



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PROYECTO Y PROCEDIMIENTO
CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA
TIPO A4S”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A N:
LEONARDO ISAAC CEDILLO RODRÍGUEZ
JOSÉ LUIS MARTÍNEZ HERNÁNDEZ
FÉLIX RUIZ GONZÁLEZ**



ASESOR: ING. NARCISO TALAMANTES CHÁVEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Con cariño y gratitud a mis padres por su valioso apoyo

A mi esposa, hijas e hijos por su comprensión
y ayuda que me permitieron lograr esta meta

Con respeto y agradecimiento por su paciencia a mi Director de Tesis:
Ing. Narciso Talamantes Chávez

A mis profesores y amigos de la U.N.A.M.

A la Facultad de Ingeniería

A mi familia



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/132/04

Señores
JOSÉ LUIS MARTÍNEZ HERNÁNDEZ
FÉLIX RUIZ GONZÁLEZ
LEONARDO ISAAC CEDILLO RODRÍGUEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. NARCISO TALAMANTES CHAVEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S"

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- II. ESTUDIOS PARA PROYECTAR UNA AUTOPISTA TIPO A4S
- III. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
- IV. PROYECTO EJECUTIVO
- V. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- VI. INGENIERÍA DE COSTOS
- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- ANEXOS
- BIBLIOGRAFÍA

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 18 de Enero del 2005.
EL DIRECTOR

[Firma manuscrita]
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/gar.

ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
I.1 Clasificación y financiamiento	6
I.1.1 Clases de caminos	6
I.1.1.1 Tipos de clasificación de las carreteras	7
I.1.1.1.1 Clasificación por su transitabilidad	7
I.1.1.1.2 Clasificación administrativa	8
I.1.1.1.3 Clasificación técnica oficial	8
I.1.1.2 Velocidades	9
I.1.2 Vehículos: tamaños y cargas de diseño	11
I.1.2.1 Cargas de proyecto	11
I.1.2.2 Cargas por rueda para diseño	16
I.1.2.3 Diseño de pavimento flexible	20
I.1.3 Esquema de las concesiones para carreteras	28
I.1.3.1 Carreteras para el desarrollo de México	28
I.1.3.2 Nuevo esquema de concesionamiento	30
I.1.3.2.1 Concesionamiento de una carretera	30
I.1.3.2.2 Consecuencias del esquema anterior	31
I.2 Descripción del proyecto	35
I.2.1 Puntos más importantes de la red principal	36
I.2.2 Características importantes del terreno	36
I.2.3 Descripción de los principales conceptos	38
I.3 Justificación del proyecto	41
I.3.1 Análisis político-social-administrativo	42
I.3.2 Análisis económico	42
CAPÍTULO II ESTUDIOS PARA PROYECTAR UNA AUTOPISTA TIPO A4S	45
II.1 Estudios topográficos	45
II.1.1 Generalidades	46
II.1.2 Selección del procedimiento para el levantamiento topográfico	46
II.1.2.1 Anteproyecto	50
II.1.2.1.1 Normas generales para el alineamiento horizontal	53
II.1.2.1.2 Normas generales para el alineamiento vertical	60
II.1.2.1.3 Combinación de los alineamientos horizontal y vertical	68
II.1.3 Reconocimiento y localización	70

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

	PÁGINA
II.1.4 Proyecto preliminar	71
II.1.5 Proyecto definitivo	72
II.1.5.1 Alineamiento horizontal	73
II.1.5.2 Alineamiento vertical	73
II.1.5.3 Sección transversal	73
II.1.5.4 Línea subrasante	74
II.1.5.5 Secciones de construcción	74
II.1.5.6 Diagrama de masas	74
II.2 Estudios geológicos	74
II.2.1 Geotecnia del lugar	75
II.2.1.1 Estudio geotécnico aplicado	78
II.2.2 Estratigrafía del lugar	87
II.2.3 Datos geológicos	88
II.3 Estudios de mecánica de suelos	89
II.3.1 Generalidades	90
II.3.2 Datos de mecánica de suelos	91
II.4 Estudios hidrológicos	92
II.4.1 Generalidades	92
II.4.2 Datos hidrológicos	93
CAPÍTULO III ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	100
III.1 Impacto ambiental	100
III.1.1 Conceptos fundamentales	101
III.2 Marco jurídico	104
III.2.1 Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables a la construcción de una autopista A4S	111
III.3 Elaboración de la manifestación de impacto ambiental	112
III.3.1 Datos generales del proyecto	113
III.3.1.1 Datos generales de la empresa	114
III.3.2 Descripción del proyecto	115
III.3.3 Delimitación del área de estudio	116
III.3.4 Caracterización y análisis del sistema ambiental	117
III.3.4.1 Clima	119
III.3.4.2 Geología y geomorfología	120
III.3.4.3 Suelos	120
III.3.4.4 Vegetación terrestre	121
III.3.4.5 Fauna	122
III.3.4.6 Paisaje	123
III.3.4.7 Medio socio-económico	123
III.3.4.8 Demografía	124
III.3.4.9 Factores socio-culturales	125
III.4 Diagnóstico ambiental	126
III.4.1 Integración e interpretación del inventario ambiental	127
III.4.2 Síntesis del inventario	128

	<u>PÁGINA</u>
III.4.3 Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales	129
III.4.3.1 Medidas de mitigación, etapa de pre-construcción	130
III.4.3.2 Medidas de mitigación, etapa de preparación del sitio	132
III.4.3.3 Medidas de mitigación, etapa de construcción	135
III.4.3.4 Medidas de mitigación, etapa de conservación y operación	146
III.5 Procedimiento para el estudio de impacto ambiental	149
CAPÍTULO IV PROYECTO EJECUTIVO	155
IV.1 Descripción del proyecto ejecutivo	155
IV.1.1 Generalidades	155
IV.1.1.1 Criterio general de proyecto	158
IV.1.1.1.1 Alineamiento horizontal	158
IV.1.1.1.2 Alineamiento vertical	161
IV.1.2 Proyecto de la subrasante	164
IV.1.2.1 Elementos que definen el proyecto de la subrasante	164
IV.1.3 Cálculo de volúmenes y movimiento de terracerías	167
IV.1.3.1 Secciones de construcción	167
IV.1.3.2 Determinación de áreas	171
IV.1.3.3 Cálculo de volúmenes	172
IV.1.3.3.1 Obras complementarias de drenaje	174
IV.1.3.4 Movimiento de terracerías	178
IV.1.4 Especificaciones generales para carreteras	182
IV.1.4.1 Definición	182
IV.1.4.2 Referencias	182
IV.1.4.3 Materiales	183
IV.1.4.4 Ejecución	184
IV.1.4.5 Medición	185
IV.1.4.6 Base de pago	186
IV.1.4.7 Especificaciones para terracerías	188
IV.1.4.8 Especificaciones para pavimentos	198
IV.1.4.9 Especificaciones para obras de drenaje	203
CAPÍTULO V PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	212
V.1 Descripción del procedimiento constructivo para una carretera en general	213
V.2 Descripción del procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S en particular	215
V.2.1 Movimiento de tierras en el banco de préstamo	216

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

	<u>PÁGINA</u>
V.2.1.1 Excavación	216
V.2.1.2 Transporte o acarreo	217
V.2.1.3 Colocación (acamellonamiento)	218
V.2.2 Movimiento de tierras en la zona de construcción	219
V.2.2.1 Suministro de materiales (acamellonamiento)	219
V.2.2.2 Tendido	224
V.2.2.3 Mezclado	230
V.2.2.4 Nivelado	231
V.2.2.5 Humedecido o secado	232
V.2.2.6 Compactación	232
V.2.2.7 Construcción de la carpeta de rodamiento	237
V.2.2.7.1 Formación de sub-base hidráulica	238
V.2.2.7.2 Formación de base hidráulica	244
V.2.2.7.3 Barrido, riego de impregnación y riego de liga	245
V.2.2.8 Construcción de las estructuras de drenaje	248
V.3 Programación	253
V.3.1 Generalidades	254
V.3.2 Formulación del programa de construcción	256
V.3.3 Formulación del programa de mano de obra	258
V.3.4 Formulación del programa de equipo	258
V.3.4 Formulación del programa de materiales	259
CAPÍTULO VI INGENIERÍA DE COSTOS	261
VI.1 Generalidades	262
VI.1.1 Definición de términos	262
VI.1.2 Actividades seleccionadas	276
VI.1.3 Fuentes de información	276
VI.1.4 Campos de aplicación de los precios unitarios	277
VI.2 Análisis de precios unitarios	277
VI.2.1 Costo directo de la mano de obra	279
VI.2.2 Costos horarios de la maquinaria y equipo	282
VI.2.3 Costo directo de los materiales	288
VI.2.4 Costos indirectos	294
VI.2.5 Cargo por utilidad	300
VI.2.6 Generalidades sobre el financiamiento	301
VI.2.6.1 Cargo por financiamiento	305
VI.2.7 Integración de precios unitarios	306
VI.3 Presupuesto de obra	312
VI.4 Licitación de obra pública	313
VI.4.1 Definición y objetivo	314
VI.4.2 Procedimiento	314
VI.4.3 Excepciones a la licitación de obra pública	322
VI.4.3.1 Invitación restringida	323
VI.4.3.2 Adjudicación directa	324

	<u>PÁGINA</u>
VI.5 Contratos más usuales en la construcción	325
VI.5.1 Contratos típicos	325
VI.5.2 Contratos por concesión	327
 CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 334
 ANEXOS	
ANEXO A Excavación en cortes en material tipo “C”	339
ANEXO B Planos	
Planta, perfil y curva masa	ANEXO B – 1
Secciones	ANEXO B – 2
 BIBLIOGRAFÍA	

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la historia de la humanidad se ha observado la necesidad por comunicarse, motivo por lo cual el ser humano ha ido desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos con el fin de enlazar su centros de población. Construidos desde una base de piedra y aglomerante hasta la época actual con métodos perfeccionados a base de pavimentos flexibles o rígidos, los caminos han tenido una gran evolución, lo cual indica la acumulación de la experiencia reflejada en la actualidad en grandes obras de Ingeniería.

Como país de vocación caminera, México es un ejemplo de la importancia que tienen las carreteras para el desarrollo de las naciones. Su historia política, económica y social se encuentra estrechamente ligada a la de los caminos y hoy, como hace décadas, éstos constituyen la pieza más importante del sistema nacional de transporte: tanto por la intensidad de su uso como por el valor de las cargas que a través de ellos se movilizan, su predominio es grande y continuará siéndolo durante largo tiempo.

En este trabajo se describirán las definiciones de carretera y todas aquellas más necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), también se describirán las consideraciones físicas, geográficas, económicas y sociales que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

Para el caso de caminos nuevos, al estudiar las cartas geográficas, el Ingeniero Civil puede formarse una idea de las características más importantes de la región, sobre todo en lo que respecta a su topografía, hidrología y a la ubicación de las poblaciones. Auxiliado con las cartas geológicas existentes y con mapas que indiquen la potencialidad económica de la región, se dibujan sobre ella las rutas que puedan satisfacer el objetivo de comunicación deseado.

Especial cuidado debe tenerse en aquellos puntos obligados, primarios o principales, que guíen el alineamiento general de la ruta. Para ello la ruta que se

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

pretende estudiar se deberá dividir en tramos, y éstos a su vez en sub-tramos, designados generalmente con los nombres de los pueblos extremos que los unen; pero si ello no es suficiente para determinar la ruta, se indica entonces algún punto intermedio.

Para la zona de influencia de las obras en proyecto, se recopilará la información sobre las obras existentes, así como la que se pueda obtener sobre las planeadas a corto y mediano plazo, ya sean de la misma Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) o de otras dependencias oficiales y privadas. Los datos de tránsito para carreteras existentes, se obtienen por medio de los aforos que se realizan sistemáticamente en la red de carreteras; cuando es necesario se practican estudios de origen y destino. Para el caso de caminos nuevos, se calcula el tránsito de acuerdo con las estimaciones pertinentes.

A medida que a nivel mundial crece la preocupación por la degradación ambiental y la amenaza que presenta el bienestar humano y el desarrollo económico, naciones industrializadas y en vías de desarrollo han incorporado procedimientos de evaluación ambiental dentro de sus procesos de gestión. Desde la fase de planeación, en especial para los proyectos carreteros, la componente ambiental debe ser analizada y valorada, ya que puede constituirse en la parte crítica para la aceptación o no de llevarse a cabo. Es sabido que la ubicación del camino constituye la decisión más crítica en cuanto a su construcción. Esta determinará, en mayor medida, el tipo y la magnitud de los impactos ambientales y sociales que causarán.

En los capítulos I y II se hace una descripción del proyecto de este ejemplo, así como de los estudios necesarios para desarrollarlo.

El capítulo III, correspondiente al Impacto Ambiental tiene por objetivo dar una serie de consideraciones sobre el medio ambiente que pueden ser tomadas en cuenta dentro del proceso de planeación, ante el proyecto de una autopista tipo A4S.

Debido a los efectos que se producen en el medio ambiente por causa de la construcción de infraestructura, como es el caso de una autopista del tipo A4S,

éstos proyectos son sometidos a un análisis de impacto ambiental, con el objeto de identificar y valorar los impactos potenciales que futuras obras de este tipo generarán al ambiente. A este proceso se le denomina “evaluación de impacto ambiental” (EIA). El objetivo de la evaluación ambiental es asegurar que los problemas potenciales sean identificados y tratados en la fase inicial de la planificación y diseño del proyecto.

Por tanto, de manera específica el capítulo III tiene el objetivo de analizar con detalle los impactos ambientales generados durante la construcción de una autopista tipo A4S, y proponer las medidas de mitigación correspondientes.

El proyecto ejecutivo de una obra es el elemento más importante de la misma, ya que constituye la base indispensable para la correcta elaboración del presupuesto, programación, contratación, ejecución, supervisión y control. En capítulo IV se trata de éste tema.

La elaboración de un buen proyecto ejecutivo disminuye las desviaciones financieras, así como las de tiempo de ejecución y de la calidad de las obras.

Un proyecto mal elaborado tiene como consecuencias un incremento en el costo de la obra, que por lo general impide su terminación y puesta en operación. En ocasiones se sacrifica la calidad de la obra con la intención de terminarla con los recursos económicos disponibles, contraviniendo las especificaciones técnicas, lo cual se traduce en fallas irreversibles en la obra.

En cuanto al capítulo V, Procedimiento constructivo, se puede decir que un proyecto en general se compone de su diseño y las especificaciones que rigen al mismo, las cuales tienen la finalidad de que el proyecto se ejecute de acuerdo a los alcances de calidad de materiales y seguridad que exijan las normas de la localidad y/o las fijadas por el cliente en específico.

La importancia del planteamiento de un procedimiento constructivo radica en el hecho de que el costo del proyecto es una variable de alto impacto en el mismo.

Al tener un proyecto ejecutivo determinado, se debe empezar con la etapa de planeación para la construcción del mismo; esto es, se deben seleccionar los procedimientos constructivos que se adecuen, así como el equipo necesario y la

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

mano de obra calificada que sea necesaria para la construcción de la obra.

Del total de los elementos que componen el costo de un proyecto (materiales, mano de obra, equipo y herramienta, costos indirectos y utilidad), salvo el renglón de la utilidad, en los demás elementos el ingeniero que planea la obra tiene formas de control. Abordando el tema de los materiales que forman parte del proyecto, se puede decir que es importante cuidar el costo de adquisición de los mismos con respecto a la calidad especificada, así como también resulta importante planearlos tiempos de adquisición, transporte y llegada a obra, así como la colocación de los mismos.

Con respecto a la mano de obra, de acuerdo al tipo de proyecto por ejecutar es que se define en qué grado se requiere de una mano de obra calificada así como la cantidad de la misma. Con respecto a los equipos es en este punto en donde existe una liga entre éstos y la mano de obra, dado que los nuevos desarrollos tecnológicos exigen que el Ingeniero Civil encargado de la planeación de la obra se encuentre en permanente actualización pues constantemente se busca abatir los costos de mano de obra con el consecuente ahorro en el tiempo de ejecución. La elección del equipo adecuado es importante para lograr los tiempos estimados en la programación de un proyecto.

En resumen, se puede decir que el procedimiento constructivo para un proyecto en general, es un proceso vivo, en la medida que tiene la suficiente flexibilidad para adaptarse a las condiciones reales de ejecución, que en buena parte de las ocasiones, difieren de las condiciones supuestas durante la etapa de planeación, teniendo que ir haciendo las adecuaciones pertinentes con el fin de evitar desviaciones del objetivo en general tanto en costo como en tiempo, para lograr este objetivo se debe tener una retroalimentación constante.

Con respecto al capítulo VI Ingeniería de costos, se puede decir que el presupuesto de la obra, que emana del proyecto ejecutivo y que es resultado de multiplicar cantidades o volúmenes de obra de los conceptos que la constituyen por los precios unitarios de los mismos, se conoce como presupuesto base y constituye la referencia para evaluar y dictaminar los presupuestos que presentan las personas físicas o morales invitadas a participar en la adjudicación del contrato

de obra. Es importante cuidar el análisis de los costos directos que intervienen en la integración de los precios unitarios de un presupuesto, tanto de materiales, mano de obra y equipo involucrado, para poder ofrecer un costo competitivo. Otro renglón que compone el costo total de un proyecto lo conforman los costos indirectos, los cuales engloban los importes correspondientes a los gastos del aparato administrativo que eroga la empresa constructora tanto en campo como en oficinas centrales, y que se integran al precio unitario como un porcentaje del costo directo.

Por último el renglón de la utilidad, es un porcentaje del costo directo que aunque existe un método para determinarlo, es más bien el factor con el que el constructor hace más o menos atractiva su propuesta, dependiendo de qué tanto quiera modificar su margen de utilidad con respecto al monto del presupuesto a costo directo.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que emanan de este ejemplo, y en el apartado de anexos, el anexo A, excavación en cortes en material tipo "C" y en el anexo B los planos correspondientes a este ejemplo. Por último se presenta la bibliografía que sirvió de referencia para reunir la información de este trabajo.

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto objeto de este trabajo, se desarrolla para una Autopista Tipo A4S, la cual debe cumplir con las necesidades que lo hagan un proyecto rentable, que cubra las necesidades económicas, sociales y políticas y que se apege a las normas y especificaciones que marca la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), de acuerdo a lo anterior se presentan los principales aspectos para la proyección y construcción de una carretera.

I.1 CLASIFICACIÓN Y FINANCIAMIENTO

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Es por esto, que este trabajo que se presenta, desarrollará el tema sobre uno de estos métodos, el cual se refiere al proyecto y procedimiento constructivo de una autopista tipo A4S, de carpeta a base de un pavimento flexible, este describirá las definiciones de carretera y todas aquellas más necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), también se describirán las consideraciones físicas, geográficas, económicas y sociales que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

I.1.1 CLASES DE CAMINOS

Algunos acostumbran denominar como caminos a las vías del tipo rurales, mientras que el nombre de carreteras se lo aplican a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran numero de vehículos.

La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

I.1.1.1 TIPOS DE CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

Las carreteras se han clasificado de diferentes maneras en diversos lugares del mundo, ya sea con relación al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad.

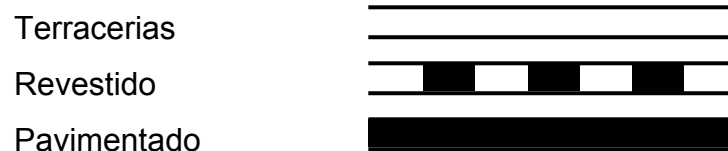
En la práctica vial mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones dadas en otros países. Ellas son: clasificación por transitabilidad, clasificación por su aspecto administrativo y clasificación técnica oficial.

I.1.1.1.1 CLASIFICACIÓN POR SU TRANSITABILIDAD

La clasificación por su transitabilidad corresponde a las etapas de construcción de las carreteras y se divide en:

- A) Terracerias: cuando se ha construido una sección de proyecto hasta su nivel de subrasante transitable en tiempo de secas.
- B) Revestida: cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- C) Pavimentada: cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente una superficie de rodamiento, ya sea pavimento rígido o flexible.

La clasificación anterior es casi universalmente usada en cartografía y se presenta así:



I.1.1.1.2 CLASIFICACIÓN ADMINISTRATIVA

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

- 1) Federales: cuando son costeadas íntegramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
- 2) Estatales: cuando son construidos por el sistema de cooperación a razón del 50% aportados por el estado donde se construye y el 50% por la federación. Estos caminos quedan a cargo de las antes llamadas juntas locales de caminos.
- 3) Vecinales o rurales: cuando son construidos por la cooperación de los vecinos beneficiados pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la federación y el tercio restante el estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de las antes llamadas juntas locales de caminos y ahora sistema de caminos.
- 4) De Cuota: las cuales quedan algunas a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE) y otras como las autopistas o carreteras concesionadas a la iniciativa privada por tiempo determinado, siendo la inversión recuperable a través de cuotas de paso.

I.1.1.1.3 CLASIFICACIÓN TÉCNICA OFICIAL

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (20 años) y las especificaciones geométricas aplicadas. En México la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), aplica la clasificación técnica a las carreteras de la manera siguiente:

Tipo Especial: para tránsito promedio diario anual superior a 3,000 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más (o sea un 12 % del Tránsito Promedio Diario (TPD)) estos caminos requieren de un estudio

especial, pudiendo tener corona de dos o de cuatro carriles en un solo cuerpo, designándoles A2 y A4, respectivamente, o empleando cuatro carriles en dos cuerpos diferentes designándoseles como A4S.

