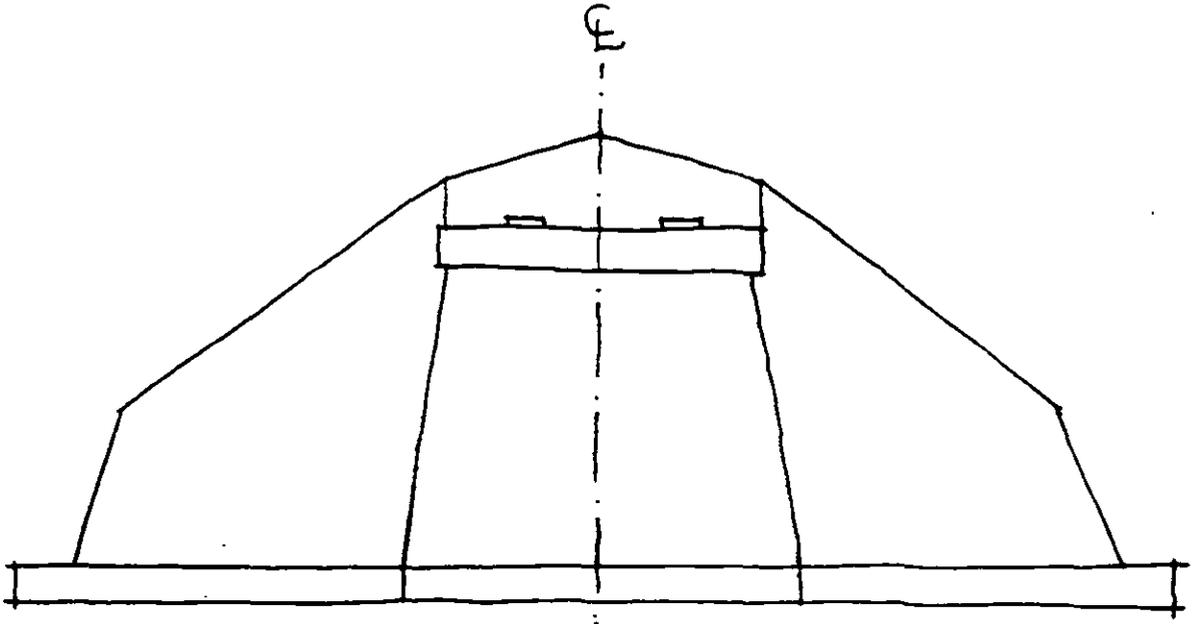


PILA

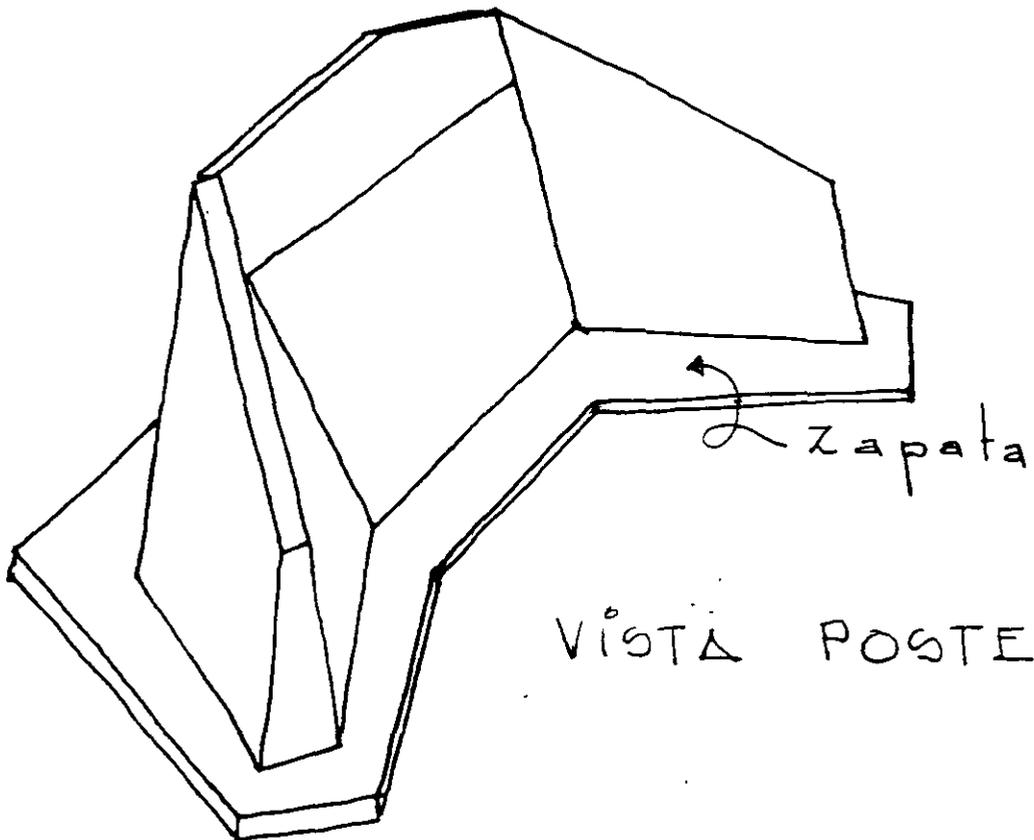


CABALLETE

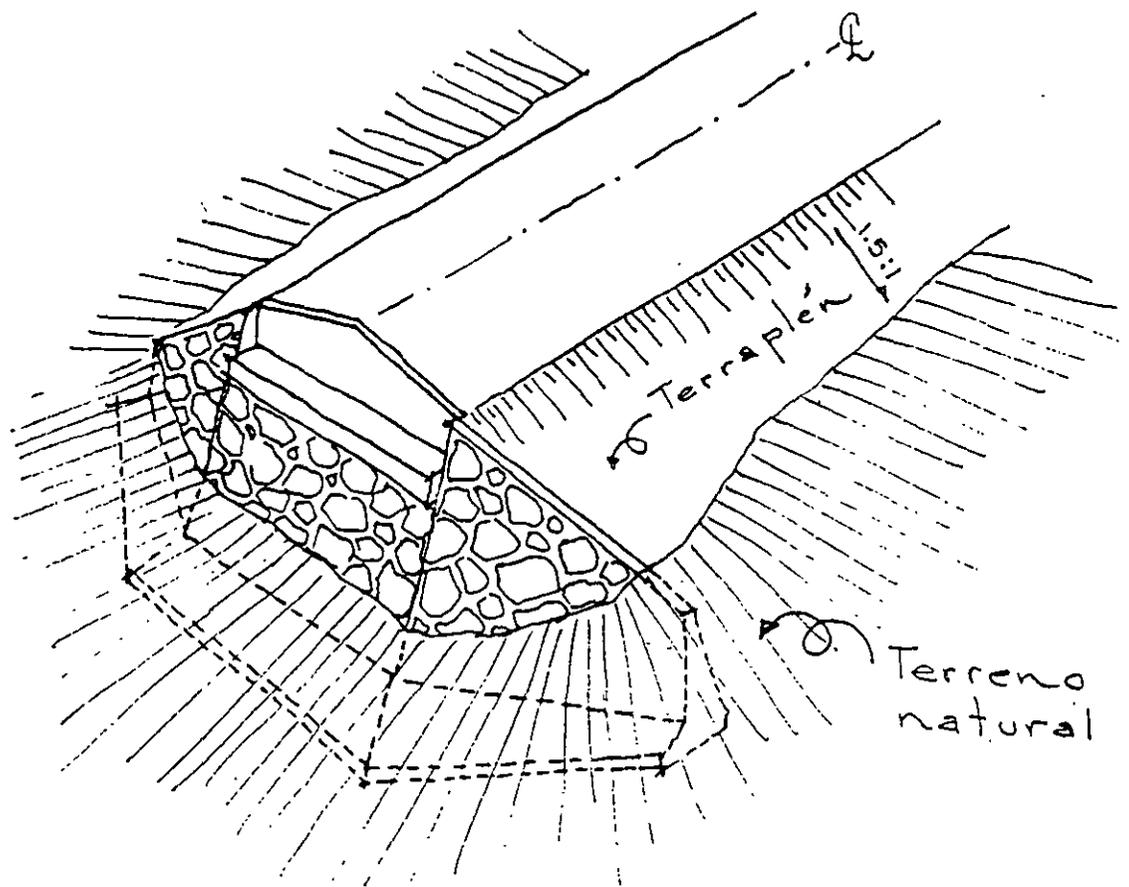
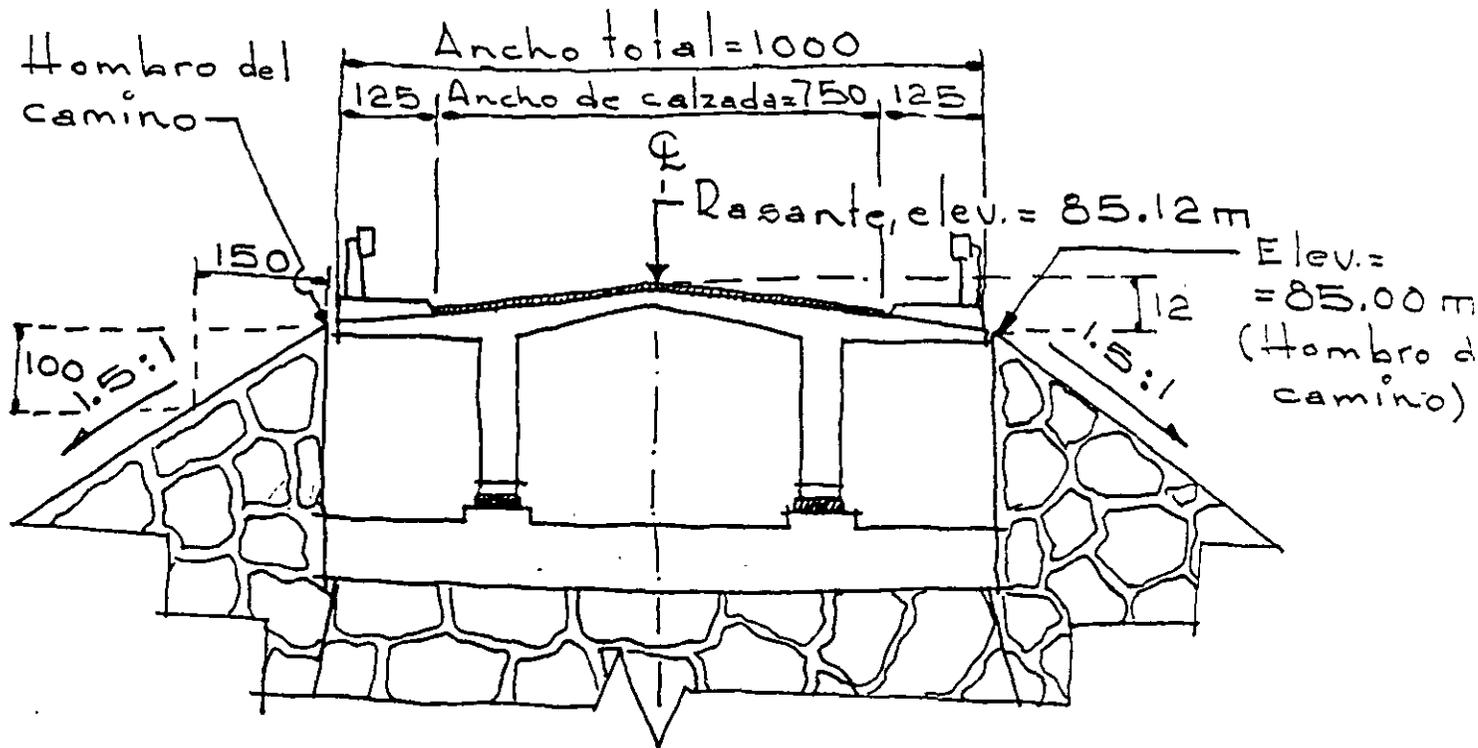
# ESTRIBO DE CONCRETO.-



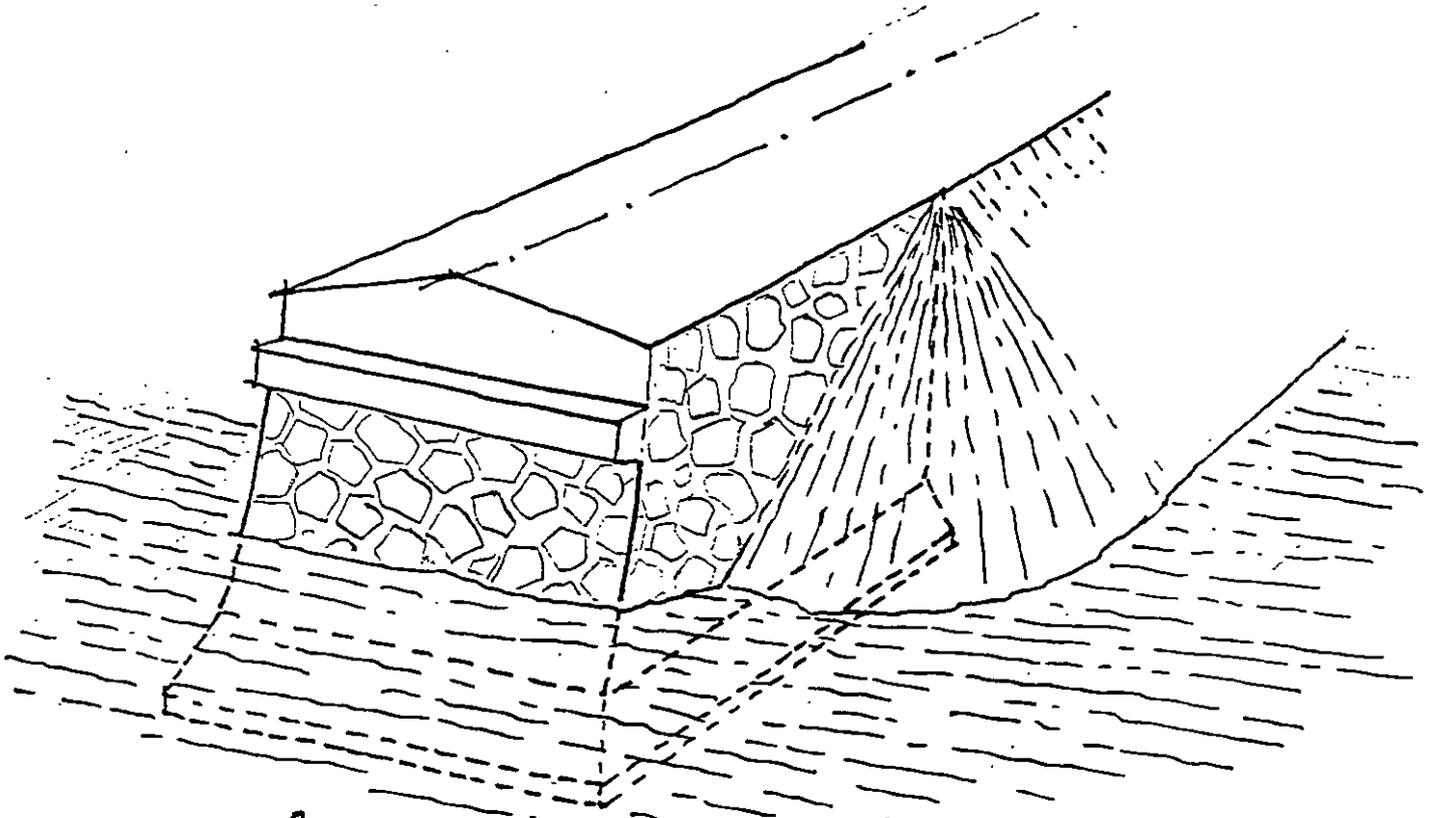
VISTA DE FRENTE



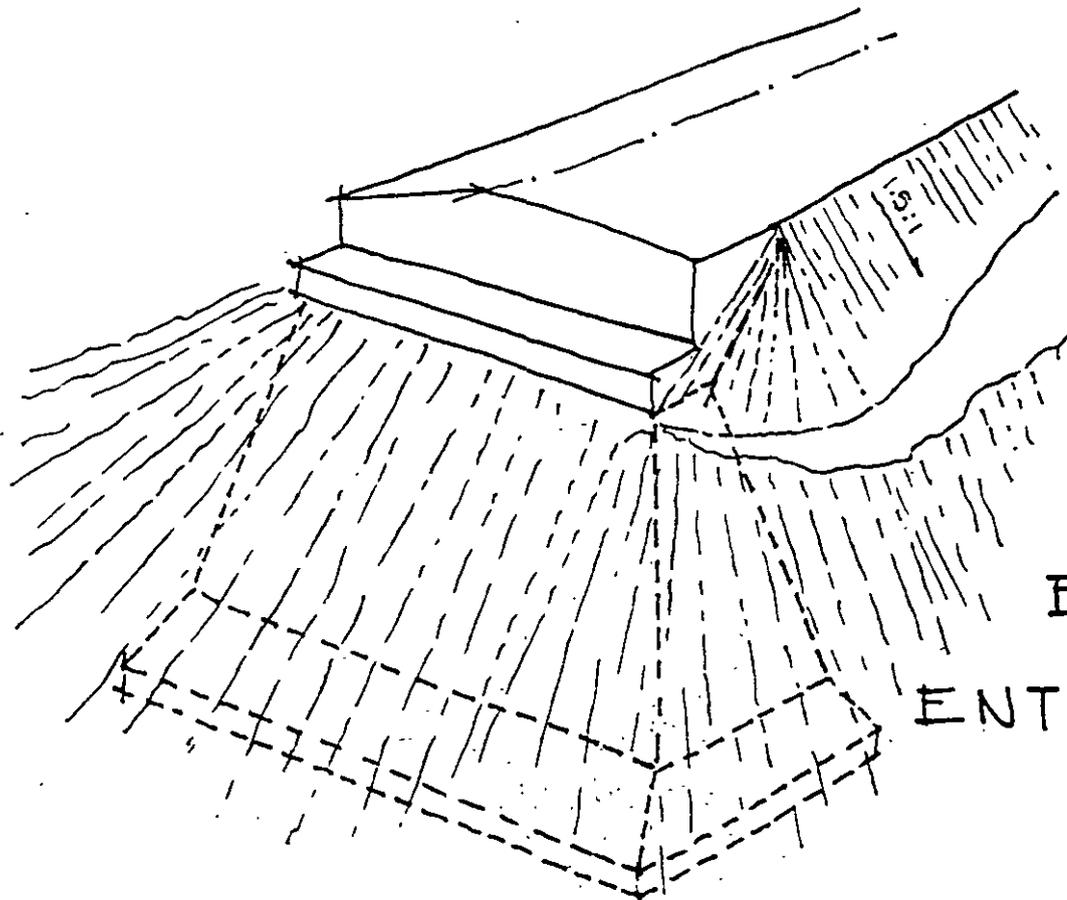
VISTA POSTERIOR



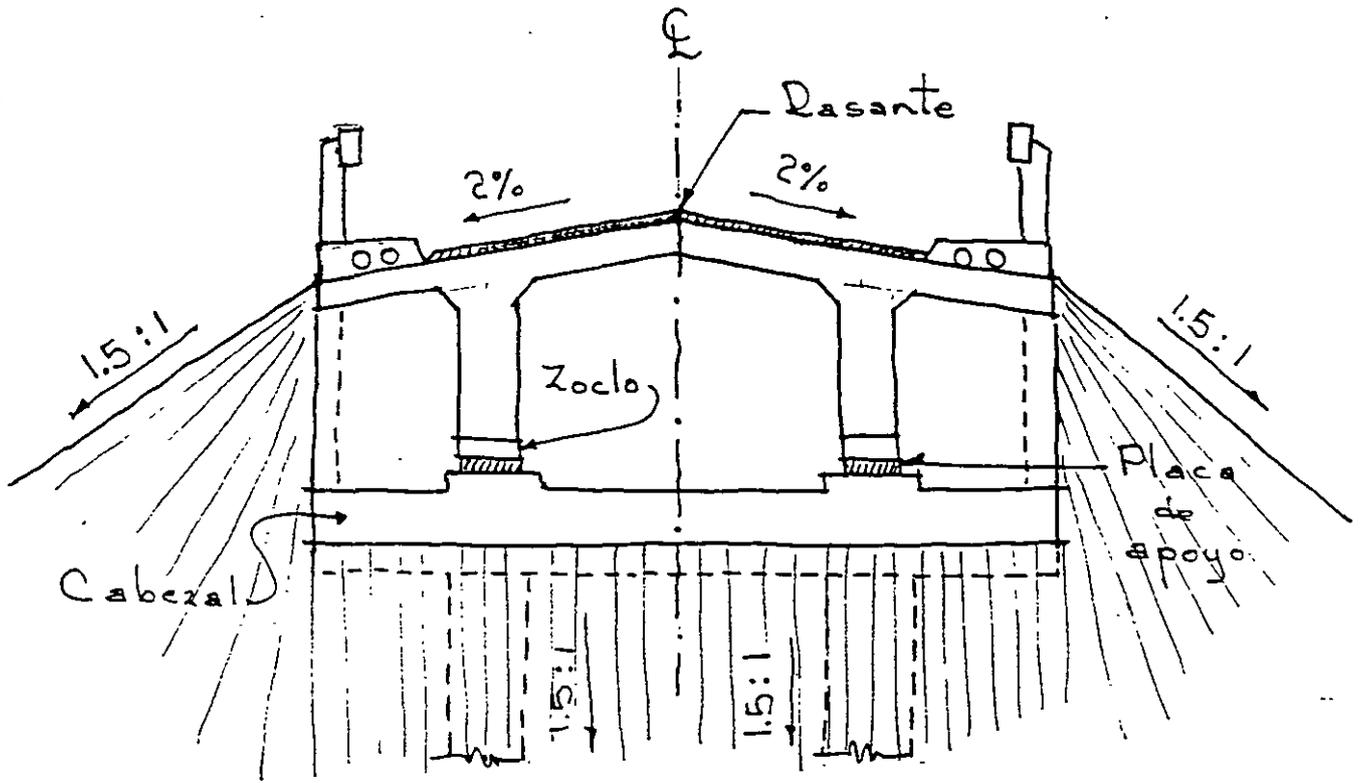
# ESTRIBOS



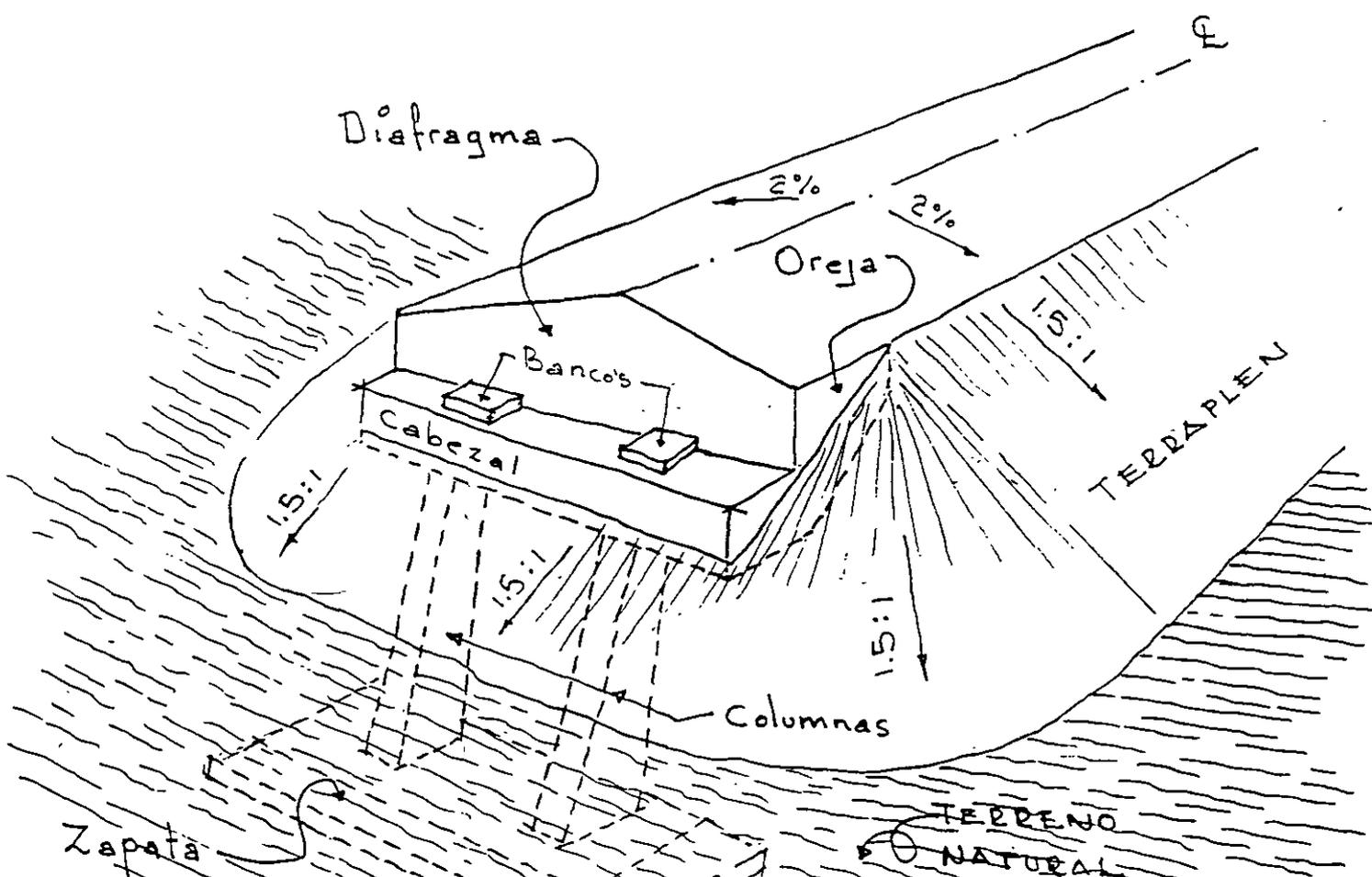
ESTRIBO EN "U"



ESTRIBO  
ENTERRADO

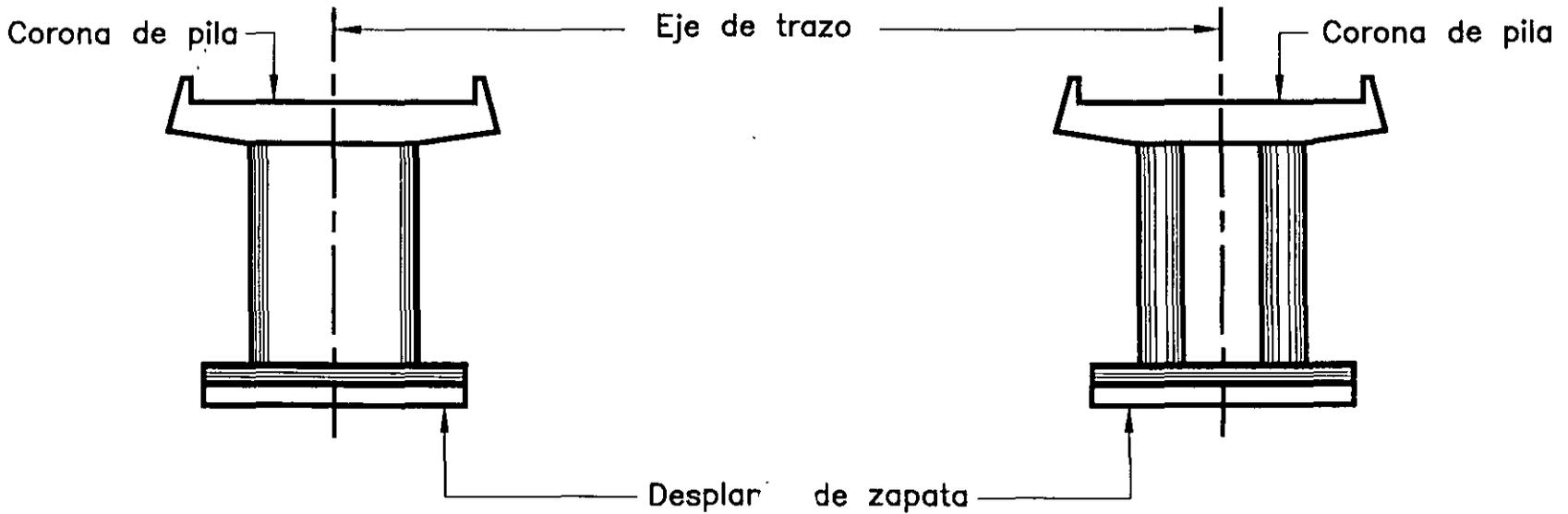
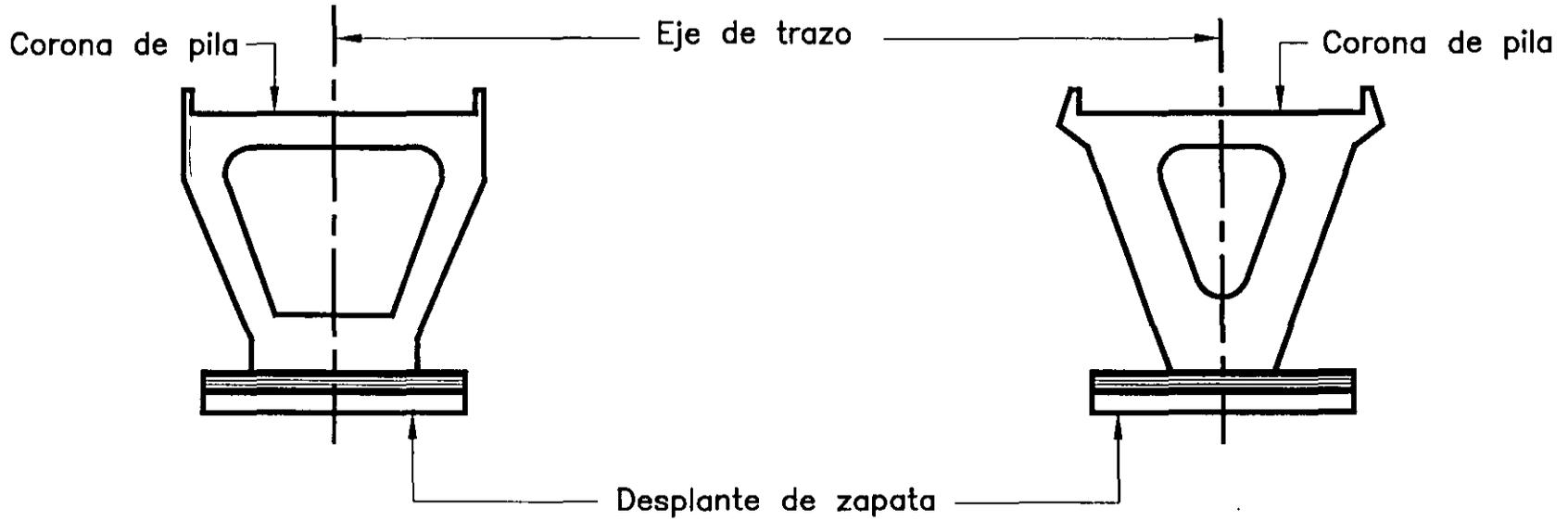


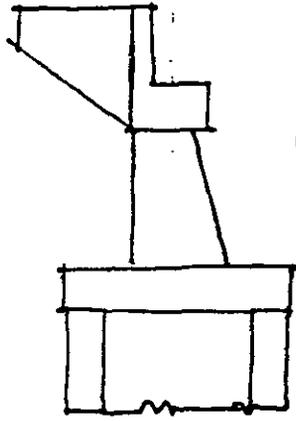
CABALLETE. —



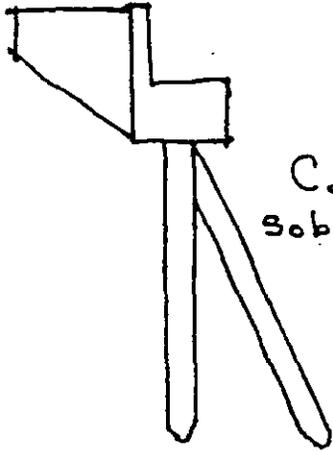
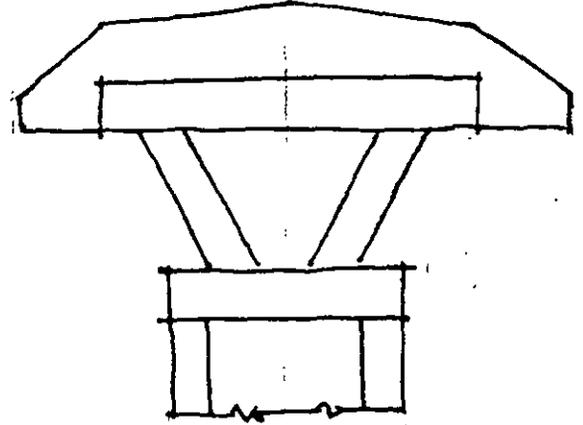
TERRENO NATURAL

# P I L A S

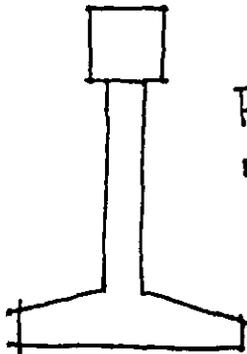
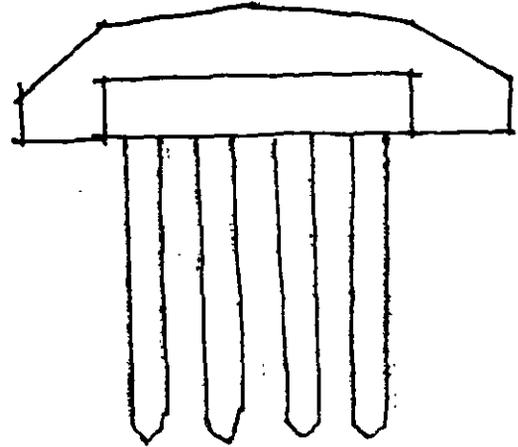




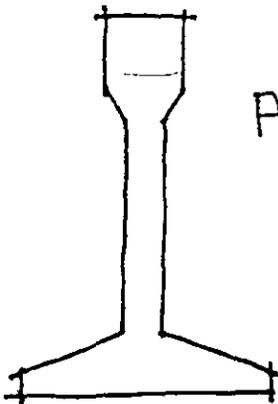
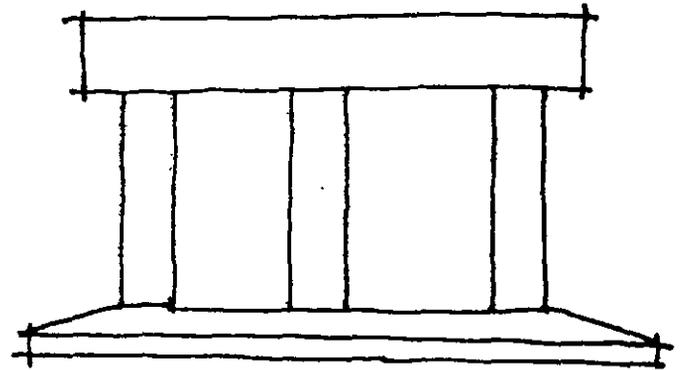
CABALLETE  
SOBRE  
CILINDRO



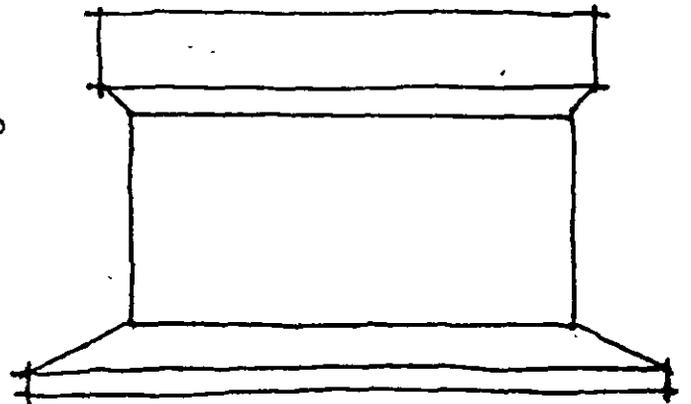
Caballete  
sobre pilotes



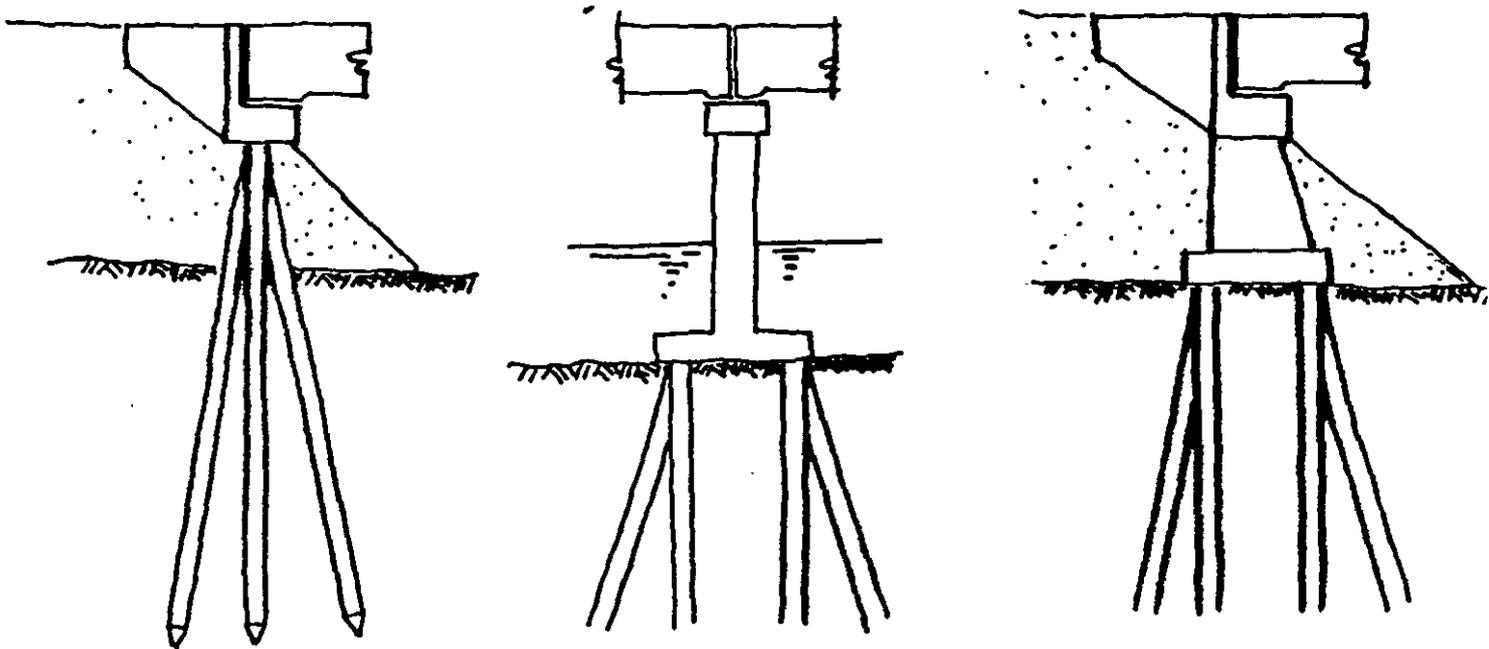
Pila de  
marco.



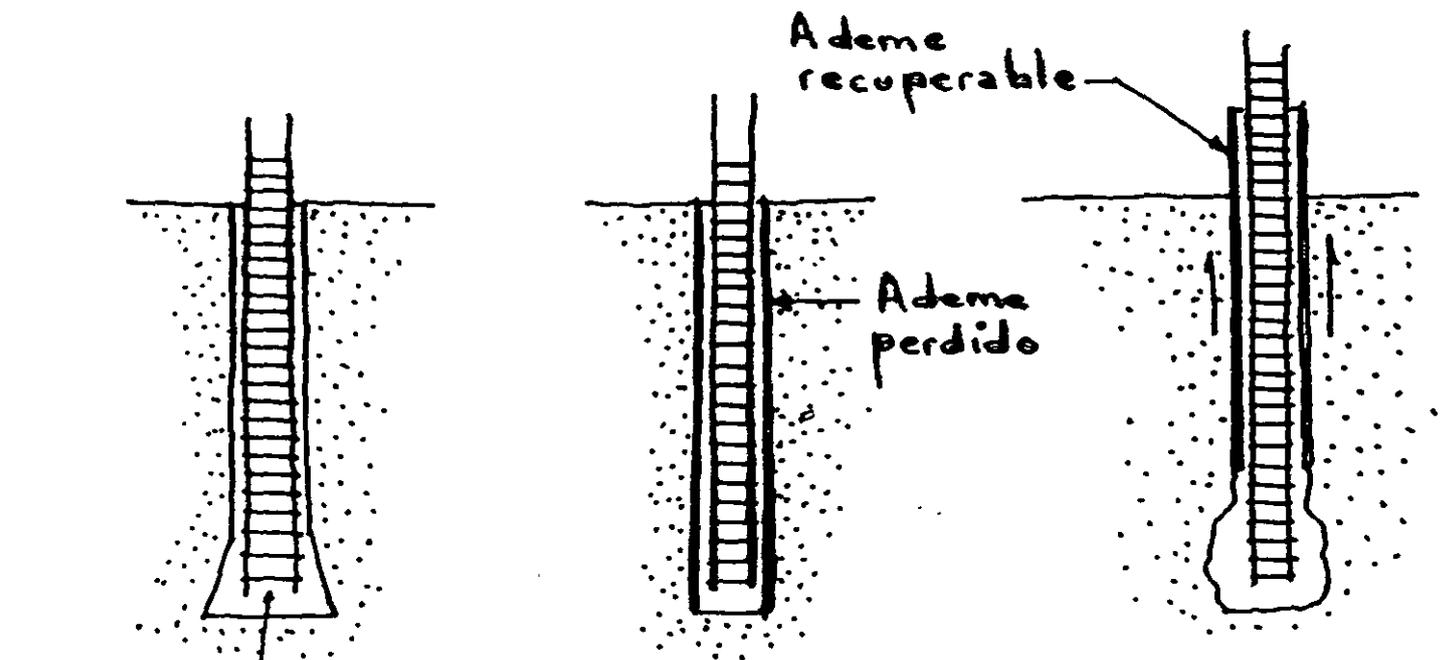
Pila muro



# PILOTES



PILOTES PRECOLADOS.-

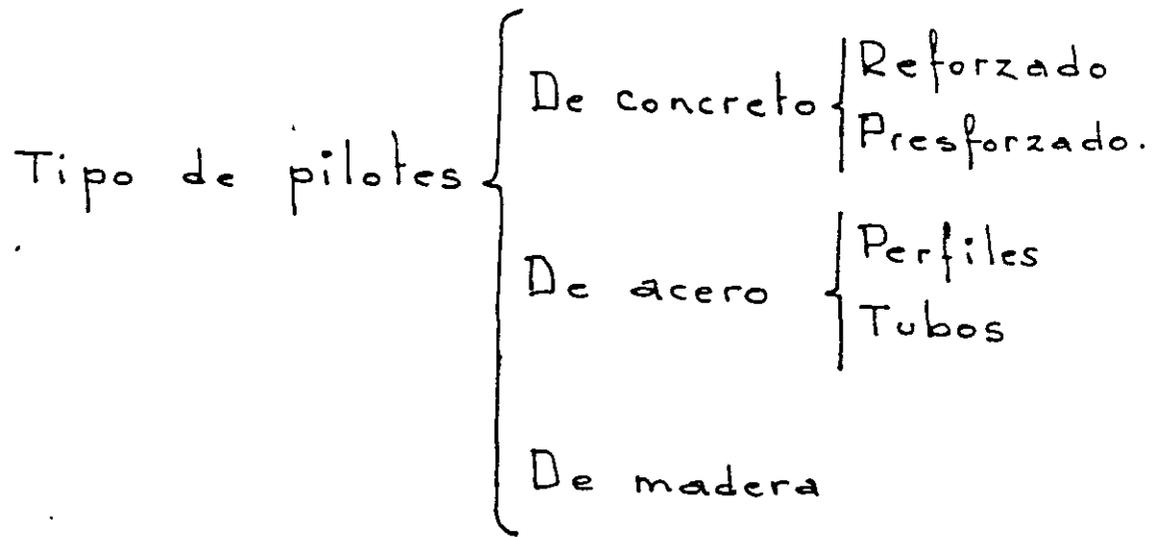


Campana

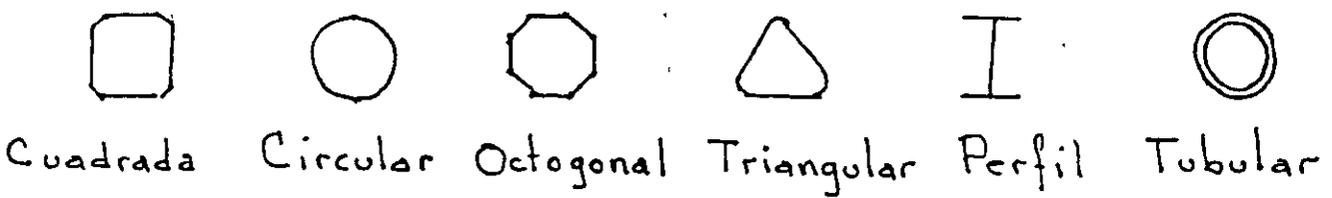
Ademe recuperable

Ademe perdido

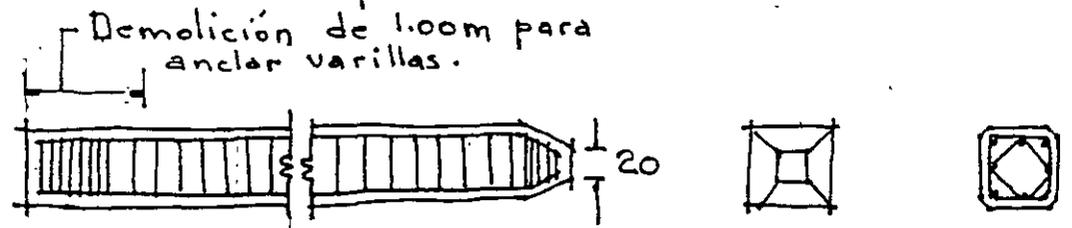
PILOTES COLADOS EN SITIO



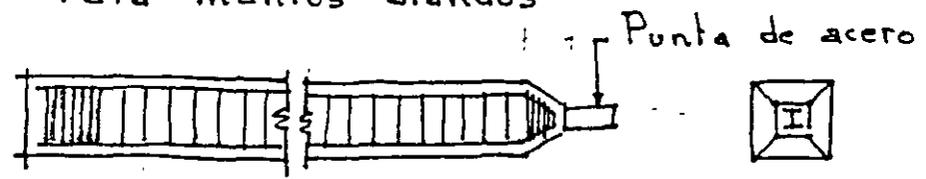
Secciones usuales.



Detalles de un pilote de concreto.



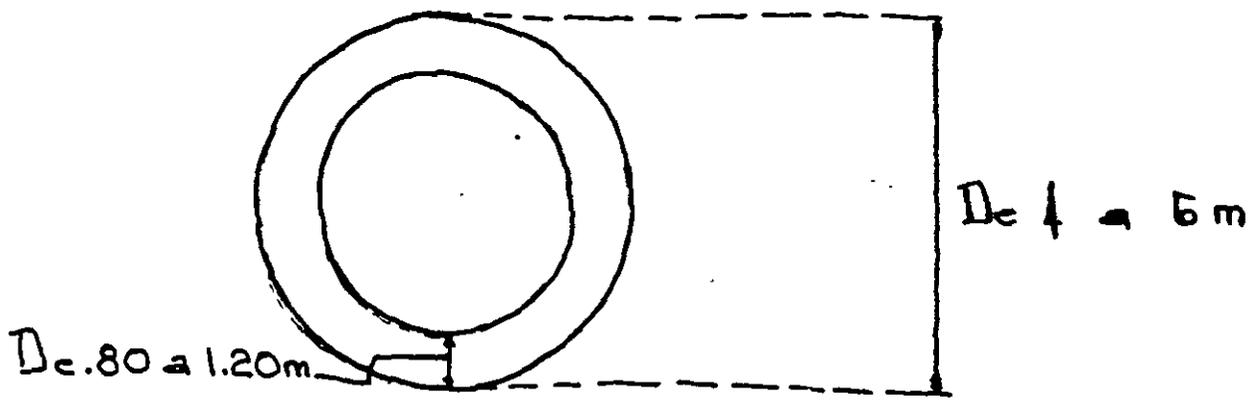
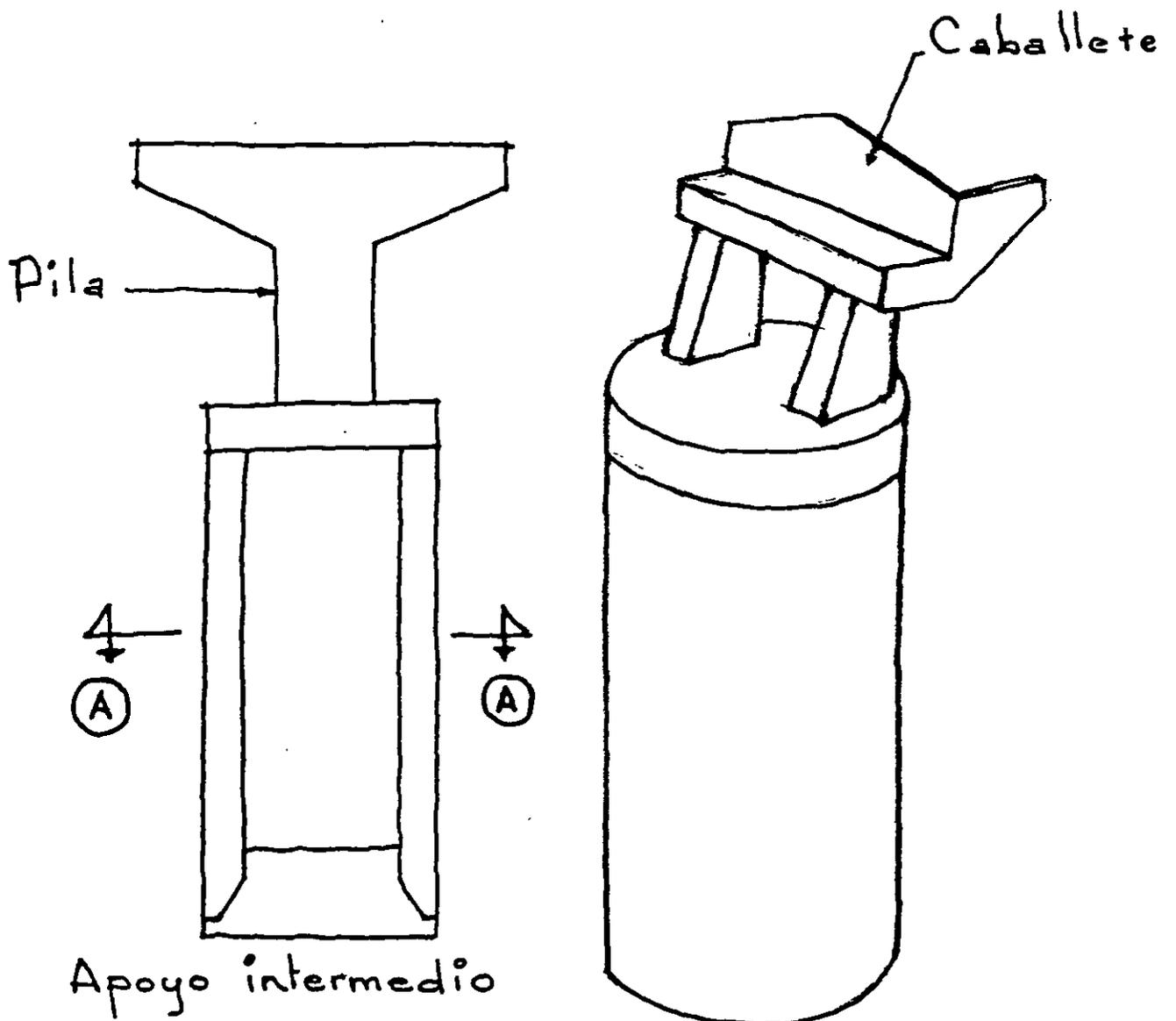
Para mantos blandos



Para estratos duros

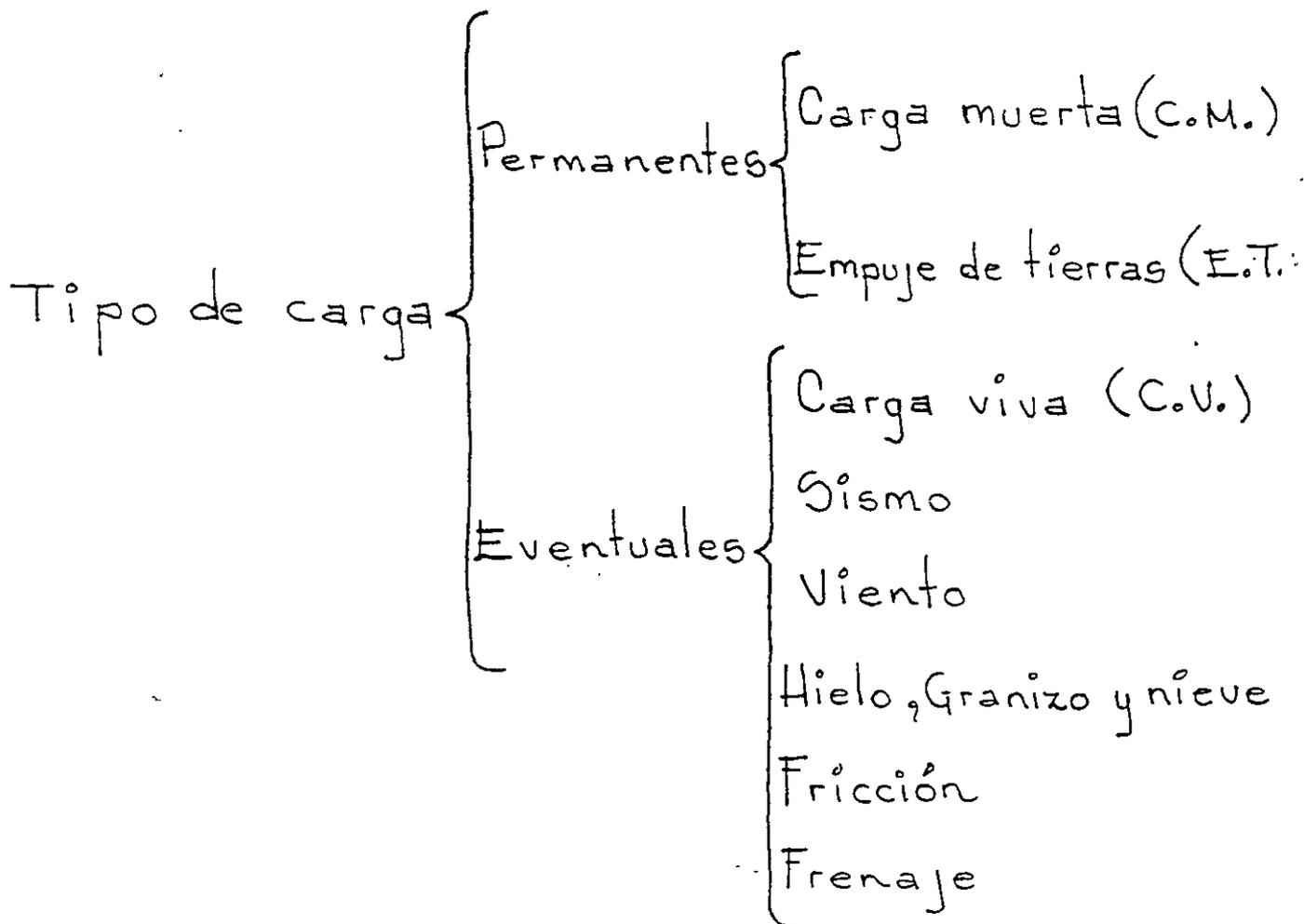


# CILINDROS



CORTE A-A

# CARGAS

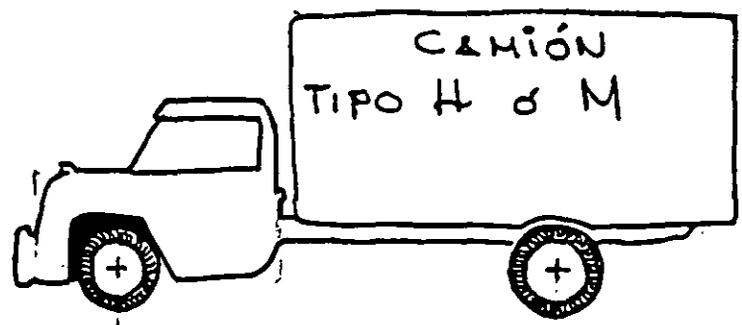


**I.- AASHTO American Association of State Highway and  
Trasnportación Officials**

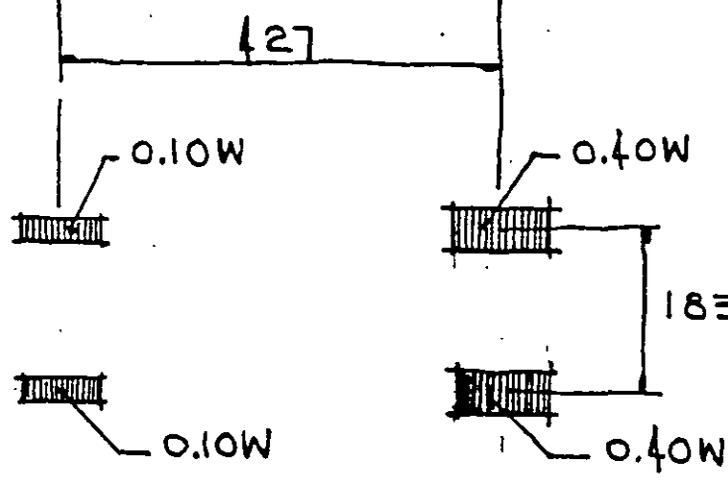
**II.- AREA American Railway Engineeering Association**

**1.- Asociación Estatal Americana de Carreteras y Transporte  
Oficial**

**2.- Asociación Americana de Ingeniería de Ferrocarriles**



3629 Kg	14515 Kg	H-20 (M-18)
2722 Kg	10886 Kg	H-15 (M-13.5)
1814 Kg	7257 Kg	H-10 (M-9)



W = Peso total del camión y carga.