Tipo A: para un Tránsito Promedio Diario anual de 1,500 a 3,000 vehículos equivalente a un tránsito horario máximo anual de 180 a 360 vehículos (12 % del TPD).

Tipo B: para un Tránsito Promedio Diario anual de 500 a 1,500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos (12 % de TPD)

Tipo C: para un Tránsito Promedio Diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos (12 % del TPD)

En la clasificación técnica anterior, que ha sufrido algunas modificaciones en su implantación, se ha considerado un 50% de vehículos pesados igual a tres toneladas por eje. El número de vehículos es total en ambas direcciones y sin considerar ninguna transformación de vehículos comerciales a vehículos ligeros.

En México, en virtud a la composición promedio del tránsito en las carreteras nacionales, que arroja un 50% de vehículos comerciales, de los cuales un 15% esta constituido por remolques, se ha considerado conveniente que los factores de transformación de los vehículos comerciales a vehículos ligeros en caminos de dos carriles, sea de dos para terreno plano, de cuatro en lomeríos y de seis en terrenos montañosos.

I.1.1.2 VELOCIDADES

Se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para velocidad constante, por la fórmula: $V = \text{distancia}/\text{tiempo}$.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada Velocidad de Proyecto o Velocidad Directriz que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos.

Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor. Las velocidades de proyecto recomendadas por la extinta Secretaria de Obras Públicas y ahora la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) son las siguientes:

**TABLA I.1 “VELOCIDADES DE PROYECTO
RECOMENDABLES”**

TIPO DE CAMINO	TOPOGRAFÍA			
	Plana o con poco Lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero Poco escarpada	Montañosa, pero Muy escarpada
Tipo Especial	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
Tipo A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
Tipo C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

I.1.2 VEHICULOS: TAMAÑOS Y CARGAS DE DISEÑO

Para poder comenzar a hablar de un proyecto de pavimentos flexibles, se necesita entender y distinguir las principales características que determinaran el diseño del espesor de la carpeta asfáltica.

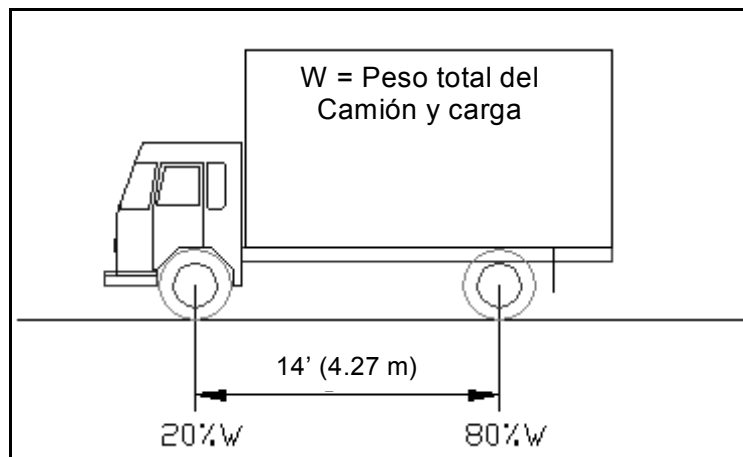
Una de las características primordiales que afectarán el camino, son las cargas que efectuarán presión sobre ella, a continuación se entenderá la forma en que se efectúan estas cargas.

I.1.2.1 CARGAS DE PROYECTO

Las cargas de proyecto consideradas para el cálculo de las estructuras son: cargas muertas, cargas vivas, impacto, presión de viento, etc. en lo siguiente se estudian las cargas vivas, ya que son de mayor preponderancia en el diseño. De acuerdo con las especificaciones de la American Association State Highway and Transportation Officials (AASHTO) las cargas se conocen con la designación H y HS.

Un camión de dos ejes es una carga H. A continuación de la letra se coloca un número (10,15,20) que indica el peso bruto en toneladas del sistema inglés (2000 lb) del camión especificado como carga.

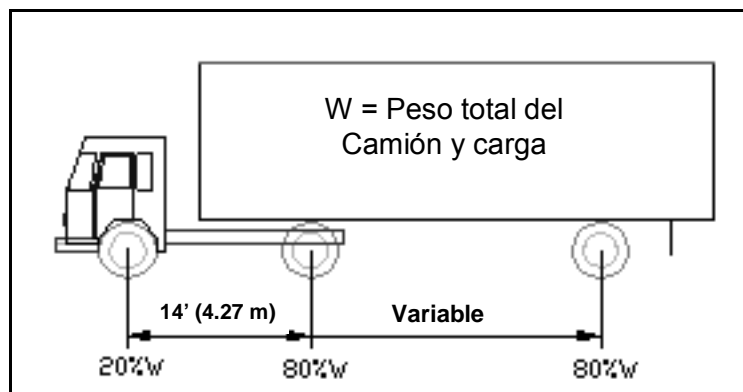
FIGURA I.1 “CAMIÓN DE DOS EJES REPRESENTATIVO DE UNA CARGA TIPO H”



**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Las cargas HS corresponden a un camión tractor, de dos ejes con un semi remolque de un solo eje. Los números que se colocan a continuación de la H y de la S representan el peso bruto, en toneladas del sistema inglés, del tractor y del semiremolque, respectivamente. El 80% del peso bruto del camión o del camión tractor cae en sus respectivos ejes posteriores. Al eje del semiremolque se le supone siempre una carga igual a la del eje posterior del camión tractor.

FIGURA I.2 “CAMIÓN TRACTOR DE DOS EJES Y UN SEMIREMOLQUE DE UN EJE REPRESENTATIVOS DE UNA CARGA TIPO HS”



De acuerdo con lo anterior se tiene que un camión **H 20**, es un camión de 40,000 lb (18,304 kg) de las cuales el 80%, o sean 32,000 lb (14,643 kg); corresponden al eje trasero y 20%, o sean 8,000 lb (3660 kg) corresponden al eje delantero. De igual manera una carga **H 20 S 16** representa un camión tractor de 40,000 lb (18,304 kg); con un semiremolque de 32,000 lb (14,643 kg). En este caso la distribución por eje es de 32,000 lb (14,643 kg) para el eje trasero del tractor, 32,000 lb (14,643 kg) para el eje del semiremolque y de 8,000 lb (3660 kg) para el eje delantero del tractor.

Las cargas anteriores son las llamadas cargas tipo y corresponden a una separación de 14 pies (4.27 m) de distancia entre ejes del camión. La distancia entre el eje posterior del camión tractor y el eje del semiremolque varían entre 14 y 30 pies (4.27 y 9.14 m), calculándose siempre en las condiciones más desfavorables.

Cuando se carga un camión o un remolque, la carga se distribuye entre los ejes en proporciones determinadas que pueden ser calculadas; para ello es necesario conocer:

- 1) Peso propio del camión vacío en cada eje
- 2) Peso de la carga útil
- 3) Distancia entre ejes y entre cada eje y el centro de la carga útil.

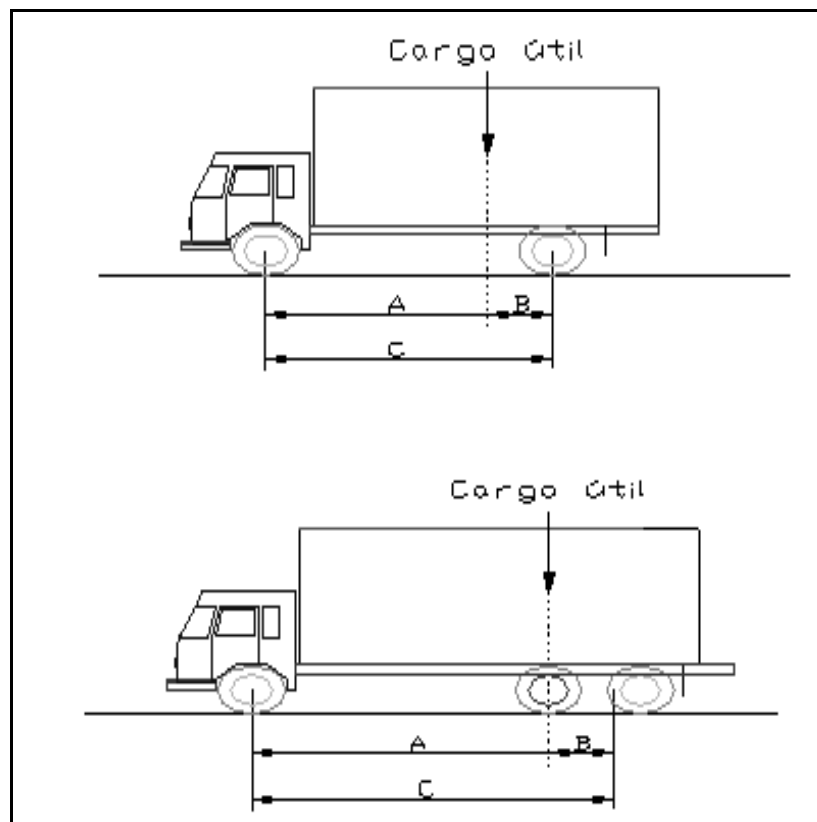
Si A es la distancia del eje delantero al centro de la carga útil, B la distancia del eje trasero al centro de la carga útil y C la distancia entre ejes, se tendrá:

Carga útil sobre el eje trasero = A/C x carga útil

Carga útil sobre el eje delantero = B/C x carga útil

Se resolverá el caso de un camión con uno y con dos ejes posteriores.

FIGURA I.3 “CAMIÓN DE UNO Y DOS EJES POSTERIORES”



Peso del camión vacío

Eje delantero = 1,365 kg

Eje trasero = 2,270 kg

Carga útil = 2,730 kg

Distancia A = 432 cm

Distancia B = 48 cm

Distancia C = 480 cm

- Carga útil sobre el eje trasero:

$$[432/480] \times 2,730 = 2,457 \text{ kg}$$

- Carga útil sobre el eje delantero:

$$[48/480] \times 2,730 = 273 \text{ kg}$$

- Peso total sobre el eje trasero:

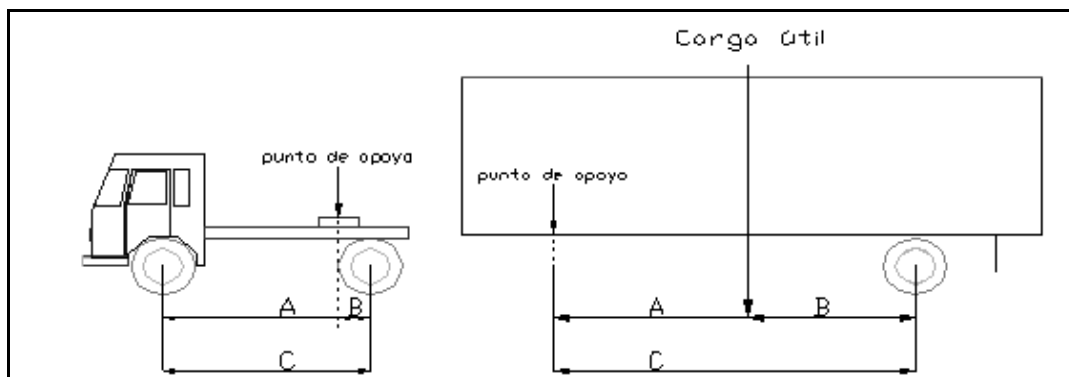
$$2,270 + 2,457 = 4,727 \text{ kg}$$

- Peso total sobre el eje delantero:

$$1,365 + 273 = 1,638 \text{ kg}$$

Se verá ahora el caso de un camión tractor con semiremolque. En este caso, antes de analizar la distribución de la carga en el tractor es necesario calcular la carga útil en el punto de apoyo del semiremolque (quinta rueda) ya que la carga útil en este punto de apoyo es igual a la carga útil total sobre el tractor.

FIGURA I.4 “CAMIÓN TRACTOR DE DOS EJES Y UN SEMIREMOLQUE”



1) Cálculo de las cargas del semiremolque:

Peso en el eje del semiremolque vacío = 2,730 kg

Distancia A = B = 280 cm

Distancia C = 560 cm

Carga útil = 9,100 kg

La carga útil sobre el eje del semiremolque es:

$$[280/560] \times 9,100 = 4,550 \text{ kg}$$

El peso total sobre el eje del semiremolque es:

$$2,730 + 4,550 = 7,280 \text{ kg}$$

Ahora, como A = B, la carga útil sobre el punto de apoyo, o sea la carga útil sobre el camión tractor será de 4,550 kg; ya que el peso del semiremolque vacío sobre el punto de apoyo va incluido en el peso vacío del eje trasero del camión tractor.

2) Cálculo de las cargas en el camión tractor:

Peso del camión tractor vacío:

Eje delantero = 2,270 kg

Eje trasero = 3,180 kg

Carga útil calculada = 4,550 kg

Distancia A = 355.6 cm

Distancia B = 50.8 cm

Distancia C = 406.4 cm

La carga útil sobre el eje posterior es:

$$[355.6/406.4] \times 4,550 = 3,984 \text{ kg}$$

El peso total sobre el eje posterior del camión tractor será:

$$3,984 + 3,180 = 7,164 \text{ kg}$$

La carga útil sobre el eje delantero es:

$$[50.8/406.4] \times 4,550 = 569 \text{ kg}$$

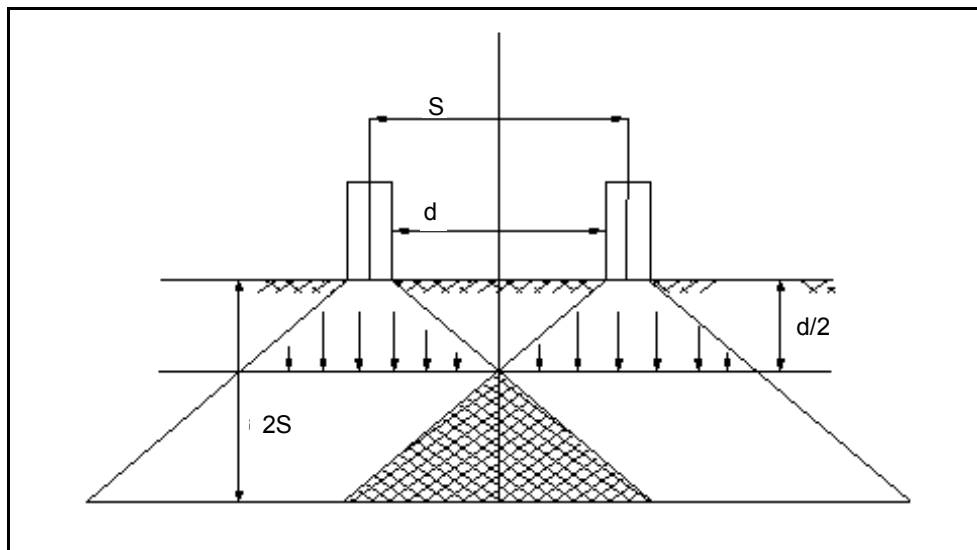
La carga total sobre el eje delantero del camión tractor es:

$$569 + 2,270 = 2,839 \text{ kg}$$

I.1.2.2 CARGA POR RUEDA PARA DISEÑO

La profundidad a la cual los esfuerzos resultantes, dados por ruedas duales, son iguales a los de una rueda sencilla depende de la separación entre las mencionadas ruedas duales. Cerca de la superficie las ruedas duales actúan independientemente como se pueden observar en la figura siguiente. Sin embargo, a profundidades mayores los esfuerzos provocados por ellos se traslapan, pero ellos son menores a medida que la profundidad crece, llegando a un punto en que dichos esfuerzos son despreciables. Por medio de análisis teóricos y por medidas directas de los esfuerzos en pavimentos, se ha establecido la relación que hay entre la profundidad y la separación que hay entre las ruedas duales, teniéndose que a la profundidad, aproximada, de $d/2$ las ruedas dejan de actuar independientemente y los esfuerzos bajo el pavimento comienzan ahí a combinar sus efectos debido a las dos ruedas, haciéndose despreciable este efecto a la profundidad de $2S$, como se muestra en la figura siguiente.

FIGURA I.5 “ESFUERZOS RESULTANTES EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN RELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD



Los cálculos para determinar la carga por rueda equivalente pueden basarse ya sea en el criterio de la igualdad de deformación o en el criterio de igualdad de esfuerzos. Es decir que si se conoce la máxima deflexión que ocurre bajo un conjunto de ruedas duales, una deflexión que ocurra de la misma cantidad bajo una rueda sencilla, indica que esa rueda es equivalente a las ruedas duales. Lo mismo se puede decir, aproximadamente, acerca de lo que ocurre con los esfuerzos. A profundidades pequeñas, las máximas deflexiones ocurren bajo una rueda, mientras que a mayores profundidades las deflexiones mayores ocurren bajo el centro del conjunto de las dos ruedas.

La deflexión bajo una rueda simple y la deflexión bajo un conjunto de ruedas duales vienen dadas por las expresiones que siguen, mismas que provienen de la ecuación de asentamiento dada por Boussinesq para deflexiones al centro de un plato flexible:

$$\Delta = \left(\frac{Pa}{E} \right) \times F \quad \text{en la que}$$

$$F = \left(\frac{3}{2} \right) \left(\frac{1}{(1+(Z/a))^{1/2}} \right) \quad , \text{ y que vale 1.5 cuando la carga esta colocada en la superficie, o sea cuando } Z = 0, \text{ pues "F" depende de la relación } Z/a.$$

De acuerdo con la ecuación anterior, para una presión por rueda constante, la deflexión bajo una rueda simple es de

$$\Delta_1 = \left(\frac{Pa_1}{E} \right) \times F_1 \quad \text{y para ruedas duales vale} \quad \Delta_2 = \left(\frac{Pa_2}{E} \right) \times (F'_1 + F'_2)$$

En todas estas expresiones:

P = Presión de la llanta

a₁ = Radio de contacto de la rueda simple

a₂ = Radio de contacto para cada llanta de un set de ruedas duales

F₁ = Factor de asentamiento para rueda simple

F'₁ = Factor de asentamiento contribuido por una llanta de las duales

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

F'_2 = Factor de asentamiento contribuido por la otra llanta de las duales

E = Módulo de elasticidad del suelo

Empleando el criterio de dobles deflexiones se tiene:

$$\left(\frac{Pa_1}{E} \right) \times F_1 = \left(\frac{Pa_2}{E} \right) \times (F'_1 + F'_2)$$

Reemplazando en la ecuación anterior los valores:

$$\left(\frac{Pa_1}{E} \right) = \sqrt{P_1} \dots\dots\dots y \dots\dots\dots \left(\frac{Pa_2}{E} \right) = \sqrt{P_2}$$

Se tiene:

$$\sqrt{P_1} \times F_1 = \sqrt{P_2} \times (F'_1 + F'_2)$$

en la que P_1 = carga sobre la rueda simple, y P_2 es la carga sobre cada una de las ruedas duales.

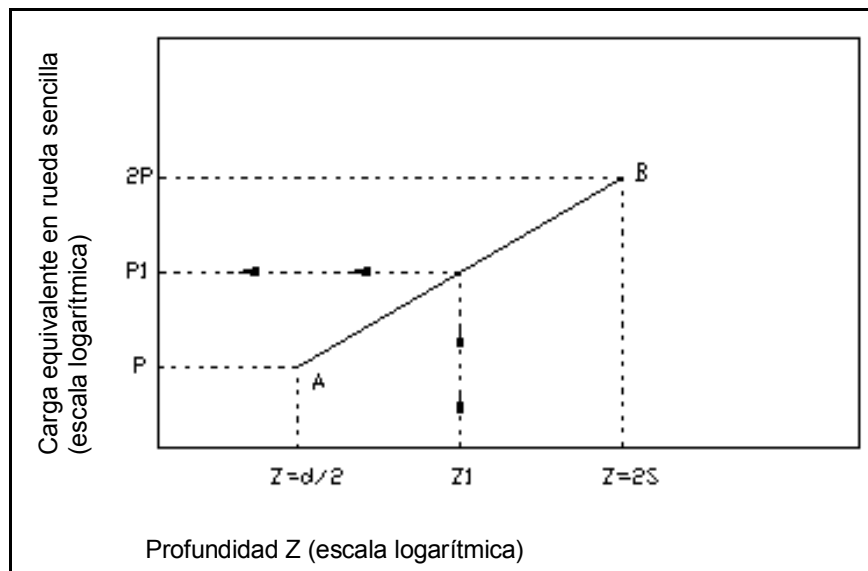
Si se desea convertir un arreglo de ruedas duales a una carga equivalente de rueda sencilla empleando el criterio de deflexiones, se tiene que se conoce el valor P_2 sobre cada rueda dual, se buscan en una grafica los valores máximos de F'_1 y F'_2 y se determinan los valores de P_1 y F_1 de tal manera que el producto $\sqrt{P_1} \times F_1$ sea igual a $\sqrt{P_2} \times (F'_1 + F'_2)$.

El Cuerpo de Ingenieros del Ejercito Americano presenta un método gráfico para determinar la carga equivalente por rueda.

Asumiendo una relación lineal entre las profundidades $d/2$ y $2S$ puede, derivarse una relación para determinar la equivalencia a ruedas duales.

La figura siguiente indica el método para determinar la carga sencilla equivalente a cualquier arreglo de ruedas duales.

FIGURA I.6 “ESFUERZOS RESULTANTES EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN RELACIÓN DE LA PROFUNDIDAD



Se grafica el espesor del pavimento en la escala horizontal y se dibuja el punto de coordenadas (P, $d/2$). De igual modo, a la profundidad de $2S$ y con una carga por rueda de $2P$ el punto representa la profundidad al cual los efectos de los esfuerzos traslapados son despreciables. Una línea recta de A a B marca los puntos donde cualquier carga por rueda resulta equivalente a un arreglo de ruedas duales.

Este método también sirve para transformar cargas duales en tandem a rueda sencilla. La distancia d es igual, en este caso, al claro libre entre las ruedas duales, y la distancia S se toma como la distancia diagonal entre los centros de las llantas duales del tandem. El procedimiento que se sigue para determinar el valor de la carga equivalente es el siguiente:

- a) Suponer un espesor aproximado del pavimento.
- b) Determinar la carga simple equivalente con el gráfico del cuerpo de ingenieros.
- c) Determinar el espesor del pavimento empleando el valor determinado de la carga por rueda simple.
- d) Comprobar el espesor con el asumido. Repetir el proceso.

I.1.2.3 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PROCEDIMIENTO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

El procedimiento propuesto por el Instituto Norteamericano del Asfalto con metodología de diseño de los pavimentos flexibles, se refiere básicamente a carreteras, y consiste en determinar el espesor de la estructura del pavimento, de acuerdo con los siguientes datos:

- 1) Volumen de tránsito a prever, Número de Tránsito para Diseño (NTD)
- 2) Parámetro que representa la resistencia y deformabilidad del material de apoyo o terracería (VRS y/o valor portante K)
- 3) Calidad general de los materiales disponibles
- 4) Procedimientos previstos para la construcción

El tránsito previsto se refiere al denominado Número de Tránsito para Diseño (NTD), que es el promedio diario de cargas equivalentes de 8.2 ton (18,000 lb), dispuestas en un eje sencillo, que se esperan durante el periodo de diseño de la obra, normalmente fijado en 20 años por la propia institución.

Las propiedades mecánicas básicas del material de terracera, capa subrasante, sub-base y base, se establecen por medio de las pruebas usuales en la tecnología actual de los pavimentos.

El Instituto Norteamericano del Asfalto da el espesor necesario de cubrimiento, sobre un material determinado, en términos de un espesor de concreto asfáltico, el cual puede traducirse en diversas alternativas de estructuración, a base de las capas usuales, empleando los factores de equivalencia, que más adelante se detallan.

Una vez que se ha determinado el valor índice de la resistencia del material y el Número de Tránsito para Diseño (NTD) aplicable al caso, el espesor necesario de cubrimiento se obtiene con el monograma de espesores de carpeta asfáltica, (adelante visto).

Procedimiento del método.

a) Evaluación del tránsito de vehículos

1) Cálculo del Tránsito Diario Inicial (TDI)

Para tal propósito, deberá comenzarse por establecer con base en estudios previos de tránsito, el número medio diario de vehículos que se han de esperar en el camino, durante el primer año de su operación. Este número se denomina Tránsito Diario Inicial (TDI) y su valor es el correspondiente al Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

$$\text{TDI} = \text{TDPA}$$

2) Cálculo del número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N).

Con base en datos de aforo y clasificación vehicular del tránsito válido al caso, ha de determinarse también el porcentaje de vehículos pesados que existirá en ese primer año llegando incluso a definir cuanto de ese porcentaje corresponde al carril del diseño. El propio Instituto Norteamericano del Asfalto, indica cual es la distribución de vehículos pesados que conviene considerar en el carril de diseño, en los diferentes casos.

$$N = \text{TDI} \times A/100 \times B/100$$

En donde:

A es el porcentaje de camiones pesados en dos direcciones. Se efectúa la suma del número de vehículos pesados ($\sum VP$), de acuerdo con la clasificación vehicular correspondiente y se calcula el porcentaje de vehículos pesados respecto al TDPA.

$$B = (\sum VP/\text{TDPA}) 100$$

B es el porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño y se obtiene su valor de la siguiente tabla.

**TABLA I.2 “PORCENTAJE DEL TRÁNSITO TOTAL DE VEHÍCULO PESADOS
EN DOS DIRECCIONES QUE DEBERÁ CONSIDERARSE
EN EL CARRIL DE DISEÑO”**

NÚMERO TOTAL DE CARRILES EN LA CARRETERA	% DE CAMIONES A CONSIDERAR EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (oscila entre 35 y 48)
6 o más	40 (oscila entre 25 y 48)

3) Cálculo del peso promedio de los vehículos pesados (Ppc)

$$Ppc = \frac{\sum (\text{Número de vehículos})(\text{peso total vehículo})}{\sum VP}$$

4) Límite de carga legal por eje sencillo, establecido por las autoridades

En México, se utiliza como estándar un eje sencillo, soportando una carga total de 8.2 ton. (18,000 lb), es decir, 4.1 ton por rueda.

5) Cálculo del Número de Tránsito Inicial (NTI)

Con toda la información anterior podrá establecerse el Número de Tránsito Inicial (NTI), haciendo uso del monograma siguiente.

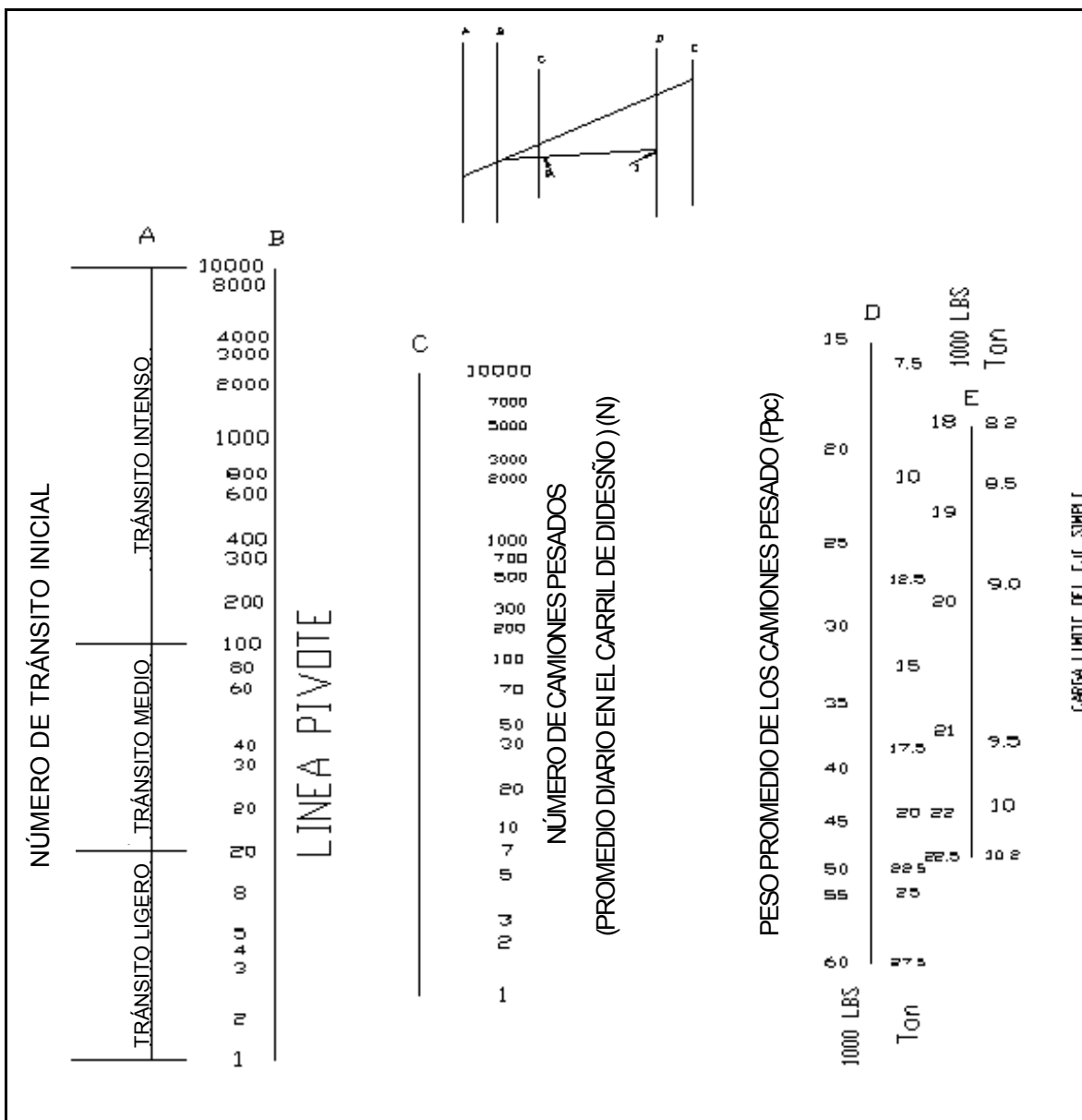
El procedimiento para utilizar el monograma es el siguiente:

- a) Fijar en la escala D el peso promedio de la carga de los camiones pesados (Ppc).
- b) Unir ese punto con el número de camiones pesados en el carril de diseño (N), sobre el eje (C) la línea anterior deberá prolongarse hasta cortar el eje (B).
- c) Fijar ahora en el eje (E) el límite de carga legal para eje sencillo (8.2 ton); ese punto deberá unirse con el anterior encontrando sobre el eje (B), y esa línea deberá prolongarse hasta el eje (A), sobre el que podrá leerse el Número de Tránsito Inicial (NTI).

6) Cálculo del Número de Tránsito de Diseño (NTD).

Con el periodo de diseño del pavimento considerado, que será usualmente de 20 años, y la tasa de crecimiento anual de tránsito, podrá buscarse en la tabla de Factores de Corrección del Número de Tránsito Inicial (NTI), el factor de corrección que deberá aplicarse al NTI, de manera que el producto de las cantidades, es el Número de Tránsito de Diseño (NTD) que figura en el monograma de espesor total de cubrimiento.

GRÁFICA I.1 “NTD = (NTI) (FACTOR DE CORRECCIÓN)”



**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Los monogramas solo se utilizan como apoyo, ya que actualmente se tienen las calculadoras programables y las computadoras personales, con las cuales se simplifica el tiempo de cálculo y no hay incertidumbre de error.

**TABLA I.3 “FACTORES DE CORECCIÓN DEL NÚMERO DE TRÁNSITO INICIAL (NTI),
PARA OBTENER EL NÚMERO DE TRÁNSITO DE DISEÑO (NTD)”**

PERIODO DE DISEÑO	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRÁNSITO						
	AÑOS	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
4	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.22	0.23
6	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.37	0.39
8	0.40	0.43	0.46	0.50	0.53	0.53	0.57
10	0.50	0.55	0.60	0.66	0.72	0.72	0.80
12	0.60	0.67	0.75	0.84	0.95	0.95	1.07
14	0.70	0.80	0.92	1.05	1.21	1.21	1.40
16	0.80	0.93	1.09	1.28	1.52	1.52	1.80
18	0.90	1.07	1.28	1.55	1.87	1.87	2.28
20	1.00	1.24	1.49	1.84	2.29	2.29	2.86
15	1.25	1.60	2.08	2.74	3.66	3.66	4.92
30	1.50	2.03	2.80	3.95	5.66	5.66	8.22
35	1.75	1.50	3.68	5.57	8.62	8.62	13.55

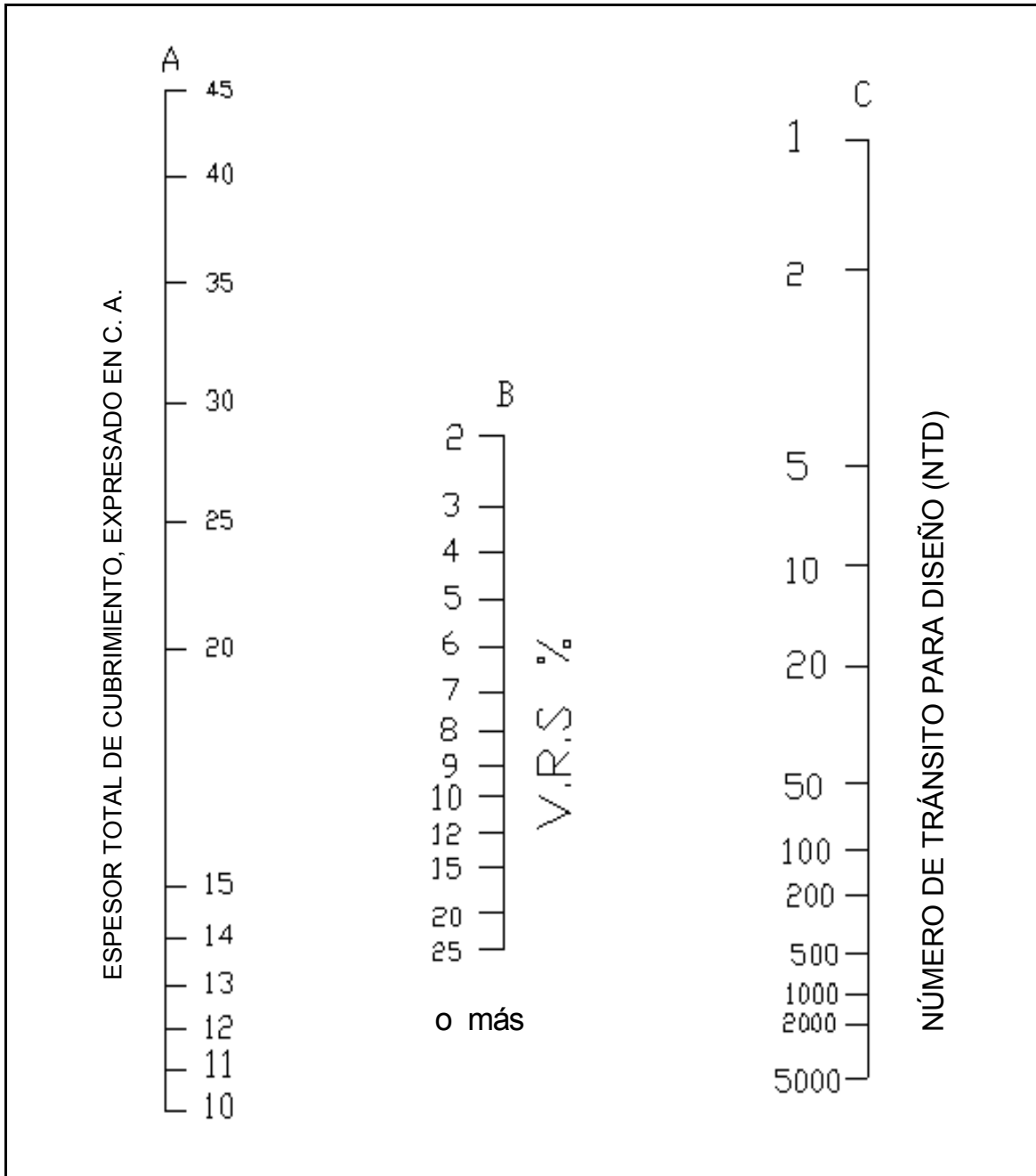
Los valores en gris se refieren al periodo de diseño, tasa de crecimiento y factor para obtener el (NTD)

b) Análisis estructural del pavimento

1) Cálculo del espesor necesario de cubrimiento de concreto asfáltico.

Con los datos del Valor Relativo de Soporte (VRS). y el Número de Tránsito de Diseño (NTD); aplicable al caso, se entra en el monograma de la siguiente figura , y se obtiene el Espesor total del pavimento (Et), dado en concreto asfáltico.

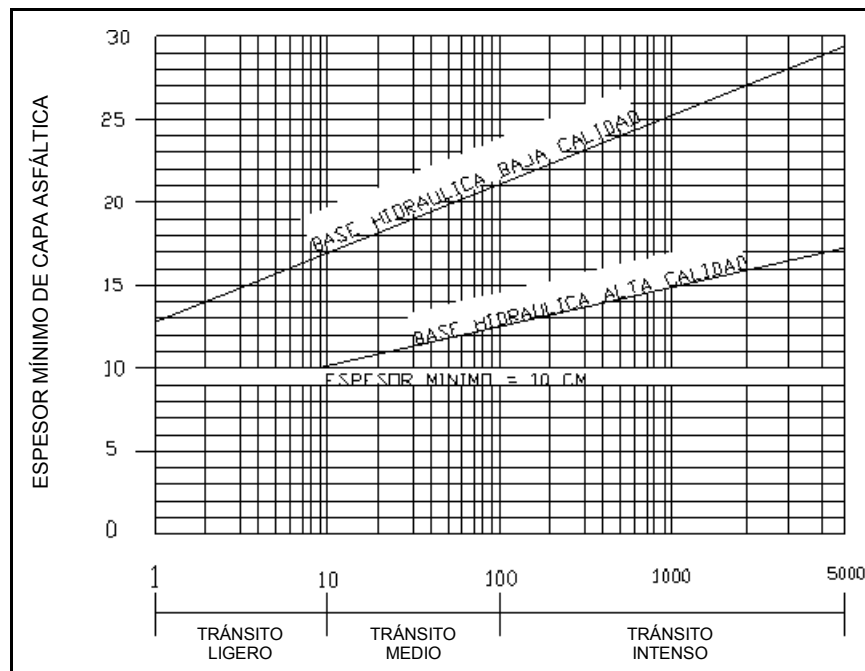
**GRÁFICA I.2 “NOMOGRAMA PARA OBTENER EL ESPESOR
TOTAL DEL PAVIMENTO (Et)”**



2) Cálculo del Espesor mínimo de carpeta asfáltica (Em).

En la gráfica de la siguiente figura, se obtiene el Espesor mínimo de carpeta asfáltica (Em), requerido por un determinado tipo de base hidráulica.

GRÁFICA I.3 “NOMOGRAMA PARA LA OBTENCIÓN DEL ESPESOR MÍNIMO DE CARPETA ASFÁLTICA”



A continuación y con relación a la gráfica I.3, se presentan los requisitos mínimos y/o máximos de los valores e índices de calidad de materiales para bases hidráulicas, en función de las normas de baja o alta calidad especificadas para una carretera.

TABLA I.4 “REQUISITOS MÍNIMOS PARA MATERIALES DE BASES HIDRÁULICAS”

TIPO DE PRUEBA	NORMAS	
	BAJA CALIDAD	ALTA CALIDAD
Valor Relativo de Soporte (VRS) mínimo	20	100
Limite Liquido máximo	25	25
Índice Plástico máximo	6	NP
Equivalente de arena	25	50
Finos (% máximo)	12	7

El Instituto del Asfalto, especifica los espesores mínimos de concreto asfáltico que deben colocarse en la carpeta del pavimento cuando se utilizan bases asfálticas. Estos valores aparecen en la siguiente tabla.

TABLA I.5 “ESPEORES MÍNIMOS PARA CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO SOBRE BASES ASFÁLTICAS”

NÚMERO DE TRÁNSITO DE DISEÑO (NTD)	ESPESOR MÍNIMO (cm)
Menor que 10 (tránsito ligero)	5
Entre 10 y 100 (tránsito medio)	7
Mayor de 100 (tránsito intenso)	10

3) Cálculo del espesor de la base granular.

Espesor de base granular en concreto asfáltico = $E_t - E_m$

El espesor real de la base, se obtiene multiplicando el espesor de la base granular, dado en concreto asfáltico, por un factor de equivalencia correspondiente a una base granular, este factor se obtiene mediante el uso de la siguiente tabla.

TABLA I.6 “FACTORES DE EQUIVALENCIA ENTRE CAPAS CONVENCIONALES Y CAPAS DE CONCRETO ASFÁLTICO, EN CUANTO A ESPESOR”

CAPAS CONVENCIONALES	FACTOR DE EQUIVALENCIA
Bases asfálticas de arena, mezcla en planta	1.3
Bases asfálticas elaboradas con asfalto liquido o emulsificados	1.4
Bases granulares de alta calidad (VRS > 100%)	2.0
Bases granulares de baja calidad (VRS > 20%)	2.7

El espesor de la capa de sub-base y de la capa subrasante se obtiene por especificación.

I.1.3 ESQUEMA DE LAS CONCESIONES PARA CARRETERAS

Actualmente, el sistema carretero mexicano tiene una longitud de más de 333 mil kilómetros y en él convergen numerosas necesidades. Entre ellas destacan las de realizar obras de conservación, destinadas a mejorar el estado físico de las vías; las de modernización, para hacer más rápida, económica y segura la circulación por los caminos; y la construcción de obras nuevas, destinadas a satisfacer las demandas generadas por la actividad económica.

Lo anterior plantea la necesidad de canalizar importantes recursos económicos a los caminos, de los que en este momento no dispone el Estado por las cantidades que requiere destinar al gasto social en materias como la dotación de servicios de salud y la educación.

I.1.3.1 CARRETERAS PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

A ese respecto, el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), documento rector de la acción gubernamental, señala que, para obtener un crecimiento económico de calidad, sostenido, dinámico, creador de empleos, incluyente, capaz de abatir la pobreza y abrir espacios a los emprendedores, así como de generar igualdad de oportunidades entre regiones, empresas y hogares y de insertar exitosamente a México en la nueva economía globalizada, en materia de infraestructura y servicios públicos es necesario impulsar la inversión y el financiamiento privados en proyectos socialmente rentables, así como promover mayores flujos de inversión extranjera directa.

En lo que se refiere a la infraestructura carretera, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) propone, entre otras acciones, involucrar al sector privado en la construcción de una red de vías de alta capacidad destinadas a dotar de accesos adecuados a corredores industriales y de abasto.