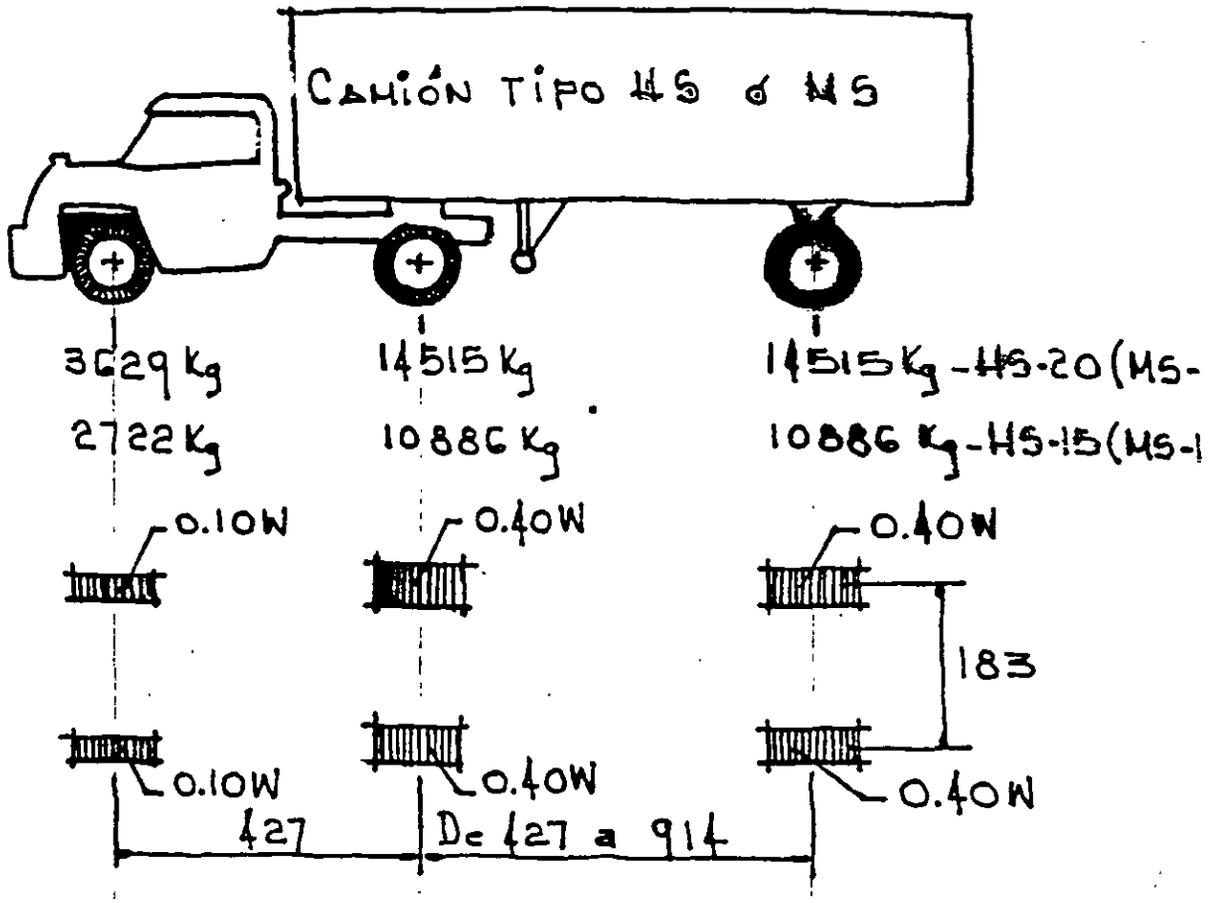
Carga concentrada { Para momento = 8165 Kg  
 Para cortante = 11793 Kg  
 Carga uniforme 952 Kg/m lineal de carril de carga

CARGA H-20 (M-18)  
 Carga concentrada { Para momento = 6123 Kg  
 Para cortante = 8845 Kg  
 Carga uniforme 714 Kg/m lineal de carril de carga

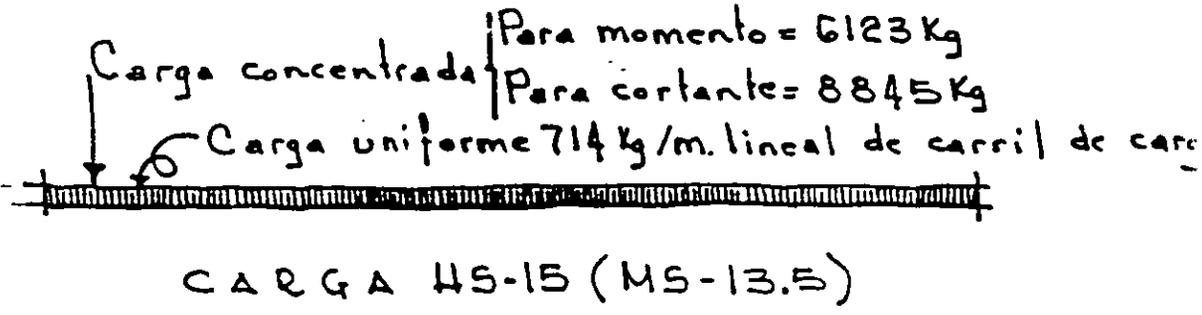
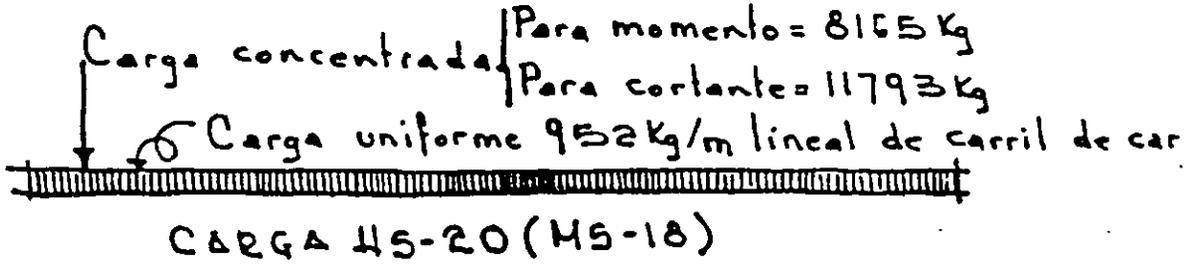
CARGA H-15 (M-13.5)  
 Carga concentrada { Para momento = 4082 Kg  
 Para cortante = 5897 Kg  
 Carga uniforme 476 Kg/m lineal de carril de carga

CARGA H-10 (M-9)

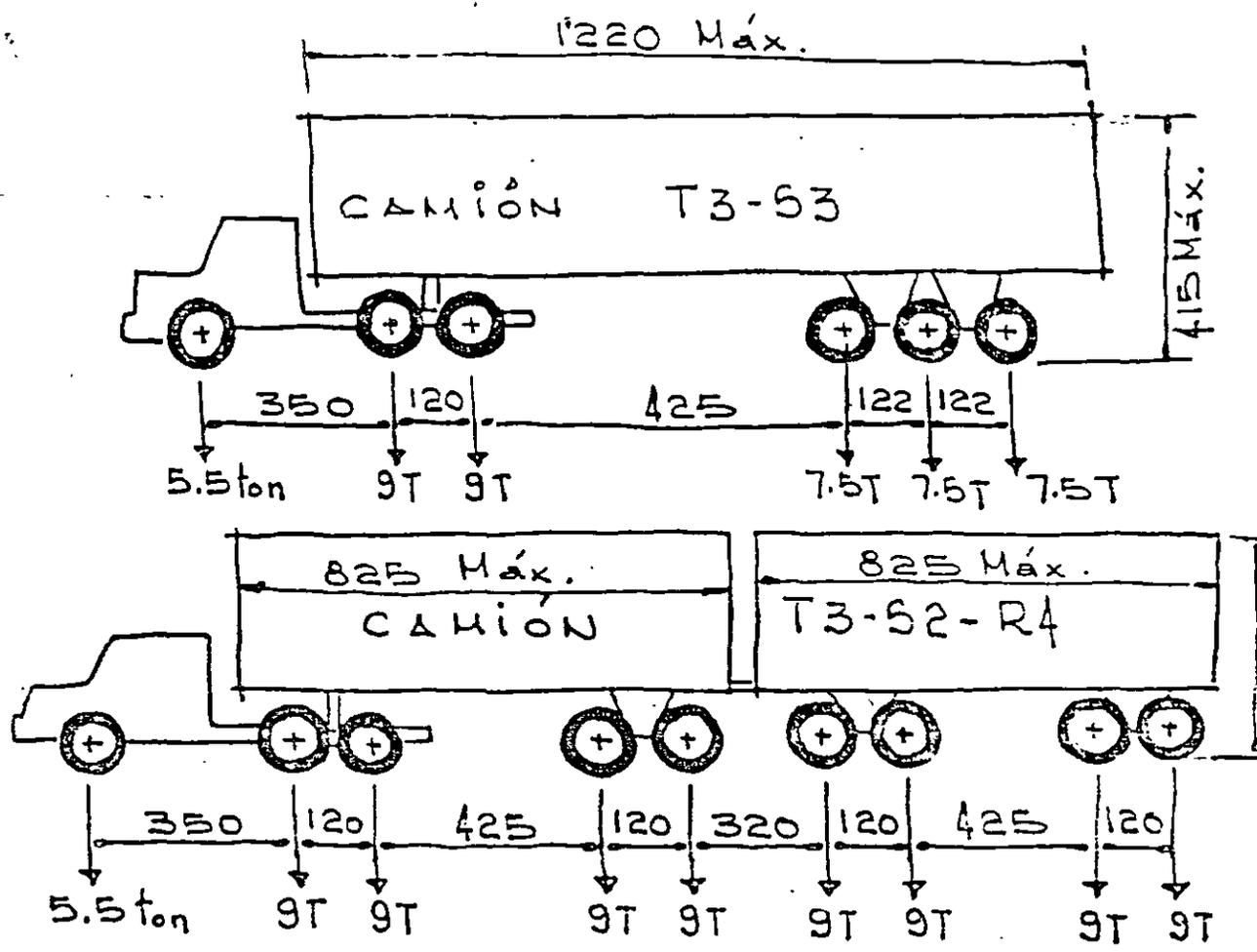
CARGA UNIFORME EQUIVALENTE



W = Peso combinado de los dos primeros ejes, igual al que tiene el camión tipo M correspondiente.



CARGA UNIFORME EQUIVALENTE



RESUMEN DEL PESO DE CAMIONES

Tipo de camión	Peso total incluyendo carga
H-10 (M-9)	9071 Kg.
H-15 (M-13.5)	13608 Kg.
H-20 (M-18)	18144 Kg.
H5-15 (M5-13.5)	24494 Kg.
H5-20 (M5-18)	32659 Kg.
T3-53	46000 Kg.
T3-52-R4	77500 Kg.

Los siguientes grupos representan varias combinaciones de cargas y fuerzas a las que podrá estar sometida una estructura.

Grupo I	= CM + CV + I + ET + S + PC	100 %
Grupo II	= CM + ET + S + PC + VE	125 %
Grupo III	= Grupo I + FL + F + 30% VE + VCV	125 %
Grupo IV	= Grupo I + A + C + T	125 %
Grupo V	= Grupo II + A + C + T	140 %
Grupo VI	= Grupo III + A + C + T	140 %
Grupo VII	= CM + ET + S + PC + TT	133 %
Grupo VIII	= Grupo I + PH	140 %
Grupo IX	= Grupo II + PH	150 %

- CM = Carga Muerta
- CV = Carga Viva
- I = Impacto por Carga Viva
- ET = Empuje de Tierra
- S = Subpresión
- VE = Viento sobre estructura
- VCV = Presión del viento sobre la Carga Viva - 149 Kg por m lineal
- FL = Fuerza longitudinal por Carga Viva
- F = Fuerza longitudinal debida a la fricción
- A = Acortamiento por Compresión
- C = Contracción
- T = Temperatura
- TT = Sismo
- PC = Presión de la Corriente
- PH = Presión de Hielo
- Fc = Fuerza centrífuga

## CARGAS DE FERROCARRIL

Así como los caminos a través de tiempo se fueron ensanchando, hasta llegar a las autopistas, algo similar sucedió con los ferrocarriles al pasar de la vía angosta a la vía ancha, de la locomotora de vapor a la eléctrica o a la diesel.

Los durmientes de madera se fueron relegando y surgieron los de concreto armado y los presforzados.

Ahora bien. dentro de las cargas más usuales para el proyecto de puentes están las siguientes:

E-50

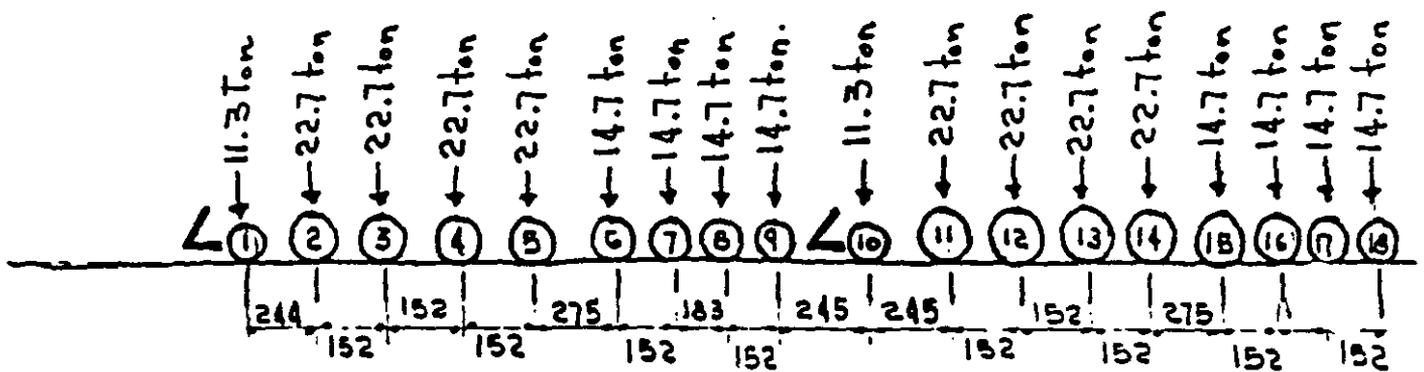
E-60

E-72

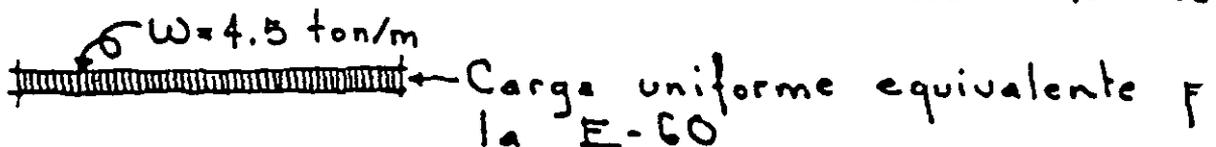
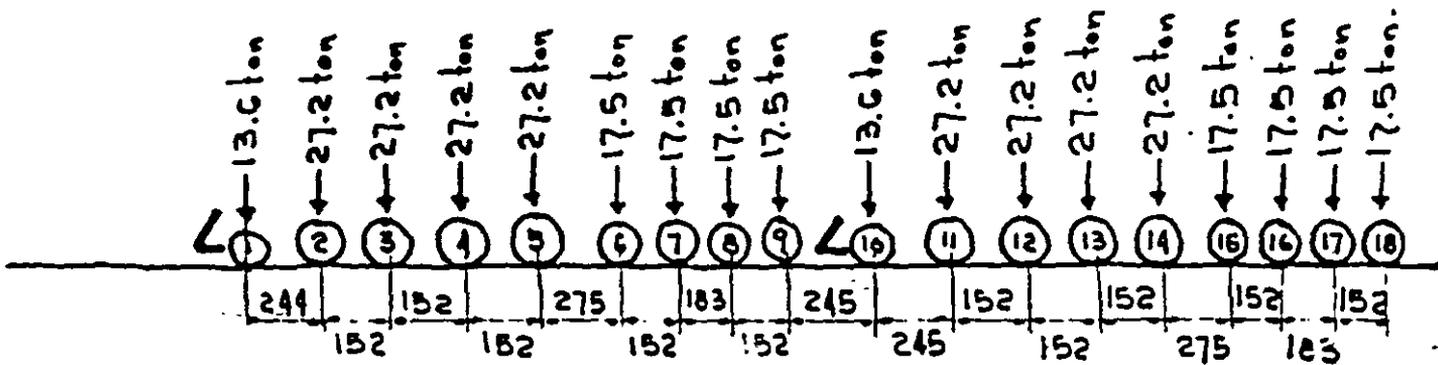
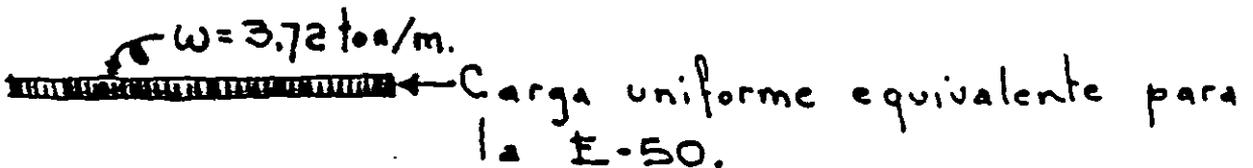
E-75

Los números después de la letra E, son los miles de libras que transmite cada uno de los cuatro ejes motrices al riel.

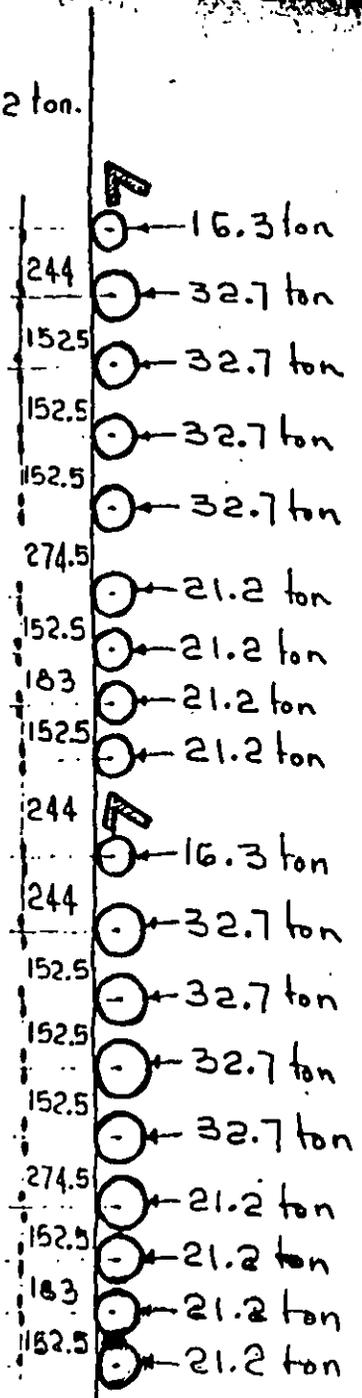
Tomemos el caso de la E-50 en la cual la transmisión por eje es de 50000 por lo tanto  $50000 \times 0.453592 = 22680 \text{ kg}$  (por e)  
 Por rueda =  $\frac{22680}{2} = 11340 \text{ kg}$ .



CARGA COOPER E-50

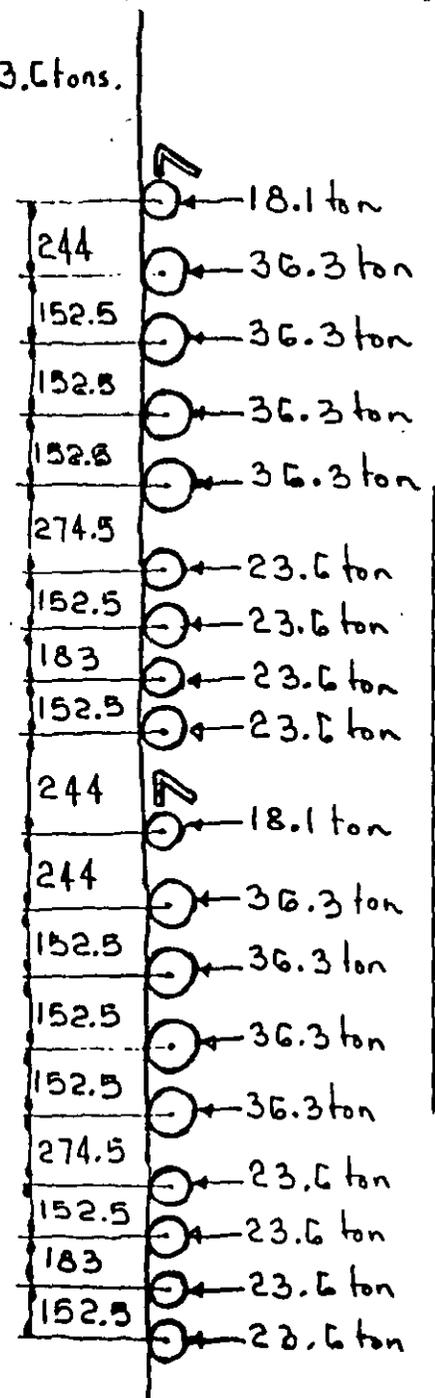
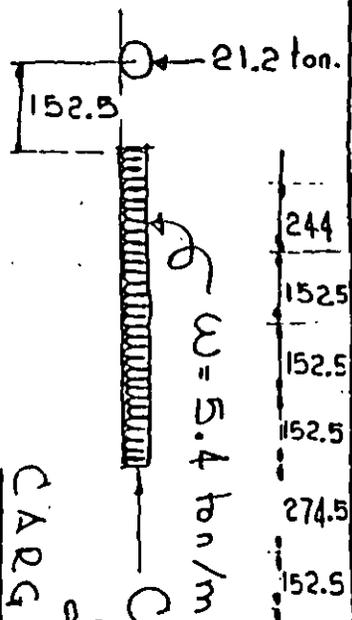


CARGA COOPER E-60



CARGA COOPER E-72

Carga uniforme equivalente del tren



$w = 11.9 \text{ ton/m}$

Carga uniforme equivalente del tren.

CARGA COOPER E-80

PESO DE LOCOMOTORAS.

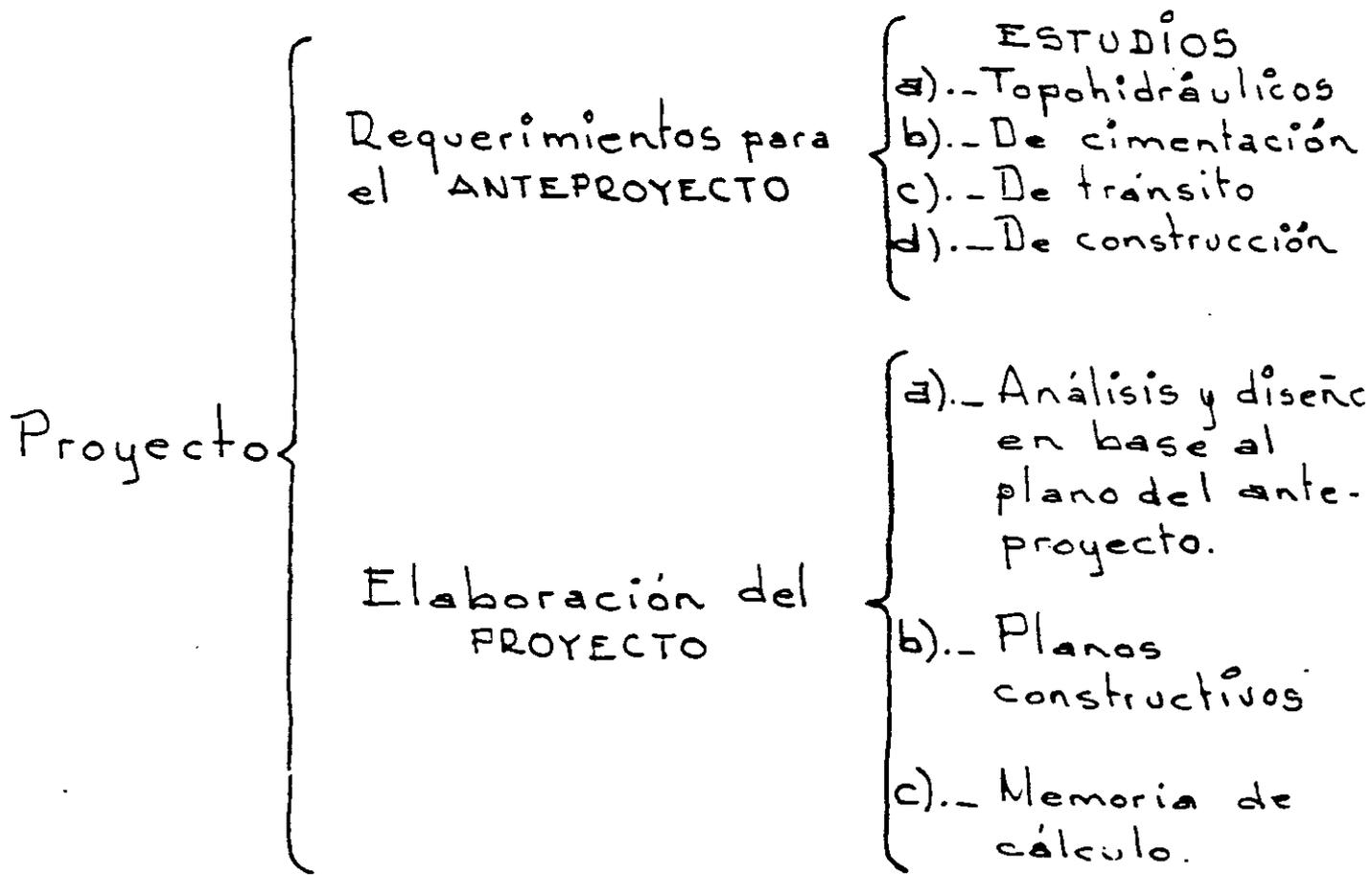
E-50 ——— 161 ton.

E-60 ——— 192.5 ton

E-72 ——— 231.9 ton

E-80 ——— 257.7 ton.

# SECUELA DEL ANTEPROYECTO Y PROYECTO DE UN PUENTE



## ESTUDIOS TOPOHIDRAULICOS.-

- a).-- Planta general del cruce en donde se puede observar las ventajas y desventajas del trazo

- 71
- b.- Planta detallada del cruce a mayor escala.
  - c.- Perfil de construcción
  - d.- Secciones hidráulicas, aguas arriba y aguas abajo, así como en el cruce.
  - e.- Gasto hidráulico máximo, velocidad de llegada, elevaciones de N.A. Mín, N.A.M. y N.A.M.E.
  - f.- Perfil probable de socavación durante las crecientes.
  - g.- Dimensiones de cuerpos flotantes
  - h.- Influencia de puentes y presas cercanas, si existen.

### ESTUDIOS DE CIMENTACIÓN.-

- a.- Perfil estratigráfico del cruce
- b.- Profundidad de las aguas freáticas
- c.- Perfil de socavación (General y local)
- d.- Alternativas de cimentación de acuerdo a la capacidad de carga y asentamientos

e.- Taludes en excavaciones

f.- Recomendaciones de construcción

## ESTUDIOS DE TRANSITO.-

a.- El ancho de la carretera irá de acuerdo al aforo vehicular y a la importancia del camino.

b.- La velocidad considerada será en función al tipo de camino

c.- Definir el peso máximo permisible en diferentes tipos de caminos.

## ESTUDIOS DE CONSTRUCCION

a.- Caminos de acceso a la obra

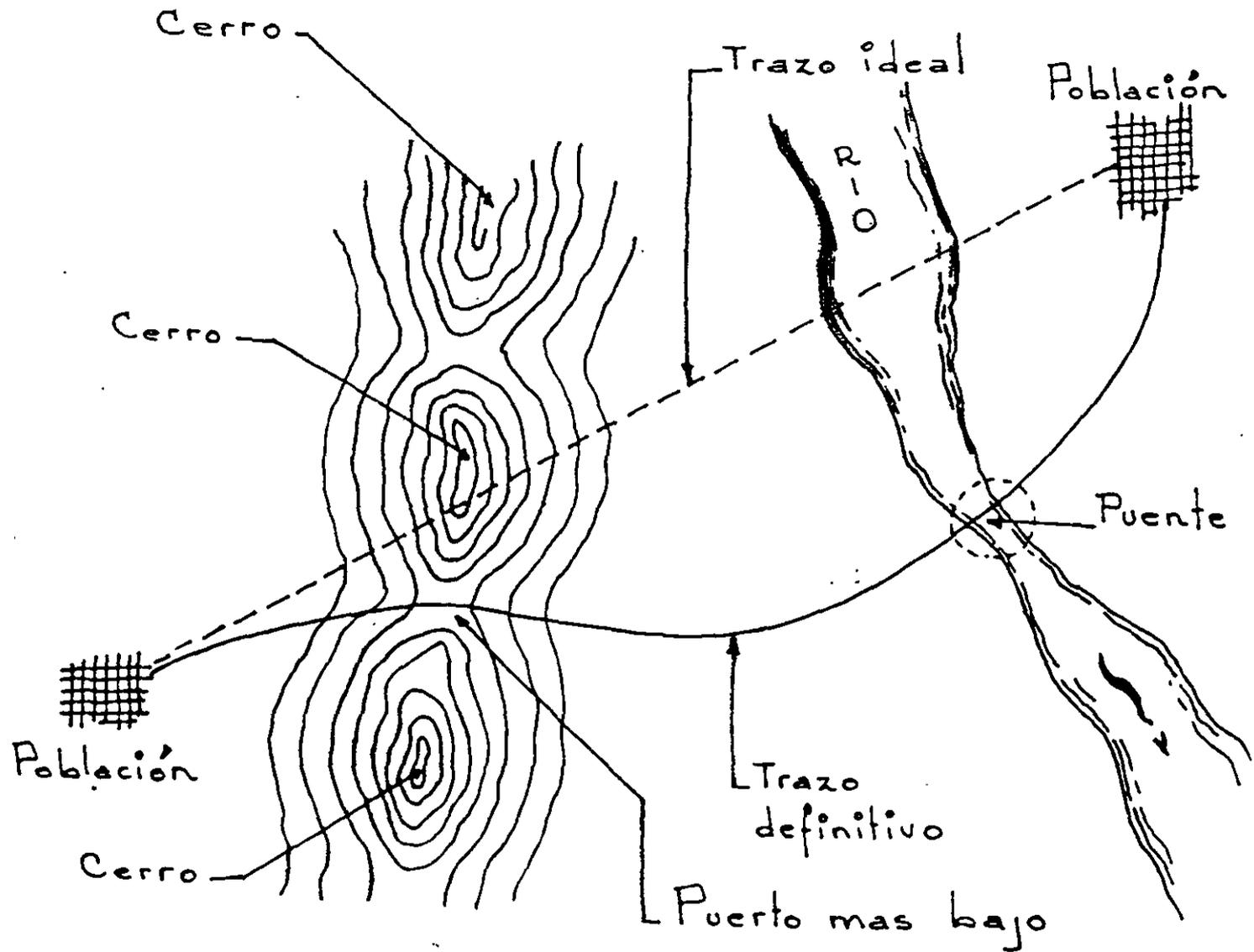
b.- Localización de bancos de arena y grava, cuando exista esta posibilidad.

c.- Disponibilidad de agua

d.- Fuente de abastecimiento de materiales y costo.

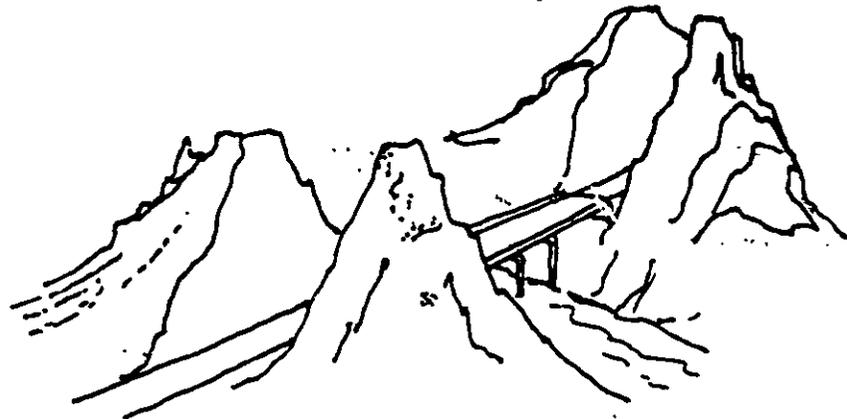
e.- Mano de obra y sueldos en la región

# LOCALIZACIÓN

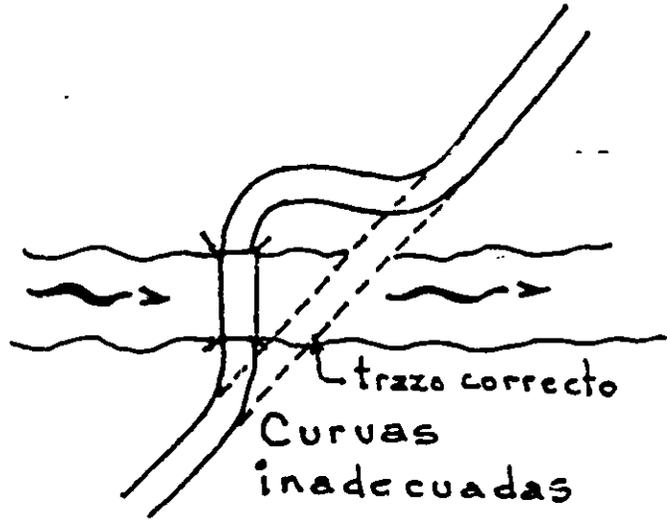


LOCALIZACIÓN DEL CRUCE CON  
PUNTOS OBLIGADOS

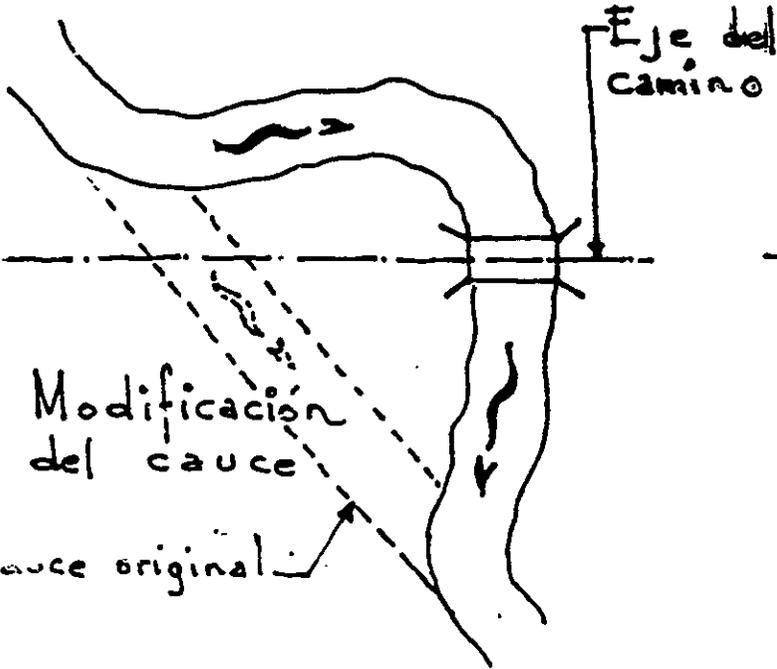
# LO QUE DEBE EVITARSE EN LA LOCALIZACION DEL CRUCE.



Cortes excesivos y costosos.

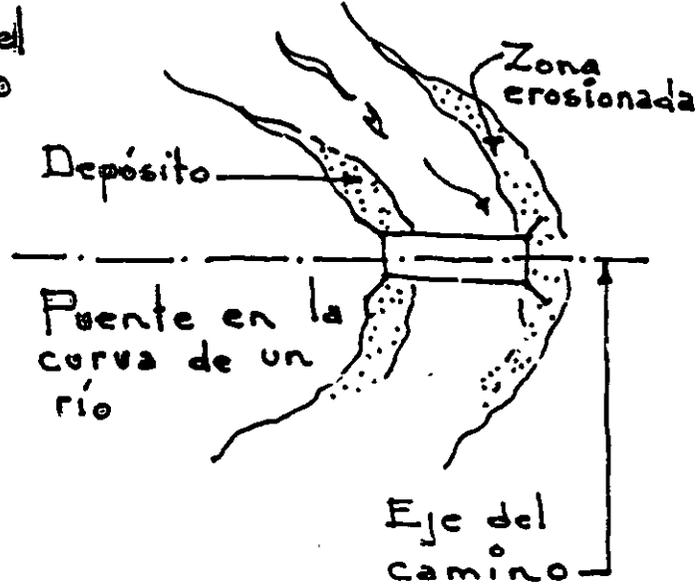


trazo correcto  
Curvas inadecuadas



Modificación del cauce  
Cauce original

Eje del camino

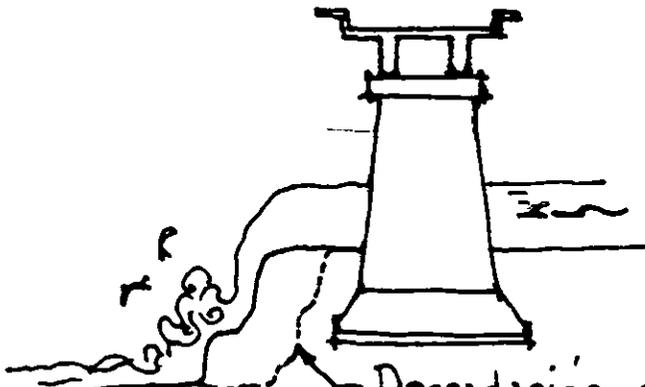


Depósito

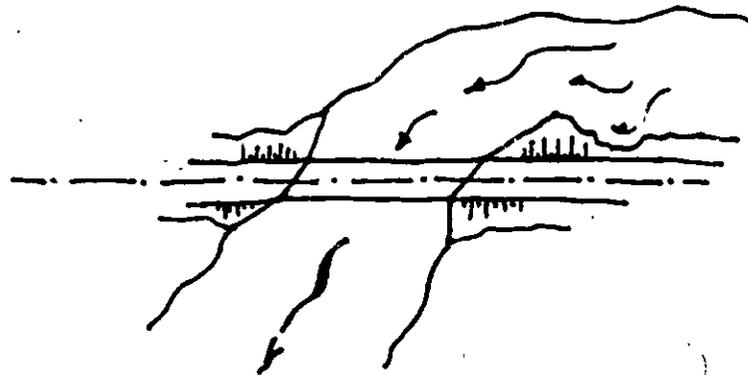
Zona erosionada

Puente en la curva de un río

Eje del camino



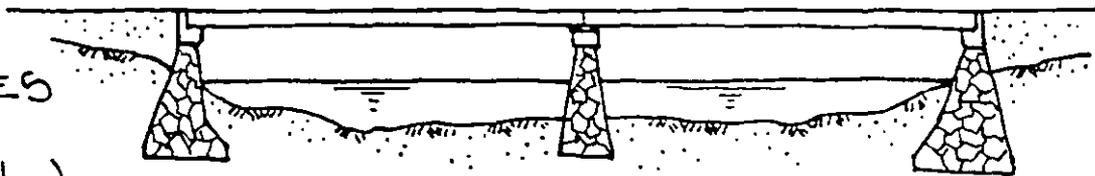
Degradación del cauce  
Puente cerca de una cascada



Acceso paralelo al cauce.

# SISTEMAS DE CIMENTACIÓN

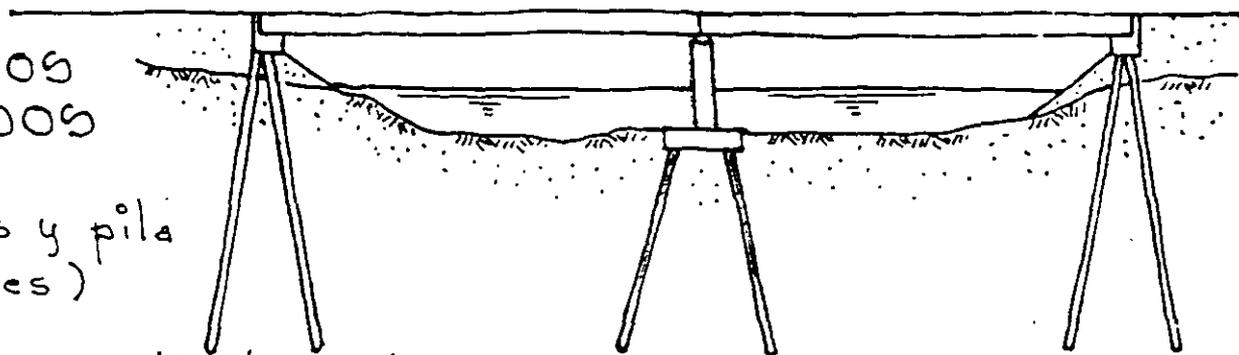
CIMENTOS  
SOMEROS O  
SUPERFICIALES



(Estribos y pila)

Material: concreto armado y mampostería

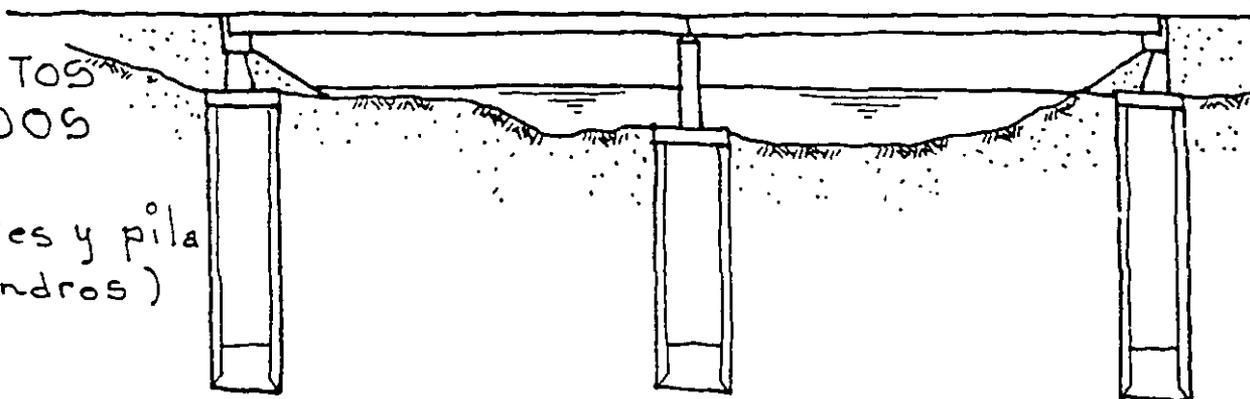
CIMENTOS  
PROFUNDOS



(Caballetes y pila  
sobre pilotes)

Material: concreto armado

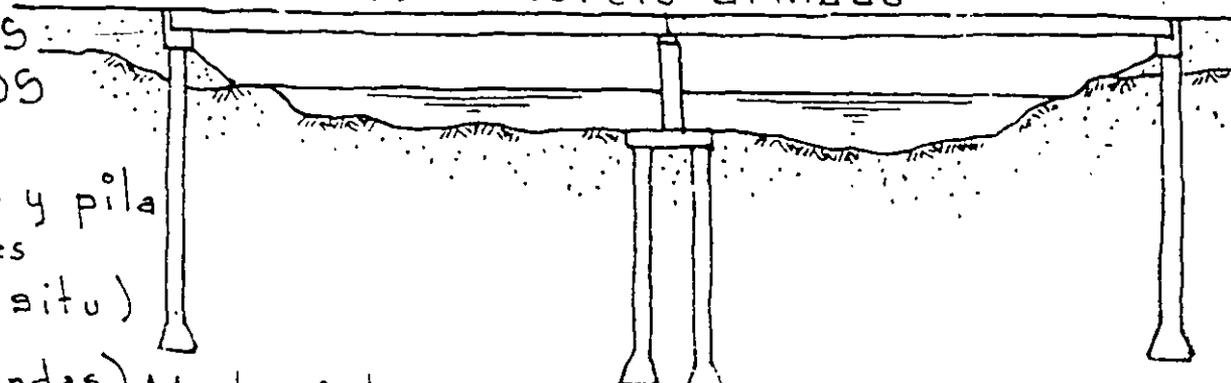
CIMENTOS  
PROFUNDOS



(Caballetes y pila  
sobre cilindros)

Material: concreto armado

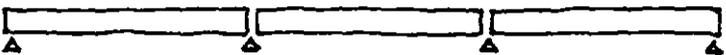
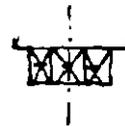
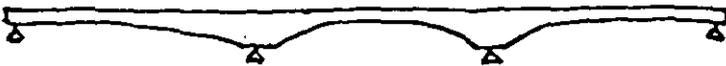
CIMENTOS  
PROFUNDOS



(Caballetes y pila  
sobre pilotes  
colados in situ)

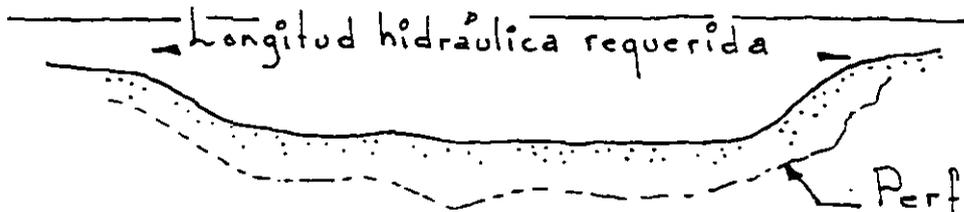
(pilas profundas) Material: concreto armado

# ANTEPROYECTO.



ALTERNATIVAS DE SUPERESTRUCTURAS

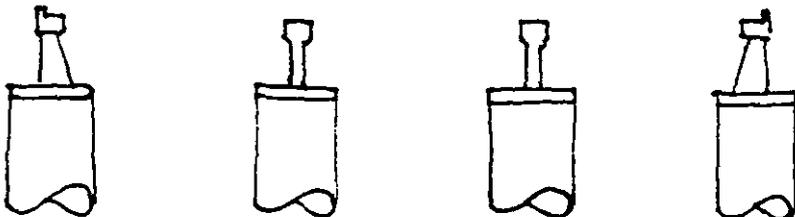
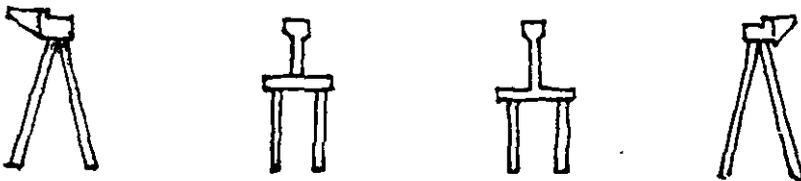
Longitud hidraulica requerida



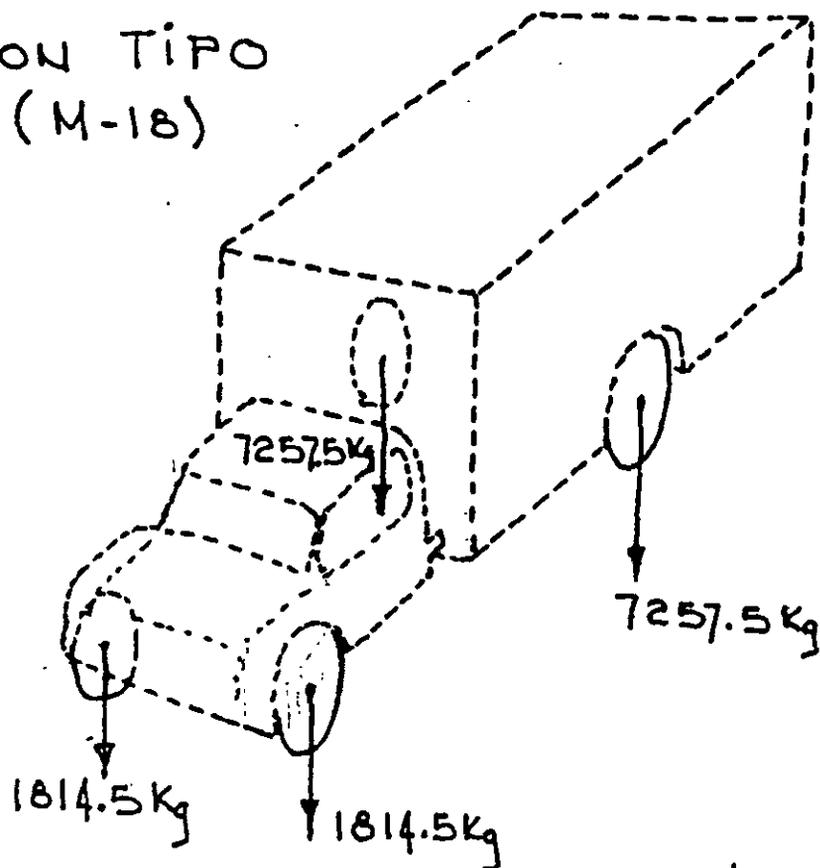
Perfil de socavación



ALTERNATIVAS DE SUBESTRUCTURAS.



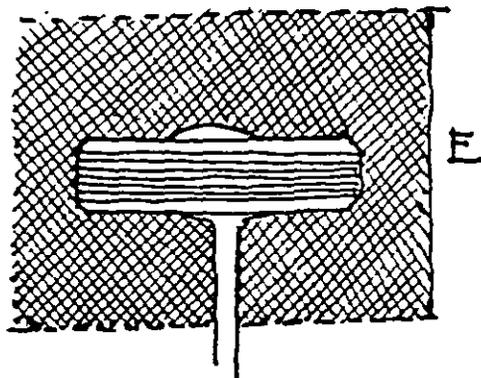
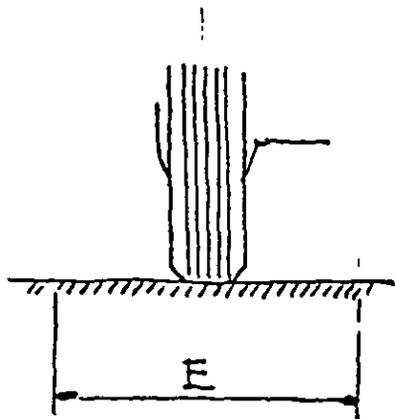
CAMION TIPO  
H-20 (M-18)



Forma en que se distribuye la carga total a través de las ruedas:

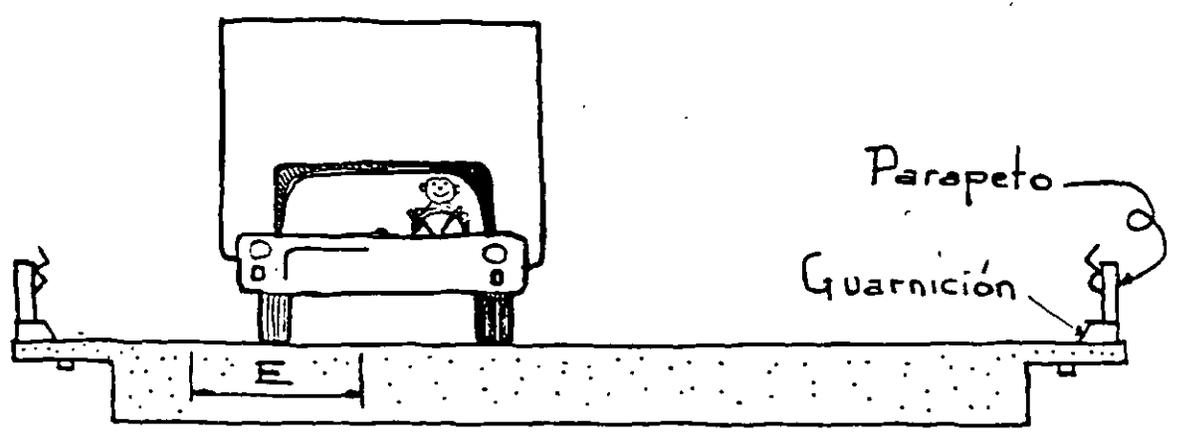
$$W = 1814.5 + 1814.5 + 7257.5 + 7257.5 = 18144 \text{ kg.}$$

Distribución de la carga en la superficie de rodamiento.



E = Ancho de distribución

1. - CUANDO EL ARMADO PRINCIPAL ES PARALELO AL EJE DEL CAMINO.



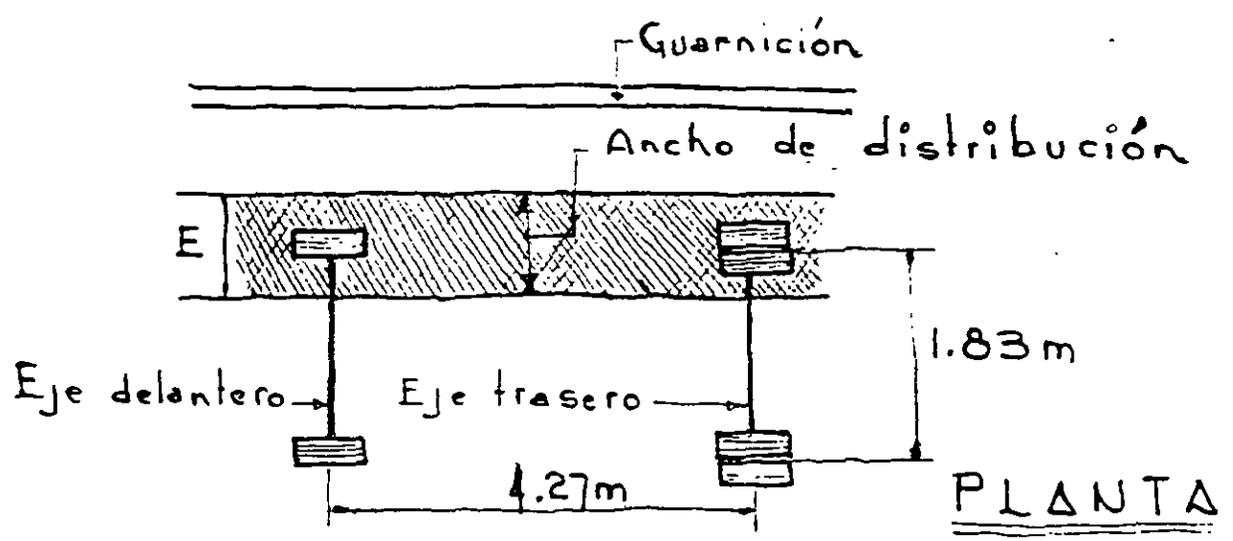
Según AASHTO:

$$\underline{\underline{E = 1.22 + 0.069 \leq 2.13 \text{ m}}}$$

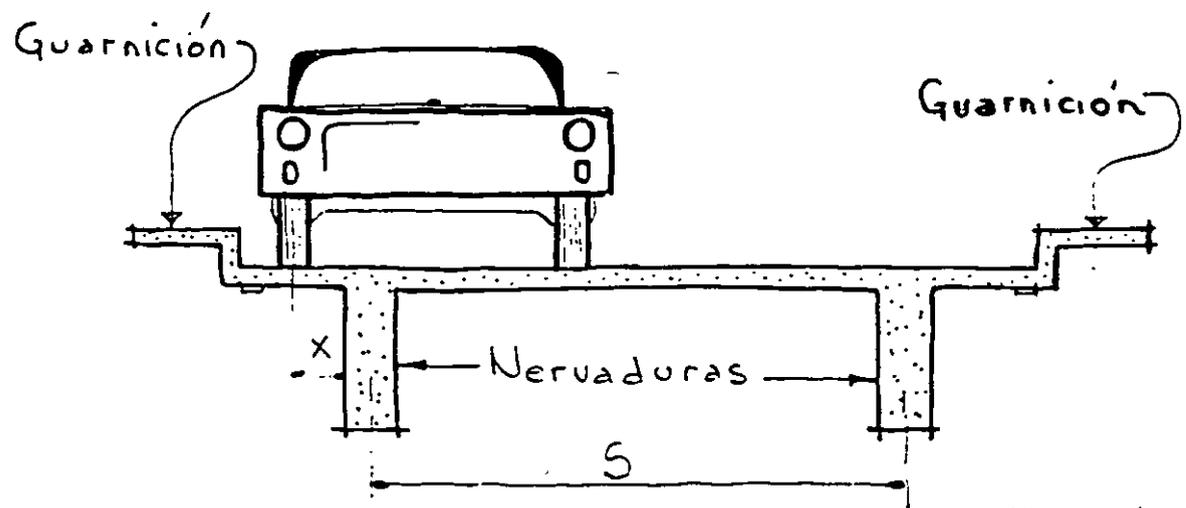
S = Claro

$$Si \ S = 13.00 \text{ m}$$

$$E = 1.22 + 0.06 \times 13.00 = 2.00 < 2.13 \text{ m} \text{ Bien}$$



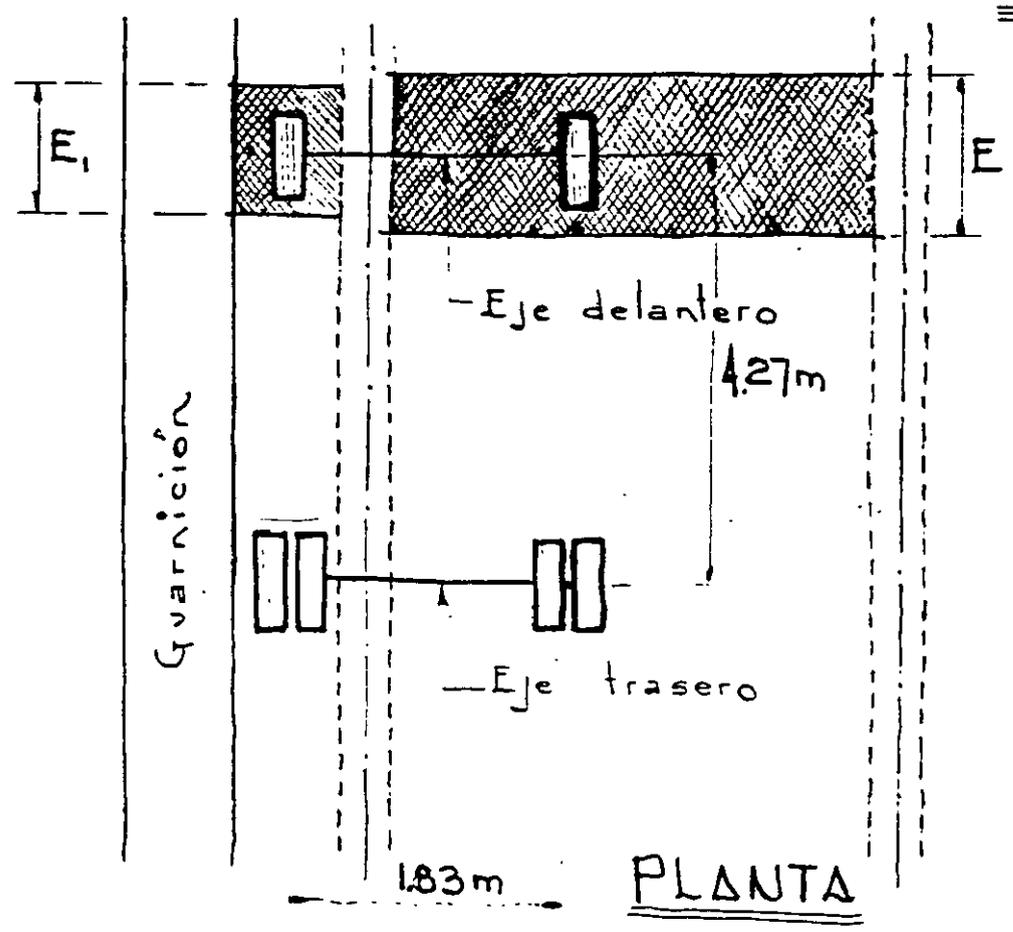
2. CUANDO EL ARMADO PRINCIPAL ES PERPENDICULAR AL EJE DEL CAMINO.