En concordancia con ello, la política carretera de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se articula en torno a estos objetivos:

- 1) Ampliar la cobertura y accesibilidad de la infraestructura carretera para toda la población.
- 2) Conservar y mejorar el estado de la infraestructura carretera existente, con la participación de los tres órdenes de gobierno y del sector privado.
- 3) Fomentar la interconexión de la infraestructura carretera con los diferentes modos de transporte, para lograr un sistema integral de enlace en el territorio nacional.
- 4) Mejorar la operación de la red carretera, eliminando las condiciones que inhiben el uso óptimo de la capacidad instalada.

El cumplimiento de esos objetivos demanda continuar avanzando en la modernización de los 14 ejes troncales que comunican al país, lo cual se logrará construyendo nuevas vías y modernizando o ampliando carreteras existentes, de manera que se incremente la disponibilidad de vías de altas especificaciones para disminuir costos asociados al transporte e impulsar la actividad económica.

Para lograrlo, una de las herramientas desarrolladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y otras instancias del gobierno federal, como la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, SNC (Banobras), es el esquema de concesionamiento de autopistas de cuota que se presenta en este documento.

Al ponerlo en práctica, se busca avanzar en la construcción de proyectos carreteros bajo condiciones en las que, a cambio de una inversión pública complementaria, se destinan recursos provenientes del sector privado y se logran obtener importantes beneficios sociales, además de un uso más eficiente para los recursos públicos y un adecuado rendimiento para el capital privado que se invierte.

I.1.3.2 NUEVO ESQUEMA DE CONCESIONAMIENTO

El esquema ha sido desarrollado por el gobierno federal para avanzar en el objetivo de dotar al país de un sistema carretero eficaz, seguro, respetuoso del medio ambiente y que contribuya a multiplicar las oportunidades de la población.

Al unir esfuerzos y recursos de los sectores público y privado, permite poner en marcha una serie de proyectos de importancia estratégica para detonar el desarrollo de diversas regiones y mejorar la operación del sistema carretero nacional.

En el diseño de este nuevo esquema se han incorporado los conocimientos y experiencias adquiridos a raíz de los procesos de concesionamiento llevados a cabo en años recientes, tanto en México como en el extranjero.

Consecuentemente, incorpora criterios y previsiones cuya finalidad es lograr un manejo óptimo de los recursos y los riesgos, de manera que se preserve en todo momento el interés público.

A continuación se detallan las principales particularidades de este nuevo esquema.

I.1.3.2.1 CONCESIONAMIENTO DE UNA CARRETERA

Se trata de un acto mediante el cual el Estado otorga a uno o un grupo de particulares el derecho a prestar un servicio público y a explotar bienes del dominio público, durante un tiempo determinado (hasta 30 años en México), sujeto a diversas condiciones que pretenden preservar el interés público. El nuevo esquema de concesionamiento otorga a los particulares el derecho a construir, operar, conservar, mantener y explotar una autopista de cuota.

Al concluir el plazo de concesión, tanto la carretera como los derechos que fueron concesionados regresan al control directo del Estado.

I.1.3.2.2 CONSECUENCIAS DEL ESQUEMA ANTERIOR

Entre 1987 y 1994 se aplicó en México un esquema de concesionamiento de autopistas de peaje con base en el cual se construyeron poco más de 5 mil kilómetros de vías de altas especificaciones.

A pesar del éxito constructivo, los proyectos presentaron una diversidad de problemas como por ejemplo:

- 1) Los costos de construcción rebasaron las estimaciones originales en porcentajes importantes.
- 2) Como consecuencia de los sobre-costos, su estructura financiera se alejó de las previsiones e involucró grandes montos de recursos crediticios.
- 3) Las tasas de interés de los créditos resultaron elevadas y se volvieron inmanejables a raíz del estallido de la crisis económica de 1995.
- 4) Los aforos y los ingresos se mostraron insuficientes para permitir la salud financiera de los proyectos.
- 5) Las tarifas cobradas a los usuarios fueron demasiado altas, lo que contribuía a limitar los aforos.
- 6) Los esfuerzos realizados tanto por el gobierno como por los concesionarios y las instituciones financieras para sanear las finanzas de los proyectos resultaron infructuosos.

Lo anterior provocó la inviabilidad de un gran número de proyectos y generó la necesidad de que el gobierno federal instrumentara el rescate carretero en 1997, mediante el cual muchos de los proyectos han recuperado su viabilidad y se han consolidado como elementos importantes del sistema nacional de autopistas.

Por todo lo anterior y a consecuencia del rescate se tuvo la necesidad de desarrollar el nuevo esquema de concesiones, que ha sido diseñado por el

gobierno federal para hacer posibles asociaciones público–privadas que contribuyan a acelerar el desarrollo de la infraestructura carretera que requiere el país.

Este esquema incorpora aprendizajes aportados por las experiencias recientes y las enmarca dentro de un contexto orientado a preservar en todo momento la viabilidad financiera de los proyectos y a asegurar su equilibrio económico-financiero a todo lo largo de su vida útil.

Razones para el desarrollo de este esquema

La participación del sector privado en tareas que corresponden al Estado es muy antigua. En México se han otorgado concesiones desde hace muchos años y mediante esta figura claramente regulada se han llevado a cabo proyectos cuyos costos no pueden ser cubiertos de manera exclusiva con recursos públicos; además, su flexibilidad permite aplicarlo bajo diversas circunstancias.

De hecho, en el mundo se utilizan dos modelos básicos para financiar la construcción y operación de grandes obras de infraestructura: la obra pública, que es pagada con recursos públicos, y las asociaciones entre el sector público y el privado, entre las que figuran prominentemente las concesiones.

Cuando una obra se construye y opera sólo con recursos públicos, todos los ciudadanos cubren con sus impuestos los costos de obras que muchos de ellos posiblemente nunca utilicen.

Por su parte, el concesionamiento propicia que la mayor parte del costo de la obra sea pagada por quienes la utilizan, a través de las cuotas que les son cobradas, lo cual es más justo y equitativo.

En los esquemas tradicionales de concesionamiento, la viabilidad de los proyectos depende de que, una vez puestos en operación, generen ingresos suficientes para permitir que los inversionistas paguen los créditos que contrataron, recuperen sus capitales y obtengan un rendimiento sobre el capital invertido.

El nuevo esquema de concesionamiento de carreteras de México es una asociación público-privada en la que los recursos públicos permiten que el resto de la inversión (aportada por empresarios privados y bancos que les otorgan créditos) sea recuperable y obtenga un rendimiento adecuado dentro del plazo de concesión. De esa manera, se maximiza la utilidad pública de los recursos empleados por el Estado, pues invirtiendo sumas comparativamente modestas se atiende de manera oportuna la demanda nacional de autopistas de altas especificaciones.

Principales características del esquema

- 1) Las concesiones son otorgadas mediante licitación pública.
- 2) Se adjudican al participante cuya propuesta técnica y financiera cumple con los requisitos establecidos en las bases del concurso y solicita el menor monto total de recursos públicos.
- 3) El plazo de concesión es fijo.
- 4) Los proyectos ejecutivos de las obras son entregados por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) a todos los licitantes, los cuales tendrán el tiempo suficiente para su revisión y asumirán la responsabilidad correspondiente.
- 5) Los derechos de vía liberados son entregados por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) al licitante ganador.
- 6) El gobierno federal, a través del Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), realiza una aportación inicial de recursos públicos a cada proyecto.
- 7) El gobierno, mediante el compromiso de aportación subordinada diseñado junto con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), asegurará el pago de los créditos usados para la construcción.

- 8) La Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) establece una tarifa promedio máxima y determina las bases de regulación tarifaria para su actualización periódica según el comportamiento de la inflación, de manera que resulte acorde con la capacidad de pago de los usuarios.

- 9) Se ofrece a los inversionistas la oportunidad de participar en negocios potencialmente rentables.

Forma de obtener la concesión bajo este esquema

El gobierno federal convoca a una licitación pública para cada proyecto. La concesión se adjudica al participante que formula una oferta técnica y económicamente viable y que solicita la menor cantidad total de recursos públicos para realizar el proyecto y mantenerlo en buenas condiciones físicas, operativas y financieras durante el plazo de concesión.

Aportación de los recursos públicos a los proyectos

A través del Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), mediante dos mecanismos:

- a) Aportación inicial, realizada en calidad de capital no recuperable, para ejecutar las obras y dar certidumbre a la participación de los inversionistas privados; y

- b) Compromiso de Aportación Subordinada, consistente en que, si los ingresos de la explotación de la vía resultan insuficientes para servir los créditos contratados, el gobierno se obliga, durante todo el periodo que dure tal insuficiencia, a aportar los recursos necesarios para solventarla, de acuerdo con las previsiones hechas por el licitante ganador en su propuesta.

Manejo de riesgos

Para mitigar los riesgos de diverso tipo a que se encuentran sujetos los proyectos carreteros (sociales, económicos, climáticos, jurídicos, técnicos y financieros, entre otros), el esquema incorpora lo aprendido de las experiencias de los últimos años, tanto en nuestro país como en el extranjero; prevé los riesgos más importantes y

establece diversos mecanismos y procedimientos para hacerles frente, siempre siguiendo el principio de asignar su manejo a quien tenga mayor control sobre cada uno de ellos.

El sistema de control y manejo de riesgos de este esquema favorece, así, la preservación de la viabilidad del proyecto y la distribución equitativa y transparente de funciones y responsabilidades entre sus participantes.

I.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

Haciendo referencia de la justificación de la obra, en relación a los estudios que se realizan para la planeación y selección de la ruta preliminar o definitiva del camino en este caso como ejemplo una Autopista tipo A4S. De acuerdo a dichos estudios, este tipo de autopista se encuentra clasificada dentro de los caminos de penetración económica, estos estudios son los siguientes:

- **Estudios Sociales.**
- **Estudios Políticos Administrativos.**
- **Estudios Económicos.**

Los principales indicadores de este tipo de autopistas son los siguientes:

- A) Recursos naturales susceptibles de ponerse en explotación (de acuerdo a la zona de influencia).
 - B) Inversiones de infraestructura económica (presas, distritos de riego, minería, etc.).
 - C) Aumento en la producción (agrícola, ganadera, forestal, artesanal) y actividades de la industria de la transformación y de servicios.
 - D) El mercado de productos con las principales ciudades consumidoras.
-

Estos beneficios ofrecen como resultado el que se tendrá un mejor desarrollo en las zonas de influencia.

Estas autopistas están diseñadas con las más altas especificaciones de la ingeniería de caminos elaboradas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), ofrece al usuario funcionalidad, seguridad, economía y rapidez en el desplazamiento de un sitio a otro.

La autopista ejemplo de este trabajo, es una carretera de cuatro carriles y cuerpos separados (cuerpo izquierdo y cuerpo derecho), concesionada por dieciocho años y tres meses a la empresa concesionaria.

En el desarrollo de las autopistas se tienen varios cruces o entronques con caminos de la red principal y de la red alimentadora, las cuales sirven para unir las zonas de interés o las ciudades más importantes con la autopista.

I.2.1 PUNTOS MÁS IMPORTANTES DE LA RED PRINCIPAL

Los puntos más importante son todos los entronques de una red principal, así como las ciudades que se unen con cada uno de ellos, de lo cual denotaremos la importancia que tiene la planificación de la red principal, para el desarrollo de todas la ciudades a lo largo y ancho de los poblados existentes, más adelante se describirán las características de cada una de las ciudades por las que pasa el eje del camino, así como las ciudades y poblados que se unen.

I.2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL TERRENO

Dichas normas citadas y con los estudios de ingeniería de tránsito, estudios topográficos, estudios geológicos, y estudios de mecánica de suelos, se conjugan para generar el proyecto definitivo.

El proyecto de la autopista tiene las siguientes características principales, según especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

TABLA I.7 “CARACTERÍSTICAS DE PROYECTO”

Núm.	CARRETERA TIPO A4S	DATOS DE PROYECTO
1	Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)	6563 vehiculos
2	Distancia de visibilidad de parada	175 metros
3	Distancia de visibilidad de rebase	495 metros
4	Grado máximo de curvatura	5.5 °
5	Curva vertical en cresta	72 metros por cada 1 °
6	Curva vertical en columpio	43 metros por cada 1 °
7	Curva vertical longitud mínima	60 metros
8	Pendiente gobernadora	4%
9	Pendiente máxima	4%
10	Ancho de calzada	7 metros
11	Ancho de corona	10.5 metros
12	Ancho de acotamientos	1 metro interior y 2.5 metros exterior
13	Ancho de faja separadora central	10 metros
14	Bombeo	2%
15	Sobreelevación máxima	10%

Cabe señalar que en el desarrollo de la autopista algunas especificaciones de las citadas anteriormente cambian a lo largo del camino como por ejemplo; el grado de curvatura, la pendiente máxima y las distancias de visibilidad de rebase y de parada. El cambio radica principalmente en las condiciones de cada zona como; la topografía (sistemas montañosos, extensos valles, ríos, lagos, etc.) y la geología (zonas inestables, lagos, pantanos, suelos inestables).

El tramo en estudio de la Autopista es referenciado, del km 0+000 al km 10+000.

A continuación se citan las características más importantes del terreno en el tramo del km 0+000 al km 10+000. Se tiene:

- 1) Del km 0+000 al km 4+500 zona con: relieve montañoso, con laderas estables, presentándose zonas de cortes y terraplenes, el tipo de material en los cortes es principalmente tobas riolíticas y rocas ígneas extrusivas medianamente fracturadas, el material de los cortes servirá para la formación de terraplenes.

- 2) Del km 4+500 al km 7+500 zona con: relieve plano, presentándose zona de terraplén, el tipo de material de apoyo es arcilla negra de alta compresibilidad.
- 3) Del km 7+500 al km 10+000 zona con: relieve montañoso, con laderas estables, presentándose zonas de cortes y terraplenes, el tipo de material en los cortes es principalmente tobas riolíticas café claro medianamente fracturadas, el material de los cortes servirá para la formación de terraplenes.

La vegetación en este tramo esta integrada principalmente por: zonas de cultivos (maíz, frijol y legumbres), pastizales y arbustos de mediana estatura.

I.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES CONCEPTOS

Se citan algunas características del proyecto de terracerías haciendo nada más una breve semblanza ya que se estudiarán a fondo en capítulos posteriores.

Desmonte

Sobre el trazo preliminar se hará un despeje de la vegetación existente en el derecho de vía en las áreas de construcción, generalmente el ancho es variable por cambio de cortes a terraplenes.

Despalme

Es el corte de la capa superficial del terreno natural que por sus características no es adecuada para la construcción, generalmente el espesor es de 30 cm y el ancho depende de los cortes o terraplenes (despalme en corte y despalme en terraplén).

Compactación del Terreno Natural

Producida donde existe cuerpo de terraplén, es cuantificada mediante el espesor que fija el proyecto, que generalmente es de 20 cm, multiplicado por el ancho del terraplén en su base (ceros).

Excavación en corte

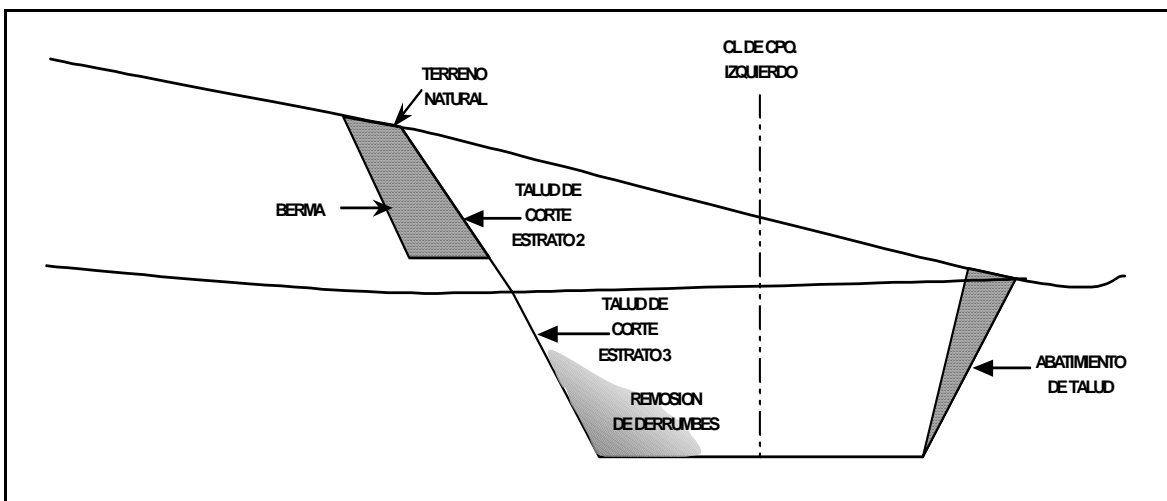
Es la excavación realizada a cielo abierto en el terreno natural, hasta alcanzar el

nivel de subrasante. Generalmente los taludes de construcción se especifican en los datos electrónico, se presentan 5 tipos:

- 1) Básica de corte, sin berma y sin quiebres.
- 2) Berma con talud de entrada y salida igual.
- 3) Con quiebre de talud en el cambio del estrato 3 al 2.
- 4) Con berma y quiebre en el cambio del estrato 3 al 2 si queda después de la berma.
- 5) Con quiebre a la altura especificada.

Los cortes se clasifican según, si el material es aprovechado para la formación de terraplenes o si el material es desperdiciado. Otra forma de clasificación, es de acuerdo al tipo de material: "A", "B" o "C".

FIGURA I.7 "SECCIÓN REPRESENTATIVA DE LOS CONCEPTOS DE CORTE"



Excavación de corte en caja

Producida por terraplenes donde las líneas subrasante y subyacente se encuentran enterradas y el material se requiere para cortar, el espesor es variable.

Cuerpo de terraplén

Estructura de tierra. La cual está comprendida entre el nivel de terreno despalmado y la línea subyacente. En esta sección, se presentan dos tipos de terraplén:

- 1) Terraplén no compactado ó bandeado.
- 2) Terraplén compactado al 90 %.

Además los terraplenes pueden ser, con ó sin cuña de afinamiento. En el proceso electrónico se delimitan los taludes de los terraplenes, de acuerdo al tipo de material, proveniente de los cortes y/o de los préstamos de banco.

Capa subyacente

Terraplén compactado al 95 %, construido después del cuerpo de terraplén. Tiene generalmente un espesor de 50 cm.

Capa subrasante

Terraplén compactado al 100 %, construido después de la capa subyacente. Tiene generalmente un espesor de 30 cm.

Compactación de la Cama de los Cortes (CCC)

Generada en los cortes, cuando en una sección se indica que el tratamiento para subyacente es la recompactación del estrato donde se localiza. Tiene aproximadamente un espesor de 20 cm.

Excavación, Acamellonamiento, Tendido y Compactado (ExAcTeCo)

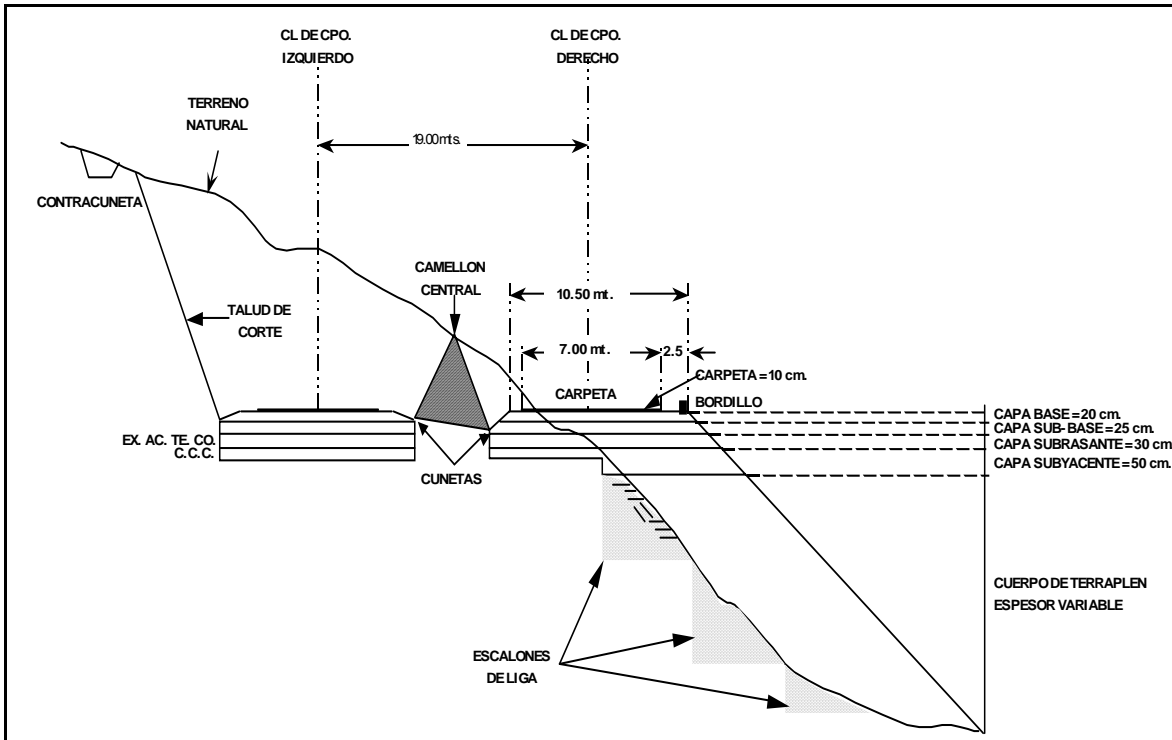
Se presenta cuando en los cortes, se pide la recompactación de la capa subyacente, por lo que se requerirá del escarificado, disgregado, acamellonado por las alas de la capa subrasante y su posterior tendido y compactado.

Préstamo

Material para formar los terraplenes, es necesario cuando los movimientos compensados no son posibles; pueden ser préstamos laterales o préstamos de banco.

A continuación se presenta una sección tipo de la autopista en estudio, que representa gráficamente los conceptos descritos anteriormente y permite entender más específicamente cada uno de estos:

FIGURA I.8 “SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO DE LOS CONCEPTOS DESCRITOS”



I.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El nivel económico alcanzado actualmente en la República Mexicana, la coloca en un lugar intermedio entre los países de economía poco desarrollada y las naciones industrializadas. Existen ciertas regiones y grupos sociales, los cuales han alcanzado niveles comparables a los de países plenamente desarrollados, mientras que otras zonas se encuentran excesivamente rezagadas.

Por tal motivo es necesario la creación de nuevas carreteras que sirvan a núcleos de población incomunicados, así como también construir ampliaciones, acortamientos, y su adecuado mantenimiento, que mejoren el sistema carretero en las zonas ya comunicadas. Esto cuando la demanda de tránsito así lo requiera.

Una planeación en la red caminera idónea es aquella en la cual se comunique, la capital de la República con las principales ciudades de los estados, así mismo construir carreteras alimentadoras (de segundo orden) e incrementar la construcción de caminos de bajas especificaciones, para lograr una mejor utilización de la red troncal y alimentadora.

Entre las modernas carreteras, autopistas o supercarreteras de altas especificaciones dentro del territorio Mexicano se menciona una autopista al asar, de la cual solo se mencionará que atraviesa tres estados de la república y a su vez une a estos con la ciudad de México, que se tomará como referencia para el desarrollo de este trabajo. Para la planeación y selección de la ruta de los caminos se toman en cuenta los siguientes análisis:

I.3.1 ANÁLISIS POLÍTICO–SOCIAL–ADMINISTRATIVO

Como ya se mencionó, en la red caminera se debe relacionar lo siguiente: que la capital de la República Mexicana se ligue primeramente con las capitales de los estados. Las ciudades importantes con las zonas importantes de producción y acopio (agrícola, ganadera, industrial, artesanal). La Autopista de referencia reúne estos requisitos.

I.3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el efecto de la planeación de caminos, se estudian los enlaces necesarios entre las ciudades, es decir, los polos de concentración y distribución de la producción, con los centros consumidores tomando en cuenta las siguientes actividades:

A) Agricultura. Se estudian las principales zonas de producción y centros de acopio. También se tiene especial atención en la variedad de la producción (frutales, granos, legumbres, forrajes, etc.). A lo largo del desarrollo de la autopista, se encuentran varias regiones importantes que sirven como puntos de referencia para delimitar la ruta definitiva

Estas zonas son de producción variada (granos, vegetales, hortalizas, forrajes, etc.), de riego completo, medio riego, de temporal y medio temporal.

Como se mencionó anteriormente los enlaces deseables resultan de la unión de los centros productores con los consumidores, como son la ciudad de México, y otras ciudades principales.

- B) Ganadería y Pesca. Se estudian la cantidad y los tipos de ganado (bovino, porcícola, avícola, etc.).
- C) Actividades Industriales. Se deberán de tomar en cuenta a las ciudades industrializadas existentes, además se estudian las disponibilidades de mano de obra, agua, energía y la política de descentralización industrial.

Esta última favorable para el establecimiento de industrias en la provincia.

- D) Actividades Turísticas y Culturales. Se estudia la ubicación y agrupación de los principales atractivos turísticos de cada región o de cada ciudad así como también los centros de enseñanza a nivel bachillerato, profesional u otros de nivel superior.

Reuniendo los resultados de los estudios Político–Social–Administrativo y los estudios económicos, el resultado fue la elección de la ruta más conveniente de la autopista. Todo esto con el fin de que la autopista reúna funcionalidad, economía y seguridad a los usuarios que la transiten.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es: que sirva de apoyo para los ingenieros que practiquen esta rama de la ingeniería civil; así como una guía o consulta para los que tienen un especial interés en el estudio de la ingeniería de caminos.

En el siguiente capítulo se describirán los estudios requeridos, para la proyección y construcción correcta de una carretera tomando en consideración, las características descritas en este capítulo, poniendo especial atención a los

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

estudios topográficos y geológicos, que son de suma importancia y a su vez es base para los de mecánica de suelos e hidrológicos.

Dichos estudios son necesarios para conseguir un adecuado y detenido conocimiento de los terrenos debiendo utilizar técnicas y medios especializados. Su elaboración se realiza sobre la base de una metodología secuencial que cubre, en fases sucesivas, aspectos que van de lo general a lo particular.

Por tanto, el objetivo principal de los estudios, para proyectos de vías terrestres, deberán ser proporcionar al proyectista los elementos necesarios para tomar en cuenta todos los aspectos al proyectar y evitar posteriormente al construir cambios significativos de este mismo.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS PARA PROYECTAR UNA AUTOPISTA DEL TIPO A4S

El método para lograr el proyecto definitivo de una vía terrestre comprende muchos y muy diversos trabajos y estudios, íntimamente ligados entre sí. Este proceso consiste primeramente en tener una idea general del terreno, para ello es necesario conocer; la topografía, geología, y la mecánica de suelos de las zonas por donde se alojará la ruta del camino. Esto aunado a los estudios económicos, (valuando los beneficios de la producción de la zona de influencia y estimando el tránsito probable de 15 a 20 años aproximadamente).

La localización general de la ruta se hace consultando cartas geográficas y topográficas, elaboradas por dependencias de gobierno tales como: El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y La Dirección de Estudios del Territorio Nacional (DETENAL), actualmente ya se tiene registro de toda la República Mexicana.

II.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Dentro de los estudios topográficos se tiene la selección de una ruta conveniente, la cual debe ofrecer mejores ventajas desde el punto de vista económico con respecto a otras posibles rutas a seguir.

La selección de la ruta involucra los siguientes conceptos: acopio de datos examen y análisis de ellos, levantamientos topográficos aéreos (fotogrametría) y/o de superficie (plano–altimetría); son necesarios los levantamientos de superficie para establecer el control y verificar la precisión de los accidentes localizados.

Los adelantos en la técnica fotogramétrica de la cual se habla más adelante, y en la computación electrónica han hecho posibles que hoy en día se puedan proyectar los caminos con mucha rapidez.

El método topográfico para lograr el proyecto definitivo de una vía terrestre comprende tres fases fundamentales.

II.1.1 GENERALIDADES

Una vez realizados los estudios socio económicos, que justifican la construcción de un nuevo camino y/o el mantenimiento de los existentes, es necesario realizar los estudios para elaborar los nuevos proyectos.

Con este fin, es necesario realizar una serie de trabajos preliminares que comprenden el estudio comparativo de todas las posibles y convenientes rutas, para seleccionar la que ofrezca las mayores y mejores ventajas técnicas económicas, sociales y políticas. Se entenderá por ruta, la franja de terreno con los anchos requeridos para el tipo de proyecto, entre dos puntos obligados, que para este caso son ciudades principales. Mientras más detallados y precisos sean los estudios para determinar la ruta, más reducidos serán los anchos de franja.

La selección de ruta es un proceso que involucra varias actividades, desde la recopilación de los datos, examen y análisis de los mismo, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas y elegir así la más conveniente. Esta es una de las fases más importantes en el estudio de una carretera

II.1.2 SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se ha dicho que para completar y definir los datos previos se requiere un levantamiento topográfico, ya sea utilizando los métodos convencionales terrestres o empleando las facilidades de la fotogrametría y las computadoras electrónicas.

Para elegir el procedimiento a emplearse deben tomarse en cuenta los cuatro factores determinantes: vegetación, la configuración del terreno, el plazo de ejecución y la accesibilidad a la zona.

A) La vegetación. La precisión en el procedimiento fotogramétrico electrónico dependerá de la altura, densidad y tipo de vegetación existente.

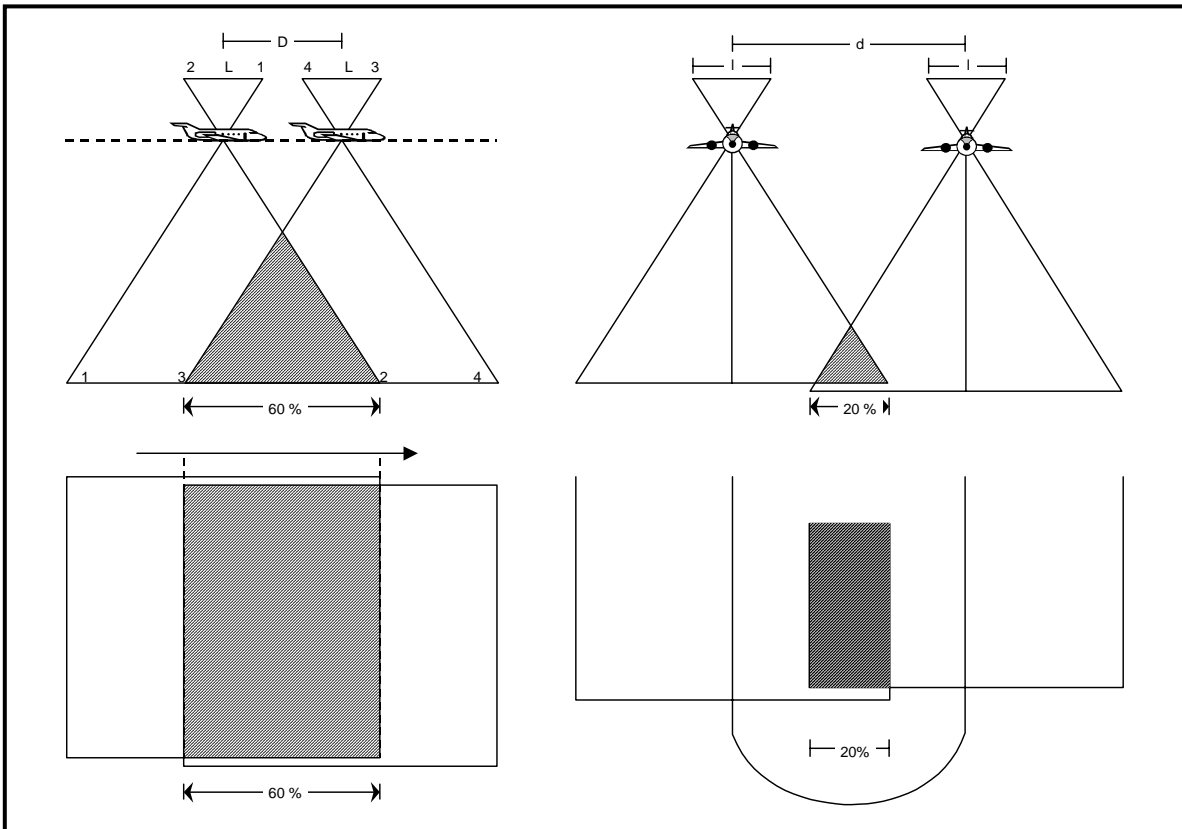
- B) La configuración topográfica. El terreno, en cuanto a su configuración, se clasifica en plano, lomerío y montañoso.
- 1) En terreno plano o lomerío suave, el tiempo que se requiere para el control terrestre es más o menos el mismo que se necesitaría para el trazo definitivo, en caso de que no hubiera necesidad de recurrir a los levantamientos preliminares, lo cual es factible con la ayuda de las fotografías aéreas que son obtenidas con anterioridad. Por lo que, en general, debe considerarse usar el procedimiento convencional o terrestre, por ser más económico y rápido que el fotogramétrico electrónico.
 - 2) En terreno de lomerío, la elección del procedimiento depende de su costo, el cual a su vez varía con la longitud del camino. Puede decirse como termino medio, que el procedimiento terrestre conviene usarse en caminos hasta de unos 30 km de longitud y de ahí en adelante usar el procedimiento electrónico.
 - 3) En terreno montañoso, el procedimiento más adecuado es el fotogramétrico electrónico, por ser el más económico, pero quedando limitado su empleo a longitudes de camino mayores a 10 km.
- C) Plazo de ejecución. Cuando el plazo de ejecución del proyecto es corto y la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de inmediato, como por ejemplo, cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables, generalmente conviene usar el procedimiento terrestre o convencional.
- D) Accesibilidad a la zona. Otro factor que puede influir en la elección del procedimiento a seguir, es la dificultad en el acceso a la zona del camino en estudio, ya sea por los costos o por el tiempo empleado.

Los especialistas en planeación, localización y geotecnia; ayudándose de cartas geográficas y geológicas disponibles, reconocen la ruta aérea más conveniente.

Se toman fotografías aéreas escala 1:50,000 con ayuda de un avión y una cámara

métrica, con gran eje angular y con distancia focal de aproximadamente 152 mm, debe existir una sobre-posición de cada fotografía, longitudinalmente de 60% a 80% y lateralmente de 10% a 30% aproximadamente, como se muestra en la siguientes figura. Se restringe la toma de fotos en determinadas épocas del año o también si hay alguna afectación climática en la zona de interés.

FIGURA II.1 “VUELO FOTOGRAMÉTRICO PARA TOMAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES”



Los vuelos fotogramétricos son realizados de modo que todo punto del terreno figure por lo menos en dos fotografías consecutivas para que puedan ser sometidas a visión estereoscópica.

Si el terreno es sensiblemente horizontal y la altura de vuelo es constante, el intervalo de tiempo para cada toma de las fotografías es el siguiente:

$$D = \left(\frac{40 \times L \times H}{100 \times f} \right) \times v = \frac{D}{t}$$

L = largo de la fotografía en el sentido del vuelo

Por lo tanto:

$$t = \frac{D}{v}$$

Donde:

H = altura de vuelo del avión

f = distancia focal de la cámara

t = intervalo de toma

D = distancia entre tomas

v = velocidad del avión

$$d = \frac{80xH}{100xf}$$

l = ancho de la fotografía. Para formato cuadrado l = L

Con las fotografías ya reveladas se forma lo que se llama el mosaico índice o fotoíndice, que se arma de acuerdo a las líneas de vuelo. Por tal motivo cada foto estará identificada por la línea de vuelo y el número de fotografía. Con el fotoíndice se realiza la fotointerpretación, que consiste en identificar los rasgos del terreno y determinar su significado.

Los especialistas en planeación, localización y geotecnia sobre este fotoíndice estudian las posibles rutas, estimando longitudes de puntos de interés, las pendientes, cantidades de materiales en cuanto a terrecerías, obras de drenaje, intersecciones y afectaciones. Es importante que en la selección de la ruta, la pendiente de la línea este dentro de las normas para el proyecto del camino, para esto se auxilia de la barra de paralaje la cual sobre el mosaico fotográfico se calcula el desnivel entre dos puntos dados contenidos en un par estereoscópico.

Puntos de control de las rutas posibles, estos puntos de control pueden ser primarios o de cruce principal (ciudades, pueblos o zonas determinadas) y puntos de control secundarios (ríos, lagos, pantanos, montañas, etc.).

Es indispensable determinar en el terreno la posición y elevación de puntos previamente seleccionados, los cuales permiten relacionar al terreno con las fotografías. A este proceso se le llama restitución.

Para la elaboración de los planos son necesarios los aparatos estereoscópicos de restitución, de los cuales existen numerosos modelos como son los siguientes; el estereoplanígrafo, el planimat, el múltiplex, el balplex, el kelshel autógrafo, etc.

La orientación es la reproducción en el instrumento de restitución de las condiciones de perspectiva existentes entre las imágenes y el terreno en el mismo instante que fueron tomadas las fotografías. La orientación se divide en orientación interior y exterior, esta última se subdivide en relativa y absoluta.

El proyecto del control terrestre se hará por personal que conozca suficientemente las posibilidades y las limitaciones de los procedimientos, del personal y de los equipos que se utilizarán, tanto en los trabajos de control, como en el resto de las funciones fotogramétricas. Este trabajo se realiza sobre fotografías existentes utilizando un estereoscopio, marcándose las áreas en las cuales se seleccionan los puntos de control. En lo general deben atenderse condiciones de visibilidad por vegetación, obstáculos no previstos, accesibilidad actual, etc..

El control terrestre representa un costo muy elevado de los trabajos fotogramétricos, y en su cálculo se consideran los elementos de corrección en los levantamientos topográficos como son: velocidades de radiaciones (utilizadas en instrumentos electrónicos), refracción, curvatura, etc.

II.1.2.1 ANTEPROYECTO

Es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos previos, para situar en planos obtenidos de esos levantamientos, el eje que seguirá el camino.

Una vez obtenidos los planos con curvas de nivel a una escala apropiada, se inicia el estudio para el trazo del camino, considerando un número variable de

posibilidades hasta seleccionar la más conveniente que se tomará como tentativa del eje de la carretera, quedando así definidos los alineamientos horizontal y vertical.

El anteproyecto requiere una evaluación razonablemente exacta de la geometría de cada una de las posibilidades, sin hacer falta una exactitud minuciosa. Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno. Sin embargo, la selección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios adoptados.

Por consiguientes, una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se debe buscar una combinación de alineamientos que se adapten al terreno. Algunos factores, pueden llevar a forzar una línea, entre los que pueden citarse el derecho de vía, la división de propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes, los cruces con ríos, las previsiones para tener un buen drenaje, la naturaleza geológica de los terrenos.

Estos factores y otros semejantes que pudieran establecerse, influyen en la determinación de los alineamientos horizontal y vertical de un camino. Alineamientos que dependen mutuamente entre sí, por lo que deben guardar una relación que permita la construcción con el menor movimiento de tierra posible y con el mejor balance entre los volúmenes que se produzcan de excavación y terraplen

Esta etapa comprende varios conceptos:

- A) Proyecto del segundo apoyo terrestre, la densidad de los puntos de control terrestre es mayor, deben quedar a menos de 800 m entre sí.
- B) Toma de fotografías aéreas escala 1:10,000 en una franja de 2 km de ancho.
- C) Estudios de fotografías en el proyector balplex. En este paso el aparato amplifica la fotografía tres veces su escala.

- D) Elaboración del plano fotogeológico. Aquí se puede observar la línea definitiva, ubicación de obras de drenaje, bancos de materiales, afectaciones, sondeos, etc.
- E) Restitución de los planos escala 1:2,000, en autógrafos A-B cálculo de las curvas de nivel a cada 2 m.
- F) Anteproyecto sobre planos escala 1:2,000.
- G) Cálculo de los alineamientos horizontal y vertical. Se toman en cuenta las especificaciones geométricas del camino, las coordenadas gráficas de los puntos de inflexión y del grado y sentido de curvatura.
- H) Tercer reconocimiento del terreno y obtención del perfil de suelos, un perito en mecánica de suelos realiza un recorrido por la ruta programando los sondeos necesarios que se deben realizar, de los cuales se obtendrá la calidad y tipo de los suelos.
- I) Proyecto de la poligonal de referencia para el proyecto definitivo.

Proyecto definitivo

Ésta fase está integrada por los siguientes trabajos:

- A) Trazo y señalamiento de la poligonal de referencia. Se lleva a cabo por la brigada de control terrestre, señalando cada vértice. Además también se colocaran puntos mínimo a cada 200 m debiendo conocerse su elevación.
 - B) Toma de fotografías escala 1:5,000. Se toman fotografías siguiendo el trazo de la poligonal de referencia, para que en las fotos se encuentren los puntos de control terrestre.
 - C) Obtención de las secciones transversales y perfil del terreno. De las fotos escala 1:5,000 se obtienen diapositivas, las cuales se orientan en el autógrafo a-8, y con el auxilio de un plano dibujado escala 1:1,000 del trazo de
-

anteproyecto, se procede al seccionamiento de la línea. Para ello, el equipo de restitución cuenta con dos dispositivos auxiliares, el perfiloscopio y la registradora electrónica e-k. Se calculan las coordenadas de cada punto en posición y elevación de la sección transversal al eje de la línea 100 m a cada lado.

D) Cálculo de las ordenadas de curva masa. Una vez obtenido el seccionamiento transversal, el primer paso consiste en la conversión de los valores que se tienen en el sistema instrumental al sistema terrestre, se compara la ubicación del seccionamiento con el alineamiento horizontal, relacionándolo al eje del camino y además por cadenamiento distancia y elevación.

A los resultados anteriores se agregan los datos del alineamiento vertical (longitud de curvas verticales, cadenamiento y elevación del PIV), los datos del alineamiento horizontal (grados de curvatura, ampliaciones y sobreelevaciones) y los datos estratigráficos del suelo (espesor de estrato, coeficientes de variabilidad volumétrica, clave utilidad o empleo de material, taludes recomendados, etc.). Estos datos constituyen la información necesaria para el proyecto de las secciones de construcción y el cálculo de las áreas. Una vez teniendo las áreas de las secciones se procede al cálculo de la curva masa, que se analiza en el Capítulo IV “Proyecto Ejecutivo”.

II.1.2.1.1 NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Los diferentes que interviene para el cálculo del alineamiento horizontal, se presentaran más adelante, sin embargo, existen ciertas normas generales reconocidas por la práctica y que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura de las cuales se citarán las siguientes:

- 1) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener preferencia.
- 2) La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.

- 3) La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta en todos los casos, por que con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad en sí.
 - 4) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que se adapta al terreno natural, es preferible a tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.
 - 5) Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general, a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.
 - 6) Debe procurarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres bruscos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curvas suaves a otros de curvas forzadas.
 - 7) En terraplenes altos y largos sólo son aceptables alineamientos rectos y de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones prevalecientes.
 - 8) En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas forzadas. Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre el radio mayor y el menor sea igual a 1.5.
 - 9) Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, pues dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su carril, resultando peligrosa la maniobra. Las curvas inversas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
 - 10) Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 500 m.
 - 11) Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar coordinado con el vertical.
-

12) Es conveniente limitar el empleo de tangentes muy largas, pues la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que motivan la somnolencia.