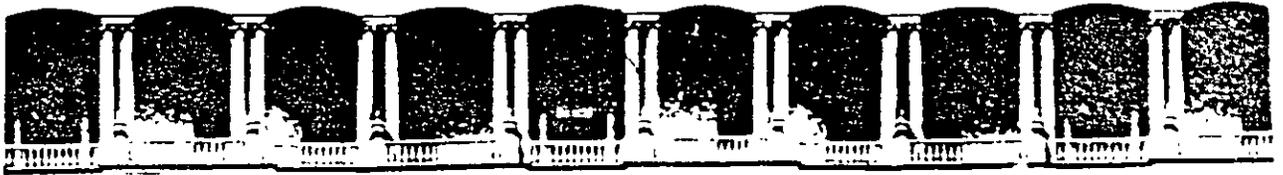


CORTE TRANSVERSAL

$E = 0.45 + 1.14$

$E_1 = 0.8X + 1.14$





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**ESTUDIOS DETALLADOS**

**EXPOSITOR: ING. JOSÉ LUIS LEÓN TORRES  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

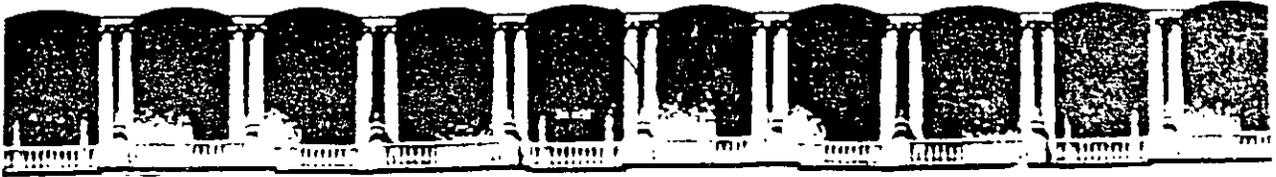
# **ESTUDIOS DETALLADOS**

ING. JOSE LUIS LEON TORRES

---

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**REGLAMENTACIÓN  
Y  
ESPECIFICACIONES**

**EXPOSITOR: ING. RAÚL HOLGUÍN RAMÍREZ  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **REGLAMENTACION Y ESPECIFICACIONES**

ING. RAUL HOLGUIN RAMIREZ

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**DATOS PARA MOVIMIENTOS  
DE TERRACERIAS Y  
CURVAMASA**

**EXPOSITOR: ING. RAÚL HOLGUÍN RAMÍREZ  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

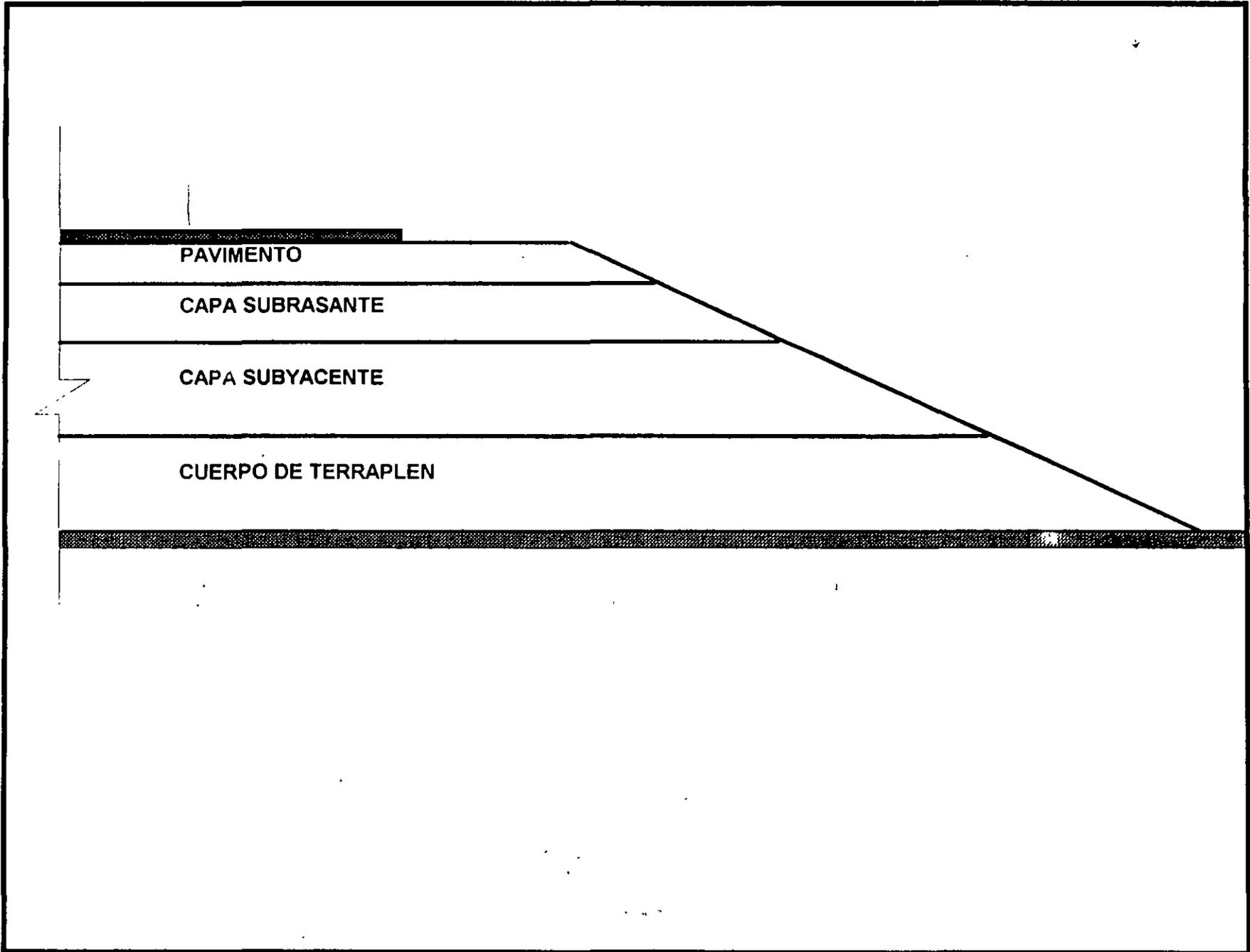
# **DATOS PARA MOVIMIENTOS DE TERRACERIAS Y CURVAMASA**

ING. RAUL HOLGUIN RAMIREZ

MODULO I  
PROYECTO DE CARRETERAS

MAYO, 1998.





## ***Estudio geotécnico para diseño de carreteras***

- 1.- Obtención y caracterización del perfil estratigráfico.***
- 2.- Cálculo de los coeficientes de variación volumétrica.***
- 3.- Determinación de taludes en cortes y terraplenes.***
- 4.- Clasificación para presupuesto (A - B - C).***
- 5.- Bancos de materiales.***
- 6.- Recomendaciones de cimentación para obras menores.***
- 7.- Estudio de subdrenaje.***
- 8.- Diseño del pavimento.***

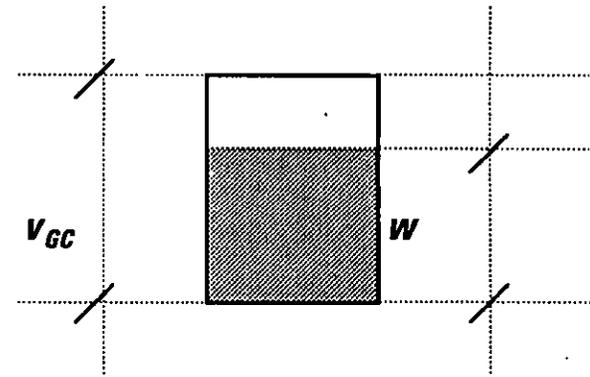
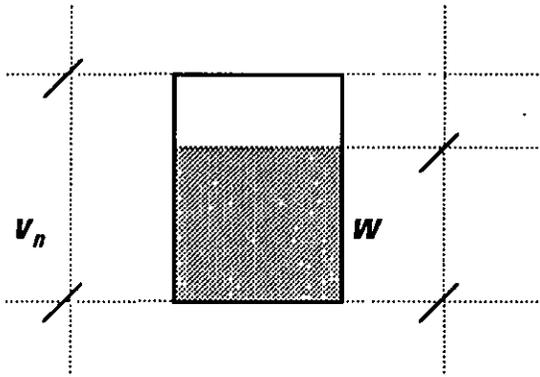
***El perfil de suelos se elaborará en base a:***

- 1.- Sondeos a cielo abierto.***
- 2.- Estudio geológico detallado.***
- 3.- Estudio morfológico regional.***

***Los sondeos deberán efectuarse en forma manual y deberán obtenerse muestras de los suelos para efectuar en el laboratorio los ensayos de clasificación que son:***

- 1.- Límites de Atterberg.***
- 2.- Granulometría por mallas.***
- 3.- VRS estándar.***
- 4.- Peso volumétrico en el lugar.***

## Coeficientes de Variación Volumétrica



$$\delta_n = \frac{W}{V_n}$$

$$\delta_{gc} = \frac{W}{V_{gc}}$$

$$C_{exp} = \frac{V_{gc}}{V_n} = \frac{W/\delta_{gc}}{W/\delta_n} = \frac{\delta_n}{\delta_{gc}} = \frac{\delta_n/\delta_{min}}{\epsilon_{gc}}$$

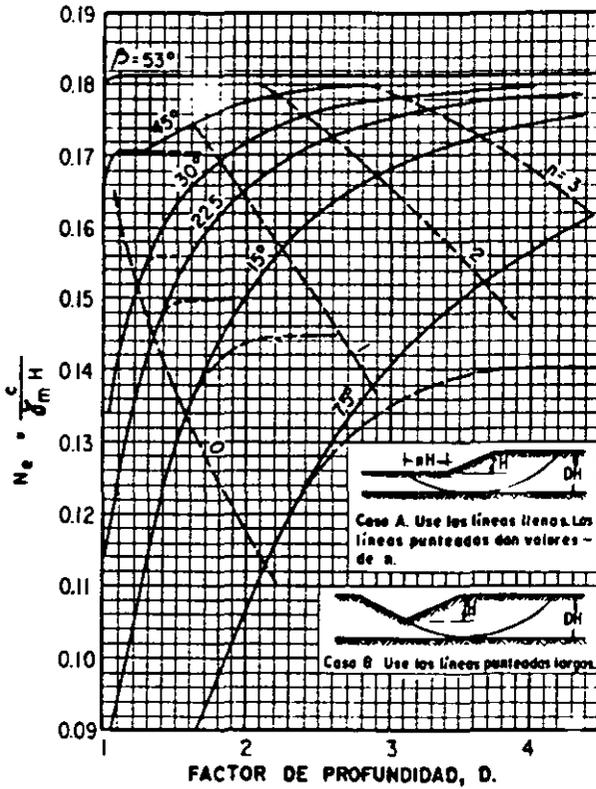
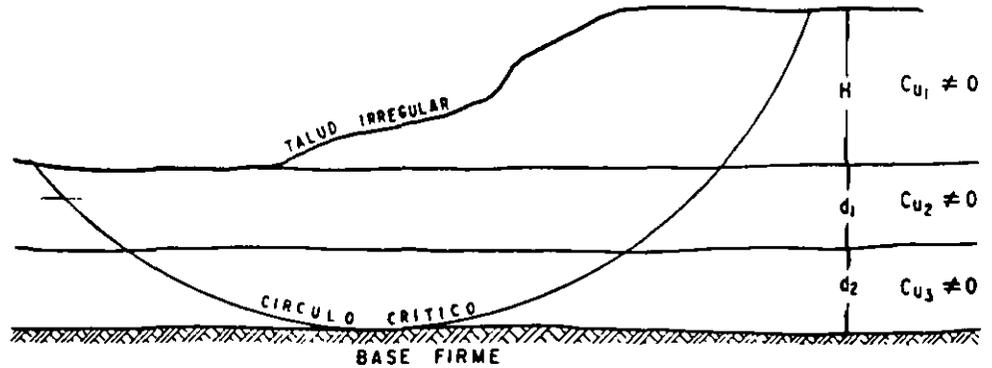


Figura VI-28. Gráficas de Taylor para determinar el número de estabilidad y el factor de alejamiento en círculos tangentes a un estrato resistente (Refs. 55 y 56).

Figura VI-29. Caso de talud irregular o de suelo estratificado en el terreno de cimentación.



**B-2 El método sueco aplicado a taludes cuya ley de resistencia se exprese como  $s = c_u + \sigma \tan \phi_u$**

Se trata ahora del caso de un análisis que se haga con esfuerzos totales para suelos situados sobre el nivel de aguas freáticas. En tales casos, se dispone en general de los parámetros de resistencia que se ob-

tengan en una prueba sin consolidación y sin drenaje (triaxial rápida o una prueba de campo o laboratorio equivalente).

El método de cálculo que se describirá es el método de las dovelas, sugerido por Fellenius (Ref. 51) y ampliamente popularizado en los análisis prácticos. La descripción se hará con base en la Fig. VI-30.

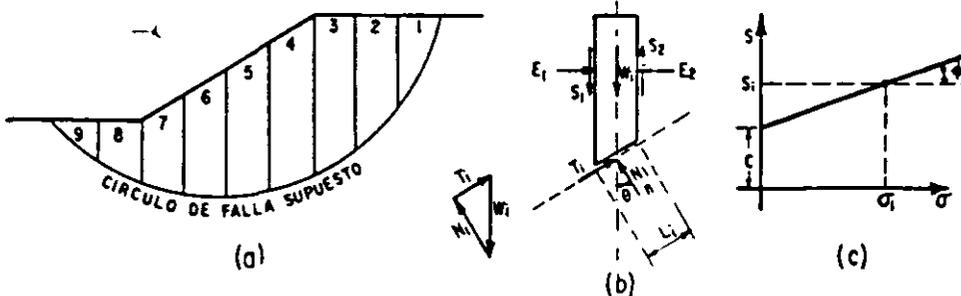


Figura VI-30. Procedimiento de las "Dovelas" o de Fellenius.

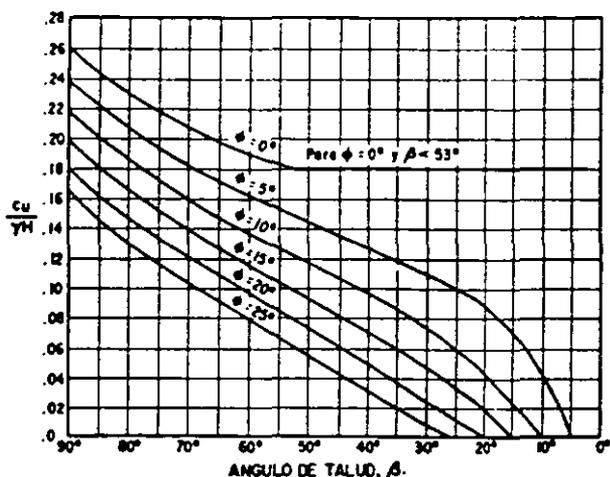


Figura VI-31. Gráfica de Taylor para determinar los números de estabilidad en materiales con cohesión y fricción (Refs. 55 y 56).

la falla debió ser prácticamente cero con respecto a esfuerzos totales.

En las Refs. 52 y 57 se podrán ver los gráficos a los que llegó N. Jambú para proporcionar el número de estabilidad en condiciones de falla por el pie del talud en taludes simples, formados por suelos con fricción y cohesión, tras un análisis teórico bastante refinado.

Con frecuencia se presentan en la práctica taludes formados por suelos estratificados, tal como se ilustra en la Fig. VI-32, con referencia a un caso particular, útil para exponer el método con la necesaria generalidad.

La masa de deslizante se podrá considerar dividida en dovelas, dibujadas de manera que ninguna base de dovela caiga entre dos estratos, sino que cada dovela caiga sobre un solo material. El peso de la dovela deberá calcularse con sumandos parciales multiplicando la parte del área que caiga en cada estrato por el peso específico correspondiente.

El problema se puede resolver con una tabulación igual a la que se presenta en la tabla VI-4, utilizando para cada dovela la ley de resistencia al esfuerzo cortante que le corresponda, de acuerdo con la naturaleza del material.

El resto del desarrollo del método es enteramente análogo al que se vio para taludes homogéneos. El problema se deberá resolver siempre por tanteos, pues para este caso no hay disponibles ábacos o gráficos

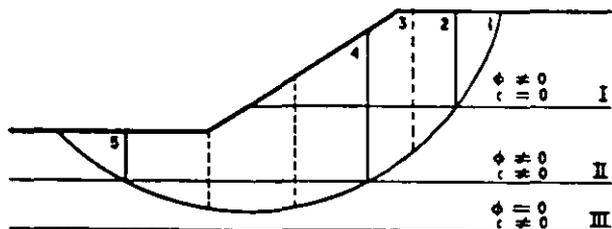


Figura VI-32. Aplicación del Método Sueco a taludes en suelos estratificados.

de uso común. La búsqueda del círculo crítico se podrá facilitar bastante si hay estratos mucho menos o mucho más resistentes que los demás; en el primer caso, es probable que el círculo crítico sea el que tenga el máximo desarrollo en el estrato débil; en el segundo, probablemente será tangente al estrato resistente, pues al penetrar en él se incrementaría mucho la resistencia media.

**B-3 El método sueco aplicado a taludes cuya ley de resistencia se exprese como  $s = c + \bar{\sigma} \tan \phi$**

Se trata ahora del caso de un análisis que haya de hacerse con esfuerzos efectivos, para taludes situados total o parcialmente bajo el nivel freático o sometidos a una condición de flujo. Este tipo de análisis habrá de efectuarse con base en esfuerzos efectivos, que se obtengan de una prueba triaxial con consolidación y con drenaje (lenta) o con consolidación y sin drenaje (rápida consolidada), que se realice con medición de presiones de poro en el plano de falla en el instante de la falla.

En rigor, el método de dovelas que se presenta para el caso de taludes sobre el nivel freático sigue siendo válido y lo único que cambian son consideraciones sobre las fuerzas que actúan en las dovelas. La Fig. VI-33 ilustra el método de cálculo que se realizó utilizando los pesos sumergidos del material en tal condición, los pesos totales del material sobre el nivel freático y las presiones de agua actuantes en la dovela. En la figura se muestra un croquis general del talud, con una superficie circular de falla supuesta como uno de los tanteos que se deben efectuar. Se hace un análisis de las fuerzas actuantes en una dovela típica (parte (b) de la figura) y, finalmente, se presentan los polígonos dinámicos correspondientes al equilibrio en esa dovela; la parte (c) de la figura muestra la totalidad de las fuerzas que actúan en la dovela, en tanto que la parte (d) representa al polígono dinámico sobre la base de que son nulas las fuerzas E y S en las caras verticales de la dovela, como suele aceptarse en la versión original del método sueco establecido por Fellenius.

El piezómetro señalado en la parte (b) de la figura indica que en añadidura a la parcial sumersión del material existe una presión neutral  $u$  por flujo en el punto 0.

Se enfocará la atención sobre la dovela  $i$ -ésima, en la inteligencia que lo que de ella se diga habrá que decirlo de todas.

La fuerza actuante será el peso de la dovela, que se podrá calcular con la expresión:

$$W = W_1 + \bar{W} + z b \gamma_w \quad (6-13)$$

$W_1$  corresponde a la parte de la dovela situada sobre el N.A.F. y se debe calcular con el  $\gamma_m$  del material.  $\bar{W}$  corresponde a la parte sumergida y se debe calcular con  $\gamma'_m$ . La componente  $z b \gamma_w$  representa el

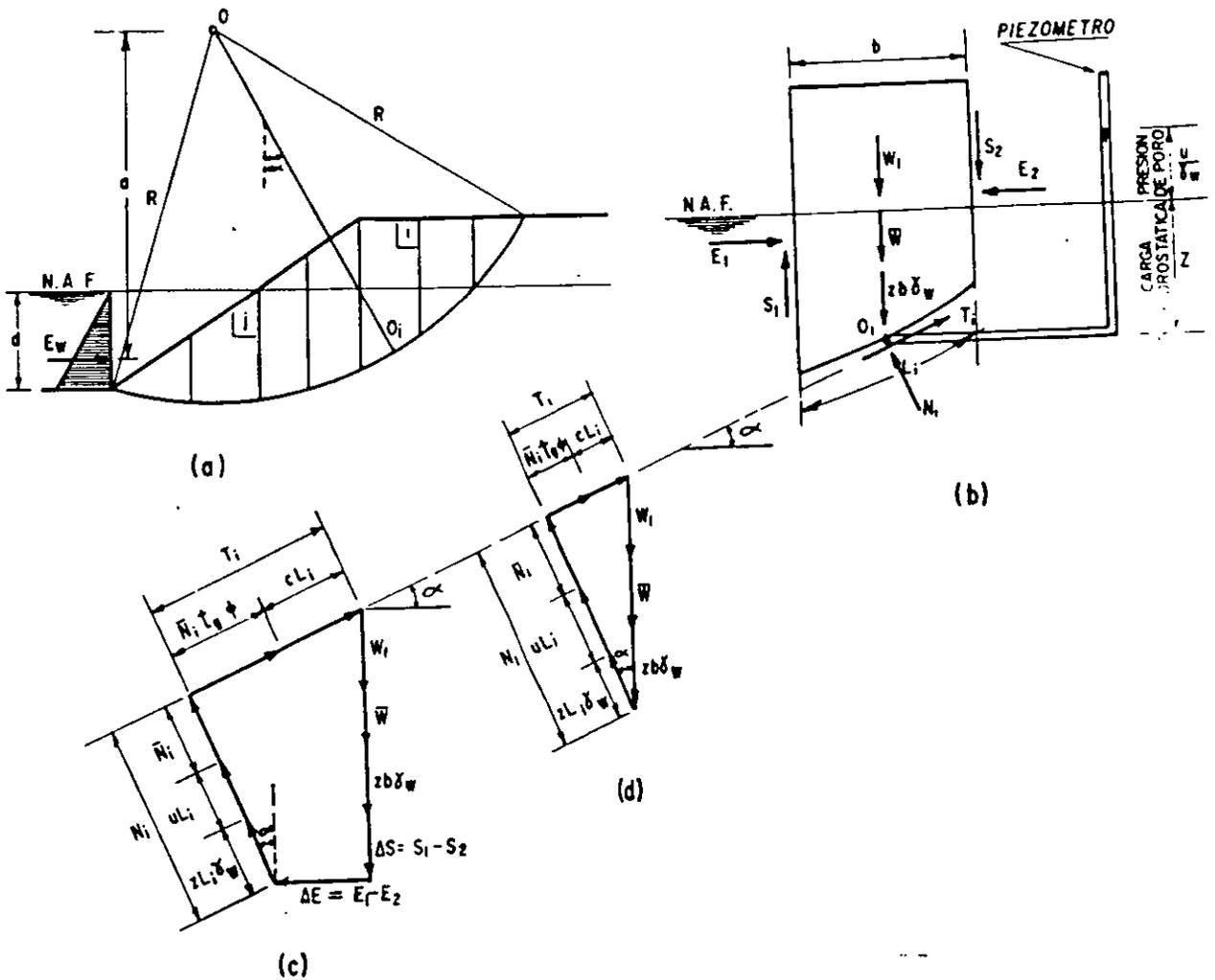


Figura VI-33. Aplicación del Método Sueco al caso de un talud con flujo y parcialmente bajo el N.A.F. Análisis con presiones de poro y esfuerzos efectivos.

peso del agua incluido en la parte sumergida de la dovela. Si toda la dovela estuviera bajo agua, como la dovela *j* que se muestra en la parte (a) de la figura, se debería considerar en el último término de la expresión (6-13) el peso de toda el agua sobre ella.

La presión total del agua en  $O_i$  está dada por el piezómetro señalado y vale:

$$u_i = z\gamma_w + u \quad (6-14)$$

donde  $z\gamma_w$  es la presión hidrostática correspondiente a la posición del nivel freático y  $u$  es una presión neutral en exceso de la hidrostática, causada, por ejemplo, por flujo. Este exceso de presión se debe conocer para que sea posible efectuar el análisis, bien sea por medio de una red de flujo, por pruebas tri-axiales o por mediciones de campo. El primer método se comenta en el apéndice de este libro (ver lo tratado en conexión con la Fig. A-10); el segundo se trató someramente en el capítulo I, y el tercero se describirá un poco en el capítulo dedicado a instrumentación de campo, en el volumen II de esta obra.

Si el N.A.F. está colocado bajo  $O_i$ , la presión de poro en  $O_i$  es  $h\gamma_w$ , siendo  $h$  la altura a la cual subiría el agua en un piezómetro colocado en  $O_i$ . Si la presión de poro se debe a la capilaridad (tensión en el agua), se deberá considerar como negativa en todos los análisis que siguen.

El momento motor valdría:

$$Mm = \Sigma (W_1 + \bar{W} + zb\gamma_w) R \text{ sen } \alpha \quad (6-15)$$

pero como bajo el nivel freático el agua debe estar en equilibrio, se debe tener:

$$\Sigma zb\gamma_w R \text{ sen } \alpha = \frac{1}{2} \gamma_w d^2 a \quad (6-16)$$

donde el segundo miembro de la ecuación (6-1) presenta el efecto del empuje hidrostático del agua al pie del talud. Así, en definitiva, el momento motor debe valer:

$$Mm = \Sigma (W_1 + \bar{W}) R \text{ sen } \alpha = R \Sigma \bar{T}_i \quad (6-17)$$

buena recopilación de los varios disponibles figura en la Ref. 68. Sin embargo, en la presentación que sigue se adoptarán los lineamientos que ofrece la Ref. 3, en la que se da al problema un tratamiento más analítico que el que se ha utilizado hasta ahora en esta obra; por este estilo de tratamiento, por cierto muy usual en la literatura moderna y posible también para las formas tradicionales del método sueco ya presentadas, se puede llegar directamente a una expresión para el factor de seguridad, la cual ha de resolverse con tanteos; de hecho este ha sido ya el planteamiento con el que se presentaron las ecs. 6-20 y 6-21.

La Fig. VI-37 muestra una superficie de falla del tipo no circular. En la parte (a) se muestra el croquis general de la ladera y la posición de la dovela  $i$ -ésima. La parte (b) indica el conjunto de fuerzas actuantes en cada dovela, y la parte (c) el polígono dinámico correspondiente a su equilibrio.

Si se adopta un polo arbitrario de momentos,  $O$ , el equilibrio de toda la masa deslizante exige que:

$$\Sigma Wl = \Sigma (T_i a + N_i f) + \frac{1}{2} \gamma_w d^2 a_1 \quad (6-22)$$

Pero

$$W = W_1 + \bar{W} + z b \gamma_w \quad (6-23)$$

y del polígono dinámico

$$T_i = \frac{c}{F_s} L_i + \bar{N}_i \frac{\tan \phi}{F_s} \quad (6-24)$$

$T_i$  es la fuerza actuante en la dirección tangencial, neutralizada por la fracción de la resistencia del suelo que se esté movilizando; por esta razón, esta última se afecta por el factor de seguridad (si la dovela estuviera en equilibrio límite, se movilizaría la resistencia máxima, pero al estar en una condición de equilibrio más holgado, se moviliza una fracción de la resistencia, en proporción precisamente al factor de seguridad).

Tomada en cuenta la ec. 6-24, la 6-22 podrá escribirse:

$$\Sigma (W_1 + \bar{W} + z b \gamma_w) l = \Sigma \left( \frac{c}{F_s} L_i + \bar{N}_i \frac{\tan \phi}{F_s} \right) a + \Sigma N_i f + \frac{1}{2} \gamma_w d^2 a_1 \quad (6-25)$$

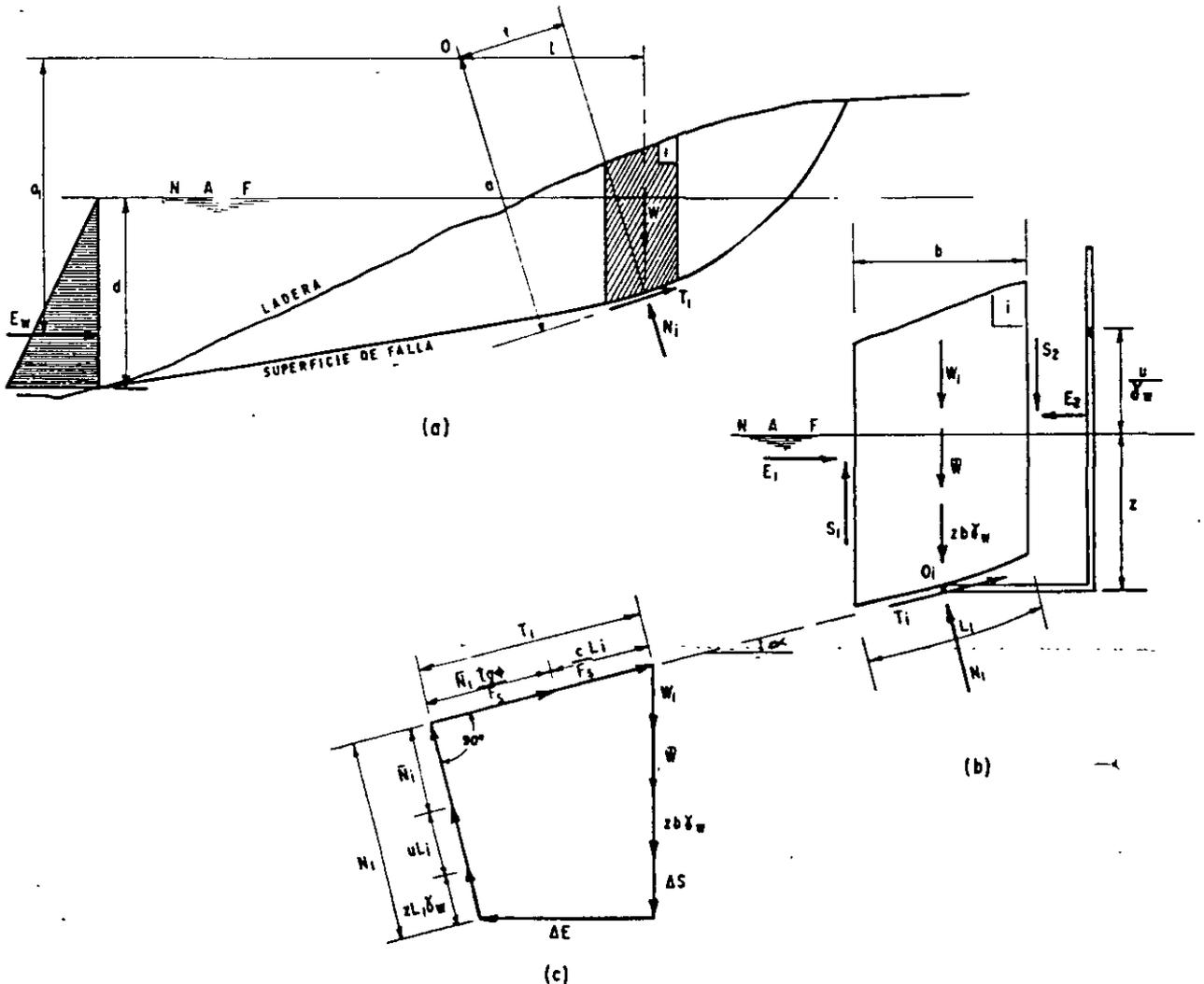


Figura VI-37. Análisis de estabilidad con superficie de falla no circular (Ref. 3).

Despejando al factor de seguridad:

$$F_s = \frac{\Sigma (cL_i + \bar{N}_i \tan \phi) a}{\Sigma (W_1 + \bar{W} + zb\gamma_w) l - \Sigma N_i f - \frac{1}{2} \gamma_w d^2 a_1} \quad (6-26)$$

Bajo el nivel del agua, la masa de ésta debe estar en equilibrio, por lo que:

$$\Sigma zb\gamma_w l - \frac{1}{2} \gamma_w d^2 a_1 = \Sigma z\gamma_w L_i f \quad (6-27)$$

En otras palabras, el peso del agua, el empuje hidrostático al pie de la ladera y la fuerza debida a la presión hidrostática del agua en la base de la dovela, deben de estar en equilibrio de momentos en torno a 0.

Si los resultados de la ec. 6-27 se llevan al denominador de la ec. 6-26, éste quedará:

$$\Sigma (W_1 + \bar{W}) l - \Sigma (N_i - z\gamma_w L_i) f \quad (6-28)$$

Definiendo

$$\bar{N}_i = N_i - (z\gamma_w + u) L_i \quad (6-29)$$

como la fuerza normal efectiva en la base de la dovela (se ha considerado la existencia de una presión neutral,  $u$ , por ejemplo, por flujo), podrá escribirse el denominador de la expresión 6-26 como:

$$\Sigma (W_1 + \bar{W}) l - \Sigma (\bar{N}_i + uL_i) f \quad (6-30)$$

y la ecuación 6-26 queda:

$$F_s = \frac{\Sigma (cL_i + \bar{N}_i \tan \phi) a}{\Sigma (W_1 + \bar{W}) l - \Sigma (\bar{N}_i + uL_i) f} \quad (6-31)$$

La expresión (6-31) proporcionaría el valor del factor de seguridad ligado a la superficie de falla en estudio si se conocen los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo en términos de esfuerzos efectivos y las presiones de poro en la base de la dovela, pero despreciando el efecto de las fuerzas laterales de tierra  $E$  y  $S$ .

Si se desea tomar en cuenta el efecto de estas fuerzas se podrá hacer una suma de fuerzas en la dirección vertical, en el polígono dinámico de la Fig. VI-37c:

$$W_1 + \bar{W} + zb\gamma_w + \Delta s = (z\gamma_w L_i + uL_i + \bar{N}_i) \cos \alpha + \frac{1}{F_s} (cL_i + \bar{N}_i \tan \phi) \sin \alpha \quad (6-32)$$

De la ecuación (6-32) puede despejarse:

$$\bar{N}_i = \frac{W_1 + \bar{W} + \Delta s - ub \frac{C}{F_s} b \tan \alpha}{M_i(\alpha)} \quad (6-33)$$

Para obtener la expresión anterior debe tomarse en cuenta que

$$L_i \cos \alpha = b$$

y que la función  $M_i(\alpha)$  fue ya definida por la ecuación (6-21).

Llevando el valor de la ecuación (6-33) a la (6-31), puede obtenerse finalmente:

$$F_s = \frac{\Sigma [cb + (W_1 + \bar{W} + \Delta s - ub) \frac{C}{F_s} b \tan \alpha] M_i(\alpha)}{\Sigma (W_1 + \bar{W}) l - \Sigma [W_1 + \bar{W} + \Delta s + (ub \tan \phi - cb) \frac{\tan \alpha}{F_s}] M_i(\alpha)} \quad (6-34)$$

La ecuación (6-34) debe resolverse por aproximaciones sucesivas, pues contiene a  $F_s$  en sus dos miembros. El cálculo se podrá ayudar con el gráfico de la Fig. VI-35 para la determinación de  $M_i(\alpha)$ . La fórmula 6-34 da el  $F_s$  ligado a una superficie de falla dada; deberán tantearse otras para llegar al  $F_s$  mínimo.

El valor de  $F_s$  depende de  $\Delta S$  y ésta deberá introducirse en la fórmula (6-34) con alguno de los valores que se proporcionan en los distintos métodos a que se ha hecho referencia en páginas anteriores. En la gran mayoría de los problemas prácticos será suficiente aplicar la ecuación (6-34) con  $\Delta S = 0$ . La convergencia de los tanteos para la ecuación (6-34) es rápida.

#### D Falla traslacional

El modelo matemático de este tipo de falla se ilustra esquemáticamente en la Fig. VI-38.

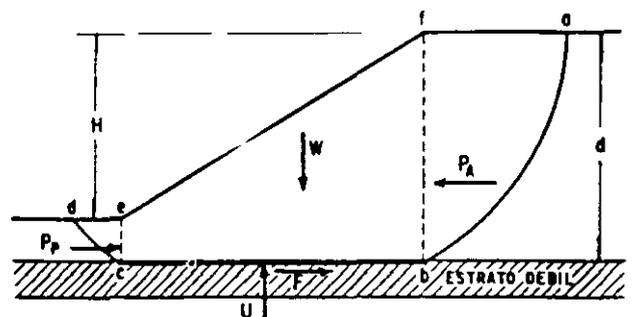


Figura VI-38. Superficie de falla correspondiente a una falla de traslación.

Tabla VI-5  
Taludes recomendados en cortes

TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mavor de 15 m	
Granito sano y masivo.					Descopetar a 1/2:1 la parte intemperizada si la hay
Granito sano fisurado en bloques.					Amacizar taludes segun la disposicion de los bloques.
Granito exfoliado, grandes bloques empacados en arena					No se considera recomendable la construcción de bermas en el talud de talud
Granito exfoliado, grandes bloques empacados en arcilla arenosa					Se recomienda construir banqueta con el objeto de recibir en ella los pequeños desprendimientos que normalmente se presentan
Granito totalmente intemperizado (tucuruquay).					Si el producto de la intemperización del granito es arena fina, limosa o arcillosa, se recomienda proyectar banqueta de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3 m para cortes mayores
Dioritas.	Se recomienda tomar en cuenta las mismas observaciones que se hacen para los granitos, dependiendo del grado de intemperismo de la roca				
Andesita fisurada, sin alteración.					Se recomienda amacizar siguiendo los planos de fisuramiento
Andesita fracturada y poco alterada.					Se puede construir bermas de 4 m al cambiar talud si la parte inferior del corte no contiene arcilla en las fracturas y éstas están cerradas
Andesita fracturada y alterada.					Se recomienda descopetar con talud 1:1 la parte superficial más alterada. Si existe flujo de agua deberá proyectarse un subdrenaje adecuado

Tabla VI-5  
(Continuación)

TIPO DE MATERIAL.	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Rsolitas sanas o fracturadas en grandes bloques, con sistemas de fracturamiento a 90° horizontal y verticalmente.					Se recomienda amacizar siguiendo los planos de fracturamiento, así como descopetar a 1:1 la parte intemperizada.
Dialasa sana poco fracturada					Se recomienda amacizar.
Basalto fracturado, sano.					Descopetar 1/2:1 la parte superior del corte si el fracturamiento es muy intenso. Si hay una caja intemperizada descopetar 1:1
Basalto fracturado en bloques de todos tamaños					Si los fragmentos están sueltos y sin suelo, o empacados en arcilla o limo suave con flujos de agua.
Basalto fracturado en bloques de todos tamaños					Si los fragmentos están empacados en arcilla firme sin que existan flujos de agua.
Basalto muy fracturado y en proceso muy avanzado de intemperización.					En zonas muy lluviosas se recomienda construir al pie del talud una banqueteta de 1 m para cortes hasta de 15 m y de 3.0 m para cortes mayores de 15 m
Corrientes basálticas intercaladas con rocas proclásticas y tezontles.		Se recomienda definir el contacto entre el basalto y las rocas proclásticas para darle a cada uno su talud correspondiente. Las rocas proclásticas requieren talud de 1:1 si se encuentran sueltas o de 3/4:1, si se encuentran compactos o son materiales muy gruesos.			
Tezontle masivo					Si el tezontle es de grano fino y está suelto, se propone aplicar las mismas recomendaciones que para el resto de las proclásticas.
Tobas, tobas brechoides, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas.					Si están intemperizadas en la parte superior del corte, se recomienda descopetar el corte a 1/2:1.
Tobas, tobas brechoides, andesíticas, riolíticas o basálticas, sanas o ligeramente fisuradas.					Si existe un flujo de agua importante, se recomienda construir bermas de 4 m a la mitad de la altura, impermeabilizándola.

Tabla VI-5  
(Continuación)

TIPO DE MATERIAL.	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Tobas, tobas brechoules, riolíticas, andesíticas o basálticas poco intemperizadas					Se recomienda descopetar a 3/4:1 la parte superior si el fracturamiento o intemperismo es intenso
Tobas, tobas brechoules, riolíticas, basálticas o andesíticas muy intemperizadas					Cambio de talud a la mitad de la altura en cortes mayores de 15 m.
Lutita dura y resistente, con echado casi horizontal, poco fracturada.					No construir contracuestas si no son bien impermeables. Descopetar a 3/4:1 la parte superior más intemperizada
Lutita suave de resistencia media muy fracturada					No construir contracuestas si no son bien impermeables. Descopetar a 3/4:1 la parte superficial más intemperizada
Areniscas sanas fuertemente cementadas, estratificación mal definida horizontal o a favor del corte.					Descopetar 3/4:1 la parte muy intemperizada
Arenisca poco cementada, muy alterada con flujos de agua					Descopetar 1:1 la parte superficial muy intemperizada
Conglomerado brechoule bien cementado con matriz silicea o calcárea					Se recomienda amacizar eliminando todos los fragmentos sueltos
Conglomerado pobremente cementado con matriz arcillosa					Si la matriz arcillosa se encuentra saturada o sometida a fuertes cambios de humedad, se recomienda para cortes mayores de 10 m construir banquetas de 1 m y bermas de 4 m a la mitad de la altura.
Caliza fracturada con echado casi a favor del corte con estratificación gruesa o mal definida.					Se recomienda descopetar 1:1 la parte superior alterada o muy fracturada
Calizas sanas con estratificación fina horizontal o a favor del corte					Descopetar 1:1.

Tabla VI-5  
(Continuación)

TIPO DE MATERIAL	TALUD RECOMENDABLE				OBSERVACIONES
	Hasta 5 m	De 5 a 10 m	De 10 a 15 m	Mayor de 15 m	
Arenas limosas y limos muy compactos (tepetate).					Descopetar la parte superior suelta.
Arcillas poco arenosas firmes (homogéneas).					Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua proyectar subdrenaje.
Arcillas muy suaves expansivas y compresibles.					* Para cortes mayores de 15 m proyectar berma a la mitad de la altura bien drenada.
Caolín producto de la intemperización de granitos o dioritas.					Cubrir con pasto el talud para cortes mayores de 8 m proyectar berma de 6 m bien drenada. (altura máxima 16 m)
Arenas limpias poco o nada compactas.	Su ángulo de fricción interna con banqueta de 1.00 m en la base.				Cubrir los taludes con pasto

\* La construcción de la berma requerirá de una contrapendiente con objeto de drenar el agua por medio de cunetas que deberán ser impermeables, pues si no lo son se podría tener una filtración que pondría en peligro la parte inferior del corte al establecerse una superficie de falla ocasionada por la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante del material por efecto de la filtración.

# **SISTEMAS DE SUBDRENAJE**

## **OBJETIVO:**

**Reducir los efectos adversos del agua subterránea en los caminos en dos aspectos.**

- 1.- Estabilidad de taludes.**
- 2.- Daños en el pavimento.**

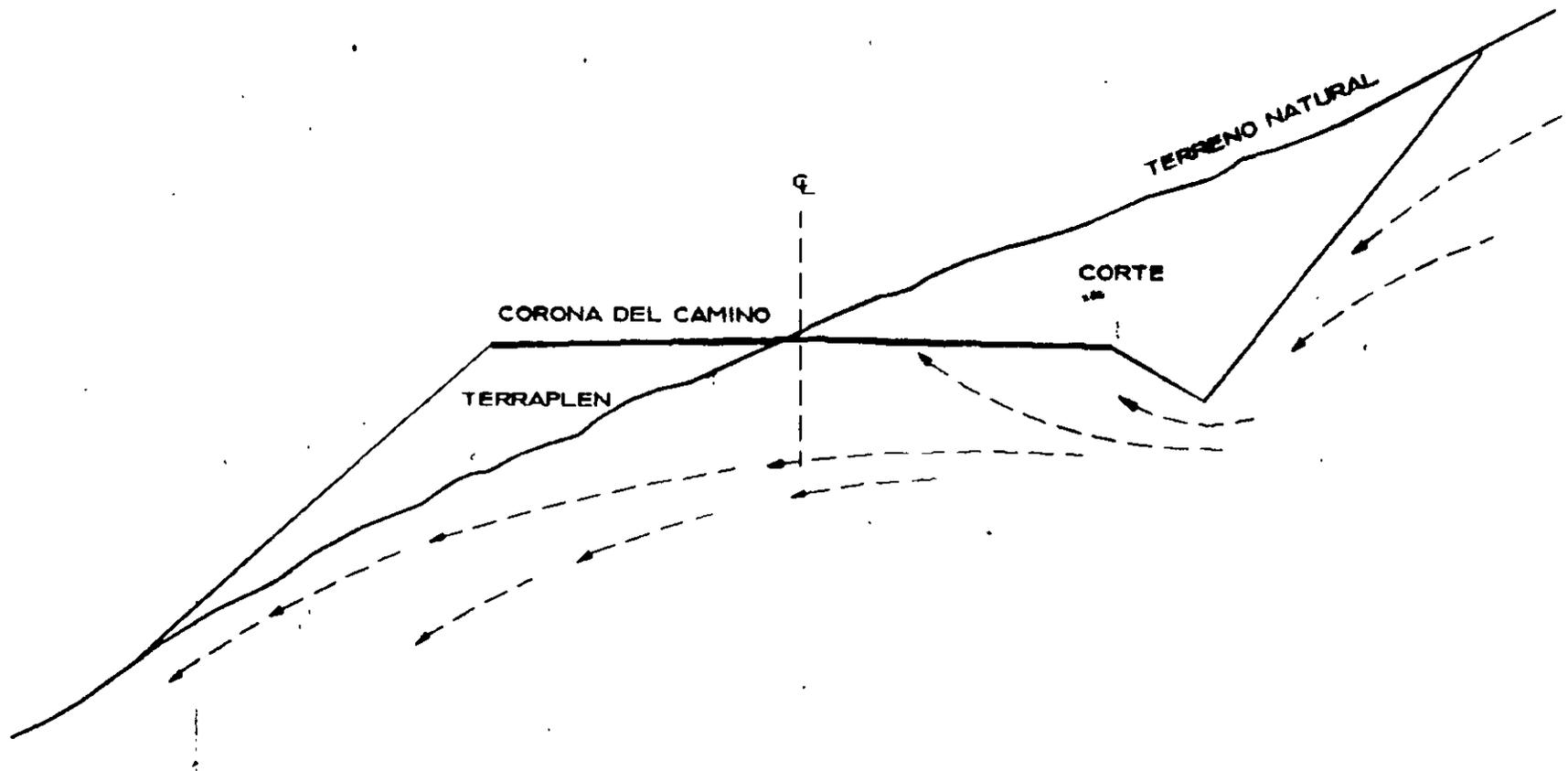
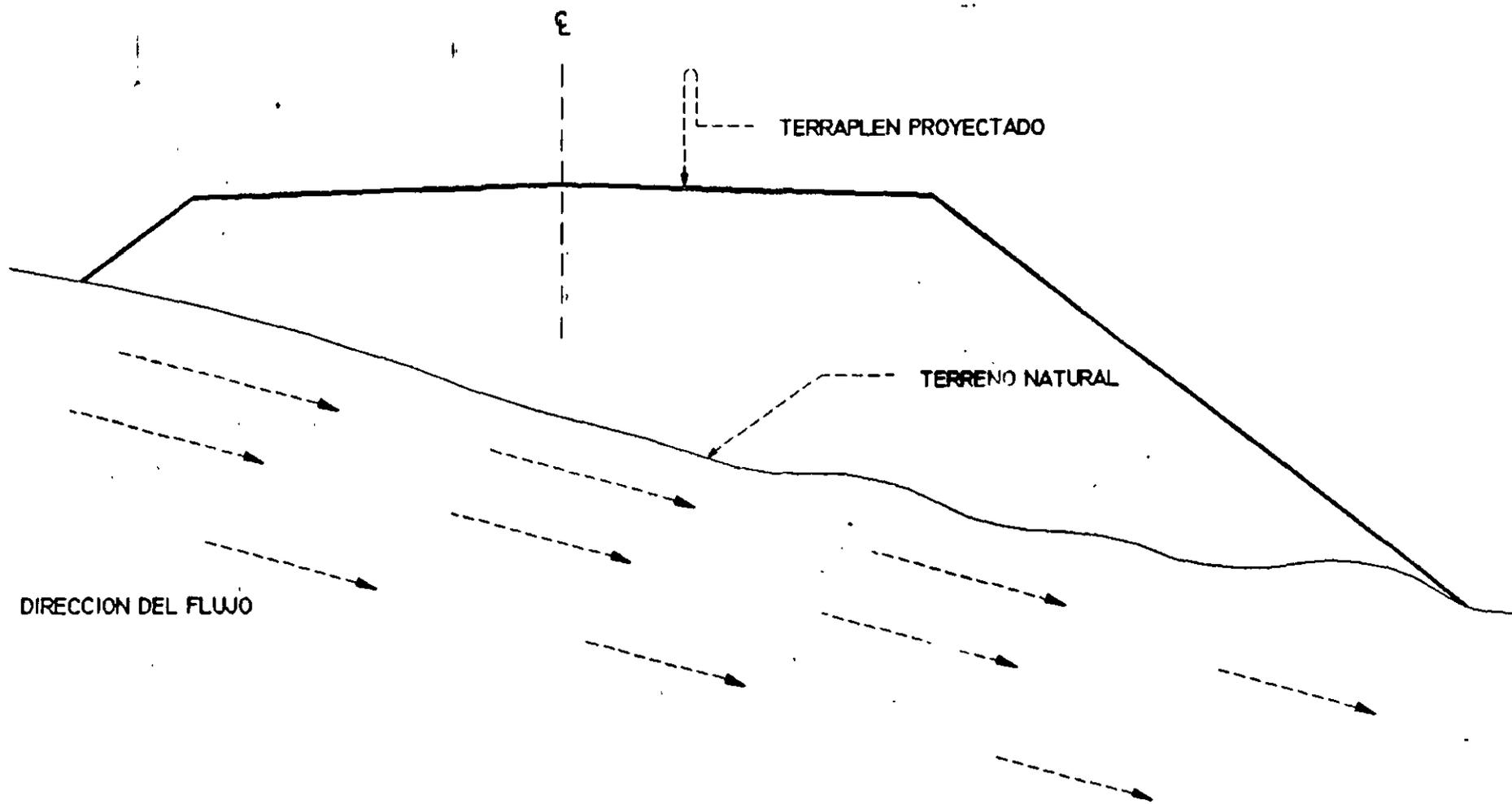


FIG. 2



20

FIG. 3

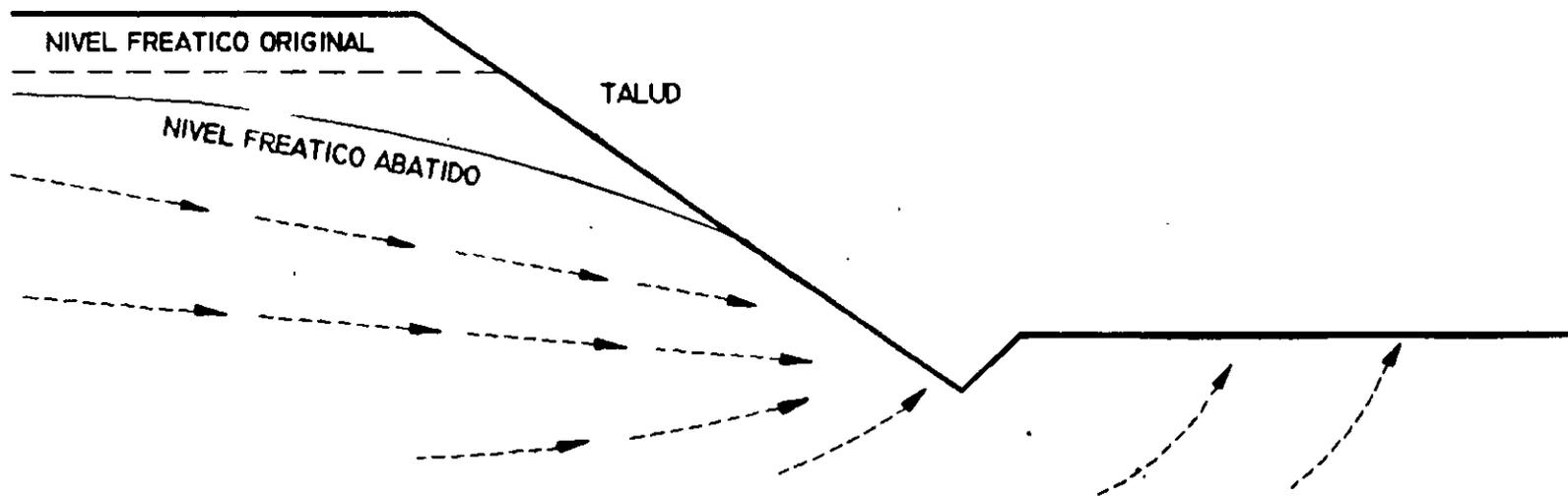


FIG. 4

JUAREZ BADILLO - RICO RODRIGUEZ

# MALAS CONDICIONES DE DRENAJE

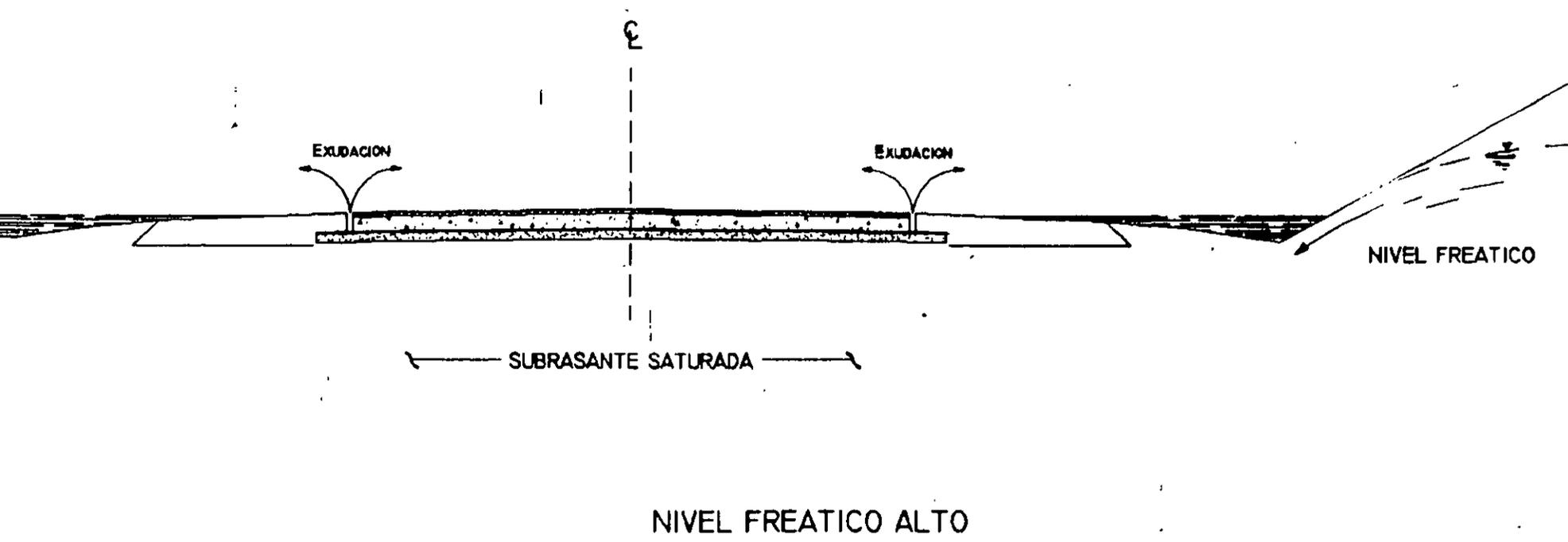
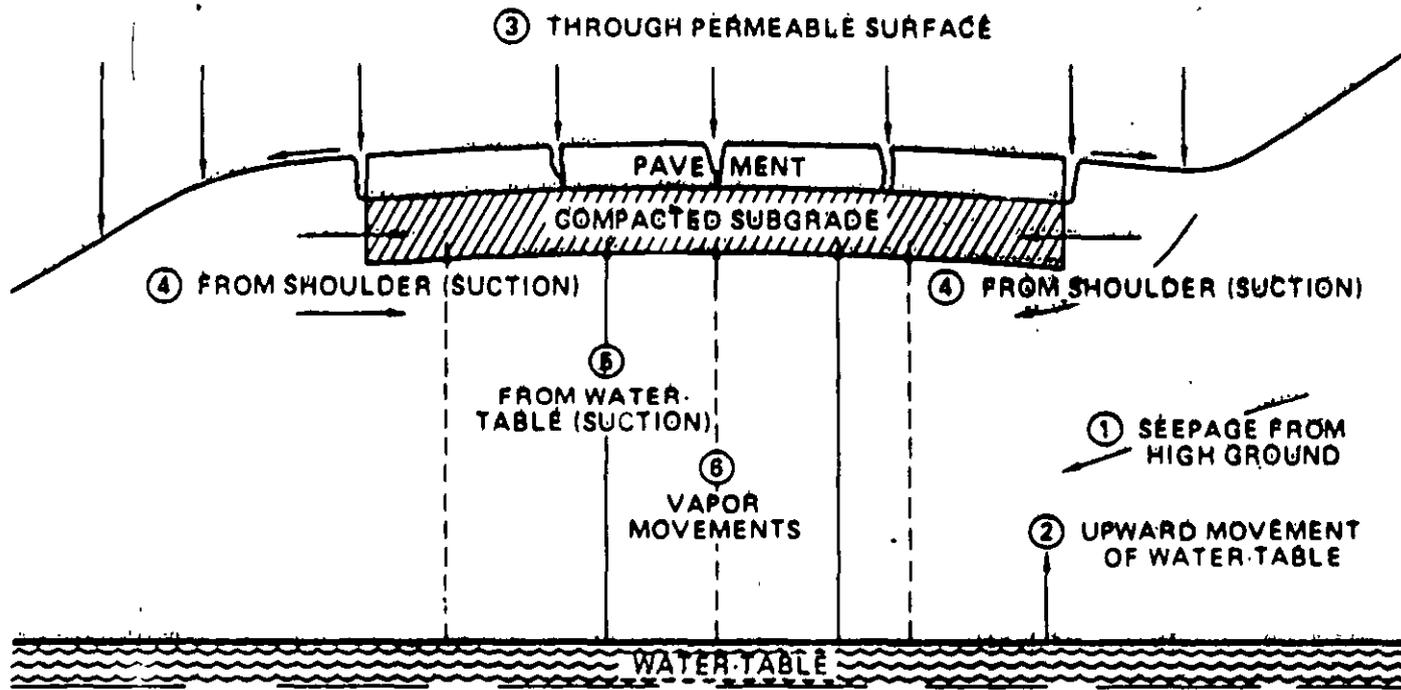
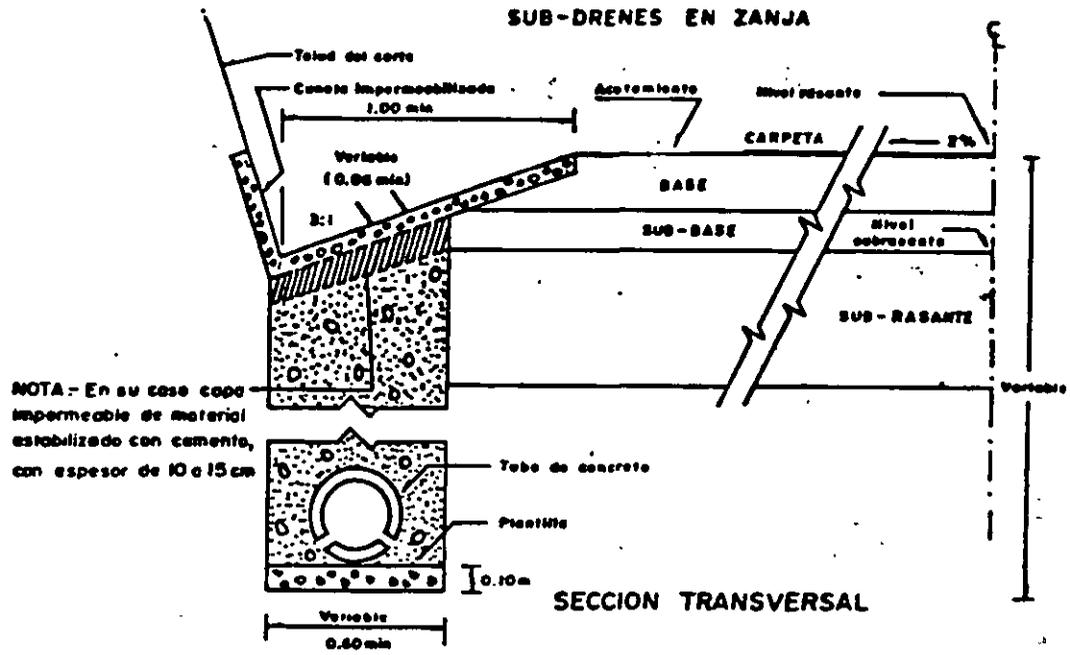


FIG. 5



Ways in which moisture can enter road subgrades.

Fig. 5-A



El subdrenaje en las vías terrestres

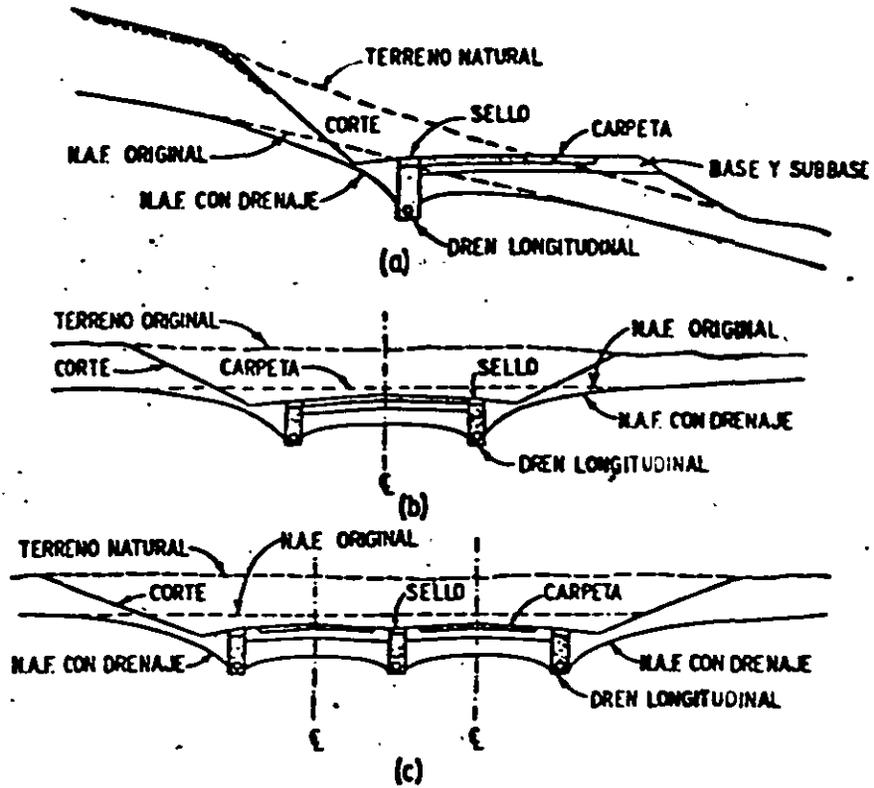


Figura VII-16. Casos de uso de drenes longitudinales de zanja para abatir el N. A. F.

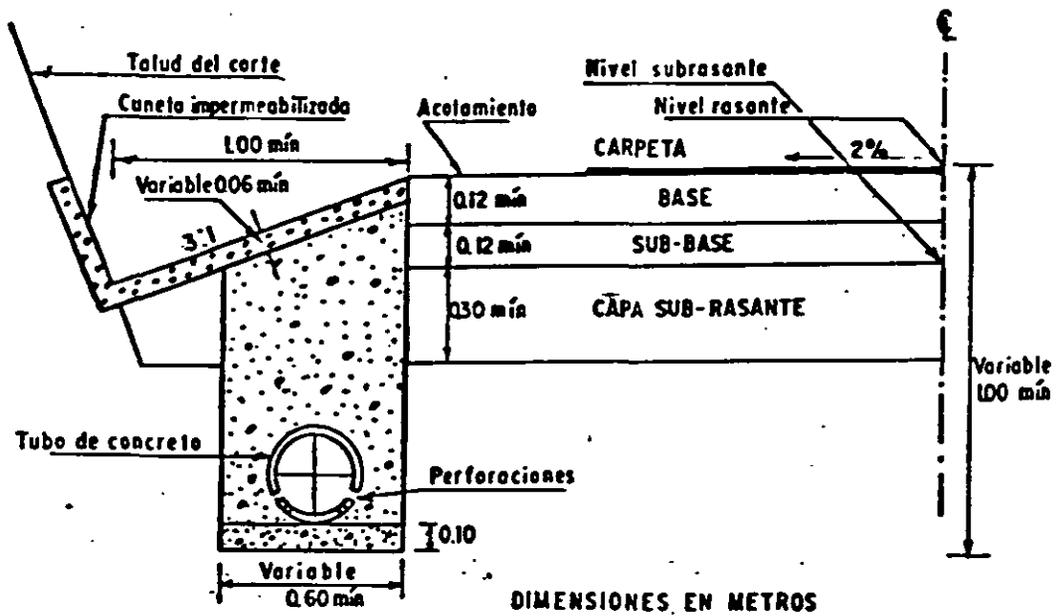
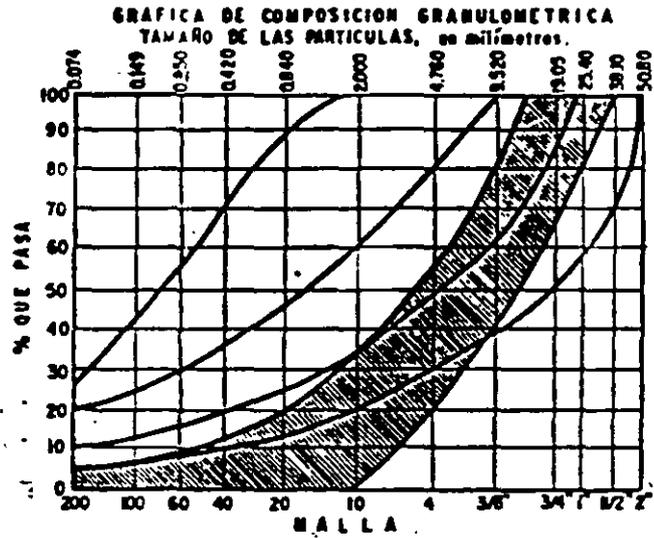


Figura VII-17. Sección transversal de un subdren longitudinal de zanja, según la práctica mexicana. (Secretaría de Obras Públicas.)



a.— Zona granulométrica del material drenante único utilizado en carreteras por la práctica mexicana.

# DIFERENTES METODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS

- AASHTO
- INSTITUTO DE INGENIERIA
- INSTITUTO DEL ASFALTO
- METODO SHELL
- METODO NCSA (Asociación Nacional de Roca Triturada)
- KANSAS
- TEXAS
- CATALOGO ESPAÑOL
- AASHTO (Concreto)
- PCA

## *Consideraciones*

- 1.- *Tránsito.***
- 2.- *Capa Subrasante.***
- 3.- *Terreno Natural y Cuerpo de Terraplén.***
- 4.- *Drenaje.***
- 5.- *Clima.***

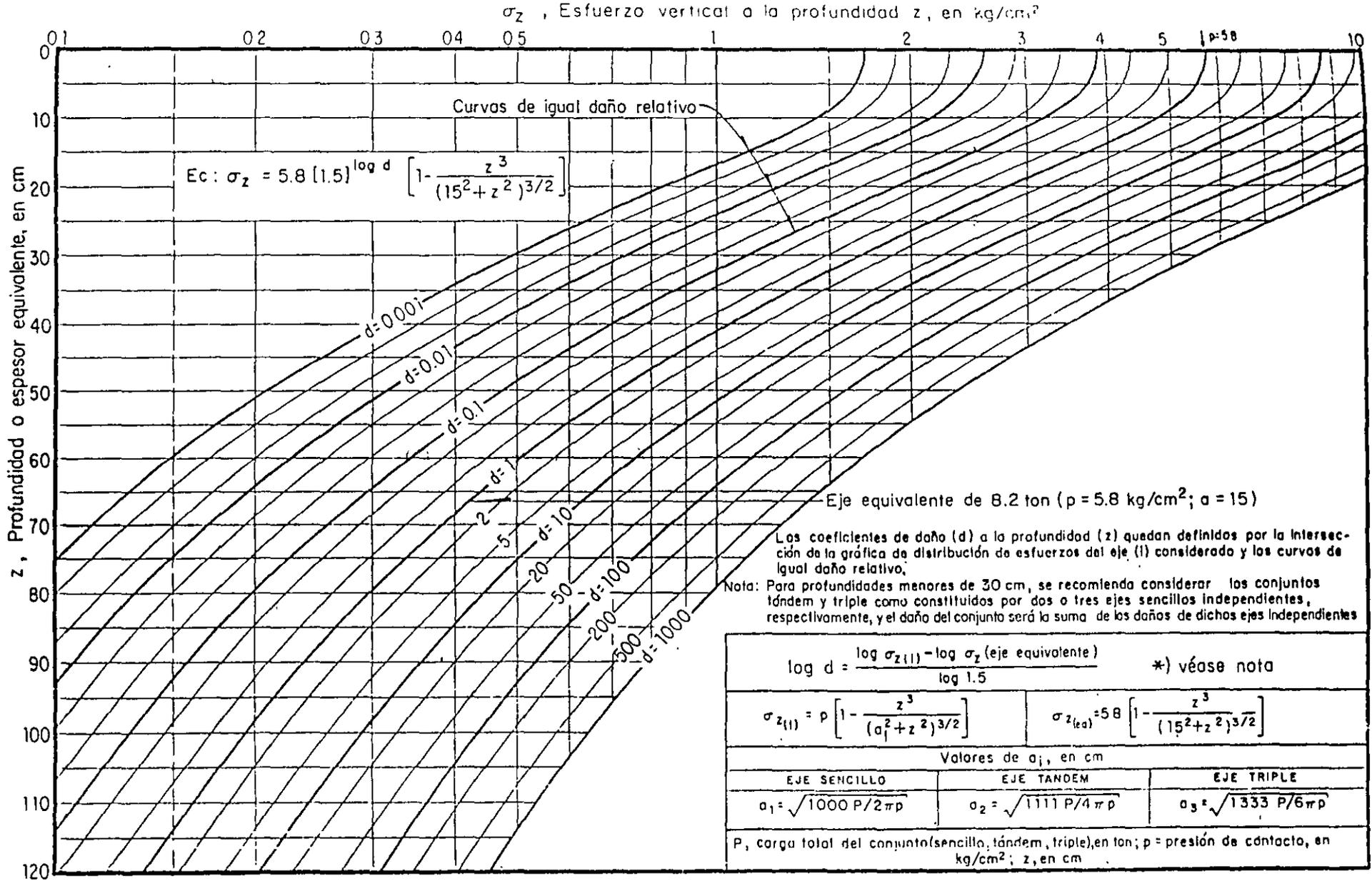
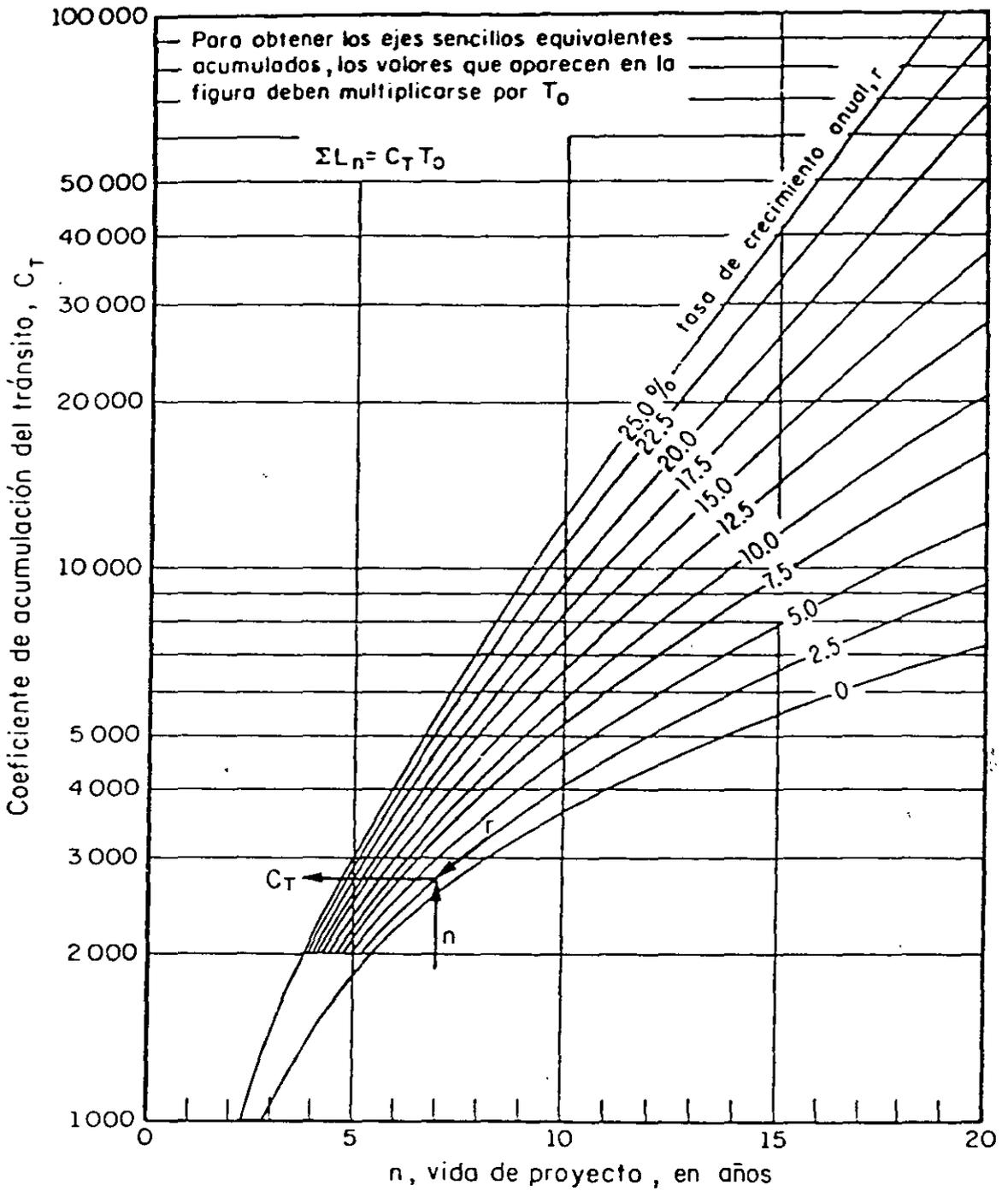


Fig A1. Coeficientes de daño por tránsito



$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

$C_T$	coeficiente de acumulación del tránsito, para $n$ años de servicio y una tasa de crecimiento anual $r$
$T_0$	tránsito equivalente medio diario en el carril de proyecto, durante el primer año de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton
$\Sigma L_n$	tránsito acumulado al cabo de $n$ años de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

Fig A2. Gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO  ①	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS  ②		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS  ③ = ① x ②	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
					CARPETA Y BASE Z = _____ ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z = _____ ⑤	CARPETA Y BASE ⑥ = ③ x ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS ⑦ = ③ x ⑤
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
<b>SUMAS</b>	1.000	_____		1.000	EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO ⑧			
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$					TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑨			
n = AÑOS DE SERVICIO =					C <sub>T</sub> ⑩			
T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = %					ΣL ⑪ = ⑧ x ⑨ x ⑩			
TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL =			CD CARRIL PROYECTO =					

Fig A3. Cálculo del tránsito equivalente acumulado (ΣL)

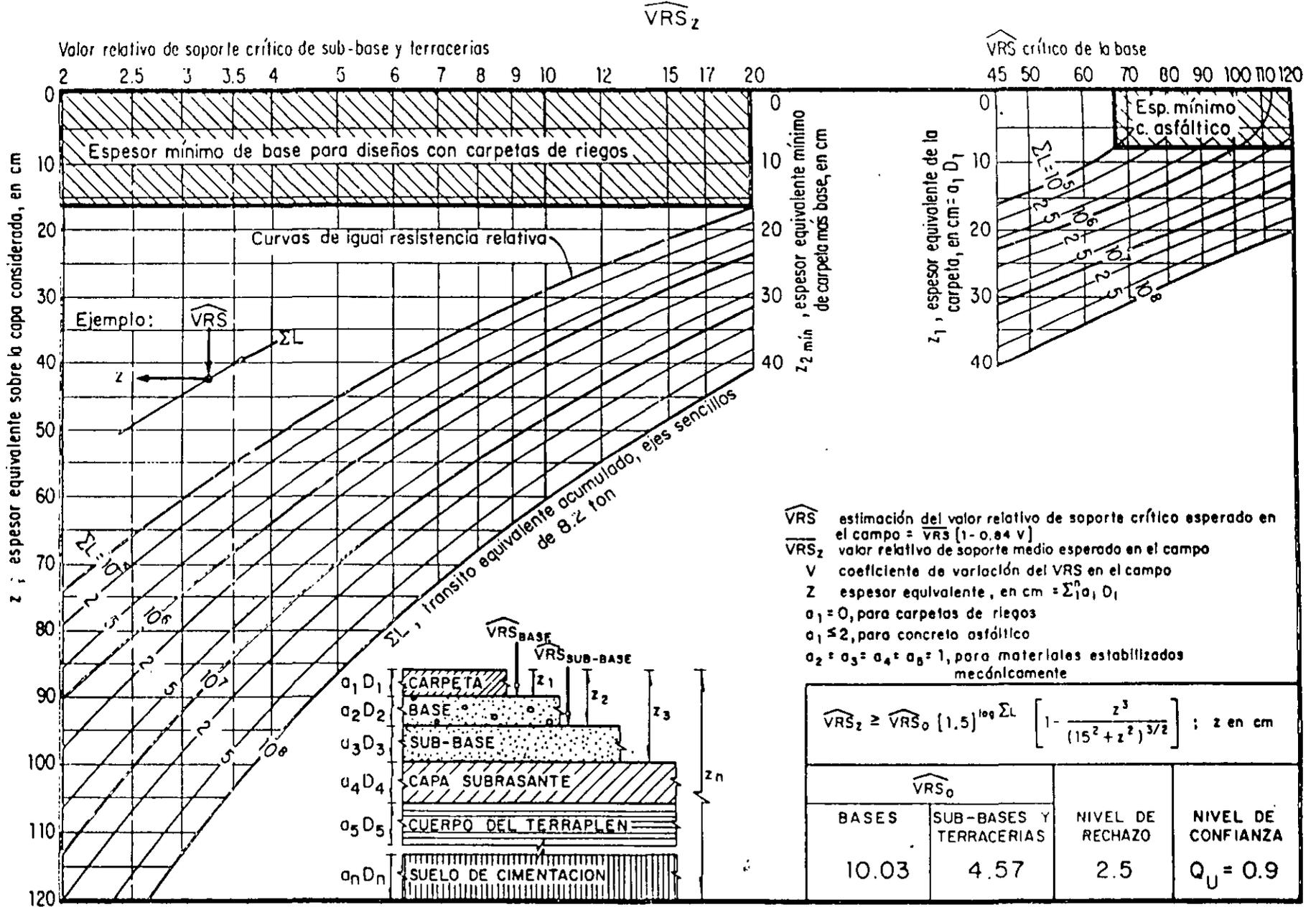
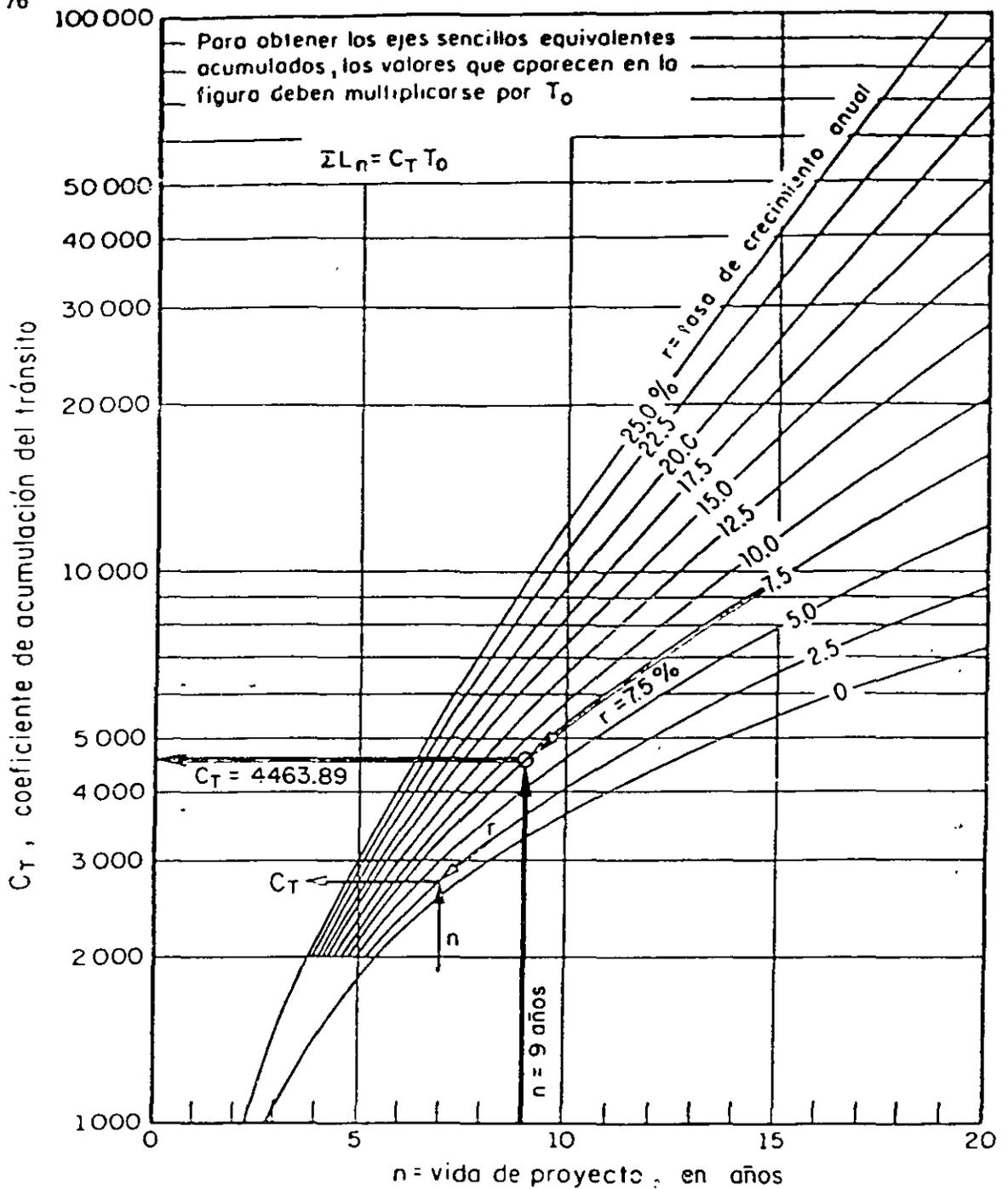


Fig A7. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO ①	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS ②		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS ③ = ① x ②		COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
						CARPETA Y BASE Z: 0 ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS Z: 30 ⑤	CARPETA Y BASE ⑥ = ③ x ④	SUB-BASE Y TERRACERIAS ⑦ = ③ x ⑤
A2	0.339	CARGADOS	1.0	0.339	0.004	0.000	0.001	0.000	
		VACIOS	0.0	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	
A'2	0.144	CARGADOS	0.6	0.086	0.536	0.023	0.046	0.002	
		VACIOS	0.4	0.058	0.536	0.000	0.031	0.000	
B2	0.097	CARGADOS	0.8	0.078	2.000	1.589	0.155	0.124	
		VACIOS	0.2	0.019	2.000	0.360	0.030	0.007	
C2	0.274	CARGADOS	0.7	0.192	2.000	1.589	0.384	0.305	
		VACIOS	0.3	0.082	2.000	0.018	0.164	0.001	
C3	0.072	CARGADOS	0.9	0.065	3.000	1.170	0.195	0.077	
		VACIOS	0.1	0.007	3.000	0.030	0.021	0.000	
T2 - S1	0.025	CARGADOS	0.7	0.018	3.000	3.072	0.054	0.055	
		VACIOS	0.3	0.007	3.000	0.027	0.021	0.000	
T2 - S2	0.049	CARGADOS	0.9	0.044	4.000	2.661	0.176	0.117	
		VACIOS	0.1	0.005	4.000	0.033	0.020	0.000	
SUMAS	1.000	—	7.0	1.000	EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO ⑧		1.307	0.688	
COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, $C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$ n = AÑOS DE SERVICIO = 9 T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = 7.5 %					TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO ⑨	250	250		
					$C_T$ ⑩	4463.89	4463.89		
TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL = 500		CD CARRIL PROYECTO = 0.5			$\Sigma L$ ⑪ = ⑧ x ⑨ x ⑩	1458.578	767.790		

Fig 5. Ejemplo: cálculo del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ )



$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

$C_T$ , coeficiente de acumulación del tránsito, para  $n$  años de servicio y una tasa de crecimiento anual  $r$

$T_0$ , tránsito equivalente medio diario en el carril de proyecto, durante el primer año de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

$\Sigma L_n$ , tránsito acumulado al cabo de  $n$  años de servicio, ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton

Fig 6. Ejemplo: gráfica para estimar el coeficiente de acumulación del tránsito

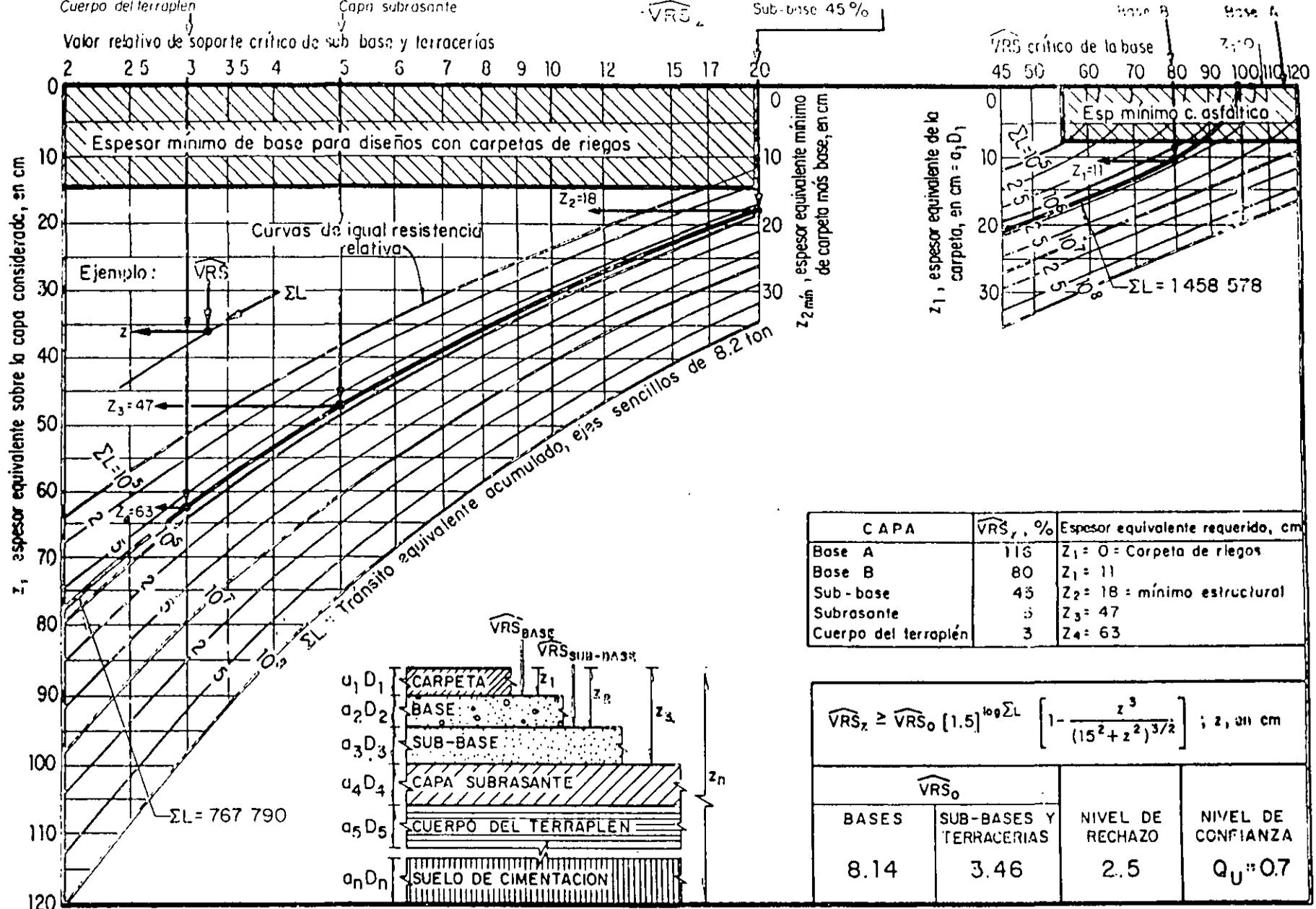
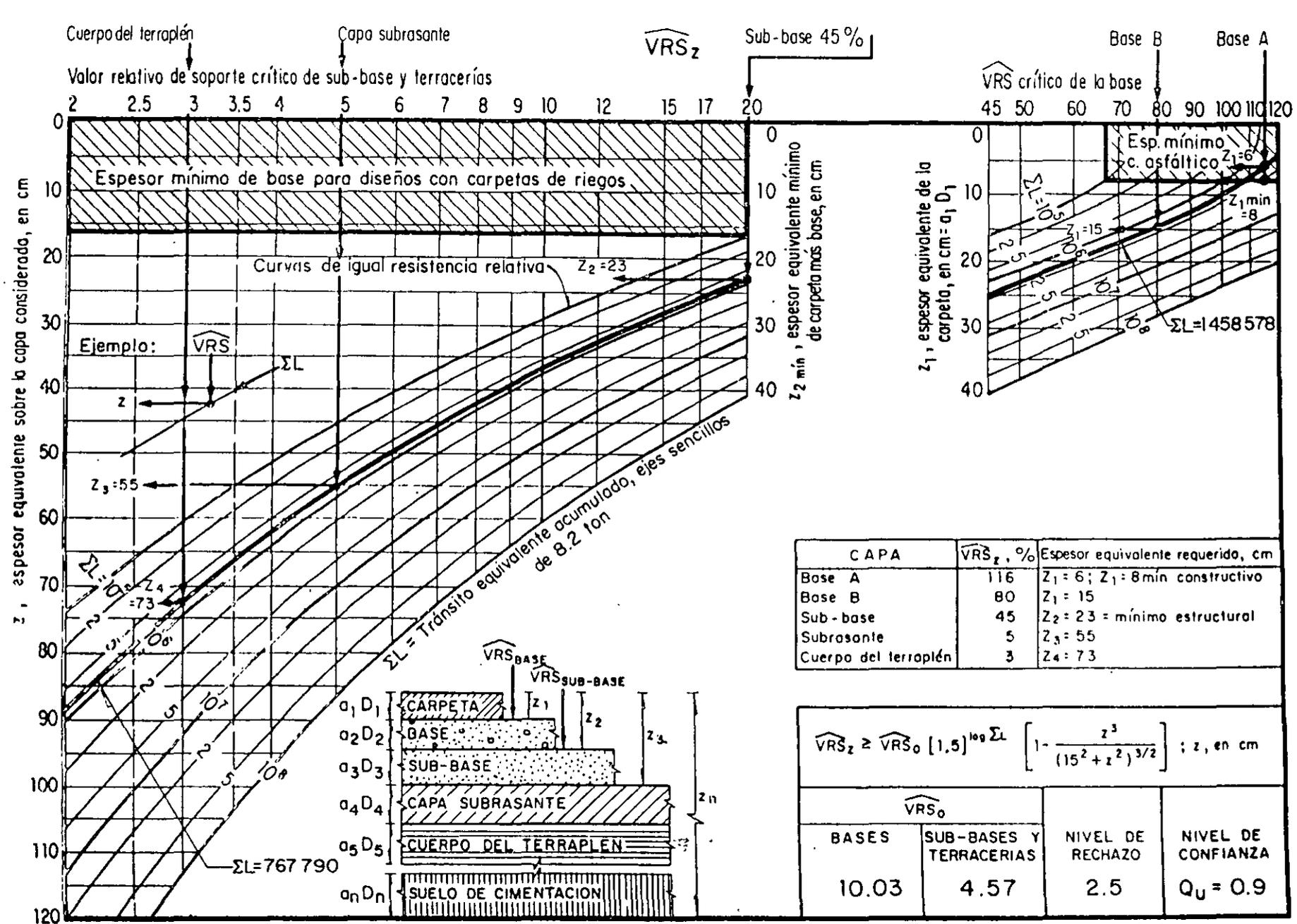


Fig 7. Ejemplo: gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible



CAPA	$\widehat{VRS}_z, \%$	Espesor equivalente requerido, cm
Base A	116	$Z_1 = 6; Z_1 = 8 \text{ min constructivo}$
Base B	80	$Z_1 = 15$
Sub-base	45	$Z_2 = 23 = \text{mínimo estructural}$
Subrasante	5	$Z_3 = 55$
Cuerpo del terraplén	3	$Z_4 = 73$

$$\widehat{VRS}_z \geq \widehat{VRS}_0 [1.5]^{\log \Sigma L} \left[ 1 - \frac{z^3}{(15^2 + z^2)^{3/2}} \right]; z, \text{ en cm}$$

$\widehat{VRS}_0$		NIVEL DE RECHAZO	NIVEL DE CONFIANZA
BASES	SUB-BASES Y TERRACERIAS		
10.03	4.57	2.5	$Q_U = 0.9$

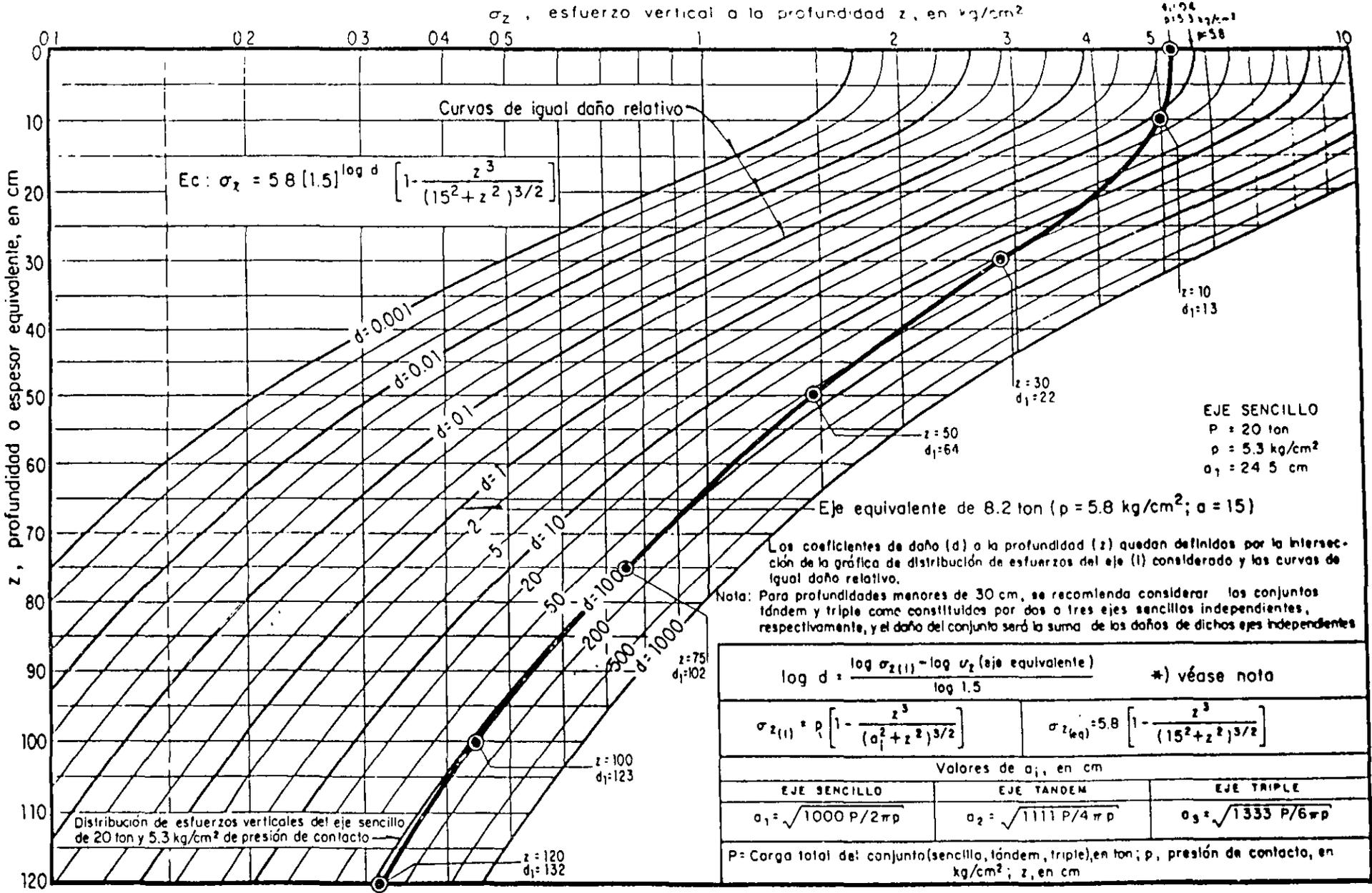


Fig 9. Ejemplo: coeficientes de daño por tránsito

## METODO AASHTO:

$$\log W_{18} = z_R * s_o + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log[(\Delta PSI)/(4.2-1.5)]}{0.40 + [1094/(SN+1)^{5.19}]} + 2.32 * \log M_R - 8.07$$

$W_{18}$  = Número de aplicaciones de carga de un eje sencillo de 18 kip.

$z_R$  = Nivel de confianza.

$s_o$  = Desviación estándar combinada de las predicciones del tránsito y de las predicciones del comportamiento.

SN = Espesor equivalente.

$\Delta PSI$  = Reducción del índice de servicio.

4.2 = Máximo valor dado al índice de servicio.

1.5 = Valor del índice de servicio cuando se considera que el pavimento es inservible.

$M_R$  = Módulo de resiliencia de la subrasante.

$P_t$  = Valor final del índice de servicio (nivel de rechazo); generalmente se toma de 2.5

---

$$W_t = f(\text{PSF}, \text{RSF}, \text{CRF}, \text{PCF})$$

$W_t$  = No. de Ejes Equivalentes que se pueden soportar antes de alcanzar el nivel de rechazo.

PSF = Factores relativos a la estructura del pavimento.

RSF = Factores relativos a la capacidad de la subrasante o capa de apoyo.

CRF = Factores relacionados con el clima.

PCF = Factores relacionados con las condiciones de servicio del pavimento.

---

State of the art procedures for rehabilitation of pavement structures without overlay, including drainage and the use of recycled material, are emphasized in Part III. These techniques represent an alternative to overlays which can reduce long-term costs and satisfy design constraints associated with specific design situations.

As an adjunct to pavement rehabilitation it is important to first determine what is wrong with the existing pavement structure. Details of the method for interpretation of the information are contained in Part III. A procedure for measuring or evaluating the condition of a pavement is given in Appendix K and Reference 1. It is beyond the scope of this Guide to discuss further the merits of different methods and equipment which can be used to evaluate the condition of a pavement. However, it is considered essential that a detailed condition survey be made before a set of plans and specifications are developed for a specific project. If at all possible, the designer should participate in the condition survey. In this way, it will be possible to determine if special treatments or methods may be appropriate for site conditions, specifically, if conditions warrant consideration of detailed investigations pertinent to the need for added drainage features.

Part IV of this Guide provides a framework for future developments for the design of pavement structures using mechanistic design procedures. The benefits associated with the development of these methods are discussed; a summary of existing procedures and a framework for development are the major concerns of that portion of the Guide.

## 1.2 DESIGN CONSIDERATIONS

The method of design provided in this Guide includes consideration of the following items:

- (1) pavement performance,
- (2) traffic,
- (3) roadbed soil,
- (4) materials of construction,
- (5) environment,
- (6) drainage,
- (7) reliability,
- (8) life-cycle costs, and
- (9) shoulder design.

Each of these factors is discussed in Part I. Parts II, III, and IV carry these concepts and procedures forward and incorporate each into a pavement structure design methodology.

It is worth noting again that while the Guide describes and provides a specific method which can be used for the determination of alternate design or rehabilitation recommendations for the pavement structure, there are a number of considerations which are left to the user for final determination, e.g., drainage coefficients, environmental factors, and terminal serviceability.

The Guide by its very nature cannot possibly include all of the site specific conditions that occur in each region of the United States. It is therefore necessary for the user to adapt local experience to the use of the Guide. For example, local materials and environment can vary over an extremely wide range within a state and between states.

The Guide attempts to provide procedures for evaluating materials and environment; however, in the case where the Guide is at variance with proven and documented local experience, the proven experience should prevail. *The designer will need to concentrate on some aspects of design which are not always covered in detail in the Guide.* For example, material requirements and construction specifications are not detailed in this Guide and yet they are an important consideration in the overall design of a pavement structure. The specifics of joint design and joint spacing will need careful consideration. The effect of seasonal variations on material properties and careful evaluation of traffic for the designed project are details which the designer should investigate thoroughly.

The basic design equations used for flexible and rigid pavements in this Guide are as follows:

### Flexible Pavements

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad (1.2.1)$$

where

- $W_{18}$  = predicted number of 18-kip equivalent single axle load applications,  
 $Z_R$  = standard normal deviate,  
 $S_o$  = combined standard error of the traffic prediction and performance prediction,

$\Delta$ PSI = difference between the initial design serviceability index,  $p_o$ , and the design terminal serviceability index,  $p_t$ , and  
 $M_R$  = resilient modulus (psi).

SN is equal to the structural number indicative of the total pavement thickness required:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

where

$a_i$  =  $i^{\text{th}}$  layer coefficient,  
 $D_i$  =  $i^{\text{th}}$  layer thickness (inches), and  
 $m_i$  =  $i^{\text{th}}$  layer drainage coefficient.

### Rigid Pavements

$$\begin{aligned} \log_{10}(W_{18}) = & Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) \\ & - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 \times p_t) \\ & \times \log_{10} \left[ \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right] \end{aligned} \quad (1.2.2)$$

where

$W_{18}$  = predicted number of 18-kip equivalent single axle load applications,  
 $Z_R$  = standard normal deviate,  
 $S_o$  = combined standard error of the traffic prediction and performance prediction,  
 $D$  = thickness (inches) of pavement slab,  
 $\Delta$ PSI = difference between the initial design serviceability index,  $p_o$ , and the design terminal serviceability index,  $p_t$ ,  
 $S'_c$  = modulus of rupture (psi) for portland cement concrete used on a specific project,  
 $J$  = load transfer coefficient used to adjust for load transfer characteristics of a specific design,  
 $C_d$  = drainage coefficient,

$E_c$  = modulus of elasticity (psi) for portland cement concrete, and  
 $k$  = modulus of subgrade reaction (pci).

The design nomographs presented in Part II solve these equations for the structural number (SN) for flexible pavements and thickness of the pavement slab for rigid pavements.

The structural number is an abstract number expressing the structural strength of a pavement required for given combinations of soil support ( $M_R$ ), total traffic expressed in equivalent 18-kip single axle loads, terminal serviceability, and environment. The required SN must be converted to actual thickness of surfacing, base and subbase, by means of appropriate layer coefficients representing the relative strength of the construction materials. Average values of layer coefficients for materials used in the AASHO Road Test are as follows:

Asphaltic concrete surface course	— 44
Crushed stone base course	— 14
Sandy gravel subbase	— 11

The layer coefficients given in Part II are based on extensive analyses summarized in NCHRP Report 128, "Evaluation of AASHTO Guide for Design of Pavement Structures," (1972). In effect, the layer coefficients are based on the elastic modulus  $M_R$  and have been determined based on stress and strain calculations in a multilayered pavement system. Using these concepts, the layer coefficient may be adjusted, increased, or decreased in order to maintain a constant value of stress or strain required to provide comparable performance.

Part II details how each of the design considerations are to be treated in selecting the SN value and how to decompose SN into layers according to material properties and function, i.e., surface, base, subbase, and so forth. The pavement slab thickness, in inches, is provided directly from the design nomographs.

It is important to recognize that equations (1.2.1) and (1.2.2) were derived from empirical information obtained at the AASHO Road Test. As such, these equations represent a best fit to observations at the Road Test. The solution represents the mean value of traffic which can be carried given specific inputs. In other words, there would be a 50-percent chance that the actual traffic to terminal serviceability could be more or less than predicted. In order to decrease the risk of premature deterioration below acceptable levels of serviceability, a reliability factor is included

- $D_L$  = a lane distribution factor, expressed as a ratio, that accounts for distribution of traffic when two or more lanes are available in one direction, and
- $w_{18}$  = the cumulative two-directional 18-kip ESAL units predicted for a specific section of highway during the analysis period (from the planning group).

Although the  $D_D$  factor is generally 0.5 (50 percent) for most roadways, there are instances where more weight may be moving in one direction than the other. Thus, the side with heavier vehicles should be designed for a greater number of ESAL units. Experience has shown that  $D_D$  may vary from 0.3 to 0.7, depending on which direction is "loaded" and which is "unloaded."

For the  $D_L$  factor, the following table may be used as a guide:

Number of Lanes in Each Direction	Percent of 18-kip ESAL in Design Lane
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

### 2.1.3 Reliability

Reliability concepts were introduced in Chapter 4 of Part I and are developed fully in Appendix EE of Volume 2. Basically, it is a means of incorporating some degree of certainty into the design process to ensure that the various design alternatives will last the analysis period. The reliability design factor accounts for chance variations in both traffic prediction ( $w_{18}$ ) and the performance prediction ( $W_{18}$ ), and therefore provides a predetermined level of assurance (R) that pavement sections will survive the period for which they were designed.

Generally, as the volume of traffic, difficulty of diverting traffic, and public expectation of availability increases, the risk of not performing to expectations must be minimized. This is accomplished by selecting higher levels of reliability. Table 2.2 presents recommended levels of reliability for various functional classifications. Note that the higher levels correspond

**Table 2.2. Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications**

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99.9	80-99.9
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

NOTE: Results based on a survey of the AASHTO Pavement Design Task Force.

to the facilities which receive the most use, while the lowest level, 50 percent, corresponds to local roads.

As explained in Part I, Chapter 4, design-performance reliability is controlled through the use of a reliability factor ( $F_R$ ) that is multiplied times the design period traffic prediction ( $w_{18}$ ) to produce design applications ( $W_{18}$ ) for the design equation. For a given reliability level (R), the reliability factor is a function of the overall standard deviation ( $S_o$ ) that accounts for both chance variation in the traffic prediction and normal variation in pavement performance prediction for a given  $W_{18}$ .

It is important to note that by treating design uncertainty as a separate factor, the designer should no longer use "conservative" estimates for all the other design input requirements. Rather than conservative values, the designer should use his best estimate of the mean or average value for each input value. The selected level of reliability and overall standard deviation will account for the combined effect of the variation of all the design variables.