Las normas de servicios técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en sección de proyecto geométrico de carreteras, indica las siguientes normas de calculo para las curvas horizontales:

Tangentes. Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut.

a) Longitud mínima

- 1) Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
- 2) Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
- 3) Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.
- 4) Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b) Longitud máxima. La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado.

c) Azimut. El azimut definirá la dirección de las tangentes.

Curvas circulares. Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que la caracterizan están definidos en la figura anterior.

a) **Grado máximo de curvatura.** el valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\text{máx}} = 146,000 \times \frac{\mu + S_{\text{máx}}}{V^2}$$

En donde:

$G_{\text{máx}}$ = Grado máximo de curvatura

μ = Coeficiente de fricción lateral

$S_{\text{máx}}$ = Sobre-elevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximo de curvatura para cada velocidad de proyecto.

**TABLA II.1 “VALORES MÁXIMOS DE CURVATURA
EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD”**

Velocidad de proyecto (km/h)	Coeficiente de fricción lateral	Sobreelevación máxima (m/m)	Grado máximo de curvatura calculado (Grados)	Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

b) Longitud mínima:

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

c) Longitud máxima. La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado.

Curvas espirales de transición. Las curvas espirales de transición se utilizan para unir las tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada.

a) Para efectuar las transiciones se empleara la clotoide o espiral de Euler, cuya expresión es:

$$R_c L_e = K^2$$

En donde:

R_c = Radio de la curva circular en metros.

L_e = Longitud de la espiral de transición en metros

K = Parámetros de la espiral en metros

b) La longitud mínima de la espiral para carreteras tipo A de dos carriles y de cuatro carriles en cuerpos separados, B y C, estará dada por la expresión:

$$L_{e \text{ mín}} = 8VS$$

En donde:

$L_{e \text{ mín}}$ = Longitud mínima de la espiral en metros

V = Velocidad de proyecto en km/h

S = Sobre-elevación de la curva circular en m/m

Para carreteras tipo A de cuatro carriles en un solo cuerpo, la longitud mínima de la espiral calculada con esta fórmula deberá multiplicarse por uno punto siete (1.7).

c) Las curvas espirales de transición se utilizarán exclusivamente para carreteras tipo A, B y C, y solo cuando la sobre-elevación de las curvas circulares sea de siete por ciento (7%) o mayor.

Visibilidad. Toda curva horizontal deberá satisfacer la distancia de visibilidad de parada para una velocidad de proyecto y una curvatura dada, para ello cuando exista un obstáculo en el lado interior de la curva, la distancia mínima "m" que debe haber entre el y el eje del carril interior de la curva estarán dadas por la expresión y la tabla que se muestran más adelante.

Distancia de visibilidad de parada. La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$D_p = Vt = V^2 / (254f)$$

Donde:

D_p = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en km/h

t = Tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

En la siguiente tabla se muestran los valores para proyecto de la distancia de visibilidad de parada que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez km/h.

**TABLA II.2 “VALORES DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA EN
FUNCION DE LA VELOCIDAD DE PROYECTO”**

Velocidad de proyecto (km/h)	Velocidad de marcha (km/h)	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de frenado (metros)	Distancia de visibilidad	
		Tiempo (segundos)	Distancia (metros)			Calculada (metros)	Para proyecto (metros)
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.89	0.295	112.96	176.85	175

Distancia de visibilidad de rebase. La distancia de visibilidad de rebase se obtiene con la expresión

$$D_r = 4.5 V$$

Donde:

D_r = distancia de visibilidad de rebase, en metros

V = velocidad de proyecto, en km/h

Distancia de visibilidad de encuentro. La distancia de visibilidad de encuentro se obtiene con la expresión:

$$D_e = 2 D_p$$

En donde:

D_e = Distancia de visibilidad de encuentro, en metros

D_p = Distancia de visibilidad de parada, en metros

II.1.2.1.2 NORMAS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO VERTICAL

En el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores a considerarse como son:

- 1) La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante. Así, en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regulada, generalmente, por el drenaje. En terrenos en lomerío se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de la operación de los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.
- 2) Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe dársele preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas. Los valores de diseño son pendiente máxima y la longitud crítica, pero la manera en que éstos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina la adaptabilidad y la apariencia del producto terminado.
- 3) Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
- 4) Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección separadas por una tangente vertical corta, deben ser evitadas, particularmente en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable. Este efecto es muy notable en caminos divididos con aberturas espaciadas en la faja separadora central.

- 5) Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente sostenida, por que permite aprovechar el aumento de velocidad previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero, evidentemente, sólo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.
- 6) Cuando la magnitud del desnivel a vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo a las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
- 7) Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario del proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de caminos de dos carriles y del 30% en el caso de caminos de varios carriles.
- 8) Cuando se trata de salvar desniveles apreciables, bien con pendientes escalonadas o largas pendientes uniformes, deberá procurarse disponer las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.
- 9) Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de caminos con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.

Las normas de servicios técnicos de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), en sección de proyecto geométrico de carreteras, indica las siguientes normas de calculo para las curvas verticales:

Tangentes. Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

a) Pendiente gobernadora. Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en la siguiente tabla de valores máximos de

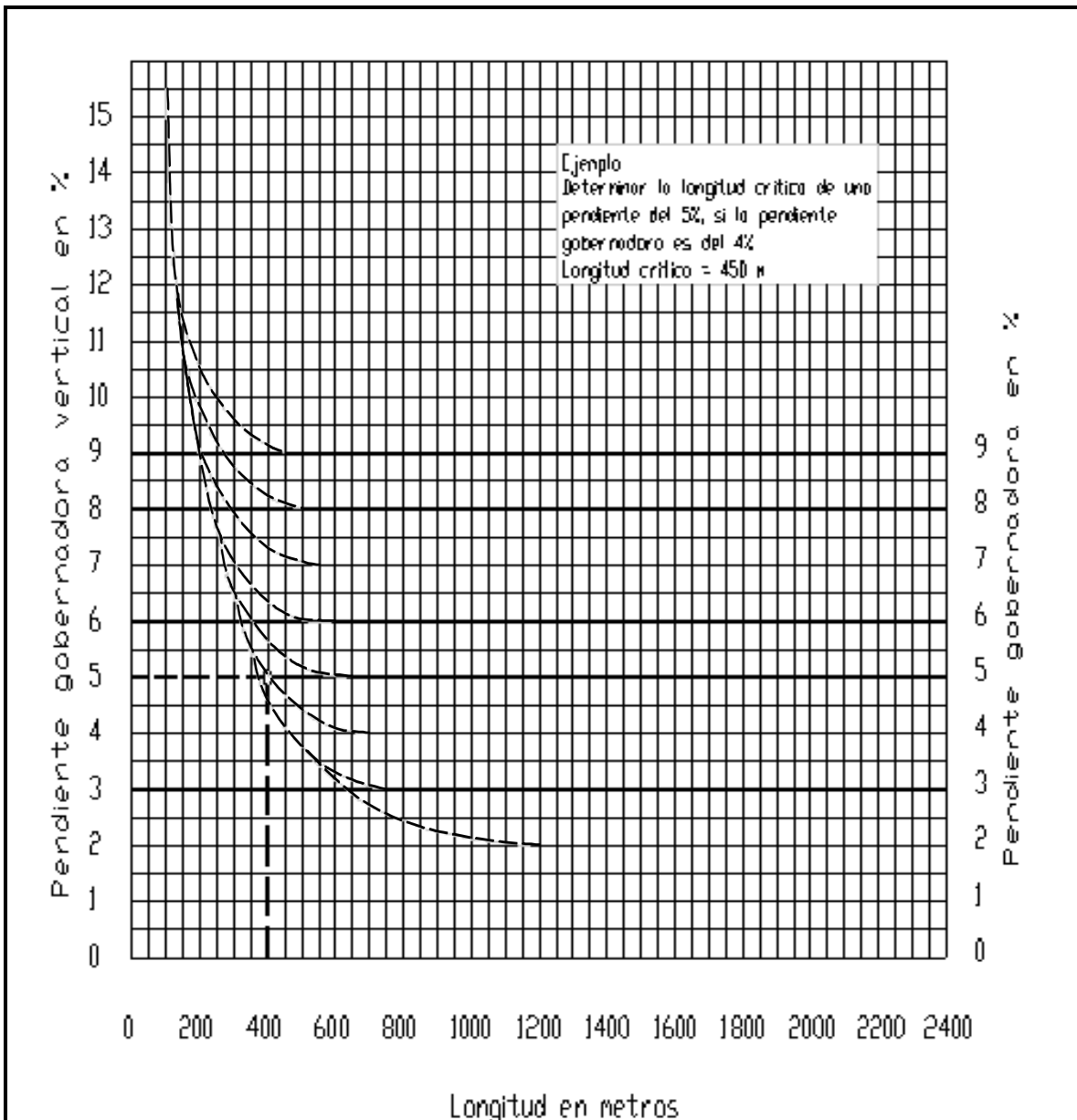
las pendientes gobernadora y de las pendientes máxima para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

- b) Pendiente máxima.** Los valores determinados para pendiente máxima se indican en la siguiente tabla de valores máximos de las pendientes gobernadora y de las pendientes máxima para los diferentes tipos de carreteras y terreno.
- c) Pendiente mínima.** La pendiente mínima en zonas de sección en corte y/o bacón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.
- d) Longitud critica.** Los valores de la longitud critica de las tangentes verticales con pendientes con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la grafica de longitud critica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.

**TABLA II.3 “VALORES MÁXIMOS DE LAS PENDIENTE GOBERNADORAS Y
PENDIENTES MÁXIMAS”**

CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)			PENDIENTE MÁXIMA (%)		
	TIPO DE TERRENO			TIPO DE TERRENO		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
E	-	7	9	7	10	13
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	6

GRÁFICA II.1 “LONGITUD CRÍTICA DE TANGENTES VERTICALES CON
PENDIENTE MAYOR QUE LA GOBERNADORA”



Visibilidad

- a) **Curvas verticales en cresta.** Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura al ojo del conductor (1.14m)

h = altura del objeto (0.15 m)

b) Curvas verticales en columpio. Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD+H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

c) Requisitos de visibilidad:

- 1) La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K, especificado en la siguiente tabla "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales"
 - 2) La distancia de visibilidad de encuentro deberá proporcionarse en las curvas verticales en cresta de las carreteras tipo "E", tal como se especifica en la siguiente tabla, "Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales"
-

**TABLA II.4 “VALORES MINIMOS DEL PARÁMETRO K Y DE LA LONGITUD
MÍNIMA ACEPTABLE DE LAS CURVAS VERTICALES”**

Velocidad de proyecto (km/h)	Valores del parámetro K (m/%)			Longitud mínima aceptable (m)
	Curvas en cresta		Curvas en columpio	
	Carretera tipo E D C B A		Carretera tipo E D C B A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	12	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

La distancia de visibilidad de rebase solo se proporcionara cuando así lo indiquen las especificaciones de proyecto y/o lo ordene la secretaria, los valores del parámetro K, para satisfacer son:

TABLA II.5 “PARÁMETROS DE K PARA REBASE EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE PROYECTO”

Velocidad de proyecto en km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Parámetro K para rebase en m/%	18	32	50	73	99	130	164	203	245

Curvas verticales. Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que une.

a) Longitud mínima:

1) La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$L = K A$$

En donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical, en metros

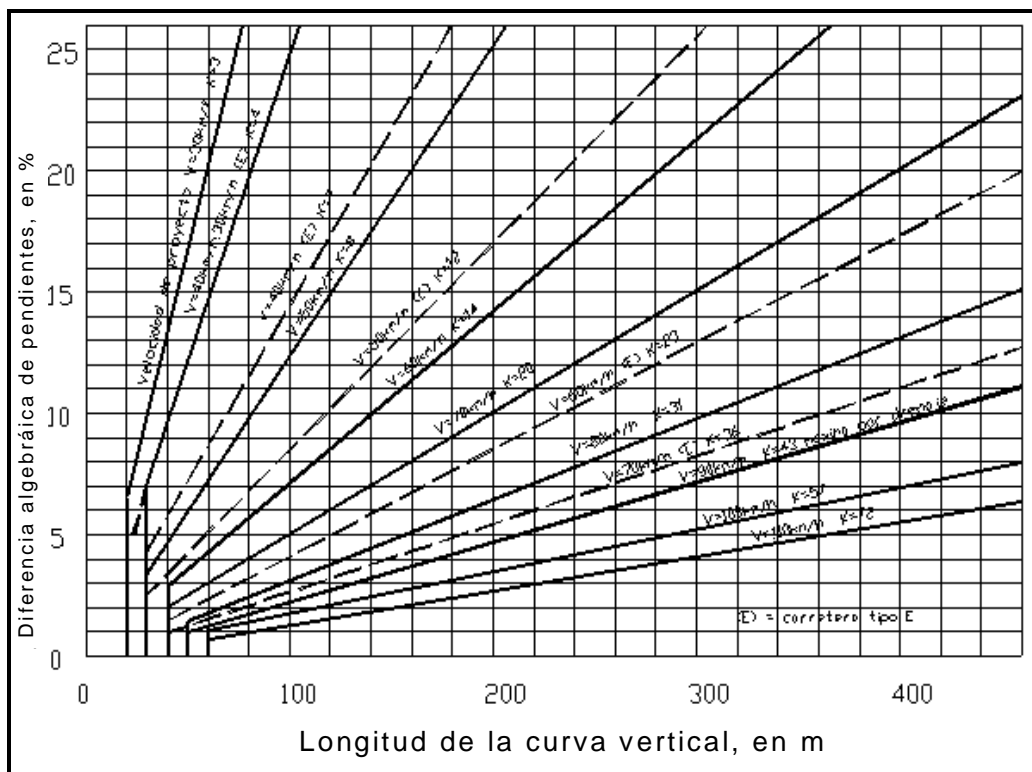
K = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales.

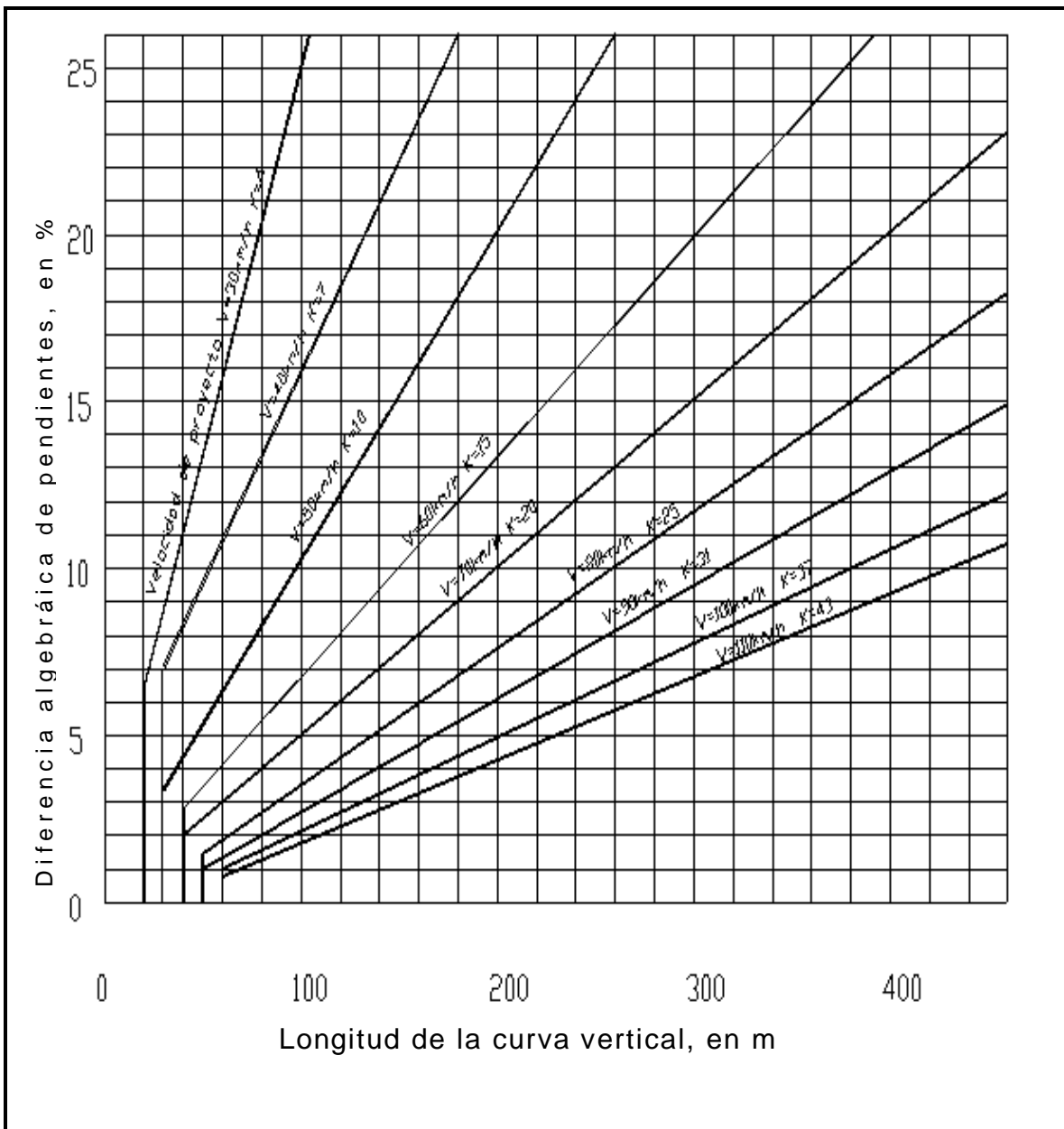
En la tabla de valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

2) La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a las mostradas en las siguientes dos gráficas: "Longitud mínima de las curvas verticales en cresta" y "Longitud mínima de las curvas verticales en columpio"

GRÁFICA II.2 "LONGITUD MÍNIMA DE LAS CURVAS VERTICALES EN CRESTA"



GRÁFICA II.3 “LONGITUD MÍNIMA DE LAS CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO”



- b) Longitud máxima.** No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

II.1.2.1.3 COMBINACIÓN DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL

Los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto, puesto que se complementan el uno con el otro. Si uno de los dos presenta partes pobremente proyectadas, éstas influyen negativamente tanto en el resto de ese alineamiento como en el otro. Por lo anterior, deben estudiarse en forma exhaustiva ambos alineamientos, tomando en cuenta que la bondad en su proyecto incrementará su uso y seguridad. Si se supone que la localización general ha sido realizada y que el problema restante es lograr un proyecto armónico entre los alineamientos y que obtenido éste, el camino resultante una vía económica, agradable y segura, se tendrá que la velocidad de proyecto adquiere mayor importancia, puesto que en el cálculo es el parámetro que logra el equilibrio buscado. Las combinaciones apropiadas de los alineamientos horizontal y vertical se logran por medio de estudios de ingeniería y de las siguientes normas generales:

- 1) La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes o largas, o bien una curvatura horizontal excesiva con pendientes suaves, corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo lo máximo en seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de los límites prácticos del terreno y del área atravesada.
- 2) La curvatura vertical sobrepuesta a la curvatura horizontal o viceversa, generalmente da como resultado una vía más agradable a la vista, pero debe ser analizada tomando en cuenta el tránsito. Cambios sucesivos en el perfil que no están en combinación con la curvatura horizontal, pueden tener como consecuencia una serie de jorobas visibles al conductor por alguna distancia. Sin embargo, en algunas ocasiones la combinación de los alineamientos horizontal y vertical pueden también resultar peligrosos bajo ciertas condiciones, tal como se discuten en seguida.

- 3) No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca de una cima, o de una curva vertical en cresta pronunciada. Esta condición es peligrosa porque el conductor no puede percibir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, por que las luces de los coches alumbran adelante hacia el espacio y en línea recta. El peligro puede anularse si la curvatura horizontal se impone a la vertical, por ejemplo construyendo una curva horizontal más larga que la curva vertical. También puede lograrse usando valores de proyecto mayores que los mismo.

 - 4) De la misma manera no deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio, porque el camino da la impresión de estar cortado.

Cuando la curva horizontal es muy suave presenta una apariencia de distorsión indeseable. Muchas veces las velocidades de otros vehículos, especialmente de los camiones, son altas al final de las pendientes y pueden conducir a operaciones erráticas especialmente durante la noche.

 - 5) En caminos de dos carriles, la necesidad de tramos para rebasar con seguridad a intervalos frecuentes y en un porcentaje apreciable de la longitud del camino, influye en la combinación de ambos alineamientos. En estos casos es necesario proporcionar suficientes tangentes largas, para asegurar la distancia de visibilidad de rebase.

 - 6) En las intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos sea importante y los vehículos tengan que disminuir su velocidad o parar; la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible.

 - 7) En caminos divididos se pueden emplear diferentes combinaciones de alineamientos horizontal y vertical para cada sentido de circulación, si la anchura de la faja separadora lo permita.
-

II.1.3 RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACIÓN

El reconocimiento, consiste en la observación directa del terreno por donde es factible localizar una o varias rutas. Puede hacerse a pie, a caballo, en vehículo o en avión. Este último siendo de los métodos el más ventajoso que se practica actualmente; ya que es posible tomar el número de fotografías aéreas necesarias, que a través de la fotointerpretación permiten un reconocimiento y estudio óptimos del lugar por donde se alojará la ruta.