Application of the reliability concept requires the following steps:

- (1) Define the functional classification of the facility and determine whether a rural or urban condition exists.
- (2) Select a reliability level from the range given in Table 2.2. The greater the value of reliability, the more pavement structure required.
- (3) A standard deviation ( $S_o$ ) should be selected that is representative of local conditions. Values of  $S_o$  developed at the AASHTO Road Test did not include traffic error. However, the performance prediction error developed at the Road Test was .25 for rigid and .35 for flexible pavements. This corresponds to a total stand-

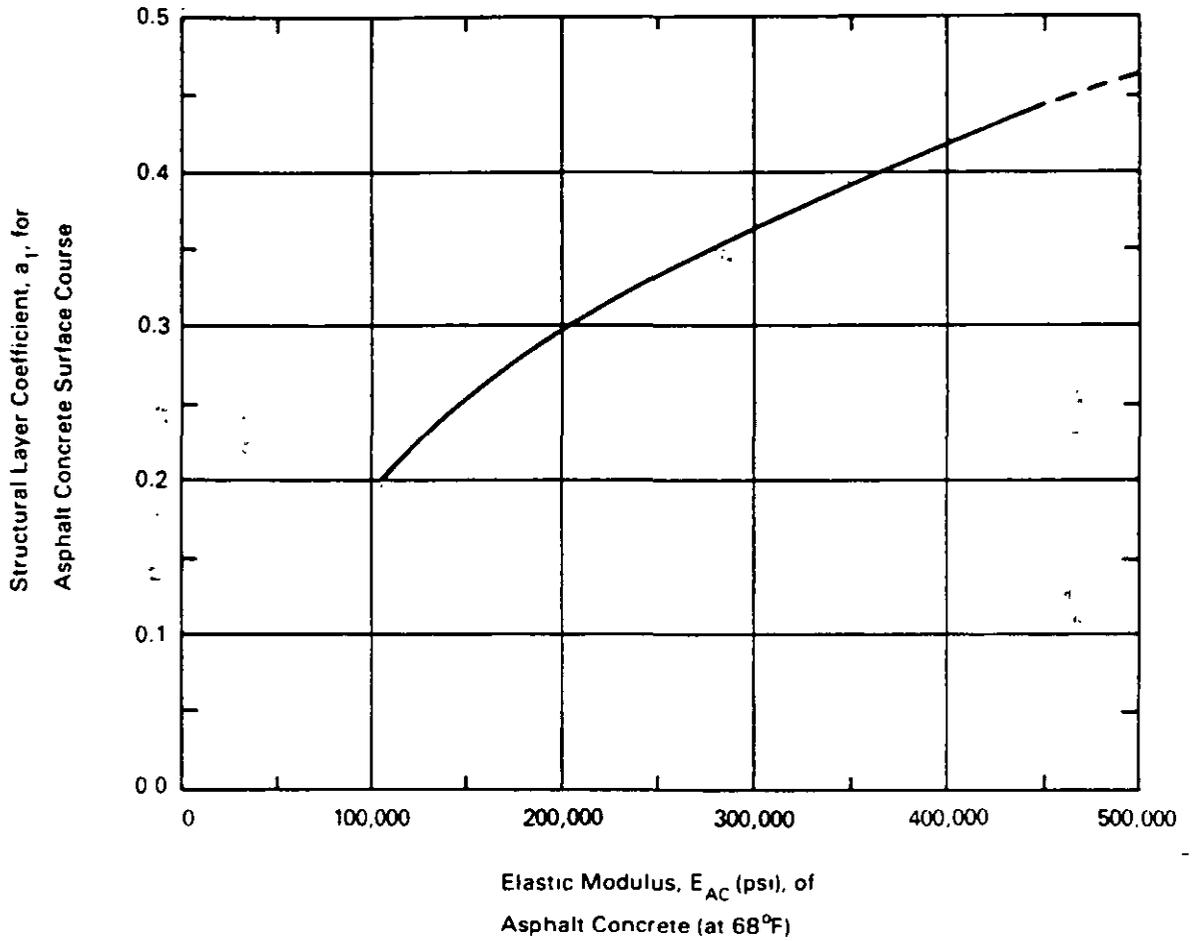
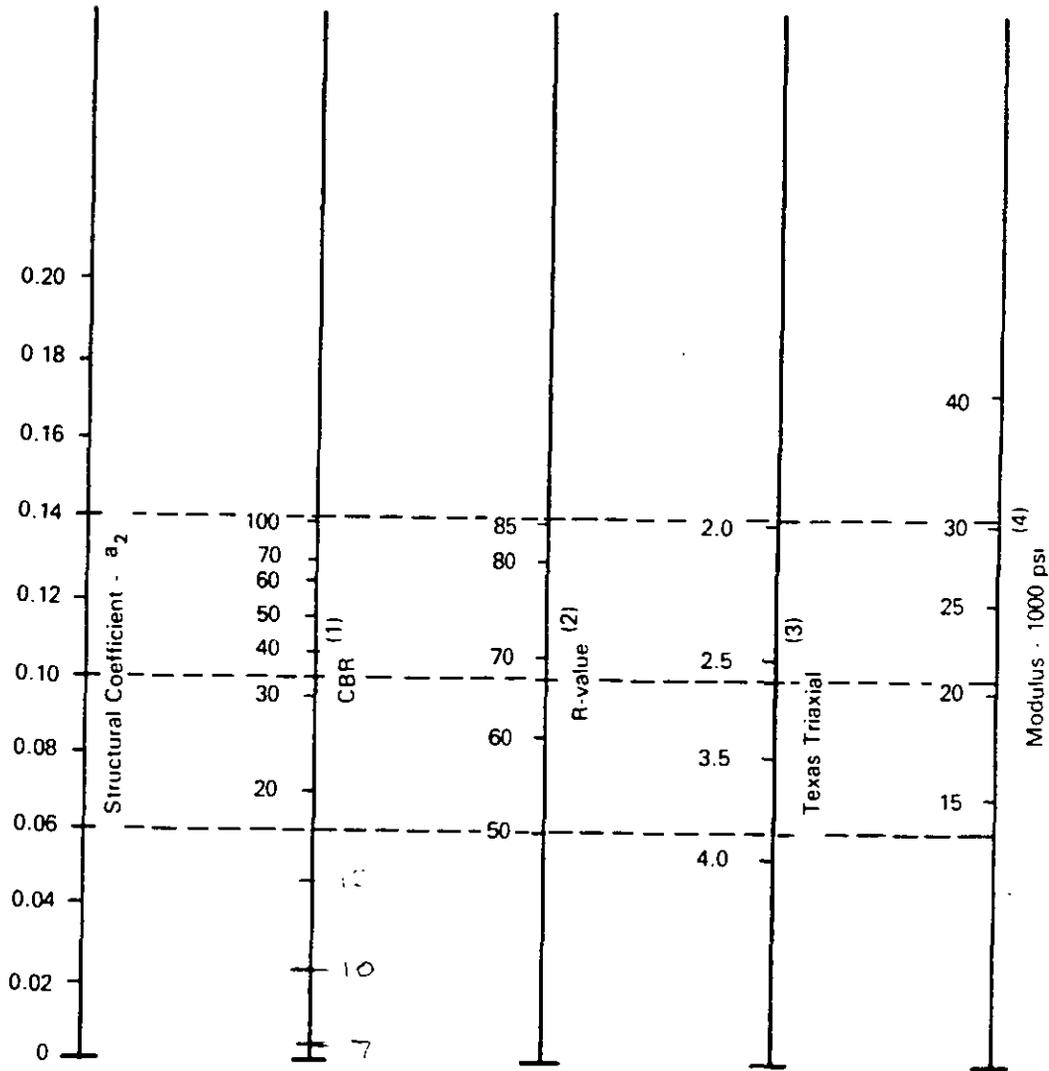
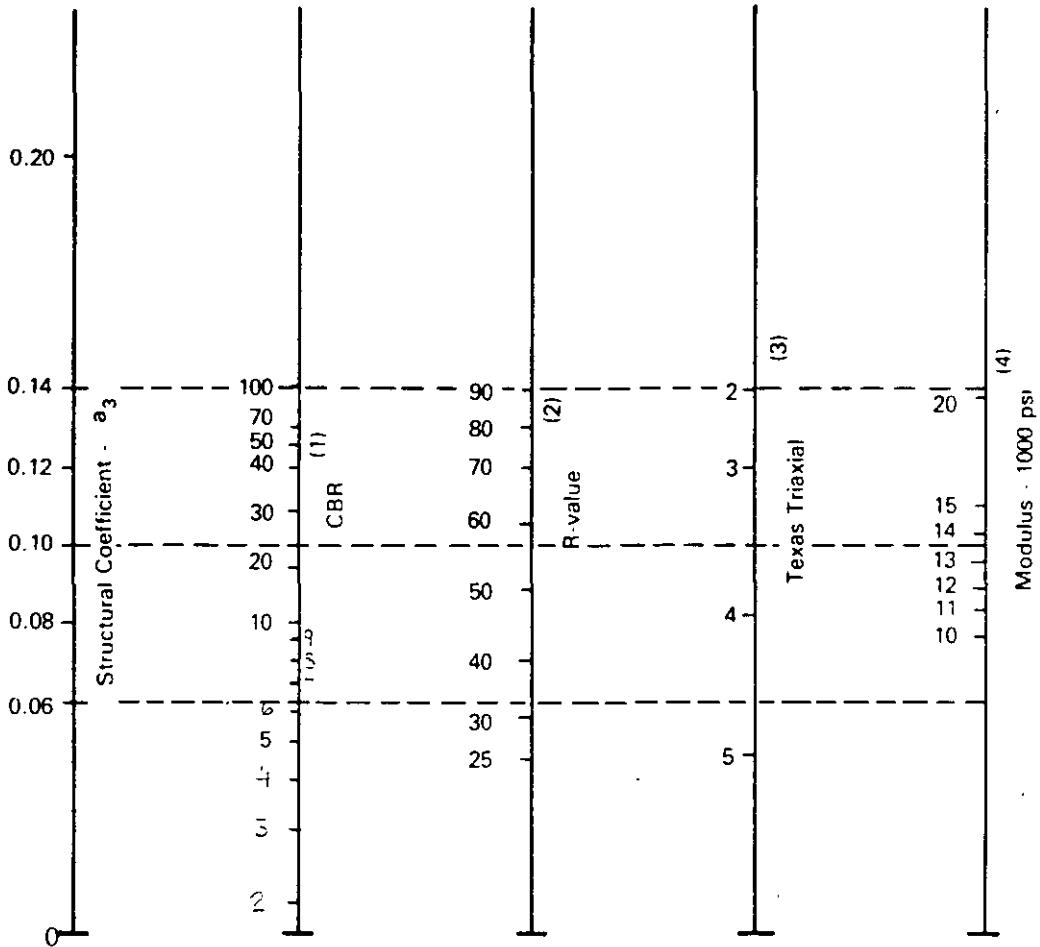


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

**Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient ( $a_2$ ) with Various Base Strength Parameters (3)**



- (1) Scale derived from correlations from Illinois.
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas.
- (4) Scale derived on NCHRP project (3).

**Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient ( $a_3$ ) with Various Subbase Strength Parameters (3)**

The  $E_{SB}$  versus  $a_2$  relationship (5) similar to that for granular base materials is as follows:

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

For aggregate subbase layers,  $E_{SB}$  is affected by stress state ( $\theta$ ) in a fashion similar to that for the base layer. Typical values for  $k_1$  range from 1,500 to 6,000, while  $k_2$  varies from 0.4 to 0.6. Values for the AASHO Road Test subbase material were (13):

Moisture State	Developed Relationship	Stress State (psi)		
		$\theta = 5$	$\theta = 7.5$	$\theta = 10$
Damp	$M_R = 5,400\theta^{0.6}$	14,183	18,090	21,497
Wet	$M_R = 4,600\theta^{0.6}$	12,082	15,410	18,312

As with the base layers, each agency is encouraged to develop relationships for their specific materials; however, in lieu of this data, the values in Table 2.3 can be used.

Stress states ( $\theta$ ) which can be used as a guide to select the modulus value for subbase thicknesses between 6 and 12 inches are as follows:

Asphalt Concrete Thickness (inches)	Stress State (psi)
Less than 2	10.0
2-4	7.5
Greater than 4	5.0

**Cement-Treated Bases.** Figure 2.8 provides a chart that may be used to estimate the structural layer coefficient,  $a_2$ , for a cement-treated base material from either its elastic modulus,  $E_{BS}$ , or, alternatively, its 7-day unconfined compressive strength (ASTM D 1633).

**Bituminous-Treated Bases.** Figure 2.9 presents a chart that may be used to estimate the structural layer coefficient,  $a_2$ , for a bituminous-treated base material from either its elastic modulus,  $E_{BS}$ , or, alternatively, its Marshall stability (AASHTO T 245, ASTM D 1559). This is not shown in Figure 2.9.

## 2.4 PAVEMENT STRUCTURAL CHARACTERISTICS

### 2.4.1 Drainage

This section describes the selection of inputs to treat the effects of certain levels of drainage on predicted pavement performance. Guidance is not provided here for any detailed drainage designs or construction methods. Furthermore, criteria on the ability of various drainage methods to remove moisture from the pavement are not provided. It is up to the design engineer to identify what level (or quality) of drainage is achieved under a specific set of drainage conditions. Below are the general definitions corresponding to different drainage levels from the pavement structure:

Quality of Drainage	Water Removed Within
Excellent	2 hours
Good	1 day
Fair	1 week
Poor	1 month
Very poor	(water will not drain)

For comparison purposes, the drainage conditions at the AASHO Road Test are considered to be fair, i.e., free water was removed within 1 week.

**Flexible Pavements.** The treatment for the expected level of drainage for a flexible pavement is through the use of modified layer coefficients (e.g., a higher effective layer coefficient would be used for improved drainage conditions). The factor for modifying the layer coefficient is referred to as an  $m_1$  value and has been integrated into the structural number (SN) equation along with layer coefficient ( $a_i$ ) and thickness ( $D_i$ ); thus:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

(The possible effect of drainage on the asphalt concrete surface course is not considered.) The conversion of the structural number into actual pavement layer thicknesses is discussed in more detail in Part II, Chapter 3.

Table 2.4 presents the recommended  $m_1$  values as a function of the quality of drainage and the percent time during the year the pavement structure will normally be exposed to moisture levels approaching

**Table 2.4. Recommended  $m_i$  Values for Modifying Structural Layer Coefficients of Untreated Base and Subbase Materials in Flexible Pavements**

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	Greater Than 25%
Excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

saturation. Obviously, the latter is dependent on the average yearly rainfall and the prevailing drainage conditions. As a basis for comparison, the  $m_i$  value for conditions at the AASHO Road Test is 1.0, regardless of the type of material. A discussion of how these recommended  $m_i$  values were derived is presented in Appendix DD of Volume 2.

Finally, it is also important to note that these values apply *only* to the effects of drainage on untreated base and subbase layers. Although improved drainage is certainly beneficial to stabilized or treated materials, the effects on performance of flexible pavements are not as profound as those quantified in Table 2.4.

**Rigid Pavements.** The treatment for the expected level of drainage for a rigid pavement is through the use of a drainage coefficient,  $C_d$ , in the performance equation. (It has an effect similar to that of the load transfer coefficient,  $J$ .) As a basis for comparison, the value for  $C_d$  for conditions at the AASHO Road Test is 1.0.

Table 2.5 provides the recommended  $C_d$  values, depending on the quality of drainage and the percent of time during the year the pavement structure would normally be exposed to moisture levels approaching saturation. As before, the latter is dependent on the average yearly rainfall and the prevailing drainage conditions. A discussion of how these recommended  $C_d$  values were derived is also presented in Appendix DD of Volume 2.

#### 2.4.2 Load Transfer

The load transfer coefficient,  $J$ , is a factor used in rigid pavement design to account for the ability of a concrete pavement structure to transfer (distribute)

load across discontinuities, such as joints or cracks. Load transfer devices, aggregate interlock, and the presence of tied concrete shoulders all have an effect on this value. Generally, the  $J$ -value for a given set of conditions (e.g., jointed concrete pavement with tied shoulders) increases as traffic loads increase since aggregate load transfer decreases with load repetitions. Table 2.6 establishes ranges of load transfer coefficients for different conditions developed from experience and mechanistic stress analysis. As a general guide for the range of  $J$ -values, higher  $J$ 's should be used with low  $k$ -values, high thermal coefficients, and large variations of temperature. (The development of the  $J$ -factor terms is provided in Appendix KK of Volume 2.) Each agency should, however, develop criteria for their own aggregates, climatic conditions, etc.

If dowels are used, the size and spacing should be determined by the local agency's procedures and/or experience. As a general guideline, the dowel diameter should be equal to the slab thickness multiplied by  $1/8$  inch (e.g., for a 10-inch pavement, the diameter is  $1\frac{1}{4}$  inch. The dowel spacing and length are normally 12 inches and 18 inches, respectively.

**Jointed Pavements.** The value of  $J$  recommended for a plain jointed pavement (JCP) or jointed reinforced concrete pavement (JRCP) with some type of load transfer device (such as dowel bars) at the joints is 3.2 ("protected corner" condition at the AASHO Road Test). This value is indicative of the load transfer of jointed pavements without tied concrete shoulders.

For jointed pavements without load transfer devices at the joints, a  $J$ -value of 3.8 to 4.4 is recommended. (This basically accounts for the higher bending stresses that develop in undowelled pavements, but also includes some consideration of the increased potential for faulting.) If the concrete has a high thermal

**Table 2.5. Recommended Values of Drainage Coefficient,  $C_d$ , for Rigid Pavement Design**

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than			Greater Than
	1%	1-5%	5-25%	25%
Excellent	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Good	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Fair	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Poor	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Very poor	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

coefficient, then the value of J should be increased. On the other hand, if few heavy trucks are anticipated such as a low-volume road, the J-value may be lowered since the loss of aggregate interlock will be less. Part I of this Guide provides some other general criteria for the consideration and/or design of expansion joints, contraction joints, longitudinal joints, load transfer devices, and tie bars in jointed pavements.

**Continuously Reinforced Pavements.** The value of J recommended for continuously reinforced concrete pavements (CRCP) without tied concrete shoulders is between 2.9 to 3.2, depending on the capability of aggregate interlock (at future transverse cracks) to transfer load. In the past, a commonly used J-value for CRCP was 3.2, but with better design for crack width control each agency should develop criteria based on local aggregates and temperature ranges.

**Tied Shoulders or Widened Outside Lanes.** One of the major advantages of using tied PCC shoulders (or widened outside lanes) is the reduction of slab

stress and increased service life they provide. To account for this, significantly lower J-values may be used for the design of both jointed and continuous pavements.

For continuously reinforced concrete pavements with tied concrete shoulders (the minimum bar size and maximum tie bar spacing should be the same as that for tie bars between lanes), the range of J is between 2.3 and 2.9, with a recommended value of 2.6. This value is considerably lower than that for the design of concrete pavements without tied shoulder, because of the significantly increased load distribution capability of concrete pavements with tied shoulders.

For jointed concrete pavements with dowels and tied shoulders, the value of J should be between 2.5 and 3.1 based on the agency's experience. The lower J-value for tied shoulders assumes traffic is not permitted to run on the shoulder.

NOTE. Experience has shown that a concrete shoulder of 3 feet or greater may be considered a tied shoulder. Pavements with monolithic or tied curb and gutter that provides additional stiffness and keeps

**Table 2.6. Recommended Load Transfer Coefficient for Various Pavement Types and Design Conditions**

Shoulder	Asphalt		Tied P.C.C.	
	Yes	No	Yes	No
Load Transfer Devices				
Pavement Type				
1. Plain jointed and jointed reinforced	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
2. CRCP	2.9-3.2	N/A	2.3-2.9	N/A

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} \frac{W}{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

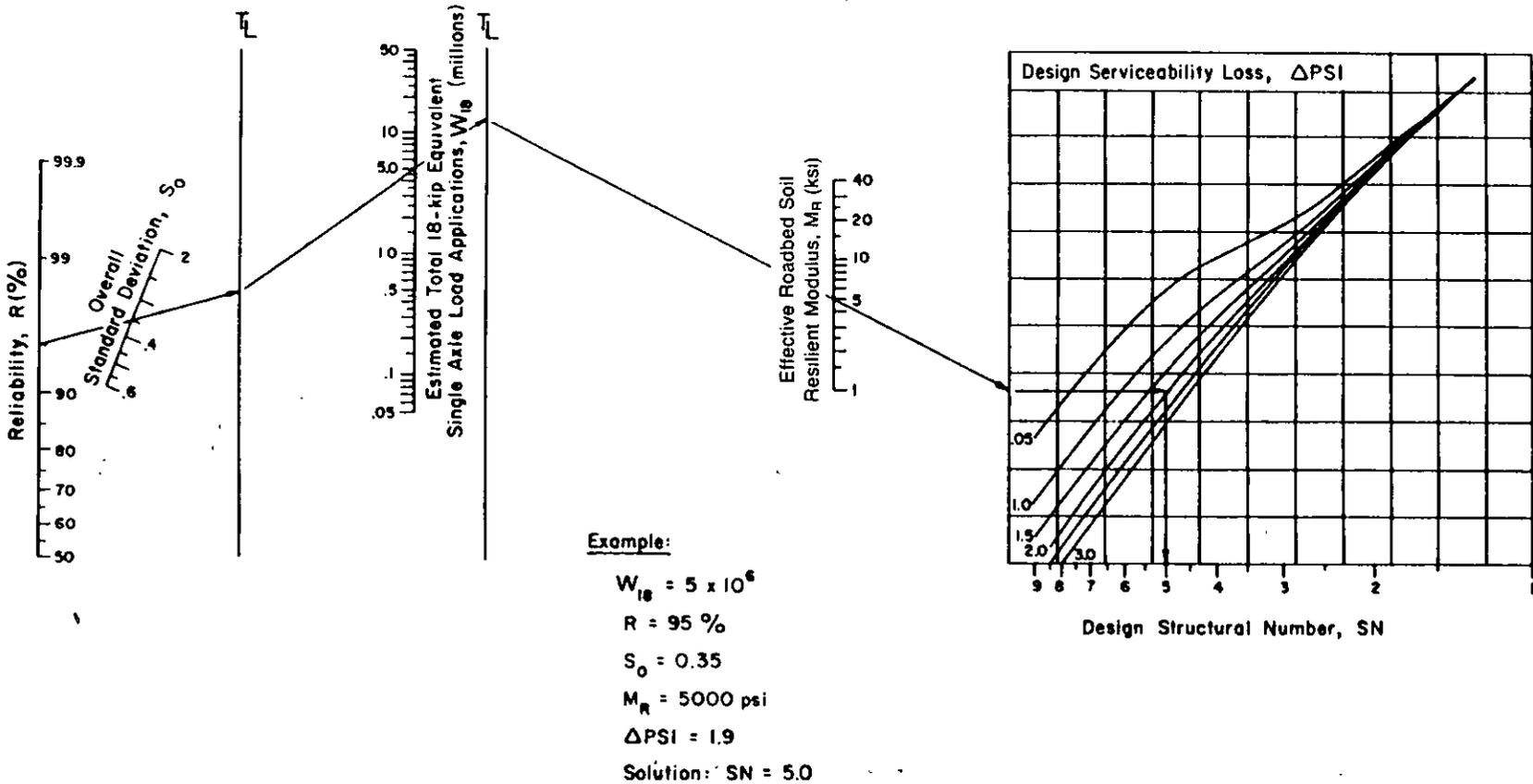
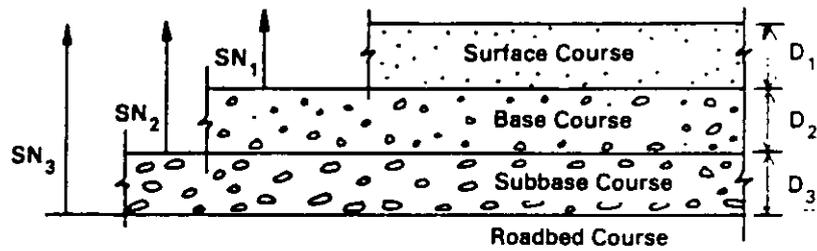


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

- 1) a, D, m and SN are as defined in the text and are minimum required values.
- 2) An asterisk with D or SN indicates that it represents the value actually used, which must be equal to or greater than the required value.

Figure 3.2. Procedure for Determining Thicknesses of Layers Using a Layered Analysis Approach

NOMOGRAPH SOLVES:

$$\log_{10} \frac{W_{18}}{18} = Z_R \cdot S_o + 7.35 \cdot \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{ PSI}}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \cdot 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_c) \cdot \log_{10} \left[ \frac{S'_c \cdot C_d \left[ D^{0.75} - 1.132 \right]}{215.63 \cdot J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

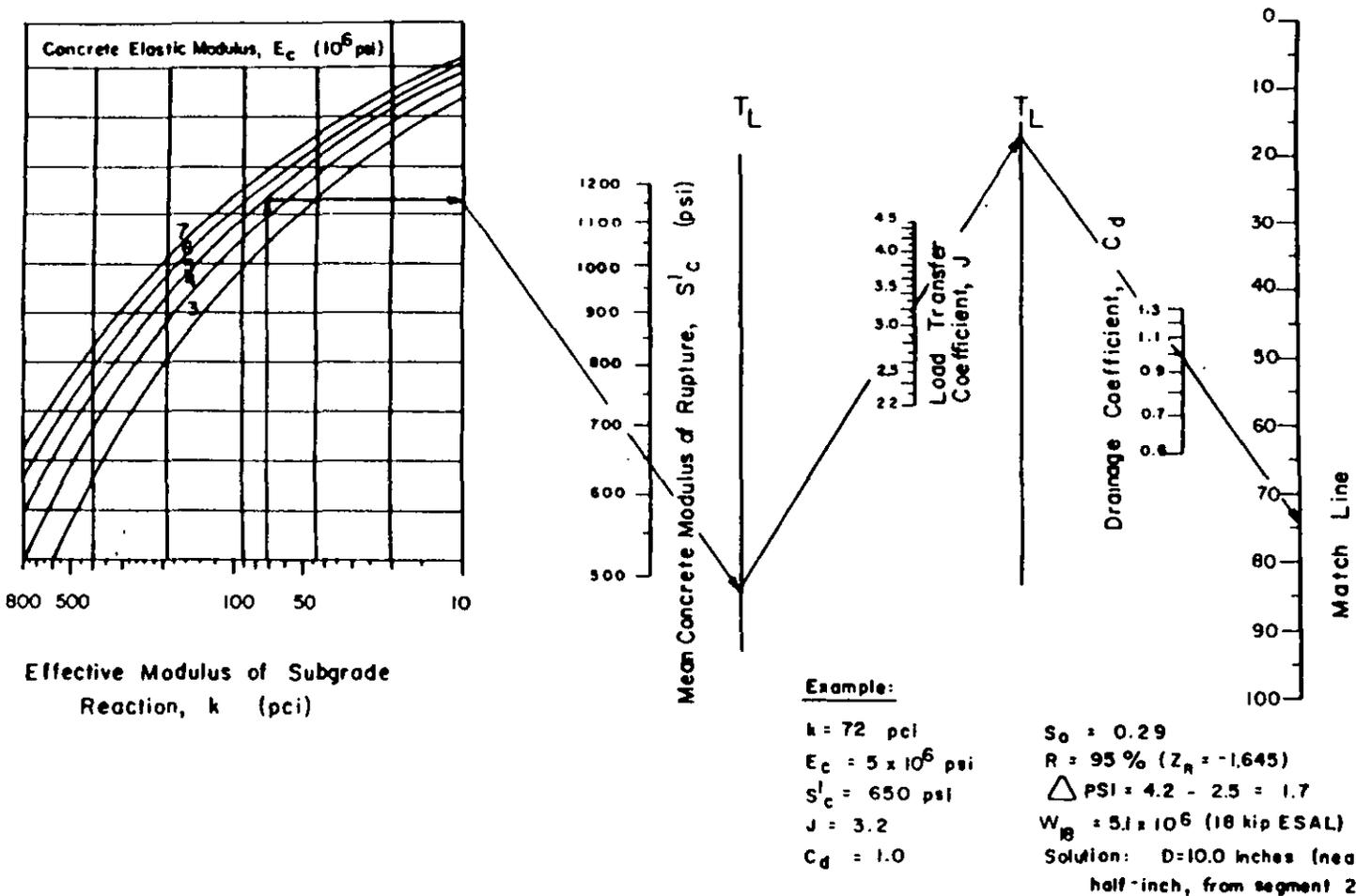


Figure 3.7. Design Chart for Rigid Pavement Based on Using Mean Values for Each Input Variable (Segment 1)

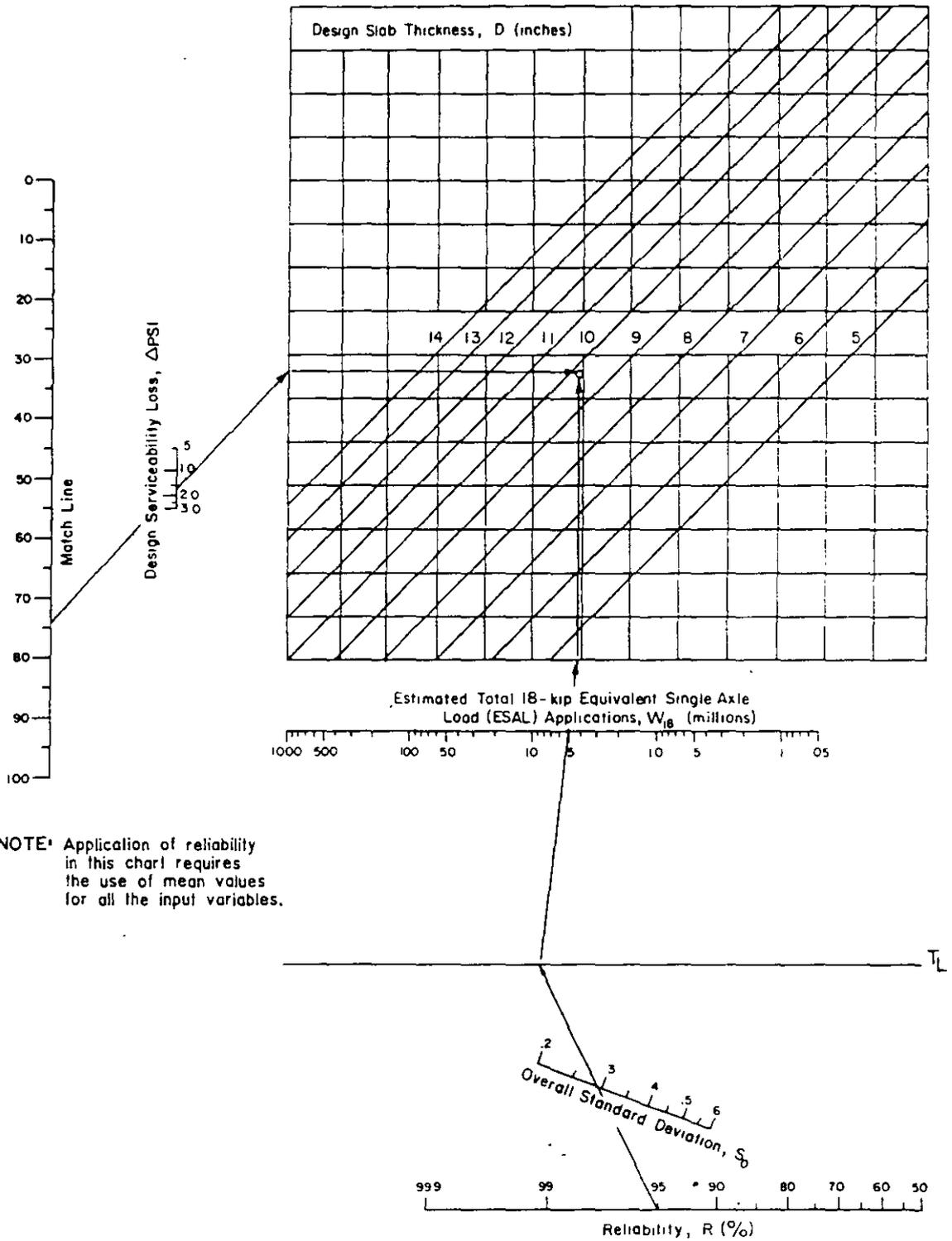


Figure 3.7. Continued—Design Chart for Rigid Pavements Based on Using Mean Values for Each Input Variable (Segment 2)

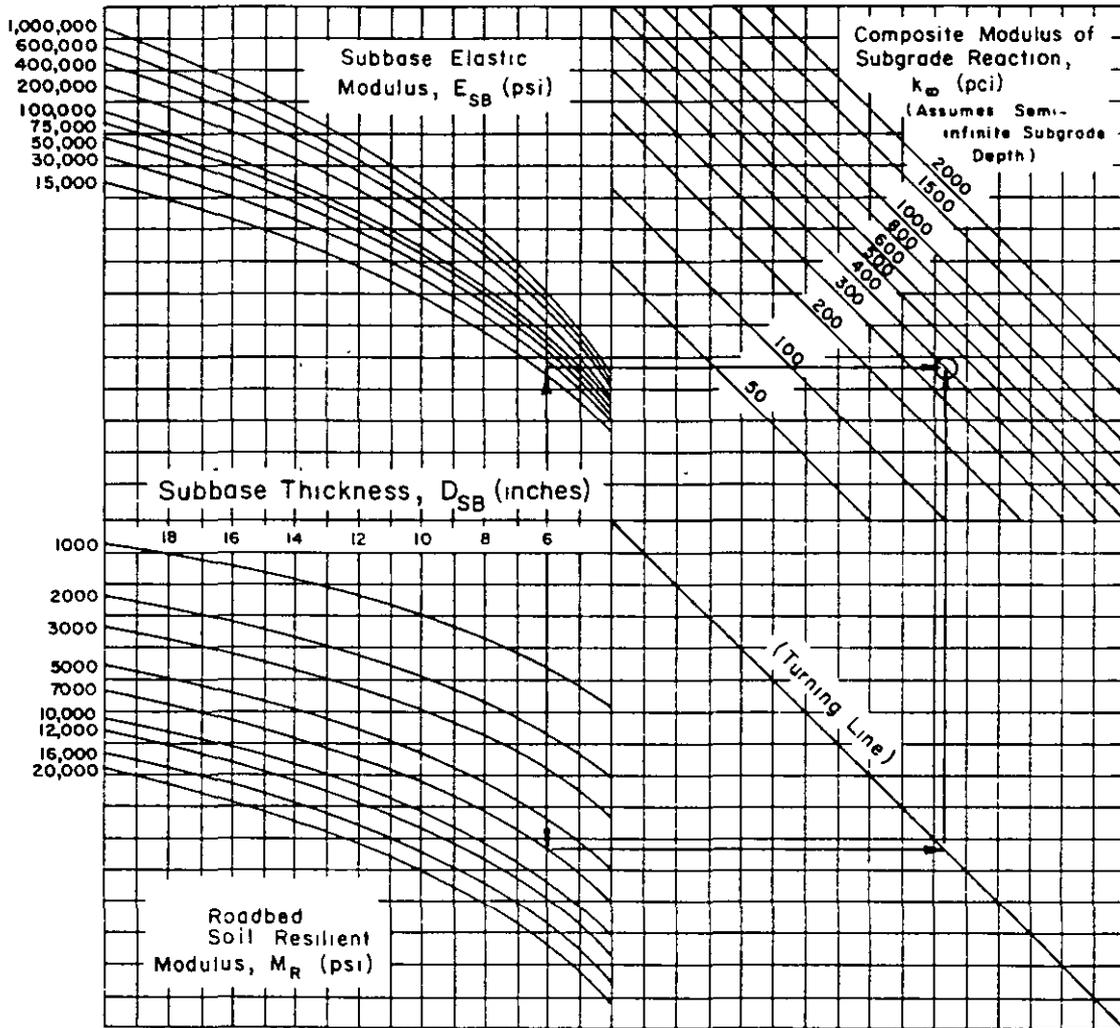
**Example:**

$D_{SB} = 6$  inches

$E_{SB} = 20,000$  psi

$M_R = 7,000$  psi

Solution:  $k_w = 400$  pci



**Figure 3.3.** Chart for Estimating Composite Modulus of Subgrade Reaction,  $k_w$ , Assuming a Semi-Infinite Subgrade Depth. (For practical purposes, a semi-infinite depth is considered to be greater than 10 feet below the surface of the subgrade.)

#### 4.04 DETERMINING DESIGN EAL

These steps outline the procedure for determining Design EAL:

- (1) Determine the average number of each type of vehicle expected on the Design Lane during the first year of traffic.
- (2) Determine, from axle-weight data, or select from Table IV-5, a Truck Factor for each vehicle type found in step (1).
- (3) Select, from Table IV-3, a single Growth Factor for all vehicles, or separate Growth Factors for each vehicle type, as appropriate for the design period.
- (4) Multiply the number of vehicles of each type times the Truck Factor and the Growth Factor (or Factors) determined in steps (2) and (3).
- (5) Sum the values determined to obtain Design EAL.

Figure IV-3 is an example of a worksheet showing the calculation of Design EAL for a four-lane rural highway following the procedure outlined here.

Location: <u>Four-Lane Interstate Rural Highway</u>				Design Period: <u>20 Years</u>		
Vehicle Type	Number of Vehicles (per year) 1*	Truck Factor 2	4% Growth Factor 3	EAL [1 X 2 X 3] 4		
<b>Single-Unit Trucks</b>						
2-Axle, 4-Tire	84,700	X 0.003	X 29.8	=	7,600	
2-Axle, 6-Tire	15,800	X 0.21	X 29.8	=	98,900	
3-Axle or More	4,000	X 0.61	X 29.8	=	72,700	
All Singles	104,500		<b>Subtotal</b>		179,200	
<b>Tractor Semi-Trailers and Combinations</b>						
4-Axle or Less	9,800	X 0.62	X 29.8	=	181,100	
5-Axle	80,800	X 1.09	X 29.8	=	2,624,500	
6-Axle or More	7,000	X 1.23	X 29.8	=	256,600	
All Tractors, Etc.	92,600		<b>Subtotal</b>		3,062,200	
All Trucks	197,100		<b>Design EAL = Total</b>		3,241,400	

\*Based on AADT = 5,000 during first year of traffic. 45 percent in the Design Lane. 24 percent trucks.

Figure IV-3. Example worksheet for traffic analysis.

Another factor that could be considered in determining the Design EAL is the detrimental effect of higher tire contact pressures. If actual truck tire measurements indicate that inflation pressures are significantly above the standard loading condition (70 psi), then the adjustment factors from Figure IV-4 may be used to modify the design traffic for this additional stress. This adjustment is made by multiplying the initial design EAL by the EAL Adjustment Factor (from the appropriate asphalt concrete thickness line) for each individual vehicle type or for the average truck condition. Typically, truck tire contact pressures equal about 90 percent of the tire inflation pressure.

highways and from 8 to more than 10 percent for some Interstate highways. In applying growth factors care should be taken that the capacity of the roadway is not exceeded. This could result in an unnecessarily conservative design.

Growth may be accounted for in design using the Growth Factors given in Table IV-3. These factors multiplied by the first-year traffic estimate (EAL) will give the total number of load repetitions expected during the Design Period.

**TABLE IV-3 GROWTH FACTOR\***

Design Period, Years (n)	Annual Growth Rate, Percent (r)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

\*Factor =  $\frac{(1 + r)^n - 1}{r}$ , where  $r = \frac{\text{rate}}{100}$  and is not zero. If Annual Growth is zero, Growth Factor = Design Period.

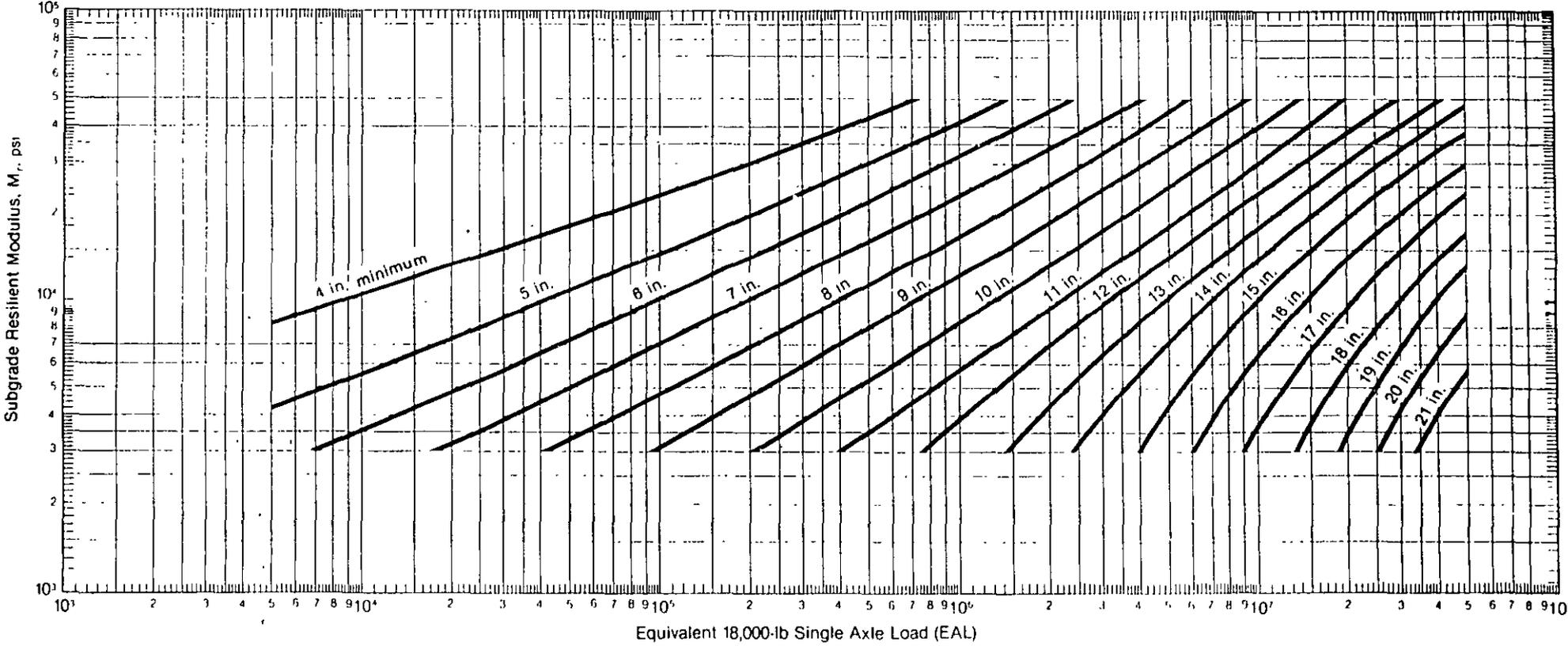
#### 4.03 ESTIMATING EAL

The recommended traffic analysis procedure determines the number of equivalent 80 kN (18,000 lb) single-axle load applications (EAL) to be used in the pavement thickness determination. These terms apply:

- *Truck Factor*—The number of equivalent 80 kN (18,000 lb) single-axle load applications contributed by one passage of a *vehicle*.
- *Load Equivalency Factor*—The number of equivalent 80 kN (18,000 lb) single-axle load applications contributed by one passage of an *axle*.
- *Number of vehicles*—Total number of vehicles involved.

# Full Depth Asphalt Concrete

MAAT 75°F



Design Chart A-31

58

55



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

**DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN  
Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

**1998**

**MÓDULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

---

**SUBMÓDULO**

**PLANEACIÓN**

**MODELOS DE JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

## A.1 INTRODUCCION

- Infraestructura carretera en México y su importancia
- Sistema Nacional de Carreteras, clasificación y estado físico
- Diagnóstico
- Objetivos Generales
- Estrategias de solución
- Confrontación oferta-demanda
- Elementos para la selección y programación de proyectos
- Operación, indicadores de servicio

# **INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MEXICO**

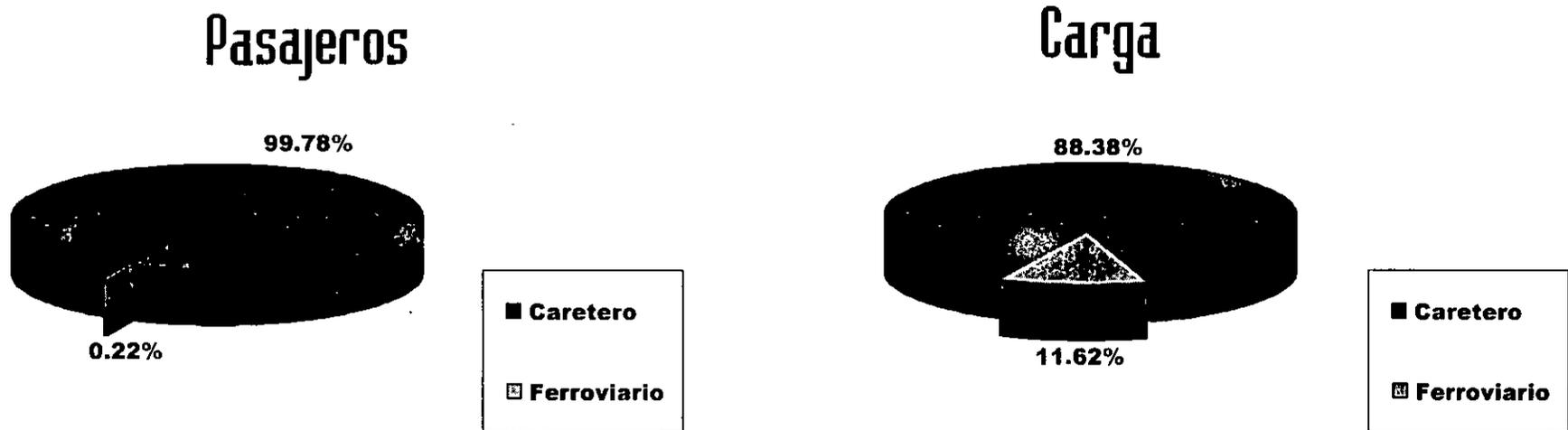
# **INFRAESTRUCTURA CARRETERA**

---

- El sistema nacional de carreteras representa el principal medio de transporte de personas y bienes en el país**
- Integra social, económica y culturalmente al país**
- Es el elemento fundamental de las cadenas de producción y distribución de mercancías en todo el territorio nacional y hacia el exterior**
- Tiene una extensión de 312,148 Km y comunica a las capitales de los estados, cabeceras municipales, zonas urbanas y rurales, puertos fronterizos y aeropuertos así como a centros de producción y consumo**
- Atiende al 99.8% del movimiento de pasajeros y al 88.4% de la carga terrestre**

# IMPORTANCIA DEL TRANSPORTE CARRETERO

**En México, el transporte carretero atiende la mayor parte del movimiento terrestre de pasajeros y carga:**



**En ambos casos, su participación en la atención del mercado doméstico se ha expandido durante los últimos 20 años.**

# SINTESIS DEL DIAGNOSTICO

---

- **Obsolescencia, deterioro e inseguridad crecientes en una red carretera que generan elevados sobrecostos para la economía nacional**
- **Tramos con especificaciones geométricas menores a las requeridas para atender los flujos vehiculares actuales**
- **Discontinuidades y falta de conexiones eficientes de la red troncal de altas especificaciones con las redes urbana y suburbana**
- **Cobertura incompleta de las redes troncal, alimentadora y rural**
- **Esquemas inadecuados para la ejecución de proyectos de caminos rurales, tanto de conservación como de construcción**

# SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS

Tipo de camino	LONGITUD (km)			Porcentaje del total
	Pavimentada (km)	No-pavim. (km)	Total (km)	
<b>Red Federal</b>	<b>47,957</b>	<b>767</b>	<b>48,723</b>	<b>15.6</b>
Carreteras libres (SCT)	41,853	767	42,620	88
Carreteras libres (CFE, FONATUR)	362	-	362	1
Autopistas de cuota	5,742	-	5,742	11
Operadas por CAPUFE	1,277	-	1,277	
Operadas por FARAC	2,832	-	2,832	
Concesionadas	1,633	-	1,633	
<b>Red Estatal</b>	<b>46,798</b>	<b>13,032</b>	<b>59,830</b>	<b>19.2</b>
Carreteras libres	46,161	13,032	59,193	99
Autopistas de cuota	637	-	637	1
<b>Caminos rurales</b>	<b>4,257</b>	<b>148,906</b>	<b>153,163</b>	<b>49.1</b>
Federal	1,496	62,868	64,364	42
Estatal	2,282	39,060	41,342	27
Otras	480	46,977	47,457	31
<b>Brechas</b>	<b>-</b>	<b>50,432</b>	<b>50,432</b>	<b>16.2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>99,012</b>	<b>213,136</b>	<b>312,148</b>	<b>100.0</b>

Fuente: S C T.- Dirección General de Evaluación

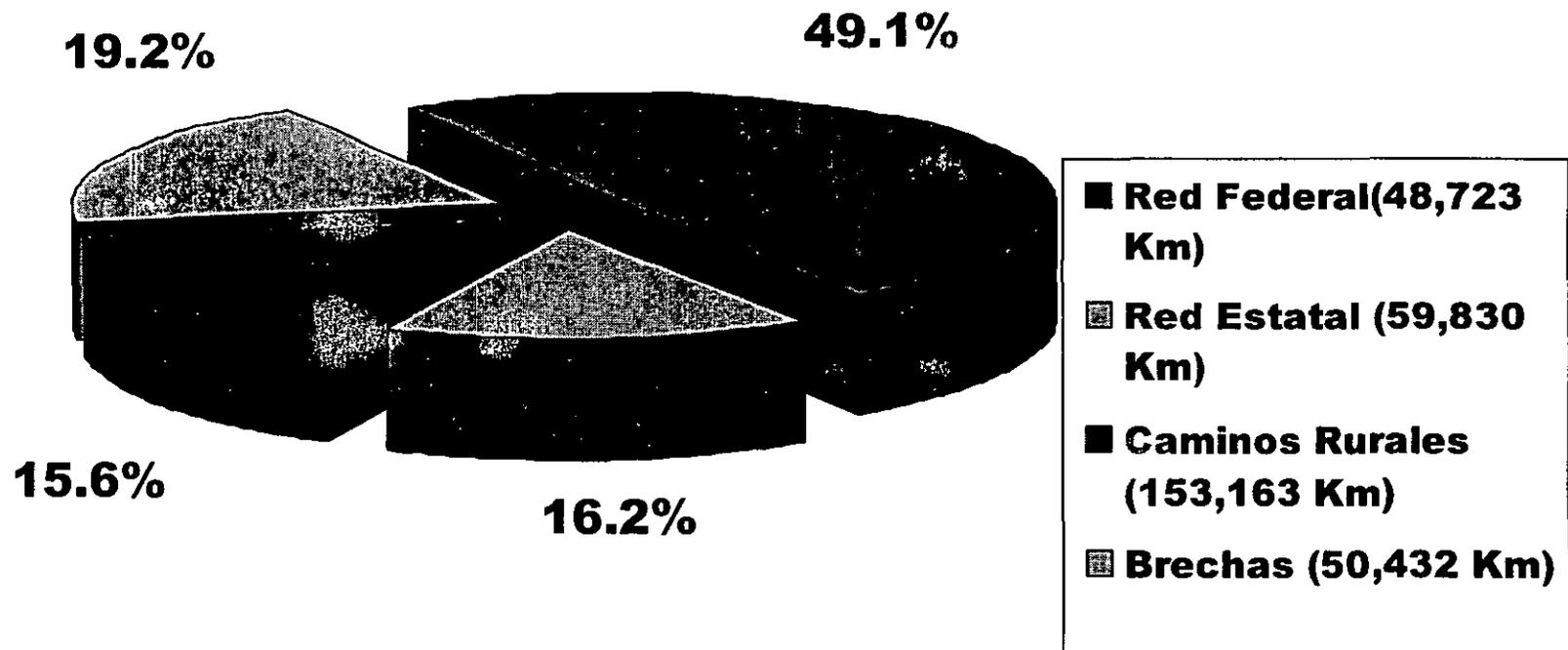
# SINTESIS DEL DIAGNOSTICO

---

- **Mecanismos financieros que no aseguran un flujo estable y suficiente de recursos para la conservación y el desarrollo de las carreteras**
- **Decisiones centralizadas que dificultan el adoptar acciones oportunas y pertinentes a nivel local**
- **Capacidad técnica disminuida, que compromete la economía, calidad y seguridad de la infraestructura carretera**

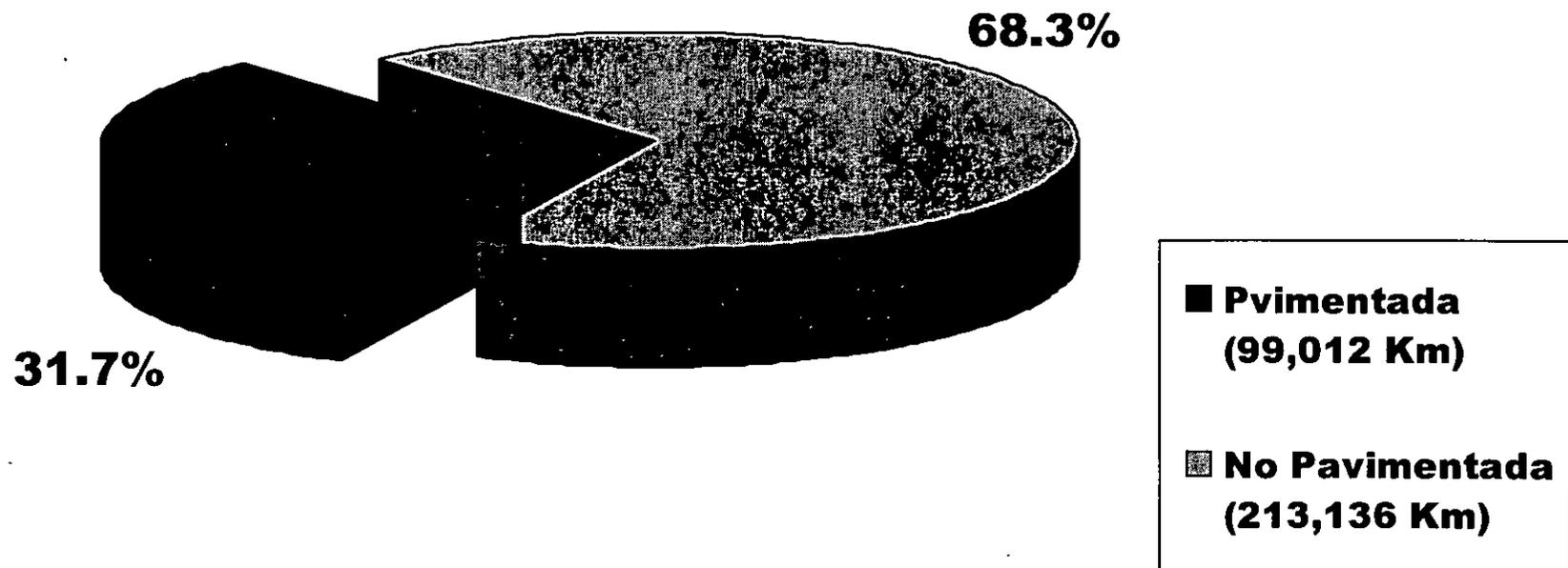
# SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS

➔ **312,148 kilómetros (1997)**



# SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS

➔ **312,148 kilómetros (1997)**



# OBJETIVOS GENERALES

---

- **Reducir los costos de operación de los vehículos**
- **Aumentar la seguridad de los usuarios de las carreteras**
- **Extender la capacidad de la red**

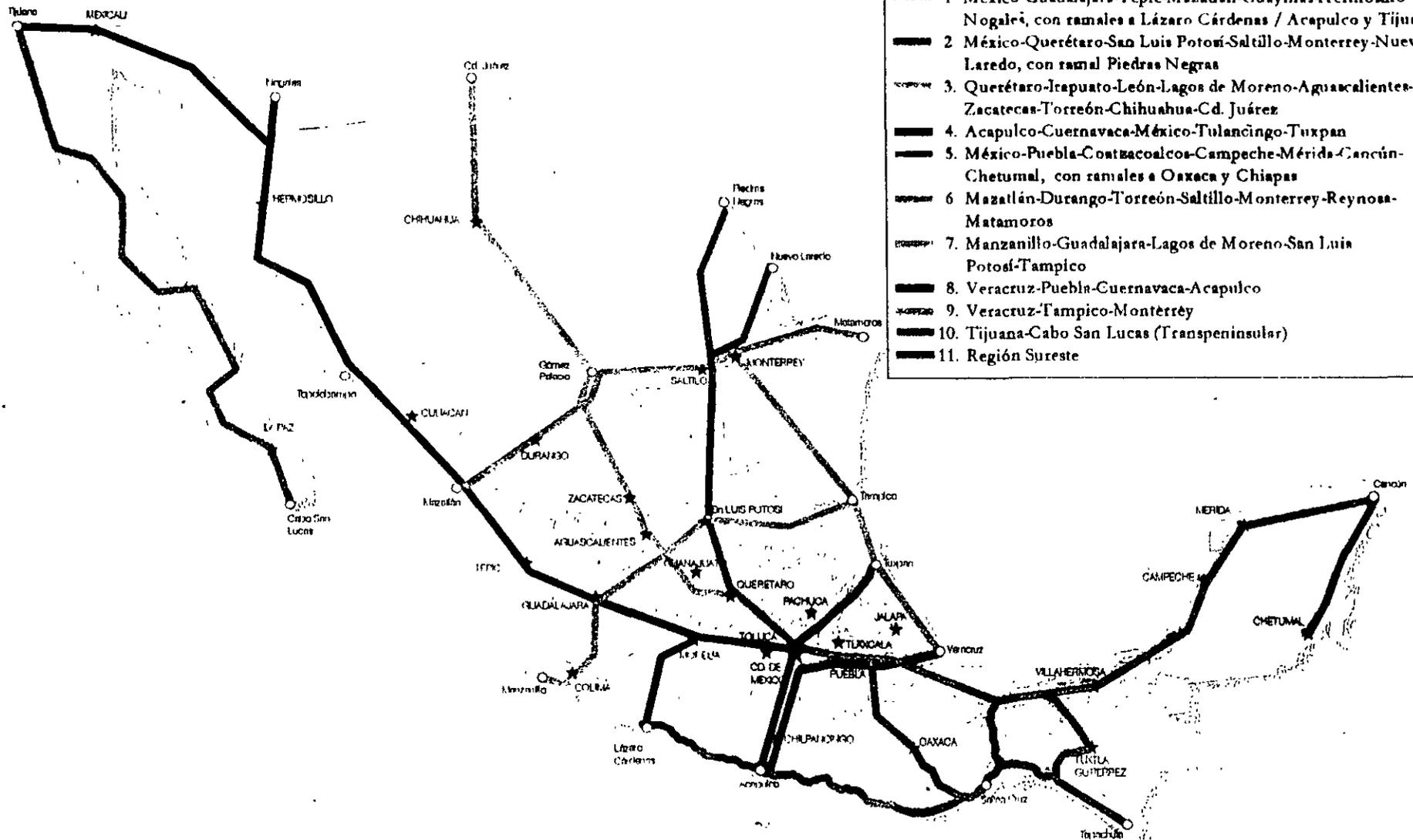
# ESTRATEGIA

---

- **Definir la red básica que será atendida por la federación**
- **Transferir todos los tramos no pertenecientes a la red básica a los Gobiernos Estatales**
- **Diseñar e instrumentar mecanismos de financiamiento estables y permanentes para atender la red en todos sus niveles**
- **Implantar una estrategia integral para la conservación rutinaria y preventiva de la red básica federal**
- **Modernizar y ampliar la red básica federal**
- **Jerarquizar y priorizar la construcción de nuevas carreteras**
- **Transformar la SCT en una entidad promotora, normativa, supervisora y asesora**

# Principales ejes de comunicacion troncal

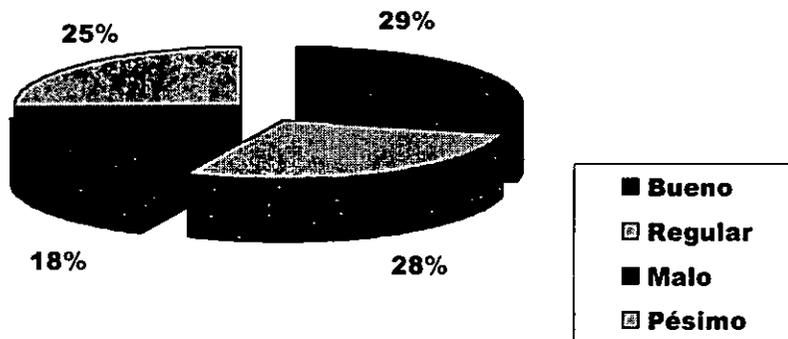
## 16,843 Km



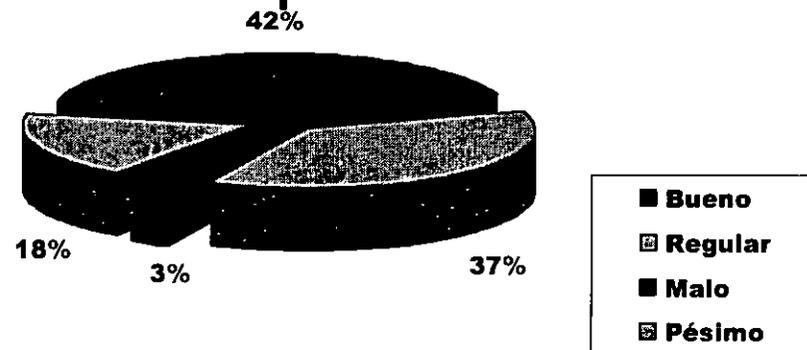
# ESTADO FISICO

**El estado físico actual y una posible evolución de los pavimentos en la red se muestra en la siguiente gráfica:**

Estado físico. Situación actual



Estado físico. Situación al año 2000 si no se actúa con oportunidad



# Confrontación oferta-demanda

## 1.- Demanda



Que es lo que los usuarios  
requieren de la red carretera

- Mejor nivel de servicio
- Menor costo generalizado de transporte
- Mayor seguridad
- Mayor cobertura y accesibilidad

## 2.- Oferta



- 10 ejes principales (14,450 km) por donde circulan más del 85% de los viajes en la red
- Sólo el 55% de la longitud de los 10 ejes está modernizada
- Un total de 42,277 km de carreteras libres ( sólo 11% con menos de 15 años) y 5,683 km de autopistas de cuota

Que oferta  
representa la  
red carretera

# Faltan del orden de 6,500 km por modernizar en los principales ejes

<i>Eje</i>	<i>Longitud total (km)</i>	<i>Modernizada en operación</i>	<i>Faltante</i>
<i>México-Nogales</i>	3,059	1,989	1,070
<i>México-Nuevo Laredo</i>	1,730	1,134	596
<i>Querétaro-Cd. Juárez</i>	1,564	1,293	271
<i>Acapulco-Cuernavaca</i>	1,104	222	882
<i>México-Cancún</i>	2,505	1,783	722
<i>Mazatlán-Matamoros</i>	753	437	316
<i>Manzanillo-Tampico</i>	913	381	532
<i>Acapulco-Veracruz</i>	428	306	122
<i>Veracruz-Monterrey</i>	716	192	524
<i>Transpeninsular B.C.</i>	1,678	140	1,538

# Elementos para la selección y programación de proyectos <sup>(1)</sup>

## ■ Evaluación técnica

- Determina la viabilidad de hacer la obra por el o los trazos propuestos

## ■ Evaluación del impacto ambiental

- En esta fase, a nivel de planeación se identifican las afectaciones al medio por los posibles trazos y se cuantifica el costo de mitigación

# Elementos para la selección y programación de proyectos <sup>(2)</sup>

## ■ Evaluación económica

- Análisis beneficio-costos considerando los ahorros en costos de operación y tiempos de recorrido que recibirán los usuarios

## ■ Evaluación de rentabilidad social

- Análisis de los beneficios y costos sociales derivados de la realización del proyecto. Cuantifica el impacto a través de las variaciones en los indicadores de bienestar social de la zona de influencia del proyecto.

# Elementos para la selección y programación de proyectos <sup>(3)</sup>

## ■ Evaluación financiera

- Sólo en el caso de que el proyecto carretero se pretenda desarrollar como obra de cuota se hace la previsión de flujos de ingresos y egresos a fin de determinar su solvencia.
- Los esquemas de financiamiento para este tipo de obras se han modificado en función de las condiciones de mercado por la escases de recursos y el alto costo de financiamiento.

## CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>2. OPERACION</b>		
Velocidades de proyecto	Condiciones ideales de operación (seguridad, eficiencia, rapidez, etc.)	
Velocidades de operación	Tipo de camino, tipo de vehículo, nivel de servicio que ofrezca la vía, condiciones de la superficie de rodamiento y tipo de terreno.	
Tiempo de recorrido	$\text{tiempo} = \text{distancia} / \text{velocidad}$	
Costos de operación de vehículos en carretera	<p>Modelo HDM; VOCMEX que considera las características de la carretera (superficie de rodamiento, rugosidad promedio, pendiente, número de carriles, etc.); el tipo de vehículo (ligero, autobús o camión) y sus características (peso, potencia, toneladas transportadas, velocidad óptima de operación, etc.) y neumáticos (número, costo por renovación, desgaste, etc.)</p> <p>Costos de uso del vehículo (Km/año, utilización horaria, vida útil, # de pasajeros, etc.)</p>	

## CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE PROYECTOS CARRETEROS

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS
<b>2. OPERACION (cont.)</b>		
	costos (precio del vehículo nuevo, valor del tiempo de los usuarios, valor de la gasolina, lubricantes y llantas; mano de obra, etc.).	
Programa de conservación y de mantenimiento de carreteras	Conservación normal (anual); riego de sello cada 3 años, reconstrucción (año 9 y 16).	

## A.2 MODELOS DE JUSTIFICACION ECONOMICA

- Evaluación económica de proyectos carreteros
- Costos totales para la sociedad
- Definición y evaluación de alternativas
- Metodología para la evaluación económica
- Cálculo de los costos y velocidades de operación de los vehículos en carretera y tiempos de recorrido
- Costos de conservación y mantenimiento de carreteras
- Comparación de beneficios y costos

# EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS CARRETEROS



# EVALUACION ECONÓMICA VS FINANCIERA

## Evaluación Económica

- ◆ Desde el punto de vista de la sociedad
- ◆ Costos unitarios económicos (sociales)

## Evaluación Financiera

- ◆ Desde el punto de vista de la agencia
- ◆ Costos unitarios financieros (de mercado)

# COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD

## Costos del gobierno

- ◆ Construcción
- ◆ Mantenimiento
- ◆ Operación del sistema

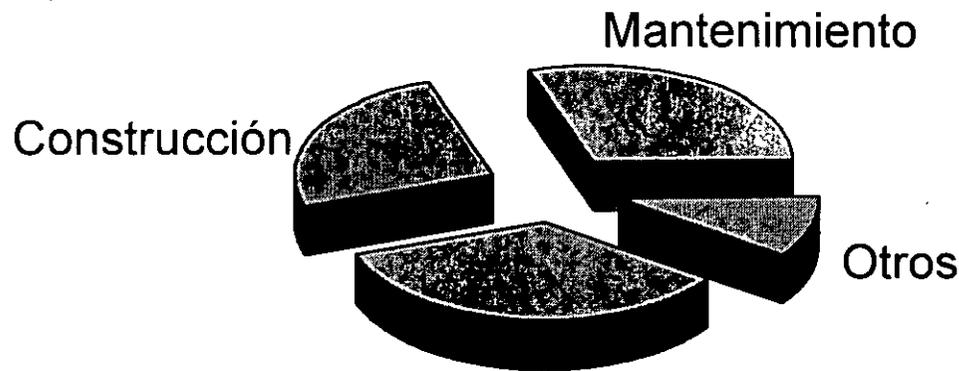
## Costos del Usuario de la vía

- ◆ Costos de operación de vehículos
- ◆ Tiempo de pasajeros y carga
- ◆ Accidentes

# COSTOS TOTALES PARA LA SOCIEDAD (cont)

- Terreno
- Suelo
- Lluvias
- Diseño geométrico
- Diseño del pavimento

- Deterioro del camino  
(diseño del pavimento,  
tránsito, clima, etc..)
- Normas de mantenimiento



- Volumen de tránsito
- Diseño geométrico
- Estado de la superficie
- Velocidades de los vehículos

- Accidentes
- Demoras
- Contaminación ambiental



# DEFINICION DE ALTERNATIVAS

Uno de los temas más delicados y de mayor importancia que el proceso de evaluación debe tocar, es el de la formulación de alternativas sobre el tipo de obra que se debe realizar para proporcionar una comunicación eficiente entre dos o más puntos.

Para seleccionar una estrategia apropiada para dar solución al problema de comunicación, se pueden considerar las siguientes estrategias:

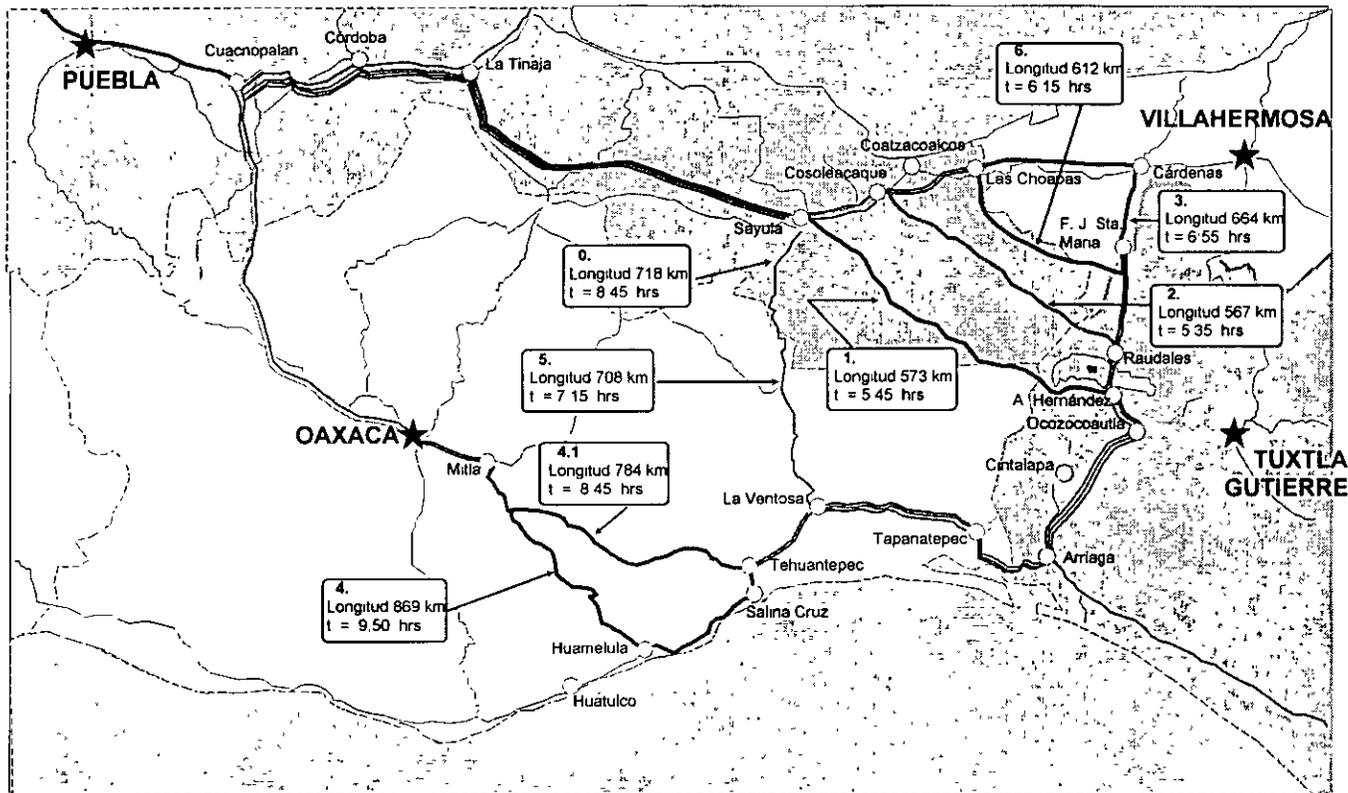


## DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

1. Proyectos para mantener las características iniciales  
Mantenimiento preventivo y/o correctivo
2. Proyectos para retomar objetivos iniciales  
Rehabilitación, reconstrucción, terminación de obras y modificaciones
3. Proyectos para atender incrementos en la demanda  
Ampliación
4. Proyectos para aumentar el nivel de servicio  
Mejoramiento y modernización
5. Proyectos para satisfacer nuevas necesidades  
Desarrollo

# DEFINICION DE ALTERNATIVAS (cont.)

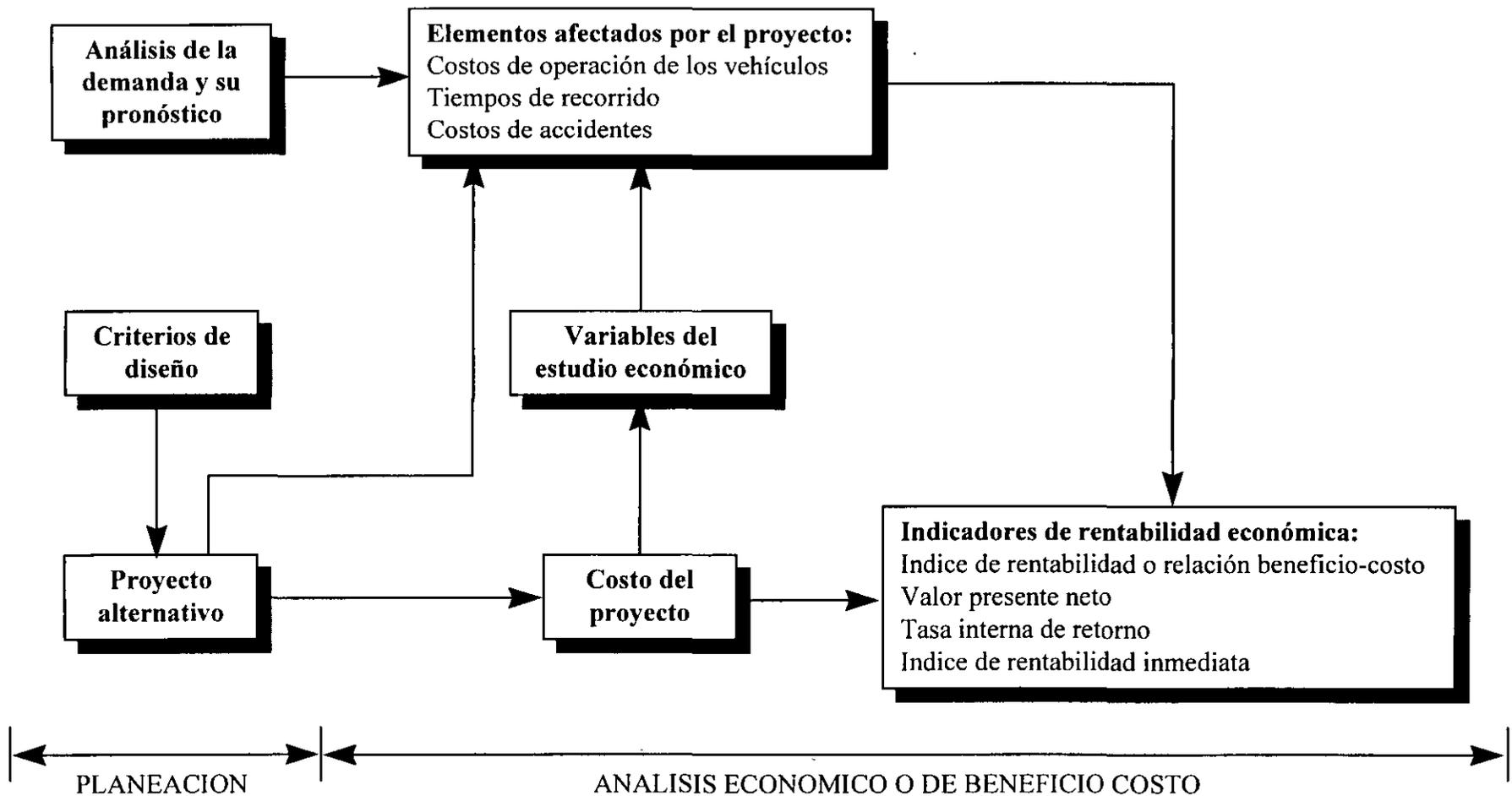
## CUACNOPALAN - OCOZOCOAUTLA RUTAS ALTERNATIVAS DE ACCESO A CHIAPAS



# EVALUACION DE ALTERNATIVAS

1. Evaluación Económica
2. Evaluación Técnica
3. Evaluación Institucional
4. Evaluación Financiera
5. Evaluación Comercial
6. Evaluación Social
7. Evaluación Ambiental

# PROCESO DE PLANIFICACION Y EVALUACION ECONOMICA



# METODOLOGIA PARA LA EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica tiene como objetivo determinar la utilidad colectiva que un proyecto puede generar (Excedente colectivo).

La metodología es la siguiente:

- ◆ Identificación de elementos afectados.
- ◆ Estimación de cada uno de los elementos identificados.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo anual durante la vida útil del proyecto.
- ◆ Cálculo del excedente colectivo global.

# ETAPAS DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

- ◆ Diagnóstico de la situación actual y problemática.
- ◆ Pronóstico de la demanda
- ◆ Objetivos del proyecto
- ◆ Generación de alternativas
- ◆ Estimación de los costos del proyecto
- ◆ Estimación de beneficios
- ◆ Comparación de beneficios y costos
- ◆ Resultados finales

# PRINCIPALES DATOS REQUERIDOS EN LA EVALUACION

- ◆ Características geométricas
- ◆ TPDA, Composición y tasa de crecimiento
- ◆ Costos de operación
- ◆ Velocidad de operación
- ◆ Tiempos de recorrido
- ◆ Número de pasajeros promedio en automóviles y autobuses
- ◆ Valor del tiempo de los pasajeros
- ◆ Costo del proyecto y años de construcción
- ◆ Costos de mantenimiento
- ◆ Tasa de actualización
- ◆ Horizonte económico

# VELOCIDADES DE OPERACION

El cálculo de la velocidad de operación para el vehículo ligero, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\text{Vel.} = ((B-x) / B-(Ax)) V_o$$

Donde:

$A = a + (bp^c)$ , Los factores a,b,p y c, se obtienen del cuadro 1

$B = a + (bp^c)$ , Los factores a,b,p y c, se obtienen del cuadro 1

$x$  = Es el nivel de saturación del tramo ( $v/c$ )

$V_o$  = Es la velocidad de proyecto y se obtiene del cuadro 2

# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Para el cálculo de velocidades, el punto de partida lo constituye el cálculo de la capacidad (c). Las capacidades para los diferentes tipos de carreteras y en diferentes tipos de terreno según el Manual de Capacidad Vial son las que se muestran en el cuadro 3.

Una vez determinada la capacidad del tramo, se procede a determinar el volúmen de tránsito, expresado en vehículos equivalentes (v) mediante los índices especificados en el cuadro 4, para así poder determinar el nivel de saturación del tramo (v/c).

$$v/c = x = (TPDA(\%A) + TPDA(\%B)(\text{índice}) + TPDA(\%C)(\text{índice})) / c$$

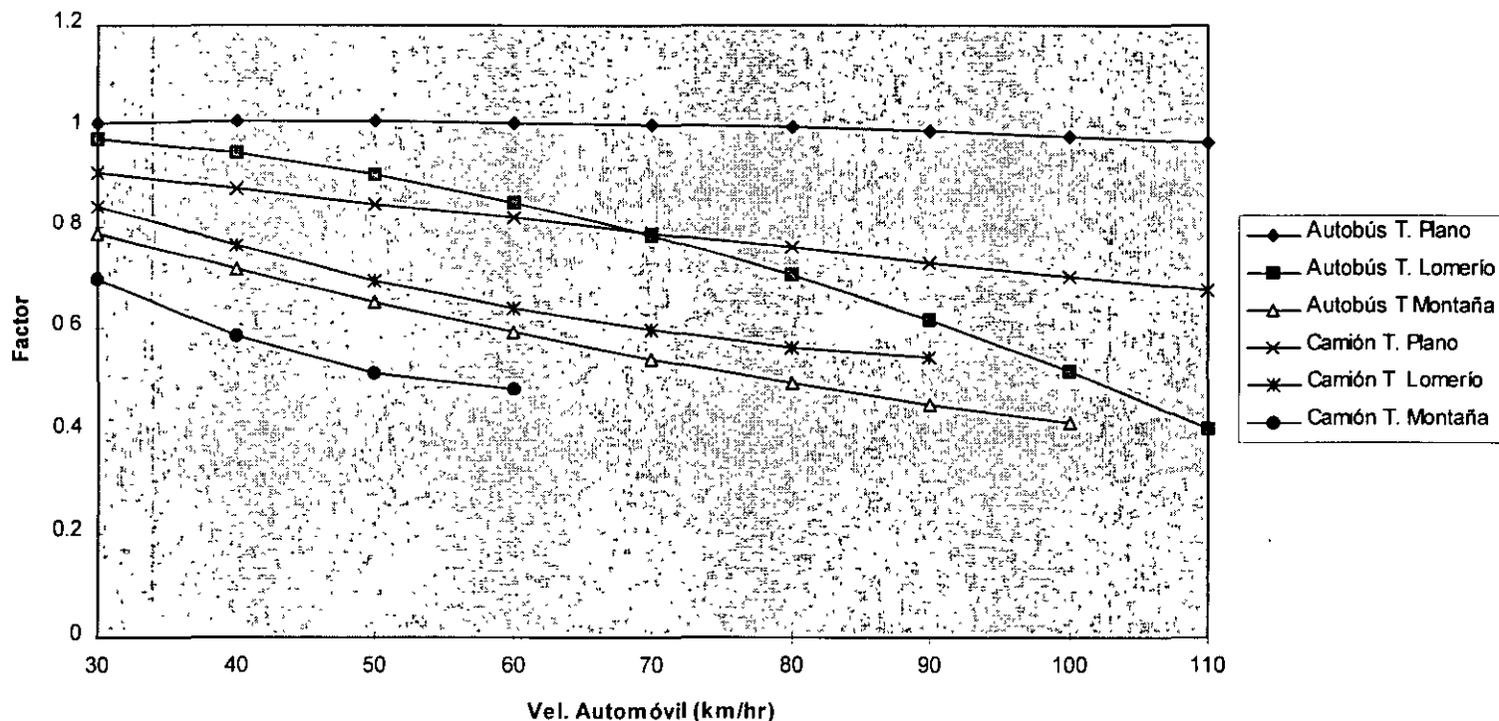


# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Una vez determinada la velocidad para el vehículo ligero, la velocidad para el autobús y para el camión se obtiene mediante la ecuación que se presenta en el cuadro 5 y que resultó de la aplicación de VOC de la metodología del HDM del Banco Mundial.

# VELOCIDADES DE OPERACION (Cont.)

Factor de afectación de la velocidad para el autobús y el camión con respecto al automóvil.



# TIEMPOS DE RECORRIDO

**Ahorros en tiempos de recorrido:**

$$Atj = Atja + Atjb + Atjc$$

Para el cálculo de tiempos de recorrido se necesita la longitud de los tramos que componen las situaciones “con” y “sin” proyecto, así como la velocidad de operación.

Una vez que se cuenta con los tiempos de recorrido, se asigna un valor al tiempo tanto de los pasajeros como para el conductor y tomando un índice de ocupación promedio para vehículos, autobuses y camiones, es posible determinar los costos por tiempos de recorrido para ambas situaciones y posteriormente será posible determinar el ahorro.

# COSTOS DE OPERACION

Uno de los elementos básicos para determinar la rentabilidad económica de las obras de infraestructura carretera es cuantificar los costos de operación de los vehículos que circulan sobre ella.

El poder reflejarlos fielmente requiere que se tomen en cuenta tanto las características físicas y mecánicas de los vehículos, como las características de geometría, de estado físico y de saturación de las carreteras.

## **COSTOS DE OPERACIÓN (Cont.)**

- ◆ El modelo que se utiliza para el cálculo de los costos de operación es el HDM, que tiene como objetivo definir políticas de mantenimiento y construcción de carreteras a partir de la simulación del deterioro de la estructura del camino, como consecuencia de la circulación del tránsito y el efecto de algunos agentes ambientales.

## **COSTOS DE OPERACIÓN (Cont.)**

- ◆ La principal variable considerada es la rugosidad acumulada del camino, que refleja las deformaciones del camino ante el paso de una carga tipo (m/km) y cuantifica el deteriro.

## **COSTOS DE OPERACIÓN (Cont.)**

Los costos de operación, están dados para cada tipo de vehículo y corresponden a las velocidades de operación para las condiciones “con” y “sin” proyecto y para una superficie de rodamiento determinada (IRI).

Los valores que se presentan en la tabla fueron determinados con ayuda del VOC y se determinaron para un IRI de 2, 6 y 9 y para diferentes tipos de terreno

# COSTOS DE OPERACION (Cont.)

**Ahorros en los costos de operación de los vehículos:**

$$Aoj = Cojs - Cojc$$

Para el cálculo de los costos de operación indicados se utiliza la expresión siguiente:

$$Cij = (TPDAj) (\%i) (365) (Ci) (L)$$

Para calcular los costos de operación correspondientes a todo el tramo se utiliza la siguiente expresión:

$$Cojs = \text{SUMA } (i = 1 \dots): Cij, (i=\text{automóviles, autobuses y camiones})$$

# COSTOS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

Para determinar los costos en que incurrirá el proyecto por este concepto, será necesario definir una política de mantenimiento, la cual contendrá las siguientes acciones:

## ◆ **Mantenimiento Rutinario:**

Actividades de mantenimiento que normalmente se ejecutan una o más veces por año y que incluye: reparaciones locales de la superficie de rodamiento, limpieza del derecho de vía y del drenaje, mantenimiento del señalamiento, etc..

◆ **Mantenimiento periódico:**

Actividades de mantenimiento de mayor dimensión y de menor frecuencia que las de mantenimiento rutinario. En estas actividades se incluye: la renovación de la superficie de rodamiento o la aplicación de una sobrecarpeta.

◆ **Rehabilitación:**

Trabajos requeridos para llevar una carretera a su condición original de servicio (reconstrucción).

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS

La comparación se realiza mediante los siguientes indicadores:

## **Indice de rentabilidad o relación beneficio-costo.**

Es el cociente de los beneficios totales actualizados y los costos totales actualizados. Proporciona información relativa a la rentabilidad del proyecto, y refleja los beneficios obtenidos por cada peso invertido en el proyecto. Su valor depende de la tasa de actualización utilizada.

La expresión que permite calcular este indicador, es la siguiente:

$$IR = \text{SUMA } (i=1\dots n): Bi(1+r)^{-i} / \text{SUMA } (i=1\dots n): Ci(1+r)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Valor presente neto.

En virtud de que el indicador anterior no proporciona información sobre la magnitud de los beneficios netos totales que puede arrojar el proyecto, se recomienda el uso de este indicador, que representa el conjunto de beneficios netos actualizados derivados de la inversión.

El cálculo de este indicador se expresa como sigue:

$$VPN = \text{SUMA } (i=1\dots n): (B_i - C_i) (1+r)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Tasa interna de retorno.

Es la tasa de actualización con la cual se anula la diferencia entre los beneficios y costos, es decir, la que hace que el valor presente neto sea cero.

Esto se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\text{SUMA } (i=1\dots n): C_i (1+t)^{-i} = \text{SUMA } (i=1\dots n): B_i (1+t)^{-i}$$

# COMPARACION DE BENEFICIOS Y COSTOS (Cont.)

## Indice de rentabilidad inmediata.

Con este indicador, es posible determinar el momento apropiado para la puesta en operación del proyecto; si el índice es menor a la tasa de actualización, la puesta en operación del proyecto resulta prematura.

El cálculo se realiza de la manera siguiente:

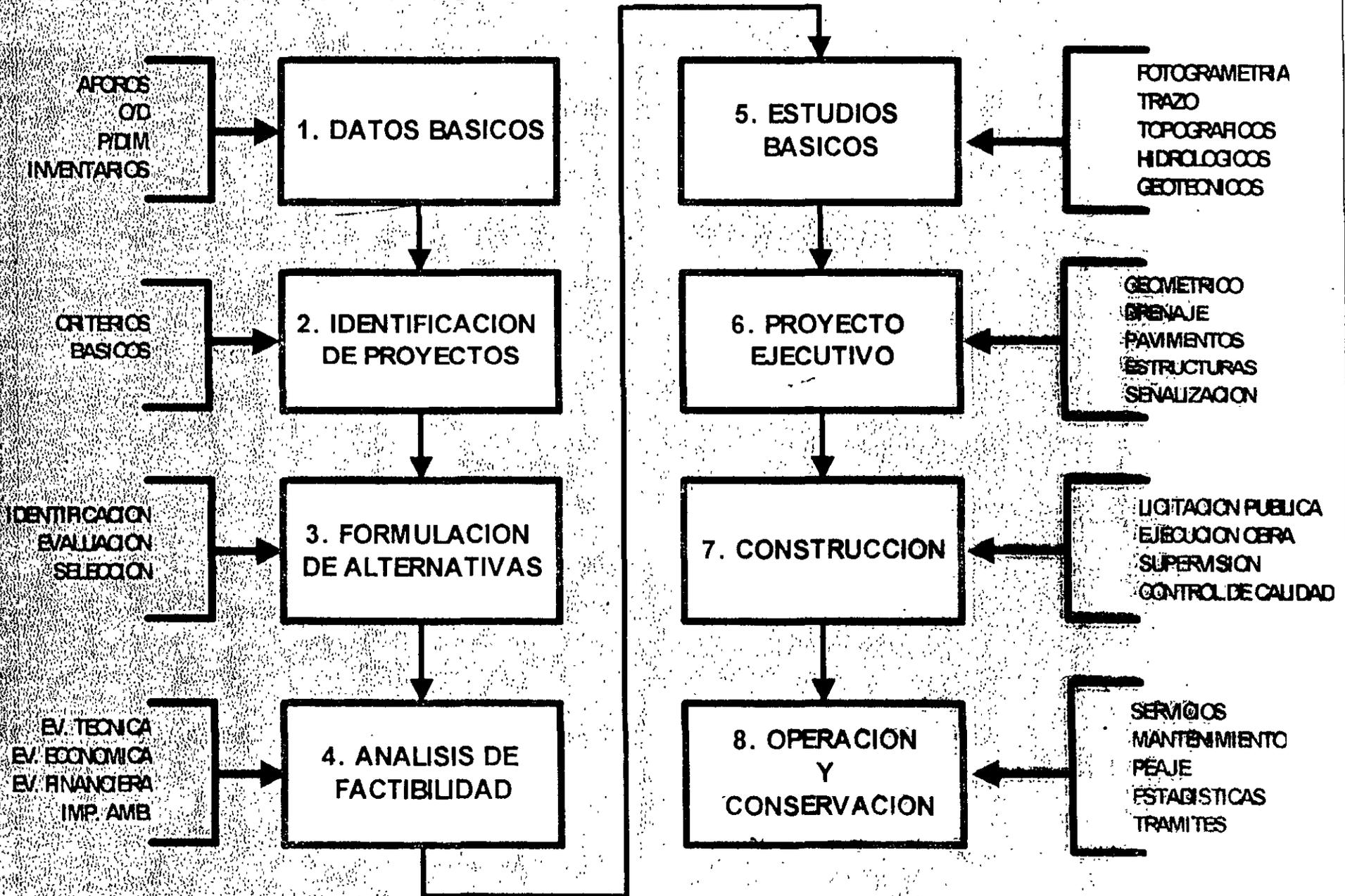
$$IRI = (Bs(1+r)^{-s}) / \text{SUMA } (i=1 \dots s-1): Ci(1+r)^{-i})$$

### A.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

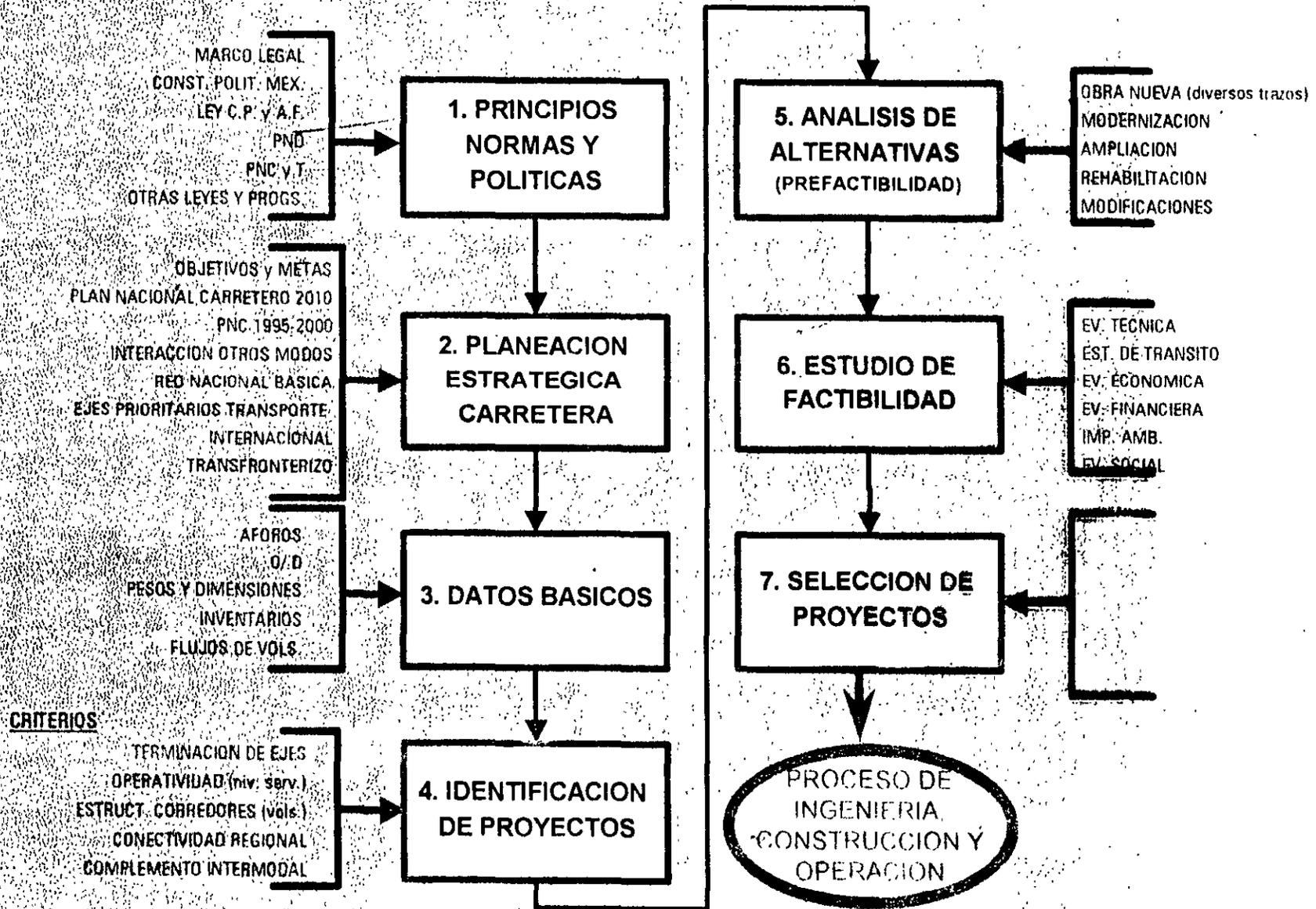
- Sistema de Planeación
- Identificación de proyectos
- Formulación de alternativas
- Análisis de estudios de factibilidad (asignación y pronóstico de tránsito, evaluación económica y financiera, impacto ambiental)
- Programación e implementación de proyectos
- Operación y seguimiento

**SISTEMA DE PLANEACION  
PARA EL DESARROLLO DE  
LA INFRAESTRUCTURA  
CARRETERA**

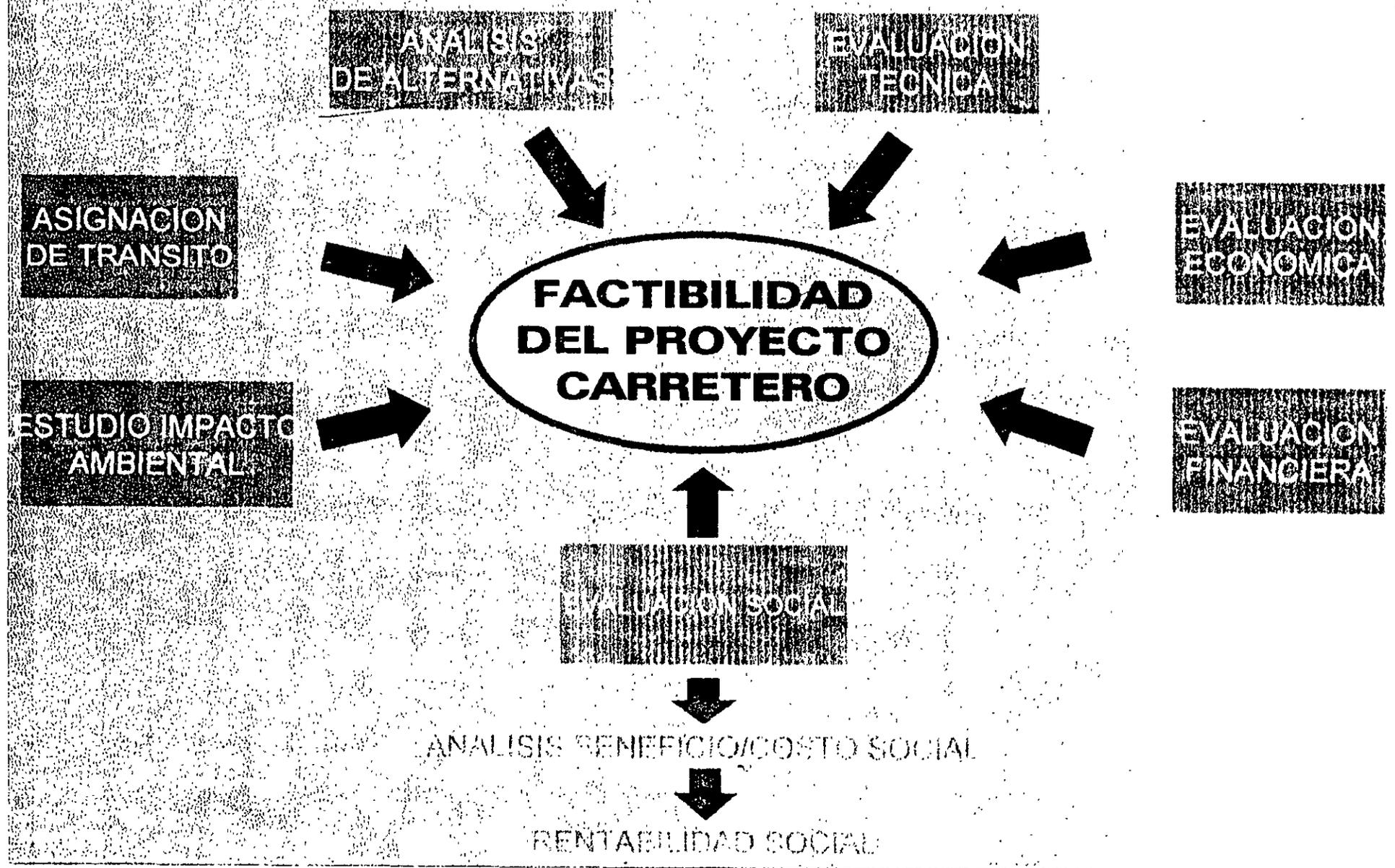
# SISTEMA DE PLANEACION



# PROCESO DE PLANEACION Y PROGRAMACION PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA



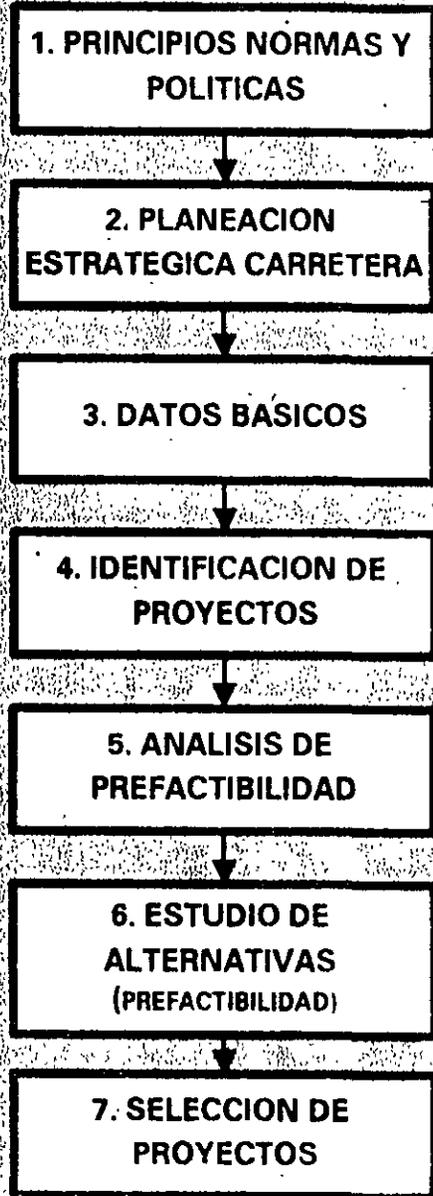
# ELEMENTOS DEL PROCESO DE PLANEACION Y PROGRAMACION CARRETERA



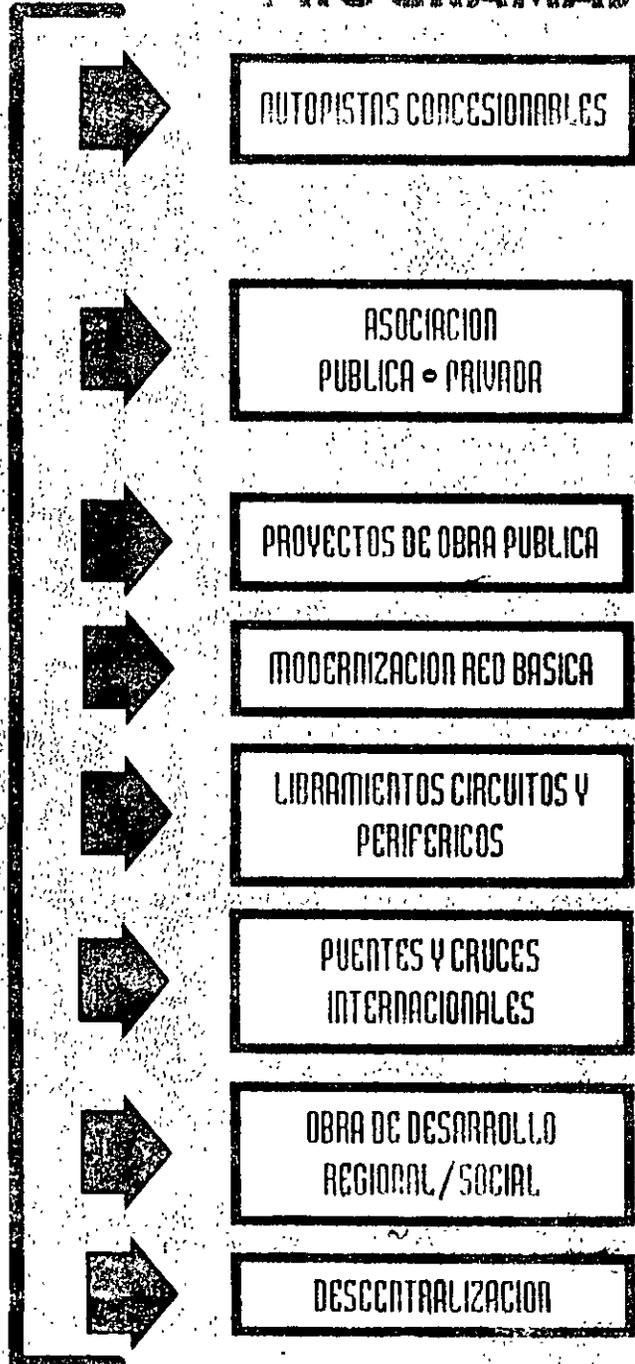
# PROCESO DE PLANEACION Y PROGRAMACION PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA



# SISTEMA DE PLANEACION

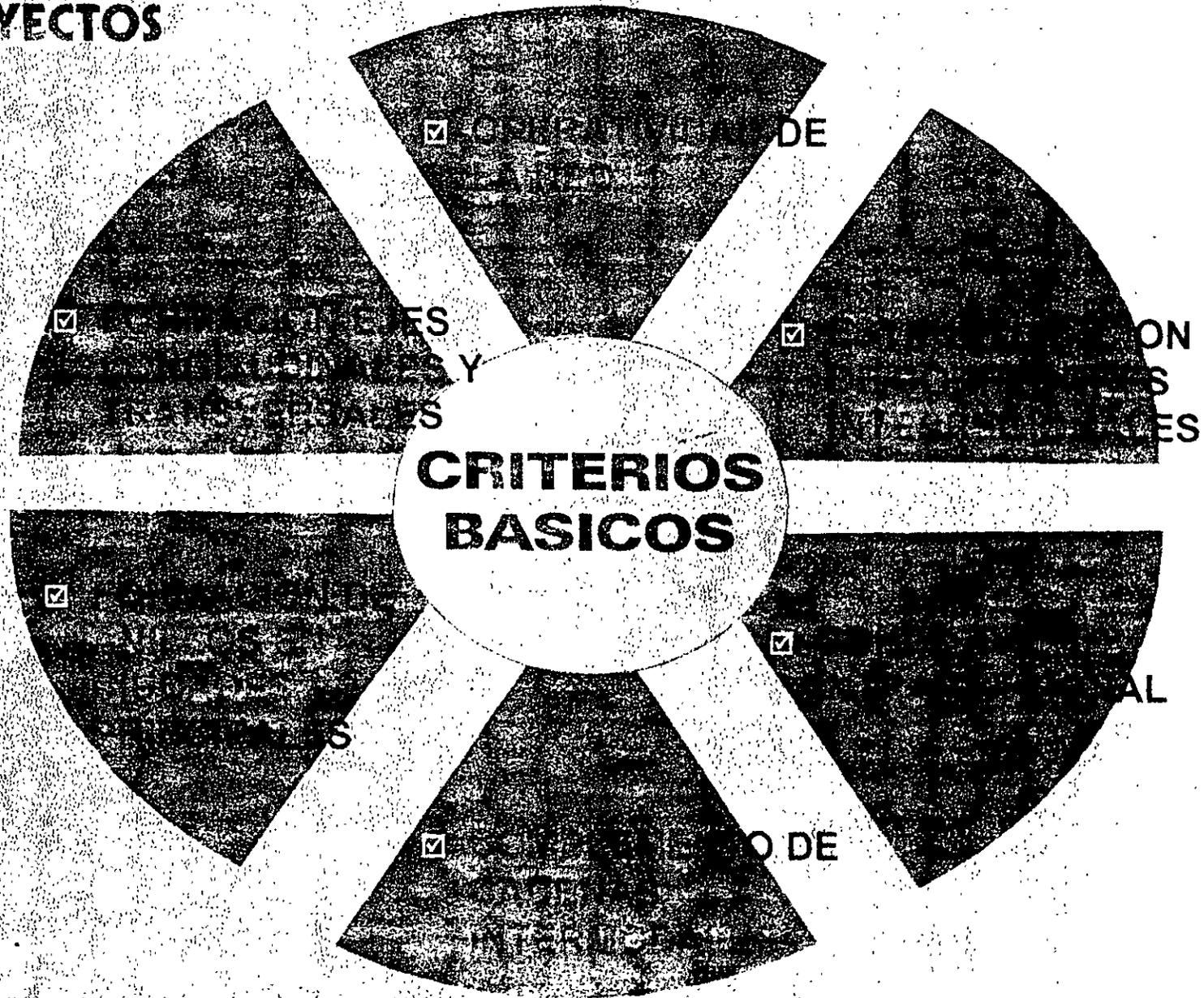


# PROGRAMAS



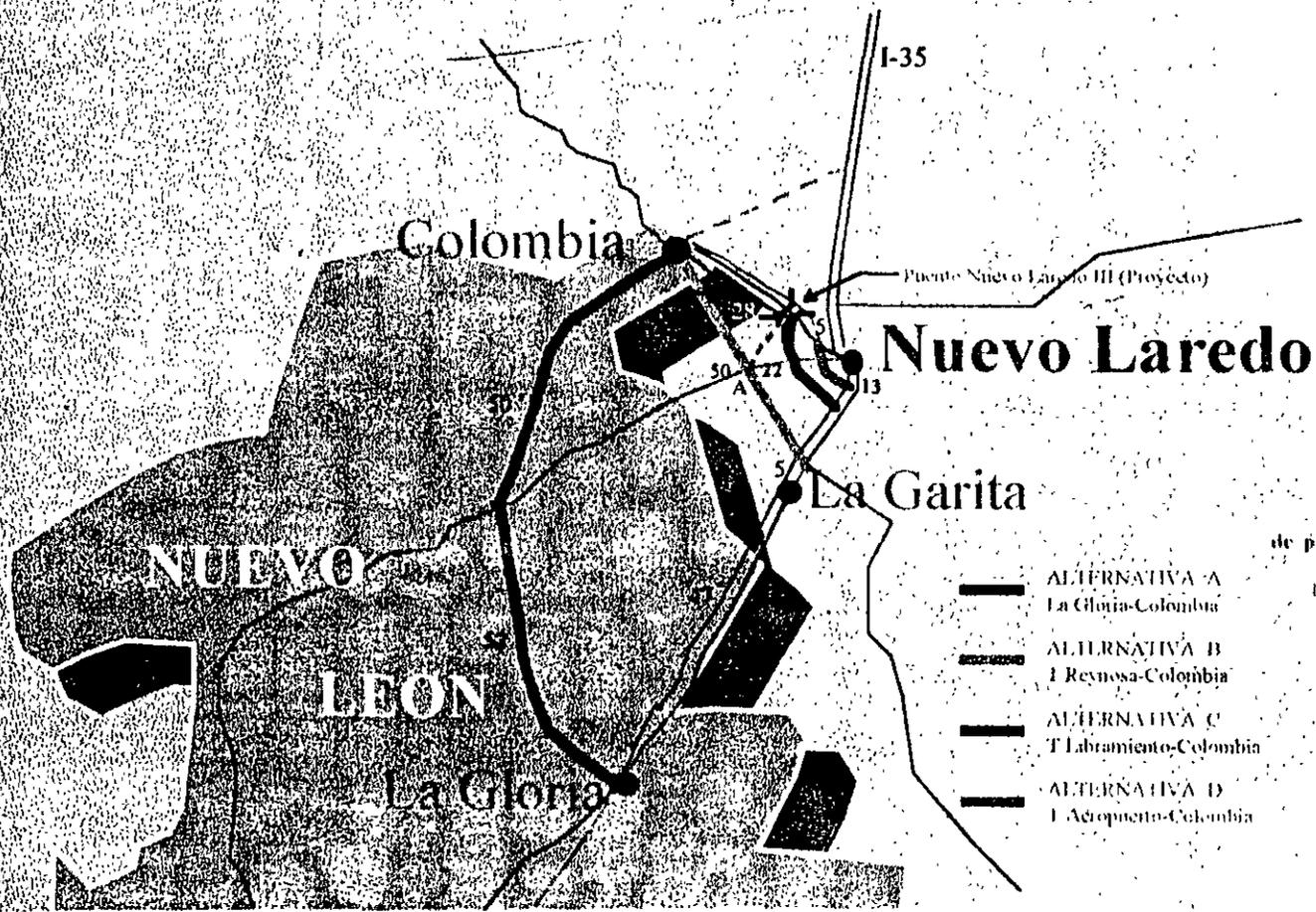
- PRIVADO, ESTATAL, PARAESTATAL  
LICITACION PUBLICA  
BOT  
BOOT  
CESION DE ACTIVOS
- FINFRA  
FLUJOS GARANTIZADOS  
MERCADO DE CAPITALES  
SCT-IP  
ARRENDAMIENTO FINANCIERO  
BLT
- RECURSOS FEDERALES  
EXTRAPRESUPUESTALES  
BURSATILIZACION
- RECURSOS FEDERALES  
BANCO MUNDIAL  
BURSATILIZACION
- BURSA CONCESION  
OBRA PUBLICA
- CONCESION  
OBRA PUBLICA
- OBRA PUBLICA  
PROGRAMAS SOCIALES

## 2. IDENTIFICACION DE PROYECTOS



# 3. FORMULACION DE ALTERNATIVAS

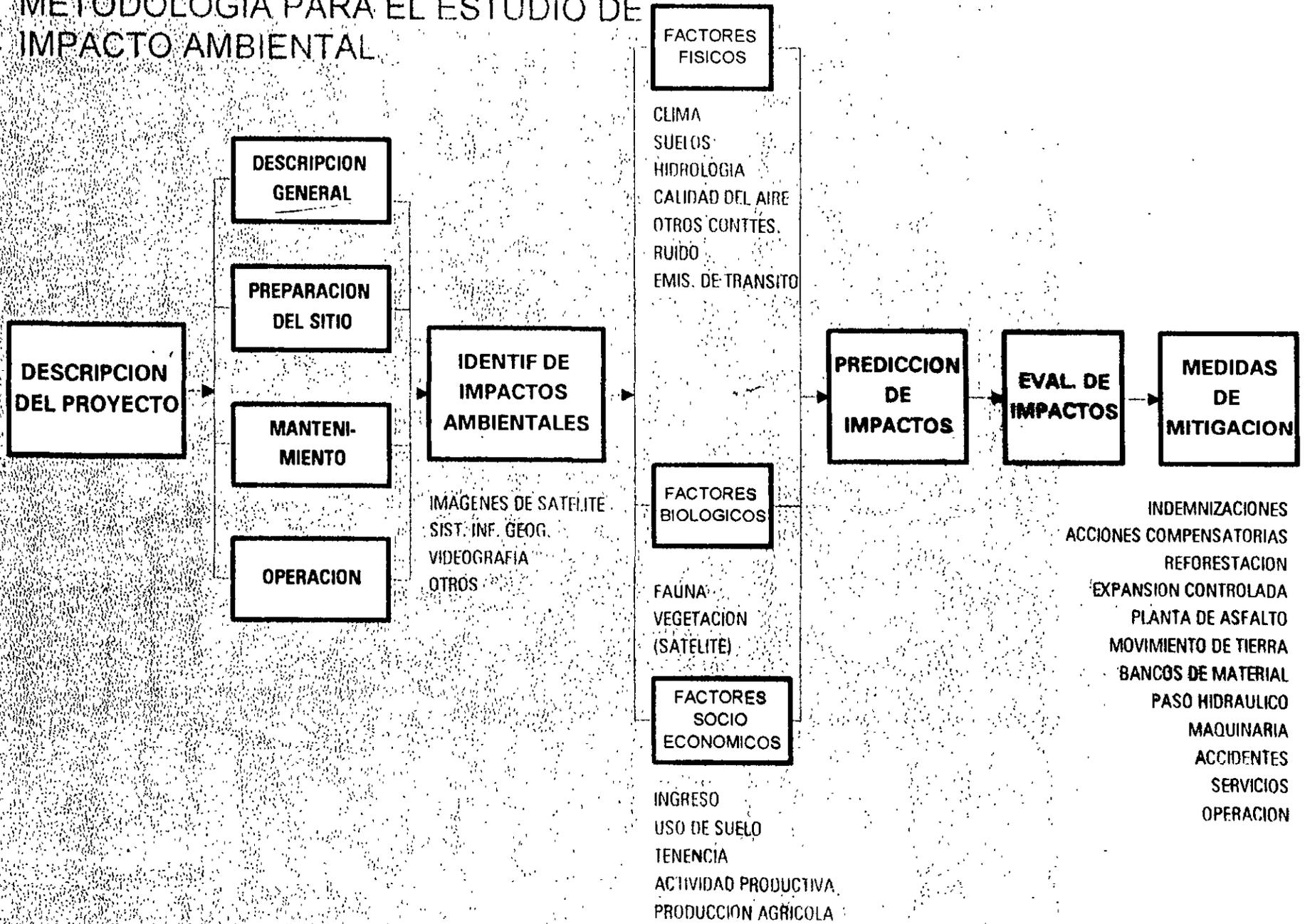
## LA GLORIA-COLOMBIA



	Longitud (Km.)		Inversion (imp. mayo 93)
	de proyecto	La Gloria-Colombia	
ALTERNATIVA A La Gloria-Colombia	102	102	250.0
ALTERNATIVA B T. Reynosa-Colombia	50	102	151.2
ALTERNATIVA C T. Labramiento-Colombia	50	109	137.1
ALTERNATIVA D T. Actopuente-Colombia	36	111	155.8