En este paso se seleccionan los puntos de control de las rutas posibles. Estos puntos de control pueden ser primarios, de cruce principal u obligatorios (ciudades, pueblos o zonas determinadas) y puntos de control secundarios (ríos, lagos, pantanos, montañas, etc.).

De estos puntos se debe tomar su localización con ayuda de los planos o cartas topográficas, también se debe calcular la distancia entre ellos, la dirección de las líneas y la altura sobre el nivel del mar de cada una. La localización, consiste en fijar en el terreno los puntos intermedios por donde debe pasar el eje del camino, es decir se deben unir los puntos de control por medio de una poligonal abierta, y además con una pendiente tal que no sobrepase la máxima de proyecto.

En terreno plano es posible obtener tangentes largas con pendientes menores que la máxima. Cuando esto ocurra se realiza la localización junto con el trazo en campo por medio del tránsito u otros instrumentos adecuados para hacer el levantamiento topográfico.

En terreno montañoso, la línea entre dos puntos pueda ser que sobrepase la pendiente máxima por lo que se busca el desarrollo del camino para reducir al máximo el movimiento de tierras. Esta pendiente fijada toma en cuenta los siguientes conceptos: el tipo de vehículo predominante, el volumen de tránsito previsto, la economía que se tendría al dar un desarrollo prolongado al camino con menores pendientes y la velocidad conveniente de operación.

Estos dos trabajos, reconocimiento y localización, debe de realizarlos un ingeniero o un grupo de ingenieros experimentados y capaces de analizar con buen criterio, los problemas y casos especiales que se vayan presentando. De lo contrario será en perjuicio del funcionamiento, economía y seguridad del camino.

II.1.4 PROYECTO PRELIMINAR

Una vez llevado a cabo el reconocimiento y la localización se procede al trazo de la línea preliminar, la cual hace las funciones de esqueleto sobre el cual descansará el levantamiento topográfico, el cual será la base para el proyecto definitivo. Consiste en los siguientes pasos:

a) Trazo Preliminar. Es ligar con la poligonal abierta los puntos obligados e intermedios, mediante ángulos y distancias.

Partiendo de un punto se van clavando estacas a cada 20 m hasta que se termina la tangente y se llega al vértice del Punto de Inflexión (PI). Estando en el vértice se registran los ángulos generalmente de deflexión de una línea con respecto de otra.

Los ángulos se miden con el teodolito generalmente por deflexiones, además de registrarse distancias a cada 20 m, distancias entre puntos de inflexión, rumbos magnéticos y además se deben de registrar y referenciar por ángulos y distancias, los puntos de interés mas importantes (ríos, lagos, depresiones, elevaciones, etc.). Al terminar el trabajo en campo del trazo preliminar se procede a dibujar en planta la poligonal y todos los datos recabados.

b) Nivelación Preliminar. Tiene por objeto obtener las cotas o elevaciones de todos los puntos de la línea preliminar, con el fin de dibujar el perfil del camino y que las cotas sirvan de punto de partida para trazar las secciones transversales. Además se deben nivelar los puntos de interés tales como: ríos, arroyos, crestas, depresiones y demás intersecciones, a fin de proyectar las obras de drenaje y los pasos a desnivel. El método para la nivelación puede ser, por nivelación diferencial ida y regreso, con ayuda de un nivel montado con buena aproximación al milímetro.

Las estaciones de 20 m se nivelan al centímetro y los bancos de nivel al milímetro, los bancos de nivel deben establecerse a cada 300 o 500 m aproximadamente, y se deben referenciar a puntos estables e inmóviles. Pueden estar a un lado de la línea poligonal o sobre ella.

- c) **Secciones Transversales.** Tiene por objeto obtener la topografía del terreno en una franja de 100 m de ancho como mínimo a cada lado de la línea preliminar. El ancho dependerá también de lo accidentado del terreno.

Para la topografía de las secciones, la equidistancia entre curvas de nivel es de 2 m. Para la dirección de las secciones se hace la transversal con las manos fijando los brazos extendidos en la línea a cada lado, luego cerrándolos para formar un ángulo de 90° en los vértices se levanta una sección bisectriz al ángulo que forman las tangentes. Por lo regular la nivelación se hace, tomando el nivel de la estación de la línea preliminar, con ayuda de un nivel de mano y un estadal. El trabajo de gabinete consiste en dibujar las curvas de nivel sobre el plano de la línea preliminar. Para ello se trazan las perpendiculares de las secciones, las bisectrices y líneas auxiliares, se calculan las cotas a cada 2 m, y se dibujan las curvas de nivel.

II.1.5 PROYECTO DEFINITIVO

La línea definitiva consiste en trazar sobre el plano dibujado del proyecto preliminar una línea acatando las especificaciones del camino como son: pendientes máximas, grado de curvatura y el tipo de terreno.

Una vez que se tiene la línea definitiva se procede a trazarla sobre el terreno con los instrumentos de medición mas comunes (el tránsito, la cinta, el estadal, la brújula, principalmente), además de una brigada bien equipada para lo que se ocupe.

Durante el estudio de la línea definitiva puede darse el caso de que cruce la preliminar o bien que siga el mismo trazo de ésta, para esto se toman todos los datos o referencias de la línea preliminar.

A continuación se da una breve descripción de las principales características que se consideran en el proyecto definitivo, no se le da mucho énfasis ya que se estudian dentro del capítulo IV “Proyecto Ejecutivo”.

II.1.5.1 ALINEACIÓN HORIZONTAL

Esta integrado por una serie de tangentes unidas por curvas circulares y curvas de transición, se divide en:

- A) Curvas circulares simples.
- B) Curvas circulares compuestas.
- C) Curvas circulares de transición.
- D) Sobrelevaciones y transición de la sobrelevación.
- E) Ampliación en curvas.

El trazo en campo de una curva circular se hace por el método de deflexiones y distancias, y el cálculo se ajusta a los datos dados como: cadenamiento del PI ángulo de deflexión y otras referencias, la curva se ajusta según proyecto para el diseño de curvas.

II.1.5.2 ALINEAMIENTO VERTICAL

- A) Nivelación definitiva.
- B) Proyecto del perfil definitivo.
- C) Tangente vertical; pendiente gobernadora, máxima, mínima.
- D) Curvas verticales parabólicas en cresta o en columpio.

II.1.5.3 SECCIÓN TRANSVERSAL

- A) Subcorona.
 - B) Corona.
 - C) Acotamientos.
 - D) Calzada.
 - E) Cunetas y contracunetas.
 - F) Taludes.
 - G) Partes complementarias.
-

II.1.5.4 LÍNEA SUBRASANTE

Para obtener una línea subrasante económica, se toma en cuenta lo siguiente:

- A) Características geotécnicas.
- B) Características topográficas.
- C) Subrasante mínima.
- D) Costo de las terracerías.

II.1.5.5 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

Estas se obtienen de proyectar la línea subrasante económica sobre el perfil, de lo cual se tienen los espesores ya sea corte o terraplén y con los datos de proyecto para los anchos de corona y los taludes sea el caso corte o terraplén, estos taludes se trazan hasta cruzar con el terreno natural en los extremos (ceros), este terreno natural se obtiene del levantamiento topográfico, con estos datos se dibujan las curvas de nivel

II.1.6.6 DIAGRAMA DE MASAS

Este diagrama no es mas que proyectar la línea subrasante sobre el perfil definitivo, de lo cual se originaran las secciones de corte y terraplén a lo largo del perfil, al cuantificar los volúmenes y graficarlos sobre un plano (Diagrama de masas) se va realizando la compensación de dichos volúmenes, este diagrama a su vez nos indica los tipos de acarreo a realizar.

II.2 ESTUDIOS GEOLÓGICOS

El estudio de este factor constituye grandemente en la realización del proyecto definitivo de un camino, desde el reconocimiento de la ruta a seguir, hasta cuando se está en proceso constructivo.

En este estudio es también muy importante el uso de las fotos aéreas y de la fotointerpretación descrito anteriormente para el estudio topográfico.

Desde el punto de vista geológico se recopila información acerca de:

- 1) La morfología del terreno.

- 2) La existencia de fallas y de zonas susceptibles de deslizamiento .
- 3) La clasificación general de roca y suelos.
- 4) Las cuencas de drenaje.
- 5) Los materiales de construcción que se tengan en el área en estudio.

II.2.1 GEOTECNIA DEL LUGAR

Es la determinación de las características litológicas y estructurales de los materiales existentes en el sitio en estudio, mediante un conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para reconstruir su historia geológica. Los estudios geológicos pueden tener uno o varios de los propósitos siguientes:

a) Evaluación de una ruta

El estudio geológico para la evaluación del trazo de una nueva carretera o del comportamiento de carreteras existentes, tiene el propósito de inferir los factores geológicos que influyan en su definición, identificando en forma general los siguientes aspectos:

- 1) La relación suelo-roca, es decir, la proporción existente de estos materiales en todo el trazo, ya que de ella depende la definición del proyecto, así como el costo de los cortes y terraplenes.
- 2) Las características generales y espesores probables de los aluviones en los cruces de ríos o arroyos, que influyan en el costo de alcantarillas y puentes.
- 3) Las estructuras mayores como fallas, discordancias, estratificaciones y plegamientos, que influyan en el trazo de la carretera.
- 4) Las zonas potencialmente inestables y las que muestren evidencias de falla, que puedan afectar el comportamiento de la carretera.
- 5) Los sitios que por sus características geológicas sean potenciales bancos de material, pues la disposición de estos es importante en la definición de la ruta.

b) Determinación de las características geológicas en sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán cortes y/o terraplenes, se ejecuta en aquellos lugares donde se prevén problemas de estabilidad de taludes o donde, por su altura, se requiere contar con información geológica que contribuye a diseñar correctamente la obra, establecer los procedimientos constructivos generales y evaluar el costo de su construcción infiriendo los siguientes aspectos:

- 1) La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales que serán excavados para formar los cortes o sobre los cuales se desplantarán los terraplenes.
- 2) Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo.
- 3) Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los taludes.

c) Determinación de las características geológicas en sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde existan cortes y/o terraplenes inestables, se ejecuta para inferir el o los factores que provocan su inestabilidad, establecer los posibles procedimientos constructivos que permitan corregir la obra, y evaluar el costo aproximado de su reparación o reposición, determinando los siguientes aspectos:

- 1) La identificación y probable zonificación estratigráfica de los diferentes materiales que constituyen el corte o subyacente al terraplén inestable.
 - 2) Las alteraciones de la roca que determina su contacto con el suelo, estableciendo si la falla ocurre en ella, en el suelo o en ambos.
-

3) Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias y estratificaciones, así como las estructuras menores, como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los taludes.

d) Determinación de las características geológicas en sitios donde se construirán túneles

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán túneles, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción.

El estudio incluyen tres zonas: las dos que comprenden los portales, donde se realizarán excavaciones a cielo abierto y la ubicada entre ellos (cuerpo del túnel), en que se excavará el túnel.

Mientras en las zonas de portales se ven superficialmente los materiales donde se realizará el emportalamiento, en el cuerpo del túnel se extrapola la información observada en la superficie, ya que pueden existir coberturas de roca hasta el nivel de la rasante que alcancen cientos de metros. En los tres casos se determinan los siguientes aspectos:

- 1) La zonificación estratigráfica probable de los diferentes materiales, que contribuyen tanto los portales como el cuerpo del túnel, identificando el tipo y las características de los materiales por excavar.
- 2) Las alteraciones de la roca que determinan su contacto con el suelo y que particularmente afecten la ubicación de los portales, así como la estabilidad y atacabilidad del túnel.
- 3) Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, que influyan en la estabilidad de los portales y el cuerpo del túnel, tanto durante su construcción como en su operación.

e) Determinación de las características geológicas en sitios donde se construirán puentes

El estudio geológico para la determinación de las características de los sitios donde se construirán puentes, se ejecuta para definir los aspectos geológicos que puedan influir en el diseño de la obra, establecer los posibles procedimientos constructivos, y evaluar el costo aproximado de su construcción, determinando los siguientes aspectos.

- 1) La zonificación estratigráfica probable de las diferentes unidades de roca, identificando el tipo y las características de los materiales sobre los que se desplantará la estructura y de los que se excavarán en los sitios de apoyo.
- 2) Las alteraciones de la roca que determina su contacto con el suelo, y que pueden influir en el desplante de la cimentación.
- 3) Las estructuras mayores como fallas, plegamientos, discordancias, estratificaciones, y las estructuras menores como fracturas, foliación y exfoliación, identificación la influencia que tendrán en el desplante de la cimentación y/o en la estabilidad de la excavación para su construcción.

II.2.1.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO APLICADO

El estudio geotécnico aplicado tiene por finalidad, el analizar y cuantificar las características geotécnicas de los terrenos atravesados por las obras y su zona de influencia.

En este estudio deberán definirse los siguientes puntos:

- a) La naturaleza de los materiales a excavar, modo y técnica de excavación y utilización de los mismos.
 - b) La categoría del material del fondo de excavación y su aptitud como capas subyacente y subrasante o su sustitución.
 - c) Los taludes a adoptar en los cortes, su coeficiente de seguridad, drenaje y tratamiento de los mismos.
-

- d) La capacidad portante del terreno para soportar los terraplenes a ejecutar, la forma de realizarlos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, la medidas a tomar para incrementarlos en caso de no ser aceptables; y las medidas a tomar para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos.
- e) Las características hidrogeológicas del entorno que den lugar a la definición de drenajes.
- f) La definición de los riesgos geotécnicos y las medidas correctivas que deban adoptarse.

Comprenderá las siguientes fases:

- 1) Establecimiento de la campaña geotécnica a realizar.
- 2) Realización de las prospecciones de campo.
- 3) Ensayos de laboratorio.
- 4) Informe final. Conclusiones y recomendaciones.
- 5) Coordinación con los documentos del proyecto.

1) Definición de la campaña geotécnica

La campaña geotécnica estará fundamentada en la investigación sistemática de los terrenos dentro del eje del proyecto; junto al estudio, más detallado, de aquellos puntos del trazo en los que sea previsible la aparición de algún problema particular; los más frecuentes para cada tipo de trabajo son los siguientes:

Cortes:

- 1) Estabilidad.
- 2) Presencia de niveles freáticos.
- 3) Indeterminación en el modo de excavación.

Terraplenes:

- 1) Estabilidad.
 - 2) Terrenos de baja capacidad portante.
 - 3) Asentamientos excesivos.
-

4) Altura importante (mayor de 10 m).

En este sentido la prospección geotécnica de campo recomendable estará formada por las siguientes investigaciones:

- a) Calicatas. Toma de muestras alteradas.
- b) Ensayos de penetración dinámica.
- c) Sondeo geofísicos.
 - Sondeo sísmicos.
 - Sondeo eléctricos.
- d) Sondeo mecánicos.
 - Ensayos por el método de penetración estándar.
 - Ensayos especiales.
 - Toma de muestras inalteradas.
 - Ensayos de permeabilidad
 - Ensayos presiométricos
 - Ensayos dilatométricos

2) Realización de las prospecciones de campo

Deberán llevarse a cabo según los procedimientos indicados en las normas existentes para cada tipo de trabajo y/o ensayo.

a) Calicatas

El objetivo de las calicatas es el conocimiento “in situ” de los materiales, su entorno geotécnico así como la toma de muestras y medidas; de tal manera que al complementar la información de campo con los ensayos de laboratorio, podamos tener identificados los materiales y su desarrollo espacial con respecto a la obra.

El programa de catas, pasará por una primera fase de propuesta basada en las conclusiones del estudio geológico. Esta propuesta reflejará:

- a) Clave o número de cata.
 - b) Situación en el proyecto (distancia a origen y distancia al eje).
-

- c) Unidad geológica afectada.
- d) Objetivos (estudio de corte, terraplen, préstamo, etc.).

Ejecución

El técnico deberá anotar de una forma sistemática, como mínimo, los siguientes conceptos:

- 1) Espesor de tierra vegetal, apreciando su contenido de materia orgánica, olor, color, etc.
- 2) Descripción de los distintos niveles con sus espesores y cotas; diferenciados por su litología, composición, granulometría, cementación, compacidad, densidad, color, humedad, grado de alteración, grado de fracturación, etc.
- 3) Las dificultades de excavación, aparición de agua en el fondo o en las paredes de la misma (con indicación, al menos, cualitativa del caudal), estabilidad del corte, etc.
- 4) Estimación de la consistencia de los materiales cohesivos (penetrómetro de bolsillo ó vane test).

Es conveniente que de cada uno de los niveles diferenciados se tome una muestra representativa. Si fuera preciso tomar muestras en bloque inalteradas, debe seguirse el proceso conforme a lo especificado en norma. Esta etapa de prospecciones podrá corroborar o modificar la cartografía geológica.

b) Ensayos de penetración dinámica

Las pruebas de penetración cónica ya sea estática o dinámica, son útiles en zonas cuya estratigrafía sea ya ampliamente conocida a priori y cuando se desee simplemente obtener información de sus características en un lugar específico, pero son pruebas de muy problemática interpretación en lugares no explorados a fondo previamente, principalmente en los siguientes tipos de suelos.

- a) En suelos arenosos.
- b) En suelos con gravas gruesas, bolos o costras

En ambos casos se definen: la forma y el área de la punta cónica, la sección y el peso unitario del muestreador y del yunque, así como el peso, la geometría y altura de caída del martinete.

Los resultados del ensayo se representarán en gráficos, donde se anota en abscisas el número de golpes para una penetración de 10 cm o 20 cm, según el tipo de penetrómetro utilizado, y en ordenadas, hacia abajo, las profundidades de la punta del penetrómetro. Cada penetración, quedará definida por sus coordenadas y la cota del punto donde se ha realizado, representándola en el plano geológico de escala 1:5,000.

c) Sondeos geofísicos

La finalidad de estos sondeos, salvo técnicas muy especializadas, no es conocer el terreno a investigar de una manera puntual y detallada, sino tener un rápido conocimiento de una zona, con objeto de completar la geología o de conocer el grado de alteración de un macizo. Las diversas técnicas (sísmicas de refracción, sísmica de reflexión, resistividades, etc.) deben elegirse cuidadosamente en función del tipo de investigación. La campaña de geofísica estará basada en las prospecciones de las catas y el estudio geológico.

La técnica más usual en obras de carreteras es la “sísmica de refracción”, estando esta encaminada fundamentalmente al estudio de materiales para la determinación de su facilidad o dificultad de excavación. La programación debe efectuarse en un cuadro, que refleje:

- Número y tipo de sondeo
- Situación: Distancia a origen y al eje.
- Formación geológica afectada
- Objetivos: Recubrimiento, ripabilidad, módulos

Se deben emplear con precaución y su interpretación debe ser realizada por personal especializado.

d) Sondeos mecánicos

Los sondeos mecánicos empleados en las investigaciones geotécnicas, son generalmente por rotación; salvo en el caso particular de suelos granulares tipo grava que suelen ser por rotopercusión.

En todo sondeo debe indicarse el tipo de sonda empleada, tomándose una fotografía del conjunto del equipo y de los siguientes elementos:

- Batería empleada
- Muestreador de pared delgada
- Muestreador de media caña

Adjuntándose un croquis de cada uno de ellos, con acotación expresa de los diámetros interior y exterior, así como la longitud y ángulo útil del corte.

Observaciones complementarias a realizar en los sondeos, de cada sondeo se debe elaborar la siguiente información:

- Maquinaria utilizada en la perforación y útiles empleados tanto en la realización del sondeo de penetración, como en la toma de muestras inalteradas.
- Fecha de inicio y final de la ejecución del sondeo.
- Nombre del perforista y nombre del supervisor del sondeo.
- Diámetro de la batería y forma de ejecución.
- Columna estratigráfica
- Descripción detallada de los materiales perforados y las singularidades encontradas.
- Identificación organoléptica.
- Croquis, en general de cada tramo de testigo fresco, describiendo claramente:
 - Las características visuales del testigo.
 - Las cotas del mismo.
 - Los valores de la resistencia medida con el penetrómetro de bolsillo.
 - Las partes donde se han tomado porciones para su ensayo en el laboratorio (MR).

- Profundidad de extracción y tipo de muestras inalteradas. (MI).
- El numero de golpes en el ensayo de penetración estándar.
- Nivel freático.
- Toma de muestras de agua.
- Porcentaje de recuperación del testigo.
- Índice de la designación de la calidad de la roca R.Q.D. (En el caso de sondeos en roca).
- Espaciamiento de las juntas
- Número de juntas cada 30 cm.

Es interesante, que una vez terminado el sondeo, se coloque una tubería piezométrica para lecturas posteriores del nivel freático.

Ensayos “ in situ “ en sondeos

Dentro de la gran variedad de ensayos “in situ”, que se puede realizar en los sondeos , a continuación se describen los más usuales en estudios de carreteras: Penetración Estándar, Muestras Inalteradas, presiómetros y dilatómetros.

Método de Penetración Estándar (SPT)

En este método se considera que la resistencia del suelo a la penetración se mide por el número de golpes (N), necesarios para hincar el penetrómetro 30 cm. EL martinete que produce el golpe pesa 63,6 kg, cayendo desde una altura de 76,2 cm. Se comienza a golpear hasta que se ha introducido 15 cm. A partir de este momento se comienzan a contar los golpes cada 15 cm hasta que se han introducido los 30 cm restantes. Si se necesita dar más de 100 golpes se considera rechazo y se suspende la prueba.

Muestras Inalteradas (MI)

Son aquellas en que se puede considerar que la naturaleza y la estructura del terreno se mantienen intactas durante el proceso de extracción. Para la obtención de estas muestras se debe considerara que:

$$Ca = (D2)^2 - (D1)^2 / (D1)^2 \times 100$$

Donde:

Ca = Relación de áreas

D1 = diámetro interior del tubo.