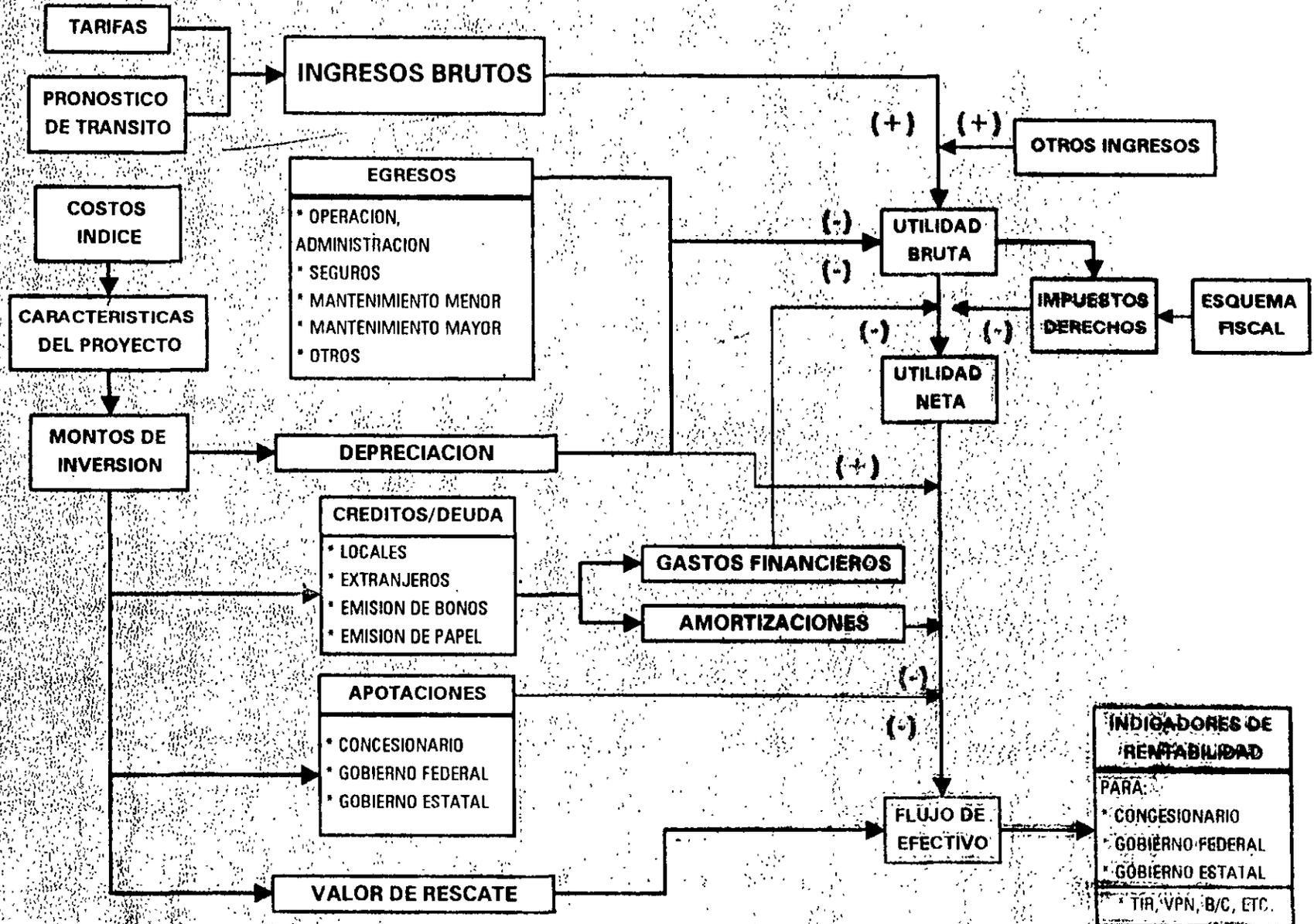
# 4. ANALISIS DE FACTIBILIDAD

## METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



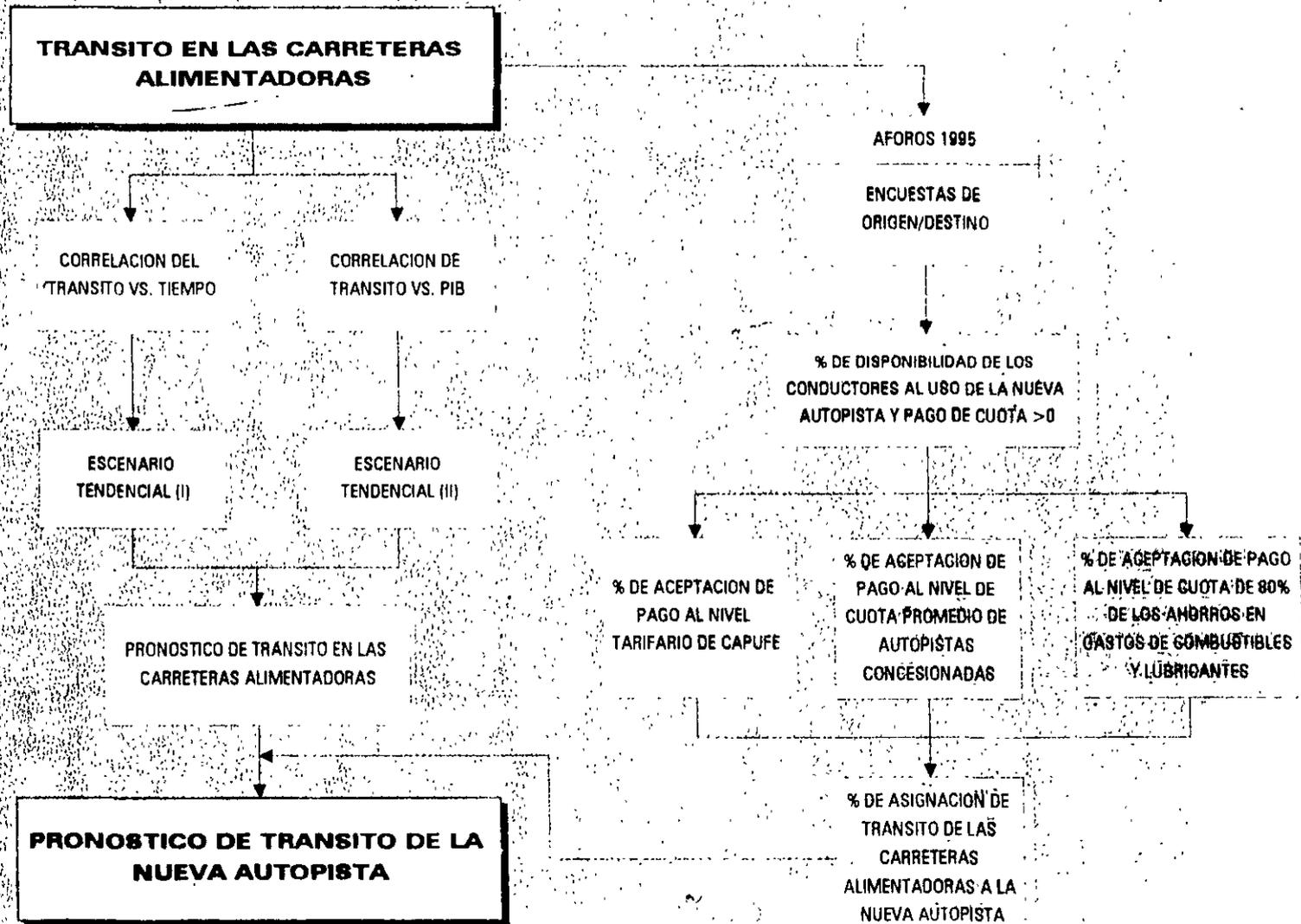
# ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

## ESQUEMA DE EVALUACION FINANCIERA



# ANALISIS DE FACTIBILIDAD

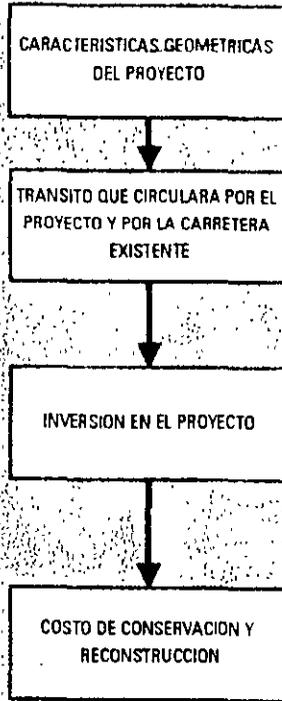
## METODOLOGIA DE ASIGNACION Y PRONOSTICO DE TRANSITO



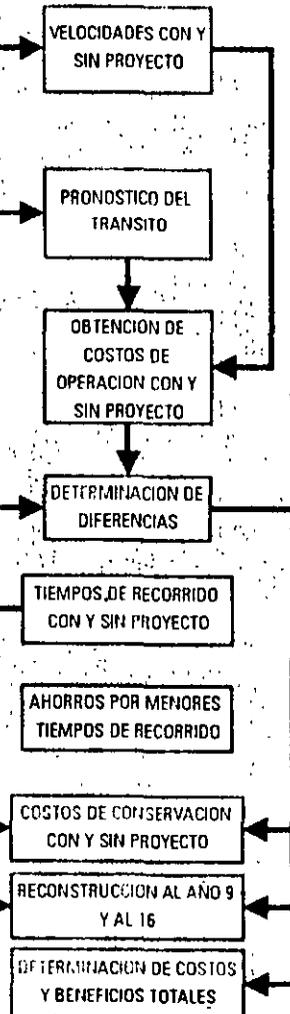
# ANALISIS DE FACTIBILIDAD

## ESQUEMA DE EVALUACION ECONOMICA

### DESCRIPCION DEL PROYECTO



### EVALUACION



### ANALISIS DE SENSIBILIDAD DETERMINACION DE INDICADORES

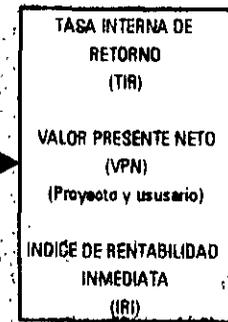
TASAS DE ACTUALIZACION DEL PROYECTO 15, 12 Y 7.5%

TRES ESCENARIOS:

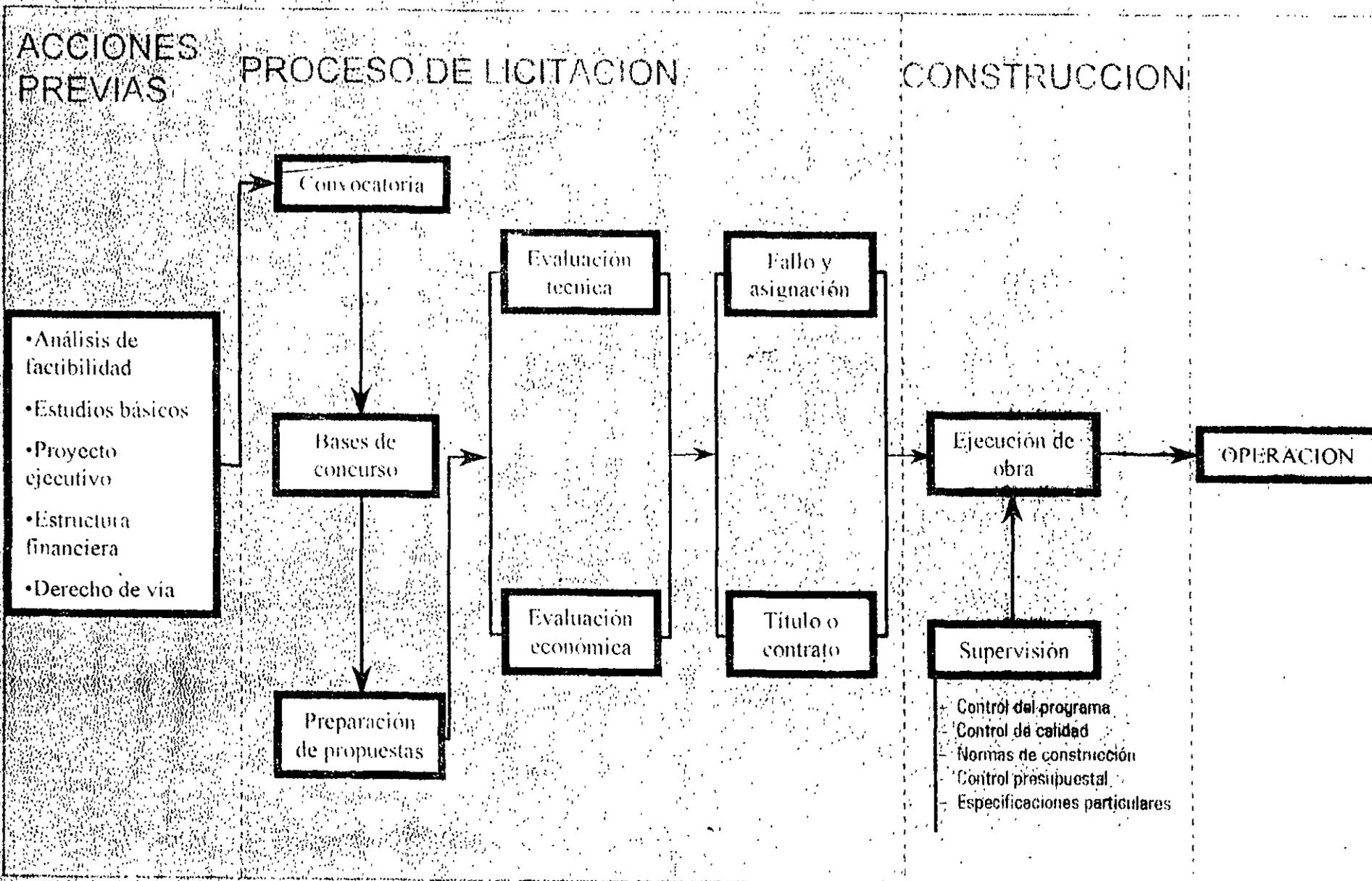
1. MODERNIZACION O RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA EXISTENTE
2. CONSTRUCCION DE LA NUEVA CARRETERA
3. CONSTRUCCION DE LOS TRAMOS NUEVOS QUE SE JUSTIFIQUEN POR

DOS MODALIDADES:

1. CON DIFERENCIAS EN EL ESTADO SUPERFICIAL DE LAS ALTERNATIVAS EN COMPETENCIA
2. CON SIMILAR ESTADO DE CONSERVACION



# 7. CONSTRUCCION



# 8. OPERACION (AUTOPISTAS DE CUOTA)

## Servicios

- Gasolineras
- Talleres de reparación de vehículos
- Paraderos
- Tiendas
- Auxilio emergencia
- Consultorios
- Vigilancia

## Peajes

- Cobro
- Actualización de Tarifas

## Estadísticas

- Aforos vehiculares
- Ingresos por cuotas
- Egresos
- Estados financieros
- Comparaciones unitarias por rutas y proyectos

## Aspectos Legales-Administrativo

- Revisión largo plazo
- Sanciones
- Revisión de concesión
- Comité técnico de fideicomiso
- Uso de derecho de vía

---

## 1. MARCO GENERAL Y PROCESO DE PLANEACION, EVALUACION, PROGRAMACION Y FINANCIAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA

Actualmente, el país cuenta con 307,142 kilómetros de carreteras, de los cuales 44,404 pertenecen a la red federal de carreteras con 43,504 de carreteras libres y 900 de cuota a cargo de Capufe, 5,316 kilómetros de autopistas concesionadas, 57,364 de la red estatal, 160, 374 rurales y 40,444 de brechas. Por tipo de superficie de rodamiento, 94, 203 kilómetros son pavimentados, 147,681 revestidos, 24,814 de terracería y 40,444 brechas.

El Sistema Nacional de Carreteras representa el principal medio de transporte de personas y bienes en el país, ya que lo integra social, económica y culturalmente. Es el elemento fundamental de las cadenas de producción y distribución de mercancías en todo el territorio nacional y hacia el exterior. Comunica a las capitales de los estados, cabeceras municipales, zonas urbanas y rurales, puertos, fronteras y aeropuertos así como a los principales centros de producción y consumo. Atiende al 98.5% del movimiento de pasajeros y 85% de la carga terrestre, en él se generan 2,400 millones de viajes-persona y 400 millones de toneladas transportadas al año.

Los objetivos generales de la infraestructura carretera, planteados en el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995 - 2000 son:

- Conservar y reconstruir las carreteras libres para abatir los costos de transporte, elevar la seguridad y la calidad del servicio
- Modernizar y ampliar la Red Federal de carreteras
- Mejorar accesos a ciudades, aeropuertos, puertos y fronteras
- Interconectar con eficiencia con otros modos de transporte

Derivadas de los objetivos, destacan algunas estrategias encaminadas a formar una red de altas especificaciones con corredores de transporte que comuniquen con eficiencia al país, para ello las estrategia planteadas son:

- Reforzar los mecanismos de planeación, evaluación, financiamiento y programación de carreteras
  - Concentrar acciones en los tramos de la red carretera con mayor utilización
  - Integrar los 10 principales ejes troncales de la red carretera mediante la modernización y construcción de tramos con recursos fiscales, a través de obras concesionadas o financiadas mediante esquemas novedosos de financiamiento
- 

6.6

---

Los 10 Principales Ejes Carreteros de Comunicación Troncal son un elemento básico para el crecimiento y desarrollo sostenido del país, formarán en el año 2010 una red de altas especificaciones con longitud de 14,659 kilómetros que dará continuidad y eficiencia económica a la circulación de vehículos. Estos ejes comunican a todo lo largo y ancho al territorio nacional (véase mapa anexo), ellos son:

1. México-Guadalajara-Tepic-Mazatlán-Guaymas-Hermosillo-Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas y Tijuana
2. México-Querétaro-San Luis Potosí-Salttillo-Monterrey-Nuevo Laredo, con ramal a Piedras Negras
3. Querétaro-Irapuato-León-Lagos de Moreno-Aguascalientes-Zacatecas-Torreón-Chihuahua-Cd. Juárez
4. Acapulco-Cuernavaca-México-Tulancingo-Tuxpan
5. México-Puebla-Coatzacoalcos-Campeche-Mérida-Cancún-Chetumal, con ramales a Oaxaca y Chiapas
6. Mazatlán-Durango-Torreón-Salttillo-Monterrey-Reynosa-Matamoros
7. Manzanillo-Guadalajara-Lagos de Moreno-San Luis Potosí-Tampico
8. Veracruz-Puebla-Cuernavaca-Acapulco
9. Veracruz-Tampico-Monterrey
10. Tijuana-Cabo San Lucas (Transpeninsular)

En el Proceso de Planeación y Programación de la infraestructura carretera que sigue la SCT se toman en cuenta los siguientes elementos:

PASOS DEL PROCESO	ELEMENTOS A TOMAR EN CUENTA
1.- PRINCIPIOS, NORMAS Y POLITICAS	Marco Legal Constitución Política Mexicana Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal Plan Nacional de Desarrollo Programa Nacional de Comunicaciones y Transportes Otras Leyes
2.- PLANEACION ESTRATEGICA CARRETERA	Objetivos, Metas y Lineamientos Plan a largo Plazo Programa Nacional de C y T 1995-2000 Interacción con otros modos de transporte Red nacional de carreteras Ejes Troncales Carreteros Cadenas de Transporte Nacional e Internacional Transporte transfronterizo
3. DATOS BASICOS	Aforos Estudios Origen/Destino Inventarios Proyecto Conceptual
4.- IDENTIFICACION DE PROYECTOS	Terminación de Ejes Integración de Regiones Accesibilidad Comunicación
5.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS	Modificación Rehabilitación Ampliación Modernización Obra Nueva
6.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	Asignación de Tránsito Evaluación Técnica, Económica, Social y Financiera Estudio de Impacto Ambiental
7.- SELECCION DE PROYECTOS	Demanda de Tránsito Indicadores Económicos y Sociales Indicadores Financieros Estructura Financiera

PASOS DEL PROCESO	ELEMENTOS A TOMAR EN CUENTA
8.- ESTUDIOS BASICOS	Fotogrametría Trazo Topografía Hidrología Geotécnia
9.- PROYECTO EJECUTIVO	Geométrico Drenajes Pavimentos Estructuras Señalización
10.- CONSTRUCCION	Licitación Pública Ejecución de Obras Supervisión Control de Calidad
11.- OPERACION Y CONSERVACION	Mantenimiento Servicios Peajes Estadísticas

Del proceso de planeación se obtienen las acciones en materia de infraestructura carretera que es necesario realizar y del cual se derivan los diversos Programas de Conservación, Modernización y Construcción de la Red Troncal Federal, de atención a las Carreteras Alimentadoras y Caminos Rurales y Programas de Empleo Temporal. Entre los que se enfocan a la Modernización y Construcción de Obra Nueva destacan:

Programas	Fuente de financiamiento
Modernización de la Red Básica	Recursos Federales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto de Egresos de la Federación</li> <li>• Fondo Carretero</li> </ul> Obra Pública Financiada
Construcción de Obra Nueva y Conclusión de Obras en Proceso	Recursos Federales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto de Egresos de la Federación</li> <li>• Fondo Carretero</li> </ul> Obra Pública Financiada Concesión Asociación Público - Privada FINFRA Bursatilización

---

## 2. BASES DEL ESTUDIO DE MERCADO

En todos los casos, los estudios de mercado para las obras carreteras son de tres tipos:

- a) Aforos de tránsito: consisten en 2,700 estaciones de conteo de vehículos que se ubican en diferentes puntos de la red carretera y que adicionalmente al conteo de vehículos realizan la diferenciación de tipos de vehículo. La SCT los realiza cada año y son publicados en los libros Datos Viales.
- b) Estudios de origen-destino: se llevan a cabo en diferentes puntos de la red y consisten en estaciones donde se realizan encuestas a los usuarios y se determina su perfil socioeconómico, patrones de uso de la vía y se clasifica la demanda por zona y por tipo de vehículo.
- c) Estudios de asignación y pronóstico de tránsito: comprenden la realización de aforos y encuestas de origen-destino y adicionalmente la aplicación de modelos de distribución de viajes (AASHTO, Redes, Competencia modal) para determinar la captación vehicular de un tramo nuevo y estimar sus variaciones en diferentes escenarios de peaje.

Para realizar las proyecciones de crecimiento del tránsito se utiliza como base tanto el análisis de la tendencia de los aforos como la realización de estudios específicos de generación y distribución de viajes

---

### 3. CONSIDERACIONES SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL OPTIMIZADA

La definición de las alternativas de solución a la problemática particular de cada tramo considera la situación actual optimizada como la opción básica y cabe aclarar que en los casos de modernización se trata en sí de una acción de optimización de lo existente.

Para los proyectos de carreteras que integran el catálogo de obras propuesto, la aplicación de medidas administrativas o pequeñas inversiones tiene un efecto temporal y de corto plazo que se traduce en un impacto marginal en la disminución de costos de operación y tiempos de recorrido que no justifica su aplicación contra alternativas de efecto más permanente y de mayor beneficio a los usuarios.

Sin embargo, se debe reconocer que el nivel de detalle con el que la metodología de análisis lleva a cabo la previsión de costos y beneficios del proyecto no le permite captar adecuadamente el efecto marginal que se menciona, por lo que en términos generales, la búsqueda de la alternativa de mayor beneficio a los usuarios y más rentable para la sociedad se concentra en la comparación de la situación actual optimizada con una política de mantenimiento adecuada y la utilización de mejores especificaciones geométricas de la vía contra la situación con proyecto. Cabe aclarar que el mejorar las especificaciones geométricas de la situación actual en algunos casos técnicamente no es posible por la particular situación del terreno o por los altos costos que esto implica (Nueva Italia-Infiernillo-Lázaro Cárdenas).

#### 4. CONSIDERACIONES SOBRE LA SITUACIÓN CON PROYECTO

En términos generales, los costos de operación y mantenimiento se determinan con las bases siguientes:

- a) Costos de operación de vehículos; se calculan con el modelo VOCMEX que calibró el Instituto Mexicano del Transporte a partir de la versión creada por el Banco Mundial del modelo HDM-III. Este modelo básicamente estima los costos de operación de los vehículos en función de sus características tomando en cuenta los consumos y depreciación por distancia recorrida. En el cuadro siguiente se presenta un análisis de los costos de operación promedio por tipo de vehículo, determinados para cada una de las obras en las situaciones con y sin proyecto.

Tramo	Situación sin proyecto (\$/km)			Situación con proyecto (\$/km)		
	A	B	C	A	B	C
Cárdenas-Agua Dulce	2.88	1.53	2.16	1.46	2.79	2.06
Reynosa-Matamoros	1.17	2.82	3.45	1.17	2.73	3.45
Torreón-Saltillo	1.17	2.82	3.51	1.17	2.77	3.51
La Gloria-Castaños	1.17	2.83	3.55	1.06	2.78	2.93
Zaragoza-Ciudad Victoria	1.17	2.82	4.11	1.17	2.71	4.11
Gutiérrez Zamora-Tihuatlán	1.17	2.80	3.55	1.17	2.71	3.55
Libramiento de Colima	1.17	2.93	4.72	1.06	2.74	3.90
Rancho Grande-Cuencamé	1.17	2.82	4.17	1.06	2.78	3.44
San Antonio-Ent. Aeropuerto SLP	1.27	3.08	4.33	1.27	3.08	4.33
Nueva Italia-Infiernillo	1.56	3.91	5.51	1.56	3.91	5.51
Infiernillo-Lázaro Cárdenas	1.40	3.65	4.70	1.40	3.65	4.70
Mexicali-El Centinela	1.17	2.94	3.38	1.06	2.75	2.77
San Roberto-Puerto México	1.17	2.94	3.92	1.06	2.78	3.22

- b) Costos de mantenimiento; se calculan estableciendo para cada tramo la política de conservación que le corresponda en función de su curva de deterioro. Este tipo de análisis permite asociar a cada tramo un programa de acciones de conservación que, una vez determinadas, se estima su costo con base en los montos contratados por SCT en la conservación de la red en diversas zonas del país.
- c) Costos de operación de autopistas; estos costos se calculan para aquellos tramos que generarán ingresos por el cobro de peaje, básicamente corresponden a la administración y operación de casetas. Su estimación se hace con base en los reportes de costos de autopistas en operación, tanto de obras concesionadas como de autopistas a cargo de CAPUFE.

---

## 5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación de los proyectos se realizó conforme a técnicas de beneficio-costos usualmente aceptadas y consiste básicamente en la comparación de dos situaciones a partir de los costos de operación y tiempos de recorrido de los usuarios, inversiones y gastos de mantenimiento.

El flujo de beneficios se construye a partir de la estimación de los ahorros para los usuarios entre ambas situaciones y una vez incorporado a este flujo el valor de las inversiones y los gastos de mantenimiento se determina la rentabilidad del proyecto en el horizonte de análisis con base en el valor presente neto, la tasa interna de retorno y la tasa de rentabilidad inmediata.

Como parte del análisis de rentabilidad económica de las obras se realiza el cálculo del valor presente neto de los ahorros en costos de operación de los usuarios y del tiempo de recorrido, los que como ya se mencionó son los factores fundamentales para evaluar desde el punto de vista de la sociedad la viabilidad de una carretera. El cálculo de estos resultados parciales se hace actualizando a una tasa de descuento de 12% el flujo de ahorros en cada año y para calcular el VPN en cada periodo se consideran los valores precedentes, es decir, para calcular el VPN del año 5 se utilizan los ahorros en los años 1 a 5 y de la misma manera para todo el horizonte de análisis.

Los ingresos por peaje no se consideran como parte de los beneficios que genera el proyecto ya que el enfoque de la evaluación es desde el punto de vista de la sociedad y los recursos que se propone invertir son de origen público, por lo que la recaudación por el cobro de peajes no regresa directamente a la bolsa origen de los mismos, lo que hace una diferencia con aquellos proyectos en los que el monto de lo recaudado se destina directamente al pago de las inversiones.

Se considera que al incorporar los ingresos por el cobro de peajes en la evaluación económica se traslada el punto de vista de la sociedad al de un inversionista privado sin que esto resulte aplicable pues el origen de los recursos es público.

---

## 6. CONSIDERACIONES SOBRE LA EVALUACIÓN FINANCIERA

Para el grupo de proyectos que se propone con aportación del Fondo para Infraestructura de Transporte se debe considerar que no se está proponiendo su construcción mediante algún tipo de endeudamiento pues los recursos provendrían directamente del FINTRA y la evaluación financiera por lo tanto deja de tener sentido pues no se debe demostrar la recuperación de ningún crédito en un plazo predefinido o con tasas y condiciones que pudieran establecerse si el esquema de financiamiento fuera del tipo Obra Pública Financiada o Concesión.

En estos últimos casos, la evaluación financiera tiene el propósito de estimar la recuperación de las inversiones y el rendimiento que se obtenga de ellas desde el punto de vista monetario, ya sea para recursos invertidos por la iniciativa privada, originados de un crédito o colocados por alguna fuente del gobierno federal.

En las evaluaciones financieras se toma en cuenta el monto de recursos que se desean recuperar, el plazo de recuperación, las tasa de interés real para los créditos que se obtengan y la tasa de rendimiento del capital invertido, en todos los casos, los supuestos de evaluación financiera se hallan por encima de las condiciones establecidas en los contratos de endeudamiento, como lo son:

- Costos de obra incluyendo instalaciones para el cobro de peaje.
- Flujo de costos anuales de operación y mantenimiento a lo largo del horizonte de evaluación.
- Flujo de Ingresos anuales calculados a partir de las previsiones de tránsito
- Cuota de \$0.55/km para el automóvil y estructura tarifaria similar a la de Capufe para los demás tipos de vehículos.
- Créditos que se soliciten con tasa real de interés del 10% en los años 1 y 2 y 8% del año 3 en adelante.
- Capacidad de pago o monto del crédito que el proyecto puede servir en 15 años.
- Periodo de recuperación de la inversión si la totalidad del proyecto es financiada mediante crédito.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**EVALUACIÓN  
FINANCIERA**

**PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

# Evaluación Financiera

✓ Parte fundamental del análisis de factibilidad financiera, es encontrar un nivel adecuado del costo financiero que permita la optimización de los recursos invertidos.

# Evaluación Financiera

✓ Es necesario determinar :

⇒ El costo financiero del proyecto tomando en cuenta la tasa de rendimiento esperada por los aportadores del capital.

# Evaluación Financiera

- ✓ La evaluación de riesgo de un proyecto para efectos de calificación de su financiamiento debe hacerse con base a los flujos de efectivo esperado.

# Evaluación Financiera

✓ Los flujos de efectivo, entenderemos a éstos como el conjunto de variables que ocurren en un tiempo determinado.

## **Principales datos requeridos en la evaluación**

- ✓ Inversión**
- ✓ Longitud**
- ✓ Cuota**
- ✓ Número de casetas**
- ✓ TDPA desviado**
- ✓ Composición vehicular**
- ✓ Tasa de crecimiento**

# Principales cuadros a elaborar

- ✓ Resumen de inversiones
- ✓ Financiamiento
- ✓ Tarifas
- ✓ Estimación de Ingresos
- ✓ Mantenimiento

## **Principales cuadros a elaborar (cont..)**

- ✓ Costos de operación de casetas y seguros**
- ✓ Estados de resultados**
- ✓ Fuentes y Usos**
- ✓ Saldos**

# Estados de Resultados

- ✓ Es un resumen de la operación de una unidad económica durante un tiempo determinado su objetivo:
- ⇒ Es medir el resultado de dicha operación determinando la utilidad o pérdida que haya obtenido.

# Balance Financieros

✓ El balance es un *estado de situación financiera* y comprende información clasificada y agrupada en tres categorías o grupos principales: activos, pasivos y patrimonio o capital.

## **Balance Financieros (cont.)**

- ✓ Tiene el propósito de demostrar la naturaleza de los recursos económicos de la empresa así como los derechos de los acreedores y de la participación de los dueños.**

# **Criterios Generales sobre la Toma de Decisiones sobre la Fuentes de Financiamiento**

✓ **Inversión**

✓ **Máximo crédito**

⇒ **15 años**

✓ **Máximo capital**

⇒ **TIR = 5%**

✓ **Estructura Financiera:**

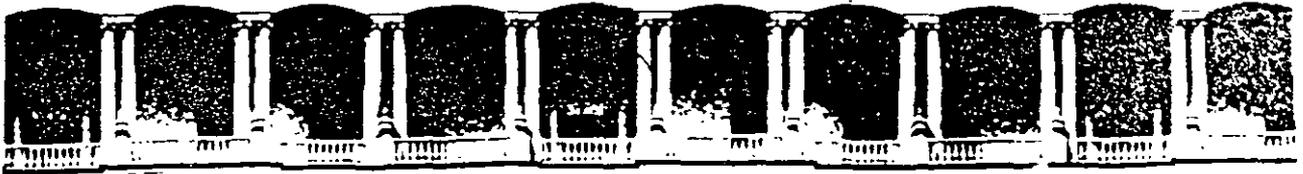
⇒ **Crédito 40-100%**  
**Capital 60%**

**Rec.Fed. 0-25%**

✓ **Capacidad de pago**

⇒ **Captación TDPA**

⇒ **Cuota**



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**DERECHO DE VÍA**

**ING. RODRIGO RODRÍGUEZ GÓMEZ**

**PALACIO DE MINERÍA**

**MAYO 1998**

## DERECHO DE VIA

*Inq. RODRIGO RODRIGUEZ GOMEZ*

La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal precisa el concepto de derecho de vía, en su artículo 2º, fracción III, como la franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía general de comunicación, cuya anchura y dimensiones fija la Secretaría, la cual no podrá ser inferior a 20 metros a cada lado del eje del camino. Tratándose de carreteras de dos cuerpos se medirá a partir del eje de cada uno de ellos,"

De acuerdo al artículo 36 fracción I, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, corresponde a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes formular y conducir las políticas y programas para el desarrollo de las comunicaciones del país y la fracción XXI, la facultad para construir y conservar los caminos y puentes federales, por tanto, es responsabilidad de la Secretaría disponer legalmente de los terrenos necesarios para la construcción de vías generales de comunicación.

La adquisición del derecho de vía de las carreteras federales, se lleva a cabo al amparo de las siguientes leyes:

- 1.- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en sus artículos 27 Párrafo Segundo y 89 fracción I.
- 2.- La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal en sus artículos 31, 36 y 37.
- 3.- La Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal conforme a los artículos 2o., fracciones I y III, 5o. y 22.
- 4.- La Ley de Vías Generales de Comunicación en su artículo 2o.
- 5.- La Ley General de Bienes Nacionales en sus artículos 14 y 63 fracción II, por lo que hace a la expropiación de inmuebles y 8 fracción V, 10, 11, 12 fracción IV, 13, 63 fracción I y 72 en relación con la compra-venta.
- 6.- La Ley de Expropiaciones de acuerdo a los artículos 1o., fracción II, 2o., 3o., 4o., 10, 19 y 20.
- 7.- La Ley Agraria conforme a los artículos 93 fracción VII, 94, 95 y 96.

- 8.- Código Civil para el Distrito Federal en Materia común y para toda la República en Materia Federal, en sus artículos 2243, 2245 y relativos a la promesa de compra-venta y 2248, 2249 y demás aplicables para la compra-venta.
- 9.- Reglamento de la Ley Agraria en Materia de Ordenamiento de la Propiedad Rural, conforme a su Título Tercero y
- 10.- Reglamento Interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en sus artículos 11 fracción XIV y 15 fracciones XII y XIII.

### **PROCEDIMIENTOS PARA LA ADQUISICIÓN DE INMUEBLES DEL DERECHO DE VÍA DE LAS CARRETERAS FEDERALES.**

Autorizado un proyecto carretero previo el inicio de los trabajos de construcción de la obra, la Dirección General de Carreteras Federales a través del residente encargado de su ejecución, tendrá que llevar a cabo las siguientes acciones:

- A) Verificar el nombre del propietario del inmueble que se pretende afectar ocurriendo al Registro Público de la Propiedad Local o ante la autoridad agraria del lugar.
- B) Si se trata de terrenos ejidales o comunales, comprobará el nombre correcto del ejido o la comunidad ante la autoridad agraria respectiva, recabando la resolución presidencial de constitución del ejido o comunidad.
- C) Determinado el régimen de los terrenos por afectar, ya sean particulares o agrarios, consideramos necesario que el residente consigne en el plano de afectación, los datos del proyecto de la obra, linderos de los predios afectados, superficies afectadas y construidas y demás bienes distintos a la tierra, así como el cálculo analítico del área por adquirir.

En el caso de que se trate de terrenos de régimen de propiedad particular, la adquisición podrá realizarse ya sea por vía de derecho público, o bien de derecho privado; en el primer caso tenemos la expropiación por causa de utilidad pública y en el segundo, principalmente, la compra-venta de inmuebles.

## **A) Expropiación de terrenos de régimen de propiedad particular.**

Para la expropiación por causa de utilidad pública en terrenos sujetos al régimen de carácter privado, el expediente se integra por parte de la Dirección General de Carreteras Federales con la siguiente documentación:

- 1.- Autorización de inversión presupuestal otorgada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- 2.- Dictamen de uso de suelo rendido por la Delegación Estatal de la Secretaría de Desarrollo Social.
- 3.- Planos topográficos de la superficie a expropiar con su cuadro de construcción, y
- 4.- La documentación que contenga el fundamento que justifique la causa de utilidad pública, en la que se demuestre de manera indubitable que los terrenos son apropiados para el fin que se pretende.

Integrado el expediente de expropiación, deberá hacerse del conocimiento de la Dirección General de Asuntos Jurídicos, la necesidad de adquirir los terrenos, para que en su caso, elabore el proyecto de decreto presidencial que será sometido a los refrendos de los Secretarios de Contraloría y Desarrollo Administrativo, de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Transportes, a fin de remitirlo posteriormente a la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal para su revisión y en su caso aprobación y firma del Presidente de la República.

El decreto expropiatorio deberá ser publicado en el Diario Oficial de la Federación en dos ocasiones. Un vez publicado por segunda ocasión, conforme al artículo 5o. de la Ley de Expropiación, será necesario esperar quince días para que, el particular afectado pueda impugnar el citado ordenamiento; transcurrido dicho plazo sin que se hubiere interpuesto el recurso administrativo de revocación, se solicitará a la SECODAM tome posesión del área expropiada y la entregue en el mismo acto a esta Secretaría.

## **B) Compra-Venta de inmuebles.**

La adquisición de terrenos sujetos a régimen de derecho común, por vía de derecho privado, se realiza generalmente a través de compra-venta, cuyo expediente se deberá integrar con la siguiente documentación:

- 1.- Contrato de promesa de compra-venta, celebrado entre el Director General del Centro SCT que corresponda y el propietario del predio.
- 2.- Título de propiedad.
- 3.- Certificado de libertad de gravamen.
- 4.- Avalúo de CABIN.
- 5.- Croquis de localización del predio afectado.
- 6.- Ultima boleta de impuesto predial.
- 7.- Autorización de inversión presupuestaria otorgada por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Integrado el expediente de compra-venta, deberá remitirse a la Dirección General de Asuntos Jurídicos, quien lo revisará y tramitará ante la Dirección General del Patrimonio Inmobiliario Federal de la SECODAM: a) la autorización para adquirir el predio, b) designación del notario público y del patrimonio inmueble federal, y c) la delegación de facultades del representante del Gobierno Federal que intervendrá en la firma de la escritura correspondiente.

Otorgada las autorizaciones y designados el notario y el representante del Gobierno Federal éstas se remiten, por parte de la Dirección General de Asuntos Jurídicos, al Jefe de la Unidad de Asuntos Jurídicos para que en coordinación con el Residente General de Carreteras Federales culmine ante el Notario Público del Patrimonio Inmueble Federal la compraventa del predio mediante la firma de la escritura y el pago del valor fijado por la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales.

### **C) Expropiación de terrenos ejidales o comunales.**

Por lo que hace a los terrenos sujetos a régimen agrario, es decir, ejidos o comunidades, el expediente de expropiación deberá integrarse conforme al artículo 60 del Reglamento de la Ley Agraria en Materia de Ordenamiento de la Propiedad Rural, a saber:

- a) Nombre del núcleo agrario, Municipio y Entidad Federativa a la que pertenece.
- b) Régimen de propiedad ejidal o comunal.

- c) Superficie analítica que se solicita expropiar.
- d) Plano informativo de la superficie solicitada.
- e) Causa de utilidad pública invocada y destino que se pretenda dar a la superficie.
- f) Documentación que justifique la causa de utilidad pública.
- g) Si existe ocupación previa del predio a expropiar, el convenio que al efecto se hubiere celebrado. De no existir éste, la descripción de los acuerdos sobre los cuales se pactó la ocupación. En ambos casos, la descripción de las obras realizadas y superficie ocupada:
- h) En su caso, dictamen técnico o estudio de impacto ambiental, de las Secretarías de Desarrollo Social y de la Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, según se trate. Además, cuando la promovente sea un particular, dictamen de factibilidad de la autoridad competente e
- i) Compromiso de la promovente de pagar el avalúo y la indemnización que se establezca así como la constancia de la autorización presupuestal correspondiente.

Integrado el expediente respectivo, se deberá remitir a la Dirección General de Asuntos Jurídicos para su revisión y en su caso trámite ante la Secretaría de la Reforma Agraria, la que realizará el procedimiento correspondiente, que culminará con la publicación del decreto presidencial en el Diario Oficial de la Federación.

La ejecución del decreto expropiatorio se solicitará por la Dirección General de Asuntos Jurídicos una vez que se haya depositado en el Fideicomiso Fondo Nacional de Fomento Ejidal la indemnización que fije el propio ordenamiento en favor del núcleo agrario afectado y se cuente con copia de la ficha de depósito.

Es conveniente señalar que los trámites antes descritos se refieren a la adquisición de terrenos para la construcción de las carreteras con cargo al presupuesto otorgado a esta Secretaría, por lo que en los casos de que se trate de carreteras concesionadas, deberá precisarse si los pagos para la adquisición de los terrenos, están a cargo de la concesionaria o de esta Secretaría.

Por otra parte, a fin de estar en condiciones de instrumentar el trámite de pago por las afectaciones que se causan con la construcción de las vías generales de comunicación se deberán observar los lineamientos que se detallan a continuación:

I.- Adquisición de predios sujetos a régimen ejidal o comunal, la documentación se integrará con:

A) El Decreto Expropiatorio correspondiente, documento que servirá de base para la expedición del cheque por el importe que consigne como indemnización al núcleo agrario por la afectación de sus terrenos. El pago deberá efectuarse de preferencia ante el FIFONAFE, según lo dispone el artículo 94, tercer párrafo, de la Ley Agraria.

Cabe la posibilidad de que el pago de la indemnización se haga en forma directa al ejido siempre y cuando sea solicitado formalmente por el núcleo agrario y de ser posible sancionado por un representante de la Coordinación Agraria o de la Delegación de la Procuraduría Agraria en el Estado.

1.- Pago ante el FIFONAFE, una vez expedido el cheque, éste se depositará ante el citado fideicomiso, el cual una vez que acredite los fondos al núcleo agrario, entregará los recursos.

2.- Pago directo a petición del ejido o comunidad, mediante su depósito en una institución bancaria, el cual implica la celebración de un convenio con representantes del ejido o comunidad y de esta Dependencia, en el que se estipularán entre otros datos, la fecha del decreto expropiatorio, superficie afectada, el número de cuenta en el que se depositará el cheque, las personas autorizadas en asamblea para recibir el pago y suscribir el convenio, la liberación de la Secretaría de cualquier responsabilidad en la distribución de los recursos a los afectados, asimismo, se deberá recabar el acuse de recibo debidamente firmado y sellado por el comisariado ejidal.

En ocasiones, la Secretaría debido a las urgentes necesidades de no retrasar el programa carretero, requiere ocupar las tierras afectadas previamente a la publicación del decreto expropiatorio respectivo, y de conformidad con el artículo 95 de la Ley Agraria acuerda con el ejido o comunidad dicha ocupación, para lo cual efectúa un pago denominado depósito en garantía, el cual garantiza el pago por la ocupación de sus terrenos. Dicho pago, se hará en cualquiera de los términos anteriormente citados, pero en el convenio de pago directo al ejido o ficha de depósito ante el FIFONAFE, se señalará que es a cuenta del monto que por concepto de indemnización determine la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales, para la expedición el decreto expropiatorio.

**B) Documentos que deben integrarse para el pago de bienes distintos a la tierra:**

1.- Avalúo de afectaciones el que contendrá: lugar y fecha; la superficie del terreno; superficie afectada; superficie restante; superficie construida; superficie sembrada; régimen de propiedad; nombre del afectado; nombre de la carretera; tramo de la carretera; origen de la misma; kilometraje; dependencia que levantó los datos; croquis de afectación; concepto; cantidad; precio unitario; y total. Además deberá contener la certificación del comisariado ejidal, consistente en una leyenda en donde se haga constar que el afectado pertenece al ejido de que se trata, la que debe estar firmada por el Presidente, el Secretario y el Tesorero del ejido en cuestión así como autorizada con el sello del mismo.

2.- Avalúo de CABIN.

3.- Contrarrecibo.

4.- Copia del Certificado de Derechos Agrarios.

En caso de que no se cuente con el Avalúo de la CABIN se deberá mencionar en el Avalúo de Afectaciones el tabulador emitido por la CABIN, utilizado para cuantificar el monto de la cantidad a cubrir, señalando el número y fecha del mismo.

Cuando el afectado no sepa firmar deberá estampar en la documentación de pago, en el espacio correspondiente a beneficiario su huella digital, debiendo firmar dos testigos.

**II.- Adquisición de predios sujetos a régimen particular por vía de derecho público, o sea la expropiación, la documentación deberá consistir en:**

**A)** Avalúo de Afectaciones el que contendrá: lugar y fecha; la superficie del terreno; superficie afectada; superficie restante; superficie construida; superficie sembrada; régimen de propiedad; nombre del afectado; nombre de la carretera; tramo de la carretera; origen de la misma; kilometraje; dependencia que levantó los datos; croquis de afectación; concepto; cantidad; precio unitario; y total.

**B)** Contrarrecibo.

**C)** Título con el que el afectado acredite la propiedad del bien, en original.

- D) Certificado de libertad de gravámenes en original.**
- E) Última boleta de pago del impuesto predial.**
- F) Original del avalúo emitido por la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales.**
- G) Copia del decreto expropiatorio**

En caso de que se paguen bienes distintos a la tierra se deberá mencionar en el avalúo de afectaciones el avalúo o tabulador emitido por CABIN, utilizado para cuantificar el monto de la cantidad a cubrir, señalando el número y fecha del mismo.

Si el bien afectado reporta gravamen para poder efectuar el pago se deberá anexar a la documentación constancia en donde el acreedor otorgue su autorización para que se realice el pago.

Si se trata de que varias personas son propietarias del bien afectado todas deberán firmar la documentación de pago a menos de que exista un representante común, mismo que deberá contar con poder para actos de dominio otorgado ante notario público.

**III.- Adquisición de predios sujetos a régimen particular por vía de derecho privado, compra-venta, la documentación deberá consistir en:**

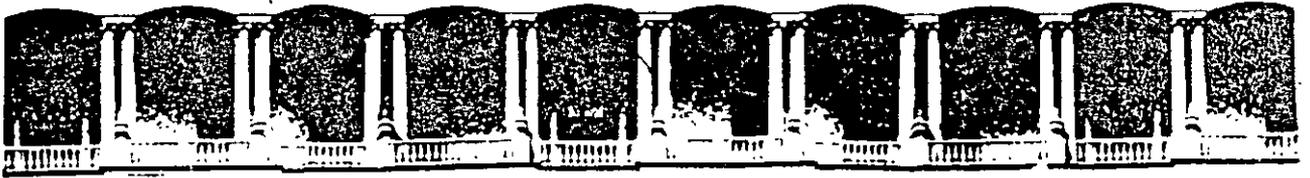
- A) Contrato preliminar de compra-venta en donde se consigne que la cantidad a pagar se deberá sujetar al dictamen valuatorio de la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales y que el vendedor autoriza la ocupación en forma inmediata del inmueble.**
- B) Título con el que se acredite la propiedad en original.**
- C) Original del avalúo emitido por la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales.**
- D) Original del certificado de libertad de gravámenes.**

E) Copia de la última boleta de pago del impuesto predial.

F) Copia del pago del uno al millar.

El pago por la afectación realizada se hará en el momento en que se firme ante el notario la escritura de compra-venta debiéndose prevenir la expedición del cheque.

22.05.98



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**IMPACTO AMBIENTAL EN CARRETERAS**

**ING. J. ALBERTO VILLASANA**  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998

## **IMPACTO AMBIENTAL EN CARRETERAS\***

J. Alberto Villasana Lyon\*\*

### **Introducción**

Desde hace varias décadas la sociedad se ha percatado que muchas de las acciones que lleva a cabo inciden en forma negativa sobre el ambiente. La tala de los recursos forestales es un ejemplo muy socorrido, no es únicamente agotar el volumen maderable de los bosques, que es el efecto sensible inmediato, es la denudación y posible erosión del suelo, o bien, la posible inducción de cambios en el microclima.

A cada acción corresponde una reacción, esta vieja premisa <base de la física clásica>, tiene plena validez sobre el medio que nos rodea, a cada una de nuestras actividades se corresponde un cambio en el ambiente y no todos los cambios le son favorables.

La acumulación de cambios adversos en forma sostenida pueden llegar a ocasionar que el nuevo medio creado resulte nocivo para la vida humana, sin embargo existen necesidades de cambio, el desarrollo de la sociedad es permanente, de ahí que ahora se busque un desarrollo sustentable.

Hacer o crecer en forma tal que el ambiente modificado sea adecuado para la vida humana. **El objetivo último de esta nueva conciencia ecológica es el hombre mismo.**

### **Legislación**

Dentro del contexto en el que nos desenvolvemos esta nueva filosofía estuvo plasmada en la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, puesta en vigor el 28 de enero de 1988– y modificada el 13 de diciembre de 1996, y que,

---

\* Diplomado "Proyecto, Construcción y Conservación de Carreteras", Centro de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, mayo de 1998.

\*\* Consultor y supervisor en Impacto Ambiental.

junto con los reglamentos de ella derivada, constituyen el marco jurídico que ahora nos regula.

La Ley en vigor en su parte inicial, Título Primero, define varios conceptos relacionados con la Ecología, el Capítulo II se refiere a la Distribución de Competencias, Política Ambiental, Instrumentos, etc. El Título Segundo cubre aspectos referentes a la Biodiversidad, Áreas Naturales Protegidas en el Capítulo I, tipos Zona de Restauración en el II, Flora y fauna en el III. El Título Tercero se refiere al Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales. La Protección al Ambiente es objeto del Título Cuarto, La Participación Social e Información Ambiental se contemplan en el Título Quinto y en el Sexto se mencionan Disposiciones Generales.

La Ley y los Reglamentos de ella derivados contemplan tres conceptos básicos, el Impacto Ambiental, Riesgo y los Manejo de Residuos.

En lo que a carreteras corresponde, el Artículo 28, de la Sección IV del Título Primero, define ... "La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría (SEMARNAP), específicamente su Instituto Nacional de Ecología (INE) establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el ambiente. Para ello, en los casos que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

- I. Obras Hidráulicas, **vías generales de comunicación**, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos.
- II. ...
- VII Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.
- VIII ...
- XIII Obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal (\$)...

Las infraestructura carretera y obras conexas normalmente quedan bajo regulación de la SEMARNAP por una o varias de las inclusiones señaladas anteriormente.

Con fecha 7 de junio de 1988 se publicó el Reglamento en materia de impacto ambiental y en las Gacetas Ecológicas de septiembre y noviembre de 1989 se definió el contenido mínimo de las Manifestaciones de Impacto Ambiental en sus modalidades de General, Intermedia y Específica.

Resumiendo, puede decirse que las actividades relacionadas con la infraestructura carretera, en materia de impacto ambiental son de ámbito federal y que corresponde su normatividad y vigilancia a la SEMARNAP. Las disposiciones relacionadas contempladas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al

Ambiente, que es reglamentaria del Art. 27 Constitucional y derivado de dicho ordenamiento jurídico se tienen Disposiciones reglamentarias e instructivos para la ejecución de las manifestaciones de impacto ambiental.

## **Manifestación de Impacto Ambiental**

La Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) es un documento que condensa la descripción de la obra por ejecutar, la del medio físico y socioeconómico en que se pretende realizar, las disposiciones jurídicas aplicables a ese proyecto (federales, estatales y locales), la identificación de los posibles impactos ambientales y las propuestas para su compensación, mitigación o supresión.

Por otra parte las modalidades de General, Intermedia o Específica, pueden interpretarse en forma simplista como diferentes grados de detalle del contenido. La MIA cubre todos los aspectos referentes al Proyecto, Construcción, Operación y Mantenimiento de la vialidad.

En el caso de carreteras los impactos más comunes y algunas de las medidas de mitigación son:

### *Proyecto*

Las actividades que se ejecutan para llevar a cabo el proyecto de una carretera, esto es; topografía, sea por métodos convencionales o por aerofotogrametría; sondeos, para conocer las propiedades del subsuelo; levantamientos topohidráulicos, para definir las características del drenaje; etc., no producen impacto sobre el medio, ni lo produce el equipo empleado o las pocas gentes que se ocupan de dichas actividades.

Sin embargo existen algunos aspectos del diseño conceptual que conviene revisar, tanto desde el punto de vista ecológico, principalmente de la seguridad, tanto de los usuarios de la vialidad como de los habitantes de la zona contigua a la obra de infraestructura:

### Soluciones alternas.

En general las posibles opciones que tiene una nueva vialidad se estudian considerando únicamente aspectos técnicos y económicos referentes a las exigencias tecnológicas, sobre todo de las estructuras, así como a las cantidades de obra involucradas pero sin tomar en cuenta aspectos ecológicos.

En muchas de las últimas localizaciones de autopistas, se ha tenido que cambiar su ubicación, total o parcialmente, más por consideraciones de tipo ambiental que por consideraciones de tipo técnico o económico.

Cuando existen varias opciones para una localización debe hacerse previamente un Estudio de Impacto <no una Manifestación>, elemento de juicio

que permite comparar el impacto de cada opción y establecer elementos ecológicos de comparación.

#### Derecho de vía.

Un aspecto digno de analizar es el ancho del derecho de vía, es notorio que, conforme se deteriora la economía del país, la Secretaría de comunicaciones y Transportes ha venido reduciendo el ancho del derecho de vía.

En el caso de las autopistas tipo A4, algunas de estas llegaron a construirse dentro de un derecho de vía de 120 m de ancho, posteriormente se utilizaron 100 m, luego 80, 60, y conozco algunas que han sido proyectadas para alojarse en 50 m de ancho. En varias de estas últimas, terminada la construcción, la línea de ceros rebasa el límite del derecho de vía.

Cuando hablamos del derecho de vía inmediatamente nos viene a la mente una franja de terreno que contiene a la carretera, esta es la primera impresión, sin embargo corresponde a una concepción muy pobre.

El derecho de vía, sobre todo en el caso de autopistas, debe tener amplitud suficiente para prever futuras expansiones, espacio para integrar la carretera al paisaje circundante y dejar un margen razonable de distancia entre el hombro de la corona y los espacios limítrofes de vegetación para prevenir maniobras de los vehículos en caso de aparecer personas o semovientes que accidentalmente pretendan introducirse o cruzar los carriles de la autopista.

#### Pasos peatonales

Los pasos peatonales <monumento a la terquedad de los ingenieros>, a pesar de que no se utilizan los seguimos construyendo.

Este es un tipo de obra auxiliar que poco se ve en otros países, inclusive hay autores que las ubican como producto típico del tercer mundo, arguyendo que en nuestros países la mayoría de la gente carece de automóvil y, en consecuencia, debe cruzar a pie las grandes vías, requiriendo para ello de pasos peatonales.

El sofisma tiene algunos puntos débiles, la necesidad del paso peatonal se da en los niños, ancianos y minusválidos, *yo al menos, cuando tenía 25 años, cruzaba a la veracruzana*. Sin embargo estas estructuras, aún las modernas, no son utilizadas, excepto en aquellos casos donde existen bardas o alambradas que impiden cruzar a nivel.

Sin embargo, alguna de estas estructuras que llegan a los 7 m sobre el nivel de piso, no son accesibles para ancianos, minusválidos o niños que ca-

minan sin acompañante que los vigile. Otros son verdaderos atentados contra la higiene o la educación.

### Integración al paisaje

Este concepto es más difícil de calificar sin incurrir en apreciaciones subjetivas, sin embargo creo que si es fácilmente aceptable que sin "espacio", es poco lo que se puede hacer, es decir que la modificación del entorno para hacer de la carretera un elemento agradable está íntimamente relacionado a al terreno disponible entre la línea de ceros y el límite del derecho de vía.

La reforestación, los paraderos, los cambios de curvatura o los camellones intermedios, requieren de un espacio geográfico y la calidad de la solución depende de la amplitud de este. Las casetas de peaje sin jardines, los estacionamientos donde no cabe un doble semiremolque, etc., son algunos ejemplos de falta de espacio.

### Localización

Uno de los primeros aspectos que deben tomarse en cuenta es la anuencia de las autoridades locales a la localización seleccionada y/o la compatibilidad de la obra con el uso del suelo previsto en el Plan de Desarrollo Municipal. Esta es la forma de verificar la aceptación social con la obra propuesta.

Otro aspecto importante es la ocupación de Áreas Naturales Protegidas, existe un catálogo de estas Áreas y hasta donde es posible conviene evitarlas.

Existen otros aspectos relacionados con la localización física del proyecto, como pueden ser el cortar el flujo de escurrimientos superficiales, aislar la obra de conjuntos habitacionales, reducir el nivel de contaminación por gases o ruido, etc. Aspectos que el proyectista deberá tener en mente para conseguir una mejor solución.

### Construcción

Las causas de impacto ambiental durante la construcción son más conocidas para nosotros, quizás el formulario empleado para la estimación de volúmenes de obra o los formularios empleados para las licitaciones, constituyan un buen inventario, a éste solo habría que adicionar el impacto ambiental ocasionado por la maquinaria y equipo empleados así como el ocasionado por el personal empleado en la obra, ello puede ser desde el simple alquiler de sanitarios portátiles hasta el establecimiento de campamentos.

Sin embargo las actividades que más impactan están divididas en tres grandes grupos; las relacionadas con el desmonte y despalme, que afectan principalmente

la flora y fauna; la formación de las terracerías, que cambia la topografía y disposición estratigráfica del suelo; la modificación del drenaje, incluyendo en ello la construcción de puentes y pasos a desnivel. Estas actividades y algunas otras disposiciones están entre las causas más comunes de impacto:

#### Liberación del derecho de vía

Uno de los aspectos que más se descuida durante la planeación de la construcción es la liberación previa y total (\$ PAGO \$) del mismo. Es demasiado frecuente que la obra está a punto de concluirse y no se ha liberado la totalidad derecho de vía. Ello impide que determinadas acciones, como puede ser la reforestación del derecho de vía no puedan iniciarse, o bien que durante el proceso de construcción se tengan manifestaciones de inconformidad que afectan la buena marcha de la obra.

Para algunos ingenieros no están claros algunos de estos "impactos", como el mencionado, se preguntan, ¿cual es el impacto que se origina con el retraso del pago?. Han olvidado que la causa última está en la satisfacción del hombre y que, la aceptación de la obra por parte de los grupos sociales es parte de los requisitos para su inicio.

#### EL desmonte y despalme

Esta primera actividad es la que afecta directamente la flora y fauna, generalmente de la totalidad del derecho de vía, es objeto de posteriores medidas compensatorias.

Un aspecto importante es el rescate de especies. Esta actividad tiene dos vertientes; una general, la conveniencia propia para la economía de la obra, consistente en el rescate de especies que puedan servir posteriormente a la reforestación de la zona afectada por el proyecto; y otra, obligatoria, de rescatar aquellos ejemplares de las especies que se encuentran en peligro de extinción, especies que el Instituto Nacional de Ecología ha dado a conocer en sus publicaciones.

Dentro de la MIA también debe considerarse el desmonte y despalme de los bancos de materiales, principalmente de aquellos que no estuviesen operando comercialmente antes del inicio de la construcción.

#### Drenaje

En general se busca no modificar el patrón de drenaje natural, no modificarlo ni en cuanto a sus características topo – hidráulicas, esto es sección hidráulica, pendiente, etc. ni en cuanto a la calidad del agua, esto es la contaminación con materiales propios de la construcción.

Es preferible el tipo de obra con apoyos fuera del cauce <losa o bóveda> al de aquellas otras que lo modifican <tubos>.