D2 = diámetro exterior del tubo.

- 1) En suelos arcillosos blandos. El muestreador que se debe utilizar es el de pared delgada, con una relación de áreas Ca no superior al 15%, y un diámetro interior no inferior a 75 mm.
- 2) En suelos arcillosos firmes. Se podrán tomar las muestras con tubos de pared más gruesa; con una relación de áreas Ca no superior al 25% y un diámetro interior no inferior a 70 mm.
- 3) En suelos duros o rocas blandas. La toma de muestras asimilables a inalteradas, se hará mediante baterías de pared doble con porta-testigos interior o bien batería triple.

Ensayos especiales

Otros ensayos que se pueden efectuar dentro de un sondeo son: ensayos Dilatométricos o Presiométricos

- 1) Ensayos Dilatométricos. El procedimiento de ensayo permitirá obtener el índice de resistencia horizontal del suelo y el módulo dilatométrico.
- 2) Ensayos Presiométricos. El tipo de ensayo a desarrollar permitirá obtener el módulo presiométricos y la presión límite.

3) Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio a realizar con las muestras representativas e inalteradas obtenidas serán los adecuados, en cada caso, a los fines que se persiguen: idoneidad de los materiales para un determinado uso, estabilidad de los taludes, cargas sobre cimentaciones, asentamientos, etc. Todos los ensayos se efectuarán con arreglo a la normativa vigente de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT):

Ensayos de identificación, que incluyen:

a) En suelos:

- Granulometría por tamizado.
- Límites de Atterberg.
- Materia orgánica.
- Humedad natural.
- Densidad aparente.
- Carbonatos y sulfatos de forma cualitativa.
- Clasificación de Casagrande o mediante el Sistema Unificado (SUCS).

b) En rocas:

- Determinación de la litología principal.
 - Análisis químico con determinación de carbonatos, sulfatos, sílice, calcio y magnesio.
 - Compresión simple en suelos.
 - Corte directo.
 - Triaxial.
 - Edométrico.
 - Presión de hinchamiento nulo.
 - Próctor normal.
 - Próctor modificado.
 - C.B.R.
 - Hinchamiento libre. Índice de hinchamiento Lambe.
 - Compresión simple en rocas.
 - Equivalente de arena.
 - Determinación del contenido de materia orgánica, sulfatos y carbonatos.
 - Análisis granulométrico en gravas y arenas.
 - Desgaste Los Ángeles.
 - Estabilidad frente al sulfato magnésico.
 - Colapsabilidad.
-

Las condiciones de drenaje, en los ensayos de corte y triaxiales en suelos, deberán ser las representativas de las condiciones del problema que se quiere estudiar.

Basándose en la información geológica, las observaciones de campo y la investigación geotécnica realizada, tanto de campo como de laboratorio, se redactará un informe final con el siguiente contenido:

II.2.1 ESTATIGRAFÍA DEL LUGAR.

Al pie del perfil longitudinal se representará una "guitarra" con la siguiente información:

- 1) Distancia a origen, cotas del terreno y la rasante.
- 2) Unidad geotécnica
- 3) Indicación, por tramos, del espesor de la tierra vegetal.
- 4) Calidad de drenaje
- 5) En los cortes los porcentajes de suelo inadecuado, suelo adecuado para ejecución de terraplenes y suelo adecuado para el desplante de los mismos terraplenes, así como si el material es atacable por medios mecánicos o es necesario el uso de explosivos. En caso de roca su aptitud para la ejecución de terraplenes bandeados o todo uno. Los taludes a adoptar en ambas márgenes.
- 6) Señalar que fondos de cortes necesitan de sustitución, cuanto se sustituye y porque material.
- 7) En los terraplenes el espesor de material a sustituir en cajas de material inadecuado compresible, una vez deducido el espesor de tierra vegetal.
- 8) Todas aquellas observaciones que se estimen oportunas para la obra (zona de riesgos, obras singulares, cimentaciones, etc.)

Así mismo se graficarán las calicatas y los sondeos mecánicos, con indicación simplificada de los materiales encontrados y su clasificación, y los gráficos simplificados de las penetraciones mecánicas.

II.2.2 DATOS GEOLÓGICOS

A continuación se describen brevemente los datos resultado de las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio, descritos en el estudio geotécnico aplicado.

Desplantes

En este apartado se determinarán las características geotécnicas de la explanada de cara a su empleo como soporte de desplante de los cuerpos de terraplén.

Con este criterio se tramificará la zona del proyecto, calculándose el volumen de la explanada que se puede conseguir con materiales procedentes de la excavación y se delimitarán aquellas zonas en las que sea preciso mejorar o sustituir el terreno para conseguir las características exigidas en el estudio de los terraplenes.

Cortes

Debe estudiarse para cada uno de los cortes más importantes la estabilidad del mismo con indicación expresa de los taludes mínimos a adoptar en ambas márgenes de la carretera, en función de las características geotécnicas de los materiales a excavar.

Se obtendrá el coeficiente de seguridad según diversos tipos de rotura y se determinará con cálculos complementarios, los refuerzos eventualmente necesarios. Por otra parte es conveniente definir los anchos de bermas y cunetas necesarios para asegurar una buena protección a la vía.

En los cortes en roca se indicará la necesidad de hacer precorte o recorte para un mejor acabado de los mismos.

Terraplenes

Se fijarán, a la vista de las características geotécnicas de los terrenos atravesados por el trazo, y del material para la construcción de rellenos, los taludes a realizar en los terraplenes.

Deben analizarse aquellos rellenos sobre terrenos blandos y en los de altura superior a 10 metros, los asientos previsible y el tiempo necesario para alcanzar un determinado porcentaje de consolidación, compatible con que no se produzcan daños en el terraplén. Para este caso deben estudiarse las medidas a adoptar para acelerar y/o disminuir los asientos.

Igualmente, se analizarán aquellos rellenos a media ladera en los que la naturaleza del cimiento y/o la pendiente transversal del terreno recomiende la adopción de medidas especiales.

Drenajes

El drenaje de los sistemas topográficos constituye una de las mejores guías acerca de la geología y tipos de suelos en el área, también indica líneas de resistencia.

TABLA II.6 “CARACTERÍSTICAS REFERENTES AL TIPO DE DRENAJE”

TIPO DE DRENAJE	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
Drenaje rectangular	Suele estar controlado por diaclasas, fallas y plagamientos.
Drenaje radial	Se produce en cono montañoso.
Drenaje concéntrico	Presencia de una estructura en forma de domo.
Drenaje dentrítico	Area de rocas muy homogéneas.
Drenaje paralelo	Formada por estratos de diferente resistencia.
Drenaje emparrado	Rocas sedimentarias fuertemente plagadas.

II.3 ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

El estudio de mecánica de suelos deberá contar con la información antes descrita, para así tener los tratamientos de suelos y rocas a emplear, así como también los procedimientos de construcción idóneos a emplear.

Toda obra de Ingeniería civil tendrá que ser desplantada ya sea en un suelo o sobre un manto rocoso. El tipo de cimentación que se requiera depende de factores tales, como el tipo de suelo, los asentamientos permisibles de la

estructura, la magnitud y distribución de las cargas, la presencia de aguas freáticas, la sismicidad, la velocidad máxima del viento, el hundimiento regional, etc.

La geología, auxiliar de la ingeniería civil, clasifica los sedimentos no consolidados en dos grandes grupos como son los suelos residuales y los suelos transportados.

II.3.1 GENERALIDADES

Los suelos residuales son el producto de la desintegración y alteración de los componentes minerales de la roca madre debido a los agentes climáticos como pueden ser la humedad, la congelación del agua entre las grietas, la exposición solar, etc. El espesor de un suelo residual puede ser de unos cuantos centímetros a varios metros dependiendo del clima y fisiografía de la región. En zonas tropicales y subtropicales el espesor de los sedimentos suele ser relativamente grande. Generalmente estos suelos se reconocen porque su granulometría se hace más gruesa con la profundidad, siendo muy variable desde grandes fragmentos, grava, arena, limo, arcilla y coloides (arcilla de tamaño extremadamente pequeño). La densidad y grado de cimentación también suelen variar con la profundidad; las densidades más bajas pueden encontrarse en la parte superior del suelo debido al fenómeno de lixiviación que consiste en el arrastre de sedimentos finos hacia las partes más profundas por corrientes de agua. Las propiedades de compresibilidad pueden ser altas a muy altas. En el caso de áreas volcánicas, pueden generarse arcillas montmoriloníticas de características expansivas. Es importante señalar que los sedimentos residuales suelen presentar los mismos defectos estructurales que el macizo rocoso que les dio origen como pueden ser grietas, fallas, juntas, etc.

Los suelos transportados son el producto de la acción de agentes de transporte que actúan sobre la roca madre o el suelo original entre los que vale la pena mencionar el viento, los ríos, las fuerzas de gravedad, los volcánes y los glaciares, generando depósitos eólicos, aluviales, lacustres y marinos, de piemonte, volcánicos resientes y glaciares.

Para conocer las características de la zona en el trazo de la línea preliminar, se realiza un recorrido por un experto en geología y en mecánica de suelos, para delimitar las zonas de corte y terraplén, las obras de drenaje, los cruces y otros factores importantes. Se programa la distribución y número de sondeos que deberán efectuarse, se obtienen la calidad y tipo de suelos por donde va a pasar el nuevo camino, concentrando la atención en aquellos lugares donde se crea puedan existir problemas.

Existe una correlación entre los estudios geológicos y de mecánica de suelos, específicamente la parte de geotecnia, por lo cual los resultados de ambos se relacionan o son en cierto modo los mismos, por lo cual los datos obtenidos son fundamentados de igual forma.

II.2.2 DATOS DE MECÁNICA DE SUELOS

Una vez realizadas las pruebas de laboratorio necesarias, se consignan los siguientes datos que de igual forma son básicos para el cálculo de la curva masa:

- 1) Espesor del estrato 1 (despalme).
- 2) Espesor del estrato 2 para los cortes.
- 3) Coeficientes de abudamiento o reducción (para compactación 90%, 95%)
- 4) Utilidad de cada uno de los materiales para terracerías.
- 5) Taludes recomendados para cortes en los estratos 1 y 2.
- 6) Obtención del perfil geológico.

Para facilitar y ordenar los trabajos de campo conviene dividir la zona en que se construirá la futura vía terrestre en zonas de características similares, lo cual se realiza a base de un fisiógrafo. Los aspectos litológicos permiten después hacer una división en sub-zonas.

Los principales problemas geotécnicos que es posible encontrar a lo largo de una zona en estudio son:

- 1) Zonas lacustre.

- 2) Laderas inestables.
- 3) Mala calidad de los materiales.
- 4) Zona pantanosas.
- 5) Nivel freático elevado.

La detección de estos problemas es muy importante desde el punto de vista de análisis de alternativas de trazo, que es un problema que surge en el proyecto de una vía terrestre.

Estos estudios habrán de ser sumamente minuciosos sobre todo en lo que se refiere a zonas lacustre o pantanosas, laderas inestables, fuente de problemas de inestabilidad y asentamiento de terraplenes.

El tipo de terreno se clasifica de acuerdo con la magnitud de los movimientos de tierras que será preciso efectuar para alojar el camino, es decir la clasificación se basa en las características topográficas del área.

Cabe señalar que el apoyo del laboratorio en los sondeos que se realizan a lo largo de la línea del camino, es muy importante para establecer las características de los materiales a utilizar para las estructuras de terraplén, el asentamiento de las obras de drenaje y puentes, además de establecer la calidad y estabilidad de los cortes.

II.4 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

El estudio hidrológico debe preverse desde el reconocimiento de la línea tratando de que el drenaje del camino sea natural, para evitar obras costosas en su construcción y mantenimiento.

II.4.1 GENERALIDADES

Para realizar un avance mejor en el estudio hidrológico del drenaje, también se aplica el recorrido en avión y el apoyo de la fotogrametría para así poder visualizar de manera mas general el relieve del terreno, el encauzamiento de los ríos, lagos o arroyos, etc., que sirvan de apoyo para el proyecto del drenaje definitivo. Las

formas en que el agua puede llegar al camino son:

- A) Precipitación directa.
- B) Escurrimiento del agua del terreno adyacente.
- C) Crecientes de ríos y lagos.
- D) Infiltración directa o por ascensión capilar a través del suelo.

En la localización deberán escogerse suelos permeables, naturalmente drenados, fijando los cruces de corrientes de agua desde el punto de vista funcional y económico. Un buen drenaje debe cumplir con las siguientes funciones:

- 1) Evitar que el agua circule sobre el camino en cantidades excesivas.
- 2) Evitar que el agua de las cunetas remoje o reblandezca las terracerías disminuyendo el esfuerzo cortante y originando asentamientos.
- 3) Evitar que los cortes en suelos no muy buenos se saturen, provocando derrumbes o deslizamientos.
- 4) Evitar que el agua de arroyos u hondonadas sea remansada por los terraplenes, existiendo peligro de deslave.
- 5) Evitar que el agua subterránea ascienda hasta la subrasante.

II.4.2 DATOS HIDROLÓGICOS

El drenaje se divide en drenaje superficial y drenaje subterráneo, cuyo objetivo es:

A) Drenaje superficial

Tiene por objeto desalojar el agua que cae por precipitación, la que corre por ríos, por arroyos y la que llega por inundación. Este drenaje se divide a su vez en dos:

- 1) Drenaje longitudinal. Es aquel que sirve para reducir al mínimo el agua que fluye por el camino, mediante obras de captación y de defensa como:

- 1.1) Cunetas. Son zanjas que se realizan a un lado o ambos lados del camino.
-

Generalmente se presenta en zonas de corte, o cuando se presenta un terraplén de cuerpos separados, en cuyo caso se construye una cuneta central. Las cunetas se construyen con el fin de recibir el agua pluvial de la mitad de la corona del camino en tangente, o de todo el ancho de la corona en curva, así como lo que escurre por los taludes de los cortes. El área hidráulica de las cunetas es pequeña, ya que se calcula para aguaceros de 20 a 30 minutos de duración.

- 1.2) Contracunetas. Son canales que se construyen en las laderas del lado de aguas arriba de los cortes de una obra vial y tiene por objeto evitar que el agua escurra por el talud de los cortes y llegue a las cunetas. El área hidráulica se determina en función de la superficie por drenar del coeficiente de escurrimiento.
- 1.3) Canales auxiliares. Se realizan para encauzar una corriente paralela o transversal del camino.
- 1.4) Bombeo. Es la pendiente transversal que se deja hacia ambos lados del camino en tangente y hacia un lado en curva.
- 1.5) Cajones de entrada, desarenadores y cunetas entubadas. Se utilizan principalmente para que las cunetas se encaucen hacia las alcantarillas.
- 1.6) Lavaderos. Se construyen en los taludes de los terraplenes para dar salida al agua que escurre del bombeo.
- 2) Drenaje transversal. Son obras de cruce para dar paso al agua que no puede desviarse y tiene que pasar de un lado a otro del camino. Esta constituido principalmente por alcantarillas y puentes.
 - 2.1) Alcantarillas. Son estructuras que se construyen para que pase un determinado gasto de agua, de uno a otro lado del camino. Se colocan por lo general en el cruce con arroyos, cañadas, zanjas de riego, drenaje superficial, etc. Las alcantarillas están constituidas, por una parte central

llamada cañón y dos extremos denominados muros de cabeza (cabezales) o cajones cuando son tubulares, y aleros en el caso de losas. Por su forma las alcantarillas se dividen en:

- a) Alcantarilla de cabezotes. Pueden ser de tubo de concreto o de lámina. Los de lámina son generalmente de diámetro mayor, los muros se construyen de concreto simple o de mampostería; pueden ser de una, dos o tres líneas de tubos.
- b) Alcantarilla de cajón. También se les conoce como sifones, se construyen en los caminos con cortes de gran espesor y por lo regular de un solo cuerpo, estos trabajan a presión por lo que los tubos son especiales (de junta hermética y de longitud mayor que el tubo normal), los cajones pueden ser de mampostería o concreto simple completamente homogéneo.
- c) Alcantarillas de bóveda. Generalmente son de mampostería, pero también pueden ser de concreto armado en caso de que la carga del terraplén que soporte sea muy grande, se pueden combinar de mampostería, concreto en la base y tubo de lámina en el arco.
- d) Alcantarilla de losa. Esta formada por dos muros(estribos) que pueden ser de concreto simple o mampostería, y la losa de concreto armado.

Las alcantarillas también pueden ser esviajadas o normales (perpendiculares) respecto al eje del camino.

Para determinar los gastos que han de utilizarse en el diseño hidráulico de las obras de drenaje menor o en su caso de las obras mayores como pueden ser puente, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezcan, el Ingeniero debe realizar los análisis hidrológicos que correspondan según el tipo y confiabilidad de la información disponible, pudiendo aplicar los métodos que se describen a continuación:

1) **Procedimiento por comparación.** Se compara el área hidráulica con respecto de otra alcantarilla construida de características similares.

2) **Métodos empíricos.** Estos arrojan resultados poco confiables, pues proporciona el gasto prácticamente con base en las características fisiográficas, por lo que solo deben emplearse cuando no se disponga de información sobre las precipitaciones o los escurrimientos dentro de la cuenca en estudio, o bien para tener una idea preliminar de los escurrimientos que podrían ocurrir y así programar los trabajos de campo. El método de este tipo más utilizado es el de Creager, que se aplica en cuencas mayores de treinta kilómetros cuadrados en el caso de los puentes.

a) **Para obras menores:**

$$q = 0.183 c \times a^{3/4}$$

b) **Para puentes:**

$$q = 0.2075 c \times a^{1.048}$$

Donde:

q = Gasto unitario, [(m³/s)/km²]

a = Área de la cuenca, (km²)

c = Parámetro adimensional que depende de la región hidrológica en que se encuentre la cuenca en estudio y que puede obtenerse en la publicación *Envolvente de Gastos Máximos Observados y Probables en la República Mexicana* que edita la Comisión Nacional del Agua (CNA).

3) **Procedimiento de sección y pendiente.** Dado por la formula de Maning, cuando se tiene un registro de las avenidas máximas.

$$G = a \times r^{2/3} \times s^{1/2}$$

- 4) **Métodos semiempíricos.** Se aplican cuando se dispone de información que caracterice la precipitación, la que relacionada con las características fisiográficas de la cuenca en estudio, permite calcular la magnitud de los escurrimientos en el sitio donde se proyecte la nueva estructura, para los periodos de retorno que se establezcan. Estos métodos arrojan resultados más confiables que los métodos empíricos. Los métodos más utilizados son:
- a) **Método Racional.** Para cuencas hasta de veinticinco Kilómetros cuadrados, aunque también se puede aplicar en cuencas hasta de cien kilómetros cuadrados, considerando que el grado de confiabilidad disminuye al incrementarse el área.
 - b) **Método de Horton.** Este método, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del ejército y fuerza aérea de los Estados Unidos, aprovechando las amplias investigaciones desarrolladas por R. E. Horton en materia de escurrimiento superficial, es aplicable a cuencas planas y de poca pendiente, en las que el escurrimiento no ha formado cauces y fluye en forma laminar, como puede ser el proveniente de una ladera o el de la superficie de rodamiento de una carretera, con áreas hasta de uno coma cinco kilómetros cuadrados. En ocasiones se puede utilizar para cuencas más grandes, considerando que a mayores dimensiones los resultados serán menos confiables.
 - c) **Método de Chow.** Este método, que fue deducido con base en los conceptos de hidrogramas unitarios e hidrogramas unitarios sintéticos, es probablemente el más confiable de los métodos semiempíricos, por lo que debe aplicarse siempre que sea posible, particularmente para cuencas hasta de veinticinco kilómetros cuadrados, aunque también se puede aplicar en cuencas con áreas hasta de doscientos cincuenta kilómetros cuadrados, considerando que a mayores dimensiones los resultados serán menos confiables.

5) **Métodos Estadísticos.** Estos métodos se aplican cuando se dispone de los gastos máximos anuales medidos en las estaciones hidrométricas instaladas en la corriente en estudio o en corrientes vecinas de características fisiográficas semejantes y son los más confiables para determinar la magnitud de los escurrimientos en el sitio donde se proyecte la nueva estructura, de acuerdo con los periodos de retorno que se establezcan, por lo que deben utilizarse siempre que sea posible.

B) Drenaje Subterráneo

Son obras que se construyen con el fin de drenar o mantener alejada el agua de las zonas en donde puede causar algún daño o bien obras de conducción o eliminación para el control del agua.

Las aguas subterráneas son las que originan este tipo de obras y siempre es preferible aceptar su presencia y no tratar de detener su escurrimiento, siempre y cuando se les de salida por algún procedimiento y que no lleguen a perjudicar las terracerías o el pavimento.

Las obras mas comunes para conducir y eliminar el agua subterránea de un camino son:

- 1) Filtros. Se construyen con material graduado que permite el paso del agua.
- 2) Drenes de zanjas y drenes franceses. Se colocan por lo general longitudinalmente a lo largo de los cortes, principalmente para drenar el agua subterránea.
- 3) Drenes horizontales.
- 4) Trincheras estabilizadoras.
- 5) Galerías filtrantes.

Como se puede observar, los estudios para proyectar una carretera son algo complejos y tan amplios, como necesario sea cuidar los costos en la etapa de construcción.

En el siguiente capítulo se describe el estudio de impacto ambiental, poniendo especial atención a los impactos adversos y sus formas de mitigación