Los puentes son casos similares, sin embargo, en estos, algunos de los elementos estructurales se ubican dentro del cauce <por debajo del NAME> e inclusive en muchos casos dentro del agua <por debajo de NANO> sin embargo las precauciones básicas siguen siendo las mismas.

En cuanto a la utilización del agua o el agua como deshecho líquido, debemos recordar que existe la necesidad de contar con permiso de las autoridades competentes para su empleo y también de que existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en que se señalan condiciones a cumplir para su uso y manejo.

### Cortes

Dos aspectos son relevantes en cuanto a los cortes, uno de ellos es la altura y extensión horizontal del mismos y otro es su estabilidad y aspecto, debe considerarse desde su diseño el tipo de recubrimiento con que se vaya a proteger así mismo su susceptibilidad a la erosión hídrica.

Muchas veces el establecimiento de pastos se intenta en condiciones que no son las adecuadas con las consiguientes fallas.

### Bancos de materiales

Si los bancos utilizados son de nueva explotación deberán recabar el permiso de las autoridades correspondientes, si ya tienen licencia de uso, es recomendable conocer las condiciones bajo las cuales se concedió la licencia.

En los nuevos proyectos de carreteras se está considerando como criterio de selección de los bancos de préstamo que estos no sean visibles desde la carretera, si ello no fuese posible, al menos que se encuentren a más de 500 m del límite del derecho de vía. También se está haciendo hincapié en que se localicen bancos de materiales que se encuentren operando comercialmente.

### Formación de terraplenes

Los taludes de los terraplenes revisten, desde el punto de vista ambiental, características análogas a las de los cortes, usualmente en el diseño sólo intervienen factores geotécnicos, no se toman en cuenta aspectos ambientales, sobre todo en relación con su estabilización por medio de vegetación.

También en muchas ocasiones, sobre todo tratándose de tramos en montaña, es frecuente que en la formación de secciones en balcón se hagan ver-

daderos derrames de material. En muchas de las zonas templadas semiáridas la restauración del terreno cuando se da este problema presenta serios inconvenientes.

#### Acarreo

En la formación de la terracería se tienen movimientos, acarreo y compactación de material pétreo con un gran contenido de partículas, si no se tiene cuidado durante su manejo y transporte se emite gran cantidad de polvo. Aún cuando este acarreo normalmente es hecho por subcontratistas, ello no releva ni al contratista principal ni a la Secretaría de que la selección de transportistas se haga dentro de aquellos que cuenten con las condiciones satisfactorias.

#### Excedentes de material

En caso de existir excedentes de material, la Manifestación deberá señalar las cantidades y sitios de tiro, preferentemente bancos de material cuya explotación ya terminó.

Si el desperdicio fuese de poca cuantía, como el originado durante la limpieza, puede disponerse del material en los basureros municipales previo permiso de las autoridades.

#### Superficie de rodamiento y señalamiento

Dentro de las últimas actividades están la construcción de la superficie de rodamiento y la señalización, actividades que *per se* no producen impactos, sin embargo debe tenerse presente que en la mayoría de las autorizaciones se establece no solo la prohibición de establecer anuncios comerciales dentro del derecho de vía, sino también, la obligación de convenir con las autoridades municipales para que estas no lo permitan en una franja contigua.

#### Restauración

Usualmente uno de los condicionantes de la autorización, es la restitución a su estado original de los terrenos rústicos desocupados, esto es oficinas provisionales, almacenes, campamentos, patios de maquinaria, etc. la obligación implica restablecer en ellos el uso que tenían.

Ello puede resultar más difícil en el caso de los Bancos de Materiales, cuando estos son de nueva explotación y en la autorización concedida se señala este condicionante, puede resultar más conveniente explotar el Banco de Materiales en capas horizontales y no en "rebanadas de pastel" como es la costumbre.

Un aspecto olvidado en el caso de las autopistas tipo A4-s, que se consiguen mediante la adición de un cuerpo nuevo a uno existente, es la remoción de pequeños tramos del viejo cuerpo donde se abandona este por rectificaciones de curvas, entronques, etc.

Lo anterior casi agota lo que corresponde en forma directa a la construcción, existen también impactos ambientales causados indirectamente por el personal, maquinaria, equipo y otros materiales (no pétreos) empleados en la obra.

Sin pretender ser exhaustivo los siguientes factores son más o menos recurrentes:

#### Personal

En cada caso puede ser diferente pero deberá contemplarse la necesidad de establecimientos foráneos para oficinas, campamentos, almacenes, etc. sitios donde se tiene la necesidad de disponer de agua potable, comida, energía eléctrica, dormitorios, etc., servicios que originan desechos, sobre todo líquidos y sólidos, de los cuales la MIA deberá señalar como se va a disponer.

Tanto en los sitios señalados como en los frentes de obra se deberá disponer de agua potable y servicio sanitario. La solución más simple, y la que con más frecuencia se señala en la MIA, es acudir a los servicios comerciales de suministro de estos servicios y, en el caso de los sanitarios portátiles, que inclusive el contrato cubra el reciclado de los desechos.

Aquí cabe resaltar que algunos de los conceptos de la MIA son supuestos a priori y que, si durante la ejecución de la obra se cambiara la actividad o el proceder deberá darse el aviso correspondiente o, en su caso, obtenerse nueva autorización.

Al revisar las actividades y necesidades que pueda tener el personal también debe tenerse en mente a la población que habite cerca de la obra, este pudiera requerir de cambios en sus accesos, ser causa de limitaciones en el horario de trabajo, etc.

#### Equipo y Maquinaria

Su principal contribución al deterioro del medio ambiente radica en la emisión de gases y ruidos, ambas, para minimizarse, requieren de cumplir con lo establecido en las NOM.

Mención especial merecen el manejo y almacenamiento de combustibles, grasas y lubricantes. Si la constructora establece un sitio a donde se lleve la maquinaria a reparación y/o donde se almacenen aceites, solventes o combustibles, tiene un problema de Riesgo <no de impacto ambiental>, igual puede acontecer con el almacenamiento de explosivos.

En uno y otro casos se requieren registros, estudios de riesgo y autorización específicas, del mismo INE, sin embargo la autorización condicionada de la MIA no implica la autorización de manejo de materiales peligrosos.

El funcionamiento de la maquinaria, la emisión de gases y ruidos tienen Normas Oficiales Mexicanas que deben cumplirse para reducir el impacto al mínimo.

En el caso de una la construcción de una obra carretera la Dirección General de Carreteras Federales (y/o su representante en la Entidad) es la Promoviente de la MIA, esto significa que, **aunque contrate la ejecución de todo o parte con terceros, la Dirección General de Carreteras Federales o la Representación en el Estado son las responsables de cumplir con las condiciones señaladas, y sus titulares los penalizados en caso de incumplimiento.**

#### *Operación*

La operación de las carreteras libres no implica problemas especiales de impacto ambiental <la operación de los vehículos automotores es una cosa y la de la carretera es otra> deberán tenerse servicios de protección y atención emergente para los usuarios al momento de ponerse en operación.

De hecho debe existir una campaña permanente de seguridad que cubra desde el Proyecto hasta la operación y mantenimiento de la vialidad, no solo para quienes intervienen en su construcción sino también para los usuarios de la misma.

Otra cosa muy diferente es el caso de las autopistas concesionadas donde la operación de las casetas de peaje y servicios adicionales origina insumos de energía eléctrica, agua potable, alimentos, servicios sanitarios, etc. con la consiguiente producción de desechos sólidos y líquidos.

La MIA deberá contemplar los sitios de donde se obtendrá el agua potable y la forma en que se traten las aguas negras y su disposición final, así como la disposición de los residuos sólidos generados por los usuarios de la autopista y los empleados y vigilantes de la misma.

#### *Mantenimiento*

El mantenimiento de la obra, en general, lo componen actividades que tampoco generan impacto sobre el medio.

## **Seguimiento de la Obra**

En el caso de las carreteras, todas las autorizaciones que expide el INE son condicionadas, señalan una serie de situaciones, actividades u obras complementarias que deben cumplirse para llevar a cabo la misma.

### *Supervisión de la obra*

Algunas disposiciones ajenas a las medidas de mitigación pueden ser, por ejemplo, la constitución de un Comité Ambiental a cargo de un profesional con experiencia que supervise ... .. con facultades para suspender la obra ...

### *Modificaciones*

Todo cambio que surja durante el desarrollo de la obra deberá ser notificado al INE y a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

### *Procuraduría Federal de Protección al Ambiente*

La encargada por Ley para vigilar el cumplimiento de las diferentes disposiciones legales aplicables y del cumplimiento de las condicionantes del oficio de autorización dado por el INE y de las medidas de mitigación señaladas en la MIA es la Procuraduría Federal de Protección al ambiente (PROFEPA).

Esta Dependencia puede sancionar al Promovente, esto es al titular o al representante en forma administrativa o por la vía judicial por violaciones a las disposiciones generales o a las particulares de dicha obra.

La PROFEPA puede actuar con base al oficio de autorización, de motu proprio o por denuncia de terceros. En el caso de carreteras usualmente se debe dar aviso de iniciación de obra, llevar una bitácora relativa a las actividades de control y mitigación de impacto ambiental, y hacer un informe semestral dando cuenta de las acciones y/o condicionantes satisfechas.

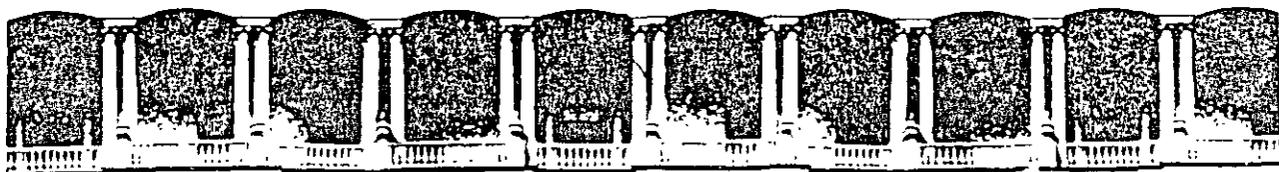
La MIA, el oficio de autorización, y yo añadiría que la Ley y Reglamentos correspondientes, deben haber estar en la Residencia de la Obra el tiempo que esta dure.

## **Conclusión**

Es innegable que para quienes estabamos acostumbrados a trabajar en el proyecto y construcción de carreteras, a la vieja usanza, resulta molesto el cambio, nos acostumbramos a tomar en cuenta la geometría, características topohidráulicas, condiciones geotécnicas, costos de construcción y operación como factores

únicos y determinantes en la concepción de la obra, incluso las estructuras administrativas de las Dependencias responsable responden a esta situación.

Debemos aceptar el cambio, quizá no solo ello, sino convencernos que es necesario para conseguir un mejor diseño y que permitirá dejar una mejor infraestructura a quienes heredemos este país.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO DE CARRETERAS**

**TEMA**

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

**ING. ALFREDO BONIN ARRIETA  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

## **MEDIDAS DE MITIGACION**

- 1.- Tal como lo señalan las Normas S.C.T., la construcción del drenaje debe ir adelante de los trabajos de terracerías, deseable 2 Km, mínimo 500 m.
- 2.- Durante todos los trabajos de terracerías, cortes y terraplenes, los tramos en cuestión deben estar perfectamente drenados.
- 3.- Cuando se desvíe un curso natural, el cauce abandonado temporalmente deberá restaurarse a sus condiciones originales, retirando y depositando en sitios adecuados los desperdicios y terracerías empleadas en la desviación, así como los desechos producidos por la construcción de la estructura.
- 4.- Para no vadear frecuentemente las corrientes con el equipo de construcción, se utilizarán tubos metálicos o de otro material, que deberán retirarse cuando ya no sean necesarios.
- 5.- Las descargas de canales y cunetas deberán diseñarse de tal manera que no erosionen el terreno natural, ni acarreen sedimentos a las corrientes naturales, para lo cual se les deben proyectar tanques de sedimentación (los cuales se limpiarán periódicamente).
- 6.- Construir obras transversales adecuadas, por mínima que sea el área por drenar.

- 7.- En casos de subdrenaje proyectar y construir obras adecuadas, registrables y conservables, las cuales garanticen la estabilidad de los taludes y la resistencia de terraplenes.
- 8.- Construir pozos de absorción, en zonas de recarga de acuíferos, al reducirse la tasa de infiltración. En estos casos se deberá observar que el agua debe tener la misma calidad, que la que se infiltraba antes; para ello se debe tratar o en su defecto drenarla a otra cuenca.
- 9.- Los bancos de agregados en los lechos de cuerpos de agua, no deben abrirse sino en zonas aprobadas, que no causen erosiones y que puedan recargarse naturalmente. La explotación de los mismos debe ser planeada.
- 10.- El contratista debe tener siempre en cuenta, que no podrá verter desperdicios sólidos o líquidos de materiales, talleres y campamentos a los cuerpos de agua, a menos que los líquidos reciban un tratamiento adecuado.

## IMPACTOS DE LAS OBRAS DE DRENAJE

### Ausencia o Insuficiencia de Drenaje Transversal

- |                 |  |
|-----------------|--|
| Aguas Arriba    | <ol style="list-style-type: none"><li>1.- Exceso de humedad.- Putrefacción de raíces.</li><li>2.- Cambios en la Biota acuática.</li><li>3.- Aparición de vectores de enfermedades</li><li>4.- Bloqueo de migración de la fauna acuática.</li><li>5.- Empantanamiento de áreas o inundación</li></ol> |
| Aguas Abajo     | <ol style="list-style-type: none"><li>1.- Disminución de la humedad.</li><li>2.- Desaparición de la flora.</li><li>3.- Falta de nutrientes para la fauna.</li><li>4.- Deseccación de cuerpos de agua.</li></ol>  |
| En el terraplén | <ol style="list-style-type: none"><li>1.- Flujo sobre la corona del camino y deslaves.</li><li>2.- Tierra y lodo sobre la carpeta.</li><li>3.- Disminución de la resistencia estructural de terraplén y pavimento.- Fallas.</li><li>4.- Inestabilidad de taludes.</li></ol>                          |

Durante la construcción del drenaje

- 1.- Modificaciones a la morfología del curso de agua.
- 2.- Desviaciones del cauce.
- 3.- Aporte de mats. prod. de la excavación al mismo drenaje.
- 4.- Aporte de residuos de construcción.
- 5.- Contaminación del agua por residuos de la construcción y de los trabajadores.
- 6.- Afectación de la biota acuática.
- 7.- Afectación de los usuarios de la corriente tanto a la población, como a la fauna circundante y riegos de cultivo.

## **IMPACTOS DE PUENTES**

- 1.- Contaminación de las aguas.
- 2.- Residuos de campamentos y talleres de maquinaria.
- 3.- Desperdicios de plantas de trituración o concreto.
- 4.- Apertura de bancos de materiales.
- 5.- Desmonte y despalme.
- 6.- Excavaciones y terraplenes.
- 7.- Residuos líquidos y sólidos de la construcción de la estructura.
- 8.- Afectaciones de cauce o las márgenes.

## MEDIDAS DE MITIGACION

- 1.- Localizar el campamento fuera de las márgenes y/o la vega del río.
- 2.- Instalar plantas de tratamiento.
- 3.- Eliminar el vertido de residuos y desperdicios a la corriente.
- 4.- Proyectar, cuando sea necesario obras de defensa, protección marginal, espigones y obras de encauzamiento.
- 5.- Confinar las zonas de fabricación de concretos y morteros.
- 6.- Extremar las medidas de precaución en los transportes para evitar derrames accidentales.
- 7.- Limpiar y disponer de los desperdicios en lugar adecuado.
- 8.- En los accesos no sobreexcavar, ni recargar los taludes de los terraplenes. Para lo cual se deben trazar los cerros y cercarlos si es necesario.
- 9.- Evitar vadeos frecuentes del equipo de construcción.
- 10.- Las rehabilitaciones de puentes existentes, deberán hacerse por carriles, de tal manera que uno siempre esté en funcionamiento.

## IMPACTOS EN TUNELES

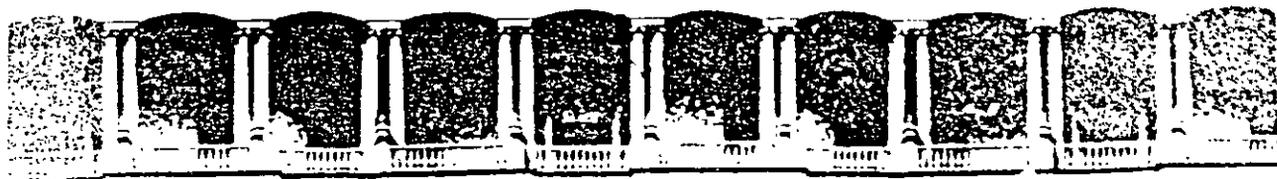
No obstante que los túneles pueden representar una de las mejores opciones para no afectar ecosistemas frágiles de la superficie, pueden presentar impactos como los siguientes:

### IMPACTOS

- 1.- Abatimiento no deseado de niveles freáticos.
- 2.- Disminución del gasto de las corrientes superficiales ubicadas arriba del trazo del túnel.
- 3.- Riesgo de derrumbes, deslizamientos y movimientos de tierra durante la excavación del túnel.
- 4.- Gases tóxicos que afecten a trabajadores.
- 5.- Contaminación potencial de arroyos por drenar aguas de infiltración del túnel, o de residuos y desperdicios que origine su construcción .
- 6.- Problemas ocasionados por
  - Campamentos de personal y talleres de maquinaria
  - Plantas de trituración y concreto
  - Construcción de accesos
  - Apertura de bancos
  - Uso de explosivos
  - Disposición de desperdicios.

## **MEDIDAS DE MITIGACION**

- 1.- Control y disposición adecuada del agua infiltrada.
- 2.- Compensar pérdida de aguas superficiales de corrientes y manantiales.
- 3.- Control de gases dentro del túnel.
- 4.- Cuidados o plan de seguridad industrial.
- 5.- Control de físico-químico de los desperdicios sólidos y líquidos.
- 6.- Captación del agua de infiltración del túnel, para evitar que caiga a la superficie de rodamiento, etc.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS ABIERTOS**

***DIPLOMADO EN PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y  
CONSERVACIÓN DE CARRETERAS***

**MODULO I**

**PLANEACIÓN Y PROYECTO  
DE CARRETERAS**

**TEMA**

**ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA PROYECTO  
DE TERRACERIAS Y PAVIMENTO**

**ING. SANTIAGO BARRAGÁN AVARTE  
PALACIO DE MINERÍA  
MAYO 1998**

DIPLOMADO EN PROYECTO,  
CONSTRUCCION Y CONSERVACION  
DE CARRETERAS  
MODULO I

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
U. N. A. M.

# **ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA PROYECTO DE TERRACERIAS Y PAVIMENTO**

PROFESOR: ING. SANTIAGO BARRAGAN A.

Copia de acetatos faltantes.

Month	Roadbed Soil Resilient Modulus, $M_R$ (psi)	Relative Damage, $u_i$
Jan	20,000	0.01
Feb	20,000	0.01
Mar	2,500	1.51
Apr	4,000	0.51
May	4,000	0.51
June	7,000	0.13
July	7,000	0.13
Aug	7,000	0.13
Sept	7,000	0.13
Oct	7,000	0.13
Nov	4,000	0.51
Dec	20,000	0.01
Summation	$\sum u_i =$	3.72

Average  $\bar{u}_i = \frac{\sum u_i}{n} = \frac{3.72}{12} = 0.31$

Effective Roadbed Soil Resilient Modulus,  $M_R$  (psi) = 5,000 (corresponds to  $\bar{u}_i$ )

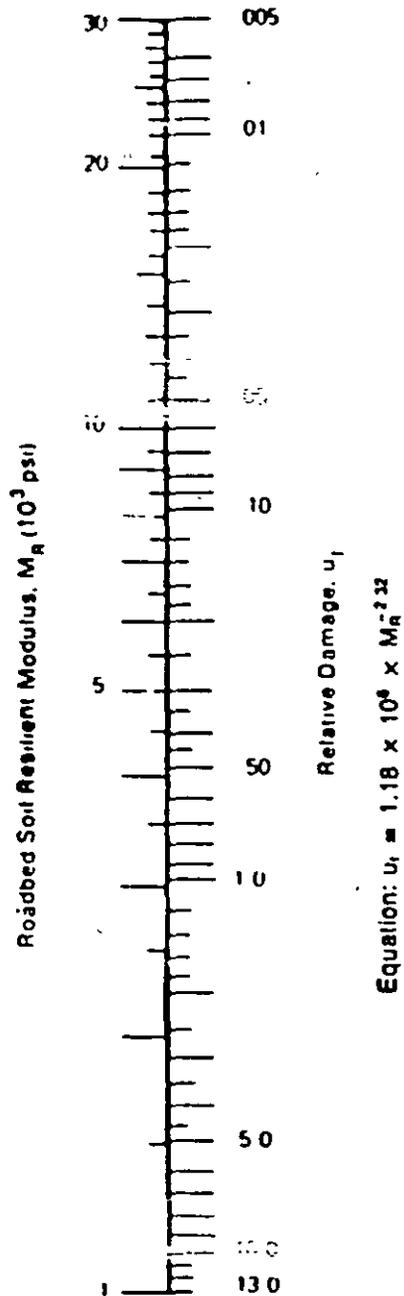


Figure 2.4. Chart for Estimating Effective Roadbed Soil Resilient Modulus for Flexible Pavements Designed Using the Serviceability Criteria

**TABLA XI-5**  
**Valores típicos de coeficientes de variación volumétrica**

TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA- MIENTO
	90 %	95 %	100 %		
<b>ARENA</b>					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.30
COMPACTA	1.05	0.98	0.93		1.50
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.50
<b>LIMO NO PLASTICO</b>					
MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1.00	0.95		1.35
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.40
<b>ARCILLA Y LIMO PLASTICO</b>					
MUY BLANDA	0.78	0.74	0.70		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.20
MEDIA	0.95	0.90	0.85		1.30
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.40
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.40
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
<b>ROCAS</b>					
MUY INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarse se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.				1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS. Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarse se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes y gravas.				1.15	1.50
SANAS. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarse se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.				1.25	1.75

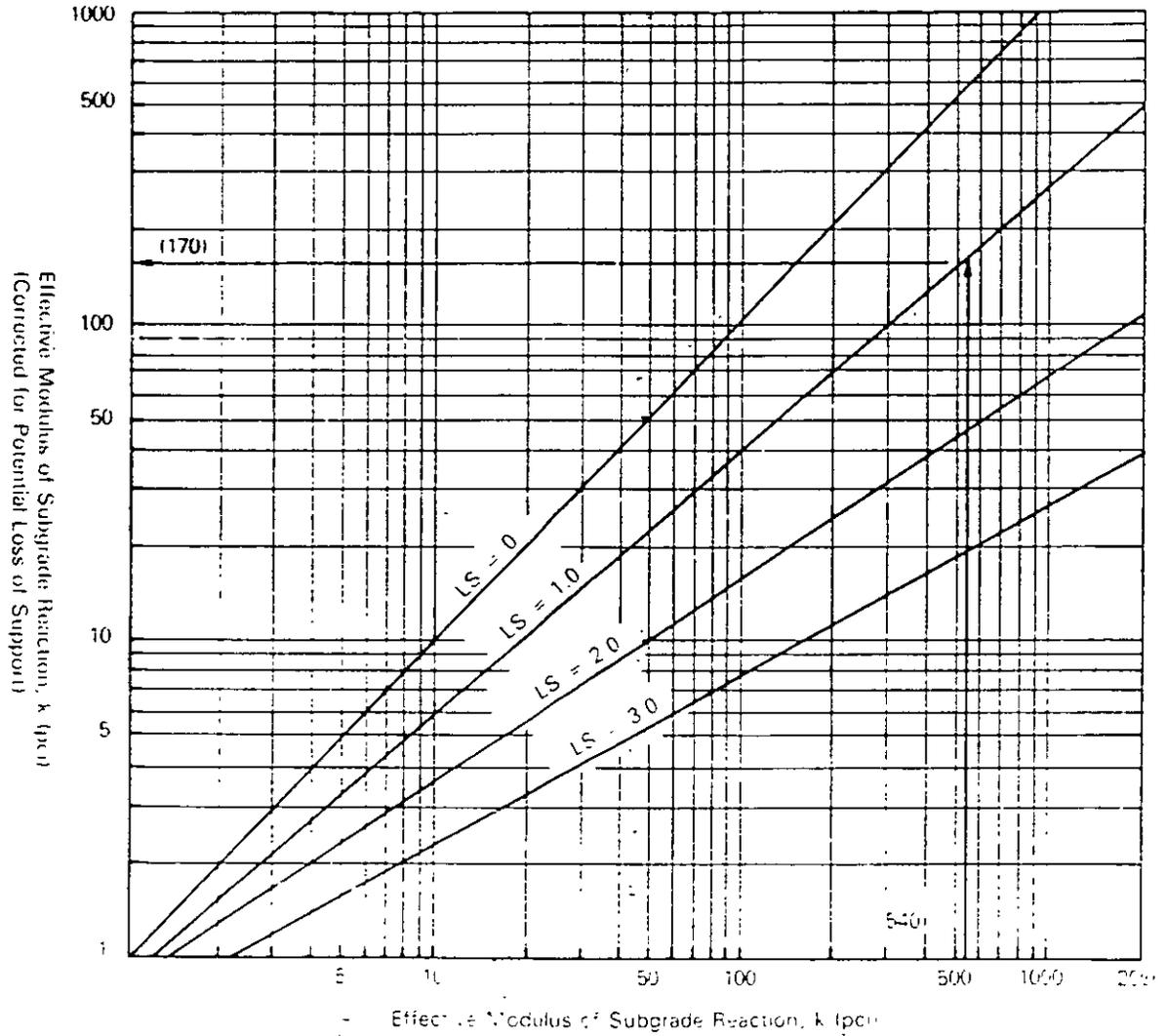


Figure 3.6. Correction of Effective Modulus of Subgrade Reaction for Potential Loss of Subbase Support (6)

Example

$D_{SB} = 6$  inches  
 $E_{SB} = 20,000$  psi  
 $M_R = 7,000$  psi  
 Solution  $k_w = 400$  pci

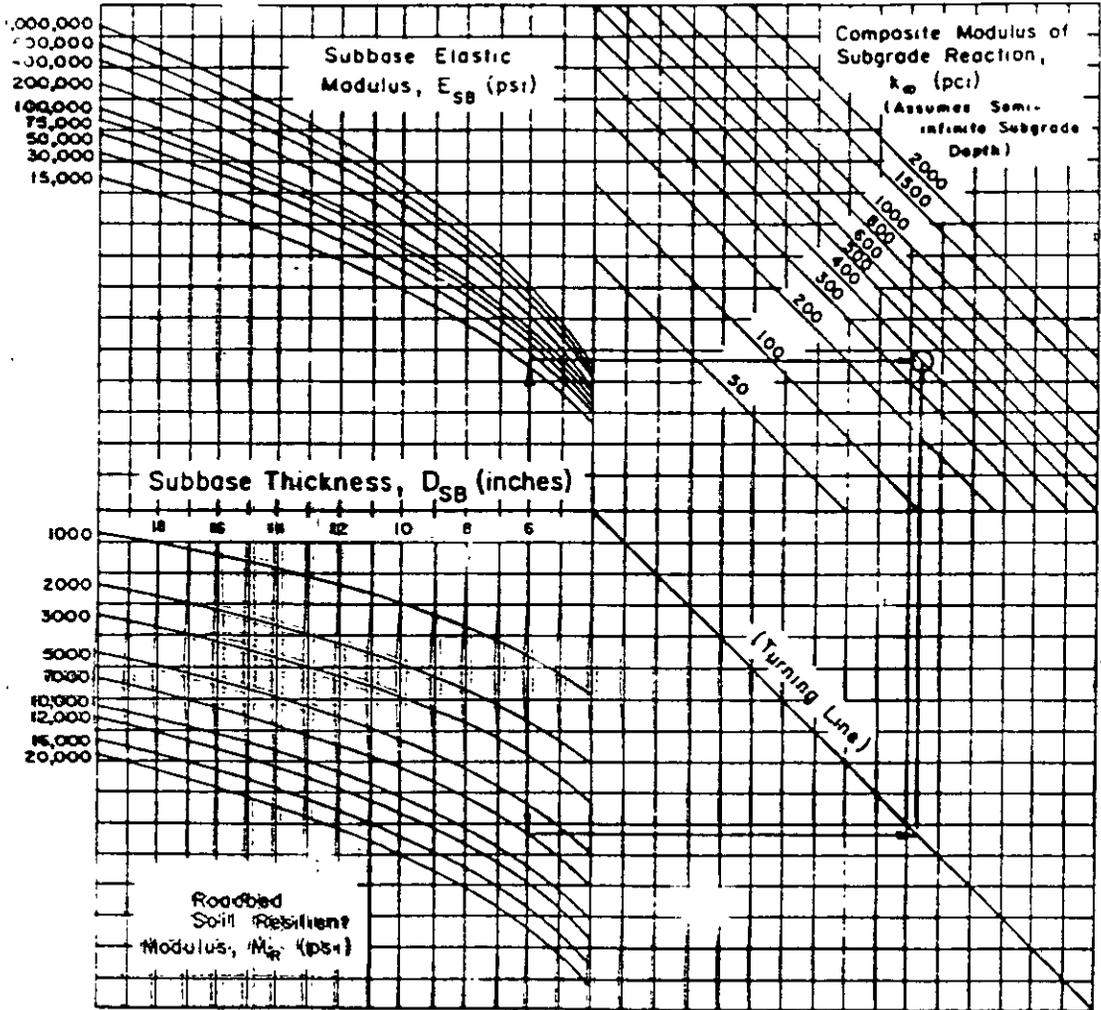


Figure 3.3. Chart for Estimating Composite Modulus of Subgrade Reaction,  $k_w$ , Assuming a Semi-Infinite Subgrade Depth. (For practical purposes, a semi-infinite depth is considered to be greater than 10 feet below the surface of the subgrade.)

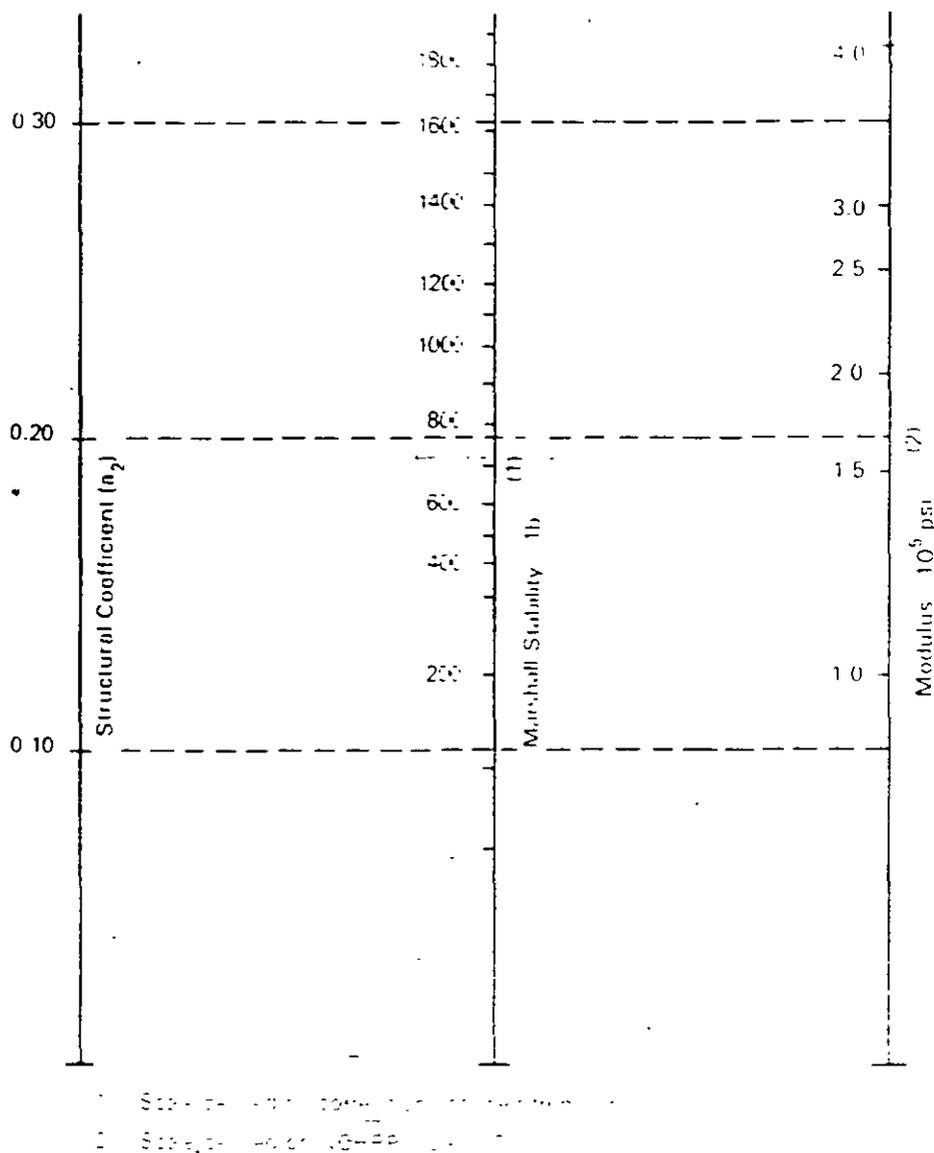


Figure 2.9. Variation in  $a_2$  for Bituminous-Treated Bases with Base Strength - Parameter (3)

Table 2.5. Recommended Values of Drainage Coefficient,  $C_d$ , for Rigid Pavement Design

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less Than 1%	1-5%	5-25%	Greater Than 25%
	Excellent	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10
Good	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Fair	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Poor	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Very poor	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

coefficient, then the value of  $J$  should be increased. On the other hand, if few heavy trucks are anticipated such as a low-volume road, the  $J$ -value may be lowered since the loss of aggregate interlock will be less. Part I of this Guide provides some other general criteria for the consideration and/or design of expansion joints, contraction joints, longitudinal joints, load transfer devices, and tie bars in jointed pavements.

**Continuously Reinforced Pavements.** The value of  $J$  recommended for continuously reinforced concrete pavements (CRCP) without tied concrete shoulders is between 2.9 to 3.2, depending on the capability of aggregate interlock (at future transverse cracks) to transfer load. In the past, a commonly used  $J$ -value for CRCP was 3.2, but with better design for crack width control each agency should develop criteria based on local aggregates and temperature ranges.

**Tied Shoulders or Widened Outside Lanes.** One of the major advantages of using tied PCC shoulders (or widened outside lanes) is the reduction of slab

stress and increased service life they provide. To account for this, significantly lower  $J$ -values may be used for the design of both jointed and continuous pavements.

For continuously reinforced concrete pavements with tied concrete shoulders (the minimum bar size and maximum tie bar spacing should be the same as that for tie bars between lanes), the range of  $J$  is between 2.3 and 2.9, with a recommended value of 2.6. This value is considerably lower than that for the design of concrete pavements without tied shoulders because of the significantly increased load distribution capability of concrete pavements with tied shoulders.

For jointed concrete pavements with dowels and tied shoulders, the value of  $J$  should be between 2.5 and 3.1 based on the agency's experience. The lower  $J$ -value for tied shoulders assumes traffic is not permitted to run on the shoulder.

NOTE: Experience has shown that a concrete shoulder of 3 feet or greater may be considered a tied shoulder. Pavements with monolithic or tied curb and gutter that provides additional stiffness and keeps

Table 2.6. Recommended Load Transfer Coefficient for Various Pavement Types and Design Conditions

Shoulder	Asphalt		Tied P.C.C.	
	Yes	No	Yes	No
<b>Pavement Type</b>				
1. Plain jointed and jointed reinforced	3.2	3.8-4.4	2.5-3.1	3.6-4.2
2. CRCP	2.9-3.2	N/A	2.3-2.9	N/A

Where: E-18 = Allowable number of equivalent 18 kip single axles  
 $Z_r$  = Standard normal deviate  
 $S_o$  = Overall standard deviation  
 $D$  = Depth  
 $\Delta PSI$  = PSI loss during life  
 $p_t$  = terminal serviceability  
 $S'_c$  = Concrete modulus of rupture  
 $C_d$  = drainage coefficient  
 $J$  = Load transfer coefficient  
 $E_c$  = Concrete modulus of elasticity  
 $k$  = Modulus of subgrade reaction

In order to understand the equations and how changes in the input variables impact design, it is important to understand two underlying concepts: serviceability and 18-kip equivalents (E-18's).

### **SERVICEABILITY (PSI, $P_o$ , $P_t$ , $\Delta PSI$ )**

According to AASHTO the serviceability of a pavement is "its ability to serve the type of traffic (automobiles and trucks) which use the facility." At the road test, a serviceability scale from 0 to 5 was developed to represent different levels of deterioration. Pavements with a rating of 5 are in perfect condition, while pavements with a rating of 0 are impassable. This scale (Figure 1.) is referred to as the Present Serviceability Index or PSI. In practice, pavements with a rating of 0 or 5 rarely exist.

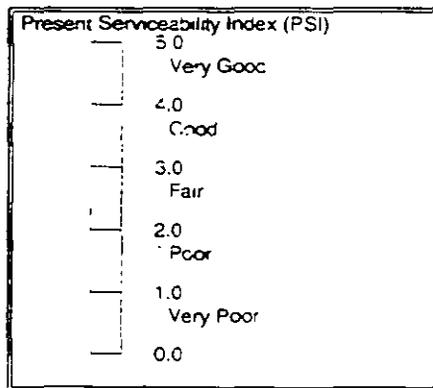


Figure 1 The Present Serviceability Index corresponds to these subjective descriptions of pavement condition.

The initial PSI ( $p_0$ ) represents the condition immediately after construction. Using current construction techniques and specifications, high quality concrete roads have initial PSI's of about 4.7 to 4.8. In comparison the average initial PSI of portland cement concrete (pcc) pavements at the road test was 4.5. If you lack better information on the initial PSI for use in the design of pcc pavements, 4.5 is a good value.

The terminal PSI ( $p_t$ ) corresponds to the PSI at which a pavement requires some type of rehabilitation in order to remain in service. The  $p_t$  at which engineers take a road out of service is generally related to the type of traffic that the road carries. High speed highway traffic requires pavement in generally better condition than low-volume county or municipal streets. The AASHTO road test pavements were taken out of service when  $p_t$  reached 1.5. Table 1, provides appropriate terminal serviceability values for different highway and street classifications.

Table 1: Typical Minimum Terminal Serviceability ( $p_t$ ) values for various road and street classifications

$p_t$	Street or Highway Classification
2.50	Interstate and Major Highways or Arterials
2.25	Prime Secondary Routes, Industrial & Commercial Streets
2.00	Secondary Routes, Residential Streets & Parking Lots

The road test equation describes a family of curves which predict the average loss in pavement serviceability ( $\Delta$ PSI) under various traffic levels and axle loadings. The loss in serviceability is simply the difference between initial and terminal serviceability ( $p_0 - p_t$ ).

Until the 1986 version of the guide, AASHTO researchers set  $p_0$  to 4.5 to correspond to the average value for the concrete pavements built for the road test. In the 1986 and 1993 versions of the guide the value of  $p_0$  is left to the discretion of the engineer. One of the benefits of allowing adjustment of  $p_0$  is that it can be shown that pavements built to an initially higher PSI will outlast a similar pavement built to a lower PSI (see Figure 2). This rationale corresponds to the concept of serviceability and justifies specifications that improve initial riding quality. Increasing the value for initial serviceability while holding constant all other input variables in the AASHTO equation demonstrates this relationship.

dowels provide a higher level of load transfer than those relying strictly on aggregate interlock. CRC pavements generally provide the highest level of load transfer. Note that as the expected level of load transfer increases, J decreases.

**Effects of Edge Support:**

Concrete pavements built with widened lanes, tied or integral curb and gutter, or tied concrete shoulders also impact the J-factor. These improvements increase the support at the edge of the pavement. As a result of edge support, load transfer or joint efficiency improves and the level of load transfer across joints (or cracks) is maintained longer over the life of the pavement. Pavements with an edge support improvement generally perform better than pavements built without these considerations.

The 1993 guide allows the designer to account for edge support conditions in design. The designer uses Table 3 below to simply select a J-factor consistent with the type of pavement and edge support condition for the design. Note that the J-factor also varies slightly with the expected design traffic. The 1993 guide actually provides less specific guidance for selecting the J-factor than we provide in Table 3. We felt that the more specific guidance in Table 3 was necessary for uniform application of the J-factor in design of concrete pavements.

**Table 3. Load Transfer Coefficients (J) for Typical Designs**

E-18's Millions	Edge Support <sup>1</sup>						Pavement Class
	Doweled & Mesh Reinforced <sup>2</sup>		Aggregate Interlock <sup>2</sup>		Continuously Reinforced <sup>3</sup>		
	No	Yes	No	Yes	No	Yes	
Up to 0.3	3.2	2.7	3.2	2.8	--	--	Local streets & roads
0.3 to 1	3.2	2.7	3.4	3.0	--	--	
1 to 3	3.2	2.7	3.6	3.1	--	--	
3 to 10	3.2	2.7	3.8	3.2	2.9	2.5	Arterials and highways
10 to 30	3.2	2.7	4.1	3.4	3.0	2.6	
Over 30	3.2	2.7	4.3	3.6	3.1	2.6	

<sup>1</sup>Edge support includes lanes widths greater than 13 feet, tied concrete shoulders, and integral or tied concrete curb and gutter.

<sup>2</sup>Comments on the Proposed AASHTO Guide for Design of Pavement Structures' March, 1985, Portland Cement Association. Presented at May 14, 1985 Public Hearings, Washington, D.C.

<sup>3</sup>Volume 2, Appendix KK, Proposed AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, May 15, 1985

measurements are often expressed in pounds per cubic inch, it is easier to think of  $k$  in terms of pounds per square inch of pressure on the subgrade per inch of deflection of the plate (psi/in).

Using the plate load test the subgrade is modeled as a bed of springs. The value of  $k$  is analogous to the spring constant. In fact,  $k$  is sometimes referred to as the subgrade "spring constant." Once  $k$  is determined for a given subgrade soil, it is simple to calculate the deflection of the subgrade for any load.

Part II of the 1993 guide presents a detailed procedure to determine  $k$  or  $k_c$ . It requires a multi-step process that takes into consideration seasonal changes of subgrade strength, subbase strength, the proximity of the pavement to bedrock and the loss of support resulting from pumping of the subbase or subgrade.

It is important to point out that an error in the value of  $k$  has little impact on calculated pavement thickness by the AASHTO rigid pavement equation. For example, an error in the value of  $k$  of 100 percent only increases or decreases a typical pavement thickness by about 0.4 inches.

#### ***Correlation of $k$ to Resilient Modulus ( $M_R$ ):***

In 1986 AASHTO began to incorporate some mechanistic design methods in the guide. One of the largest changes that remains in the 1993 guide is the use of resilient modulus ( $M_R$ ) for characterizing subgrade support for flexible pavement design. (Modulus of subgrade reaction is still used in the design of concrete pavements.)

The resilient modulus measures the recoverable deformation of a dynamically loaded test specimen at any stress level. Like the modulus of subgrade reaction,  $M_R$  indicates the stiffness of the layer immediately under the pavement. Table 4 lists  $k$ 's for typical soils along with some other common measures of subgrade strength.

An approximate relationship between  $k$  and  $M_R$  is:

$$k = MR/19.4$$

Where

$k$  = modulus of subgrade reaction (pci)

$MR$  = resilient modulus of the soil as determined by  
AASHTO Test Method T274.

**TABLE 4. Relationships Between Soil Types and Bearing Values**

Type of Soil	Subgrade Strength	k Value Range (pci)	M <sub>R</sub> (psi)	CBR
Silts & clays of high compressibility <sup>1</sup> natural density	Very Low	50 - 100	1000 - 1900	≤ 3
Fine grain soils in which silt & clay size particles predominate (low compressibility) <sup>2</sup>	Low	100 - 150	1900 - 2900	3 - 5.5
Poorly graded sands & soils that are predominantly sandy with moderate amounts of silts and clays	Medium	150 - 220	2900 - 4300	5.5 - 12
Gravelly soils, well-graded sands, and sand gravel mixtures relatively free of plastic fines	High	220 - 250+	4300 - 4850	> 12

<sup>1</sup>High Compressibility - Liquid limit equal to or greater than 50.

<sup>2</sup>Low Compressibility - Liquid limit less than 50.

(Note. Liquid limit by ASTM-D-423, "Standard Method of Test for Liquid Limit of Soils")

Table 5 lists values of k which are applicable for many conditions typical of urban and rural concrete pavement design. Table 5 is for general conditions. It does not contain all possibilities. We encourage you to review Part II of the 1993 guide for conditions which vary from those in Table 5.

**Seasonal Effects:**

Part II of the 1993 guide provides a system for correcting the subgrade support for seasonal changes. This procedure is not contained in the Pavement Analysis Software. For further information consult the guide.

**Loss of Support:**

The 1986 and 1993 versions of the guide provide a loss of support factor. The factor reduces k where the designer expects a loss of support by the subgrade over the life of the pavement. A loss of support factor of 1 is equivalent to the conditions at the road test.

TABLE 6. Recommended values of the drainage coefficient ( $C_d$ ) for rigid pavement design.

Quality of Drainage	Percent of Time Pavement Structure is Exposed to Moisture Levels Approaching Saturation			
	Less than 1%	1 - 5%	5 - 25%	Greater than 25%
Excellent	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Good	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Fair	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Poor	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Very Poor	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Appendix DD of Volume II of the 1993 guide offers the following definitions to the subjective definitions of quality of drainage.

*Excellent Drainage* - Soil drained to 50 percent of saturation in 2 hours.

*Good Drainage* - Soil drained to 50 percent of saturation in 1 day.

*Fair Drainage* - Soil drained to 50 percent of saturation in 7 days.

*Poor Drainage* - Soil drained to 50 percent of saturation in 1 month.

*Very Poor Drainage* - Soil does not drain.

Note that soils at the road test were fair to poor and were given a value of 1.00. Based on this, a drainage coefficient ( $C_d$ ) of 1.00 relates to the road test and would have no impact on the design. Lower drainage coefficient ( $C_d$ ) values increase the required pavement thickness and higher values decrease the required pavement thickness.

#### RELIABILITY ( $R, Z_R, s_D$ )

Reliability ( $R$ ) is the statistical probability that a pavement will meet its design life. Understanding reliability requires understanding the design curve and its relationship to the performance curve of pavement sections tested at the road test. In Figure 8 the average pavement performance is shown as the performance curve. The AASHTO rigid pavement equation defines the shape of the curve and

**TABLE 3. Suggested levels of reliability for various functional classifications of roads.**

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate & Other Freeways	85 - 99.9	80 - 99.9
Principal Arterials	80 - 99	75 - 99
Collectors	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

**THICKNESS (D)**

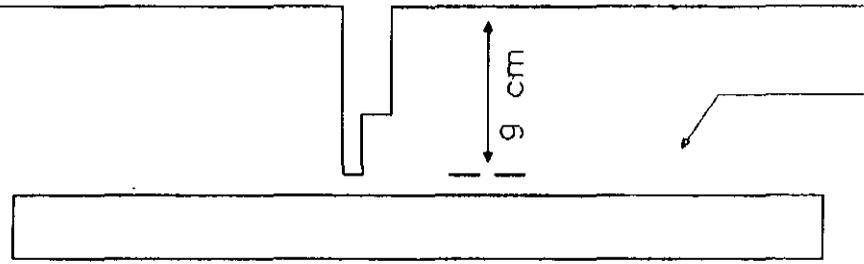
The pavement thickness (D) is expressed in inches. At the road test pavement depths ranged from 2.5 to 12.5 inches. Therefore the AASHTO rigid pavement design equation is only valid within this range. When solving the equation results in a pavement thickness of 15 inches or more, it is important to check the design with another procedure (i.e. Portland Cement Association).

Occasionally the AASHTO design procedure produces a pavement less than four inches thick for light traffic streets. Except for overlays, we recommend a lower limit for pavement thickness of four inches for automobiles and 5 inches for limited truck traffic. Further guidance on minimum pavement thickness is available in other American Concrete Pavement Association publications.

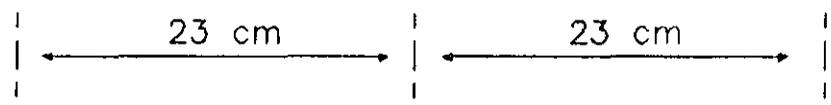
**The iterative process:**

Determining the rigid design thickness is an iterative process. It requires that you know the volume and types of axle loads, the desired terminal serviceability ( $p_t$ ) and make an estimate of the required pavement thickness. If you do not have a "feel" for the probable range of thicknesses for your design traffic start with 9 inches

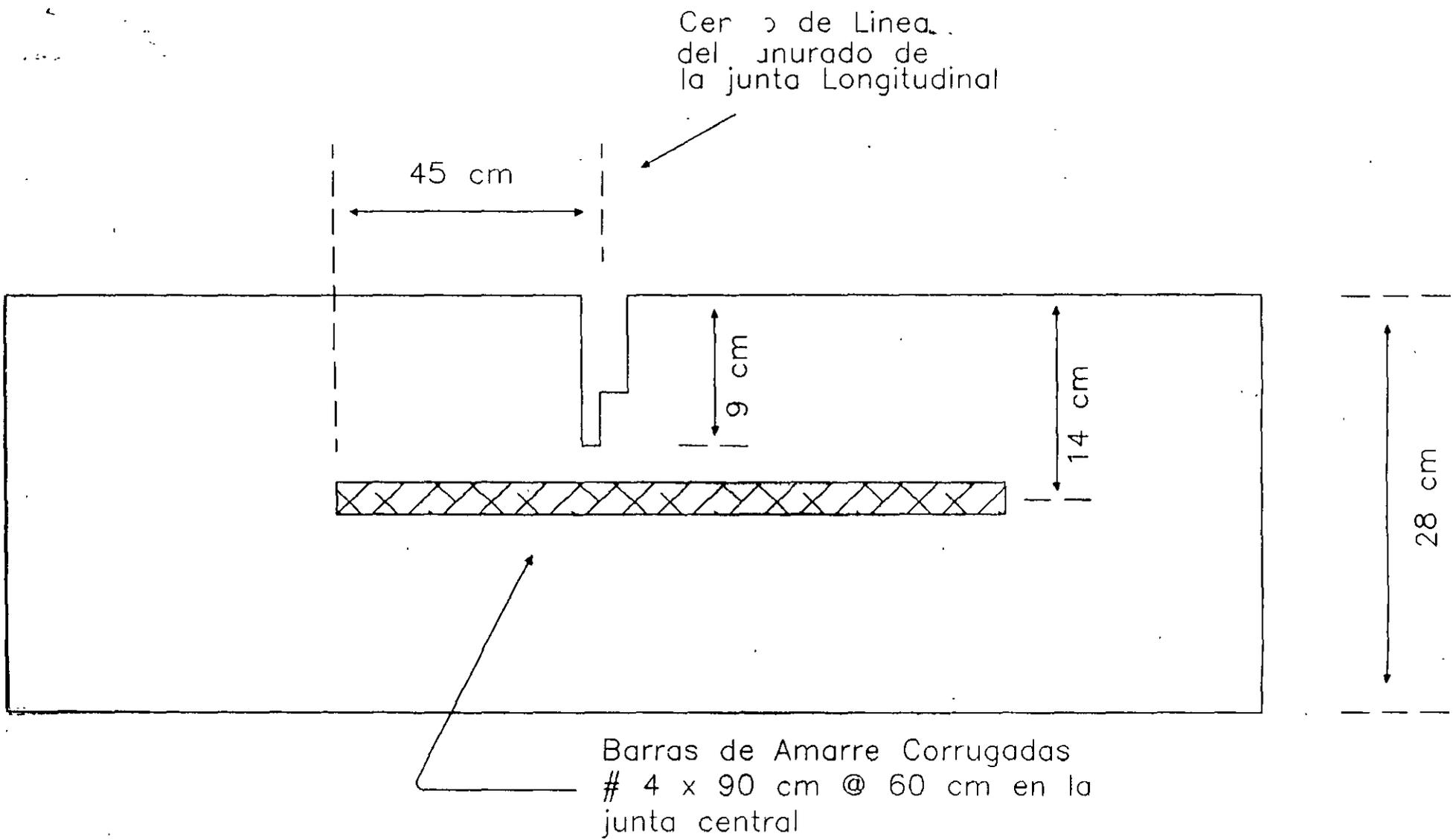
After determining your design pavement thickness using your estimated values, you may wish to check this against your E-18 calculations. If the assumed pavement thickness is within five percent of the design pavement thickness, E-18 recalculation will not have much effect on the design. However, you should recalculate the design E-18's using the last design thickness, if the difference is



Pasajuntas, redondo , liso  
3.2 cm x 46 cm @ 30 cm c.a.c.  
colocado en el centro del espesor  
de losa

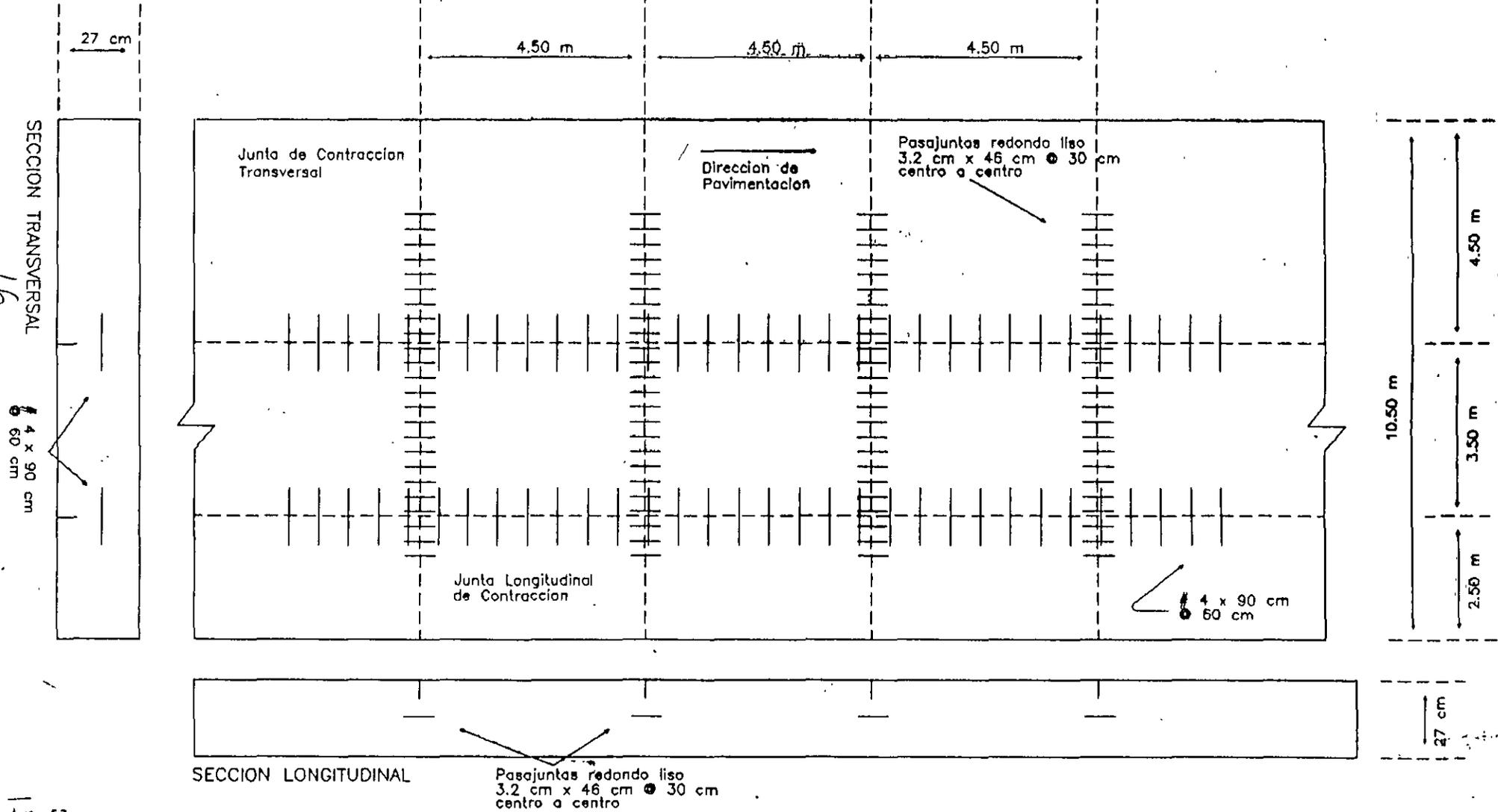


UNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION ASERRADA CON PASAJUNTAS TIPO B



JUNTA LONGITUDINAL ASERRADA CON BARRAS DE DE AMARRE TIPO A

# SECCION TIPICA





State: SLP  
 Agency:  
 Company: SABA  
 Contractor:  
 Engineer: SBB

Job Number:

Location: EL HIZACHE - MATEHUALA 1

----- Rigid Analysis -----

Pavement Depth	=	10.97	inches
Design E 18's	=	154,152,896	
Reliability	=	95.00	percent
Overall Deviation	=	0.30	
Modulus of Rupture	=	710.0	psi
Modulus of Elasticity	=	4,792,500	psi
Load Transfer, J	=	2.70	
Mod. of Subgrade Reaction	=	975	psi/in
Drainage Coefficient	=	1.25	
Initial Serviceability	=	4.50	
Terminal Serviceability	=	2.50	
For k determination:			
- Resilient Mod. Subgrade	=	10,637	psi
- Resilient Mod. Base	=	1,000,000	psi
- Base Thickness	=	6.0	inches
- Depth to Rigid Foundation	=	š	> 10 feet
- Loss of Support Value	=	0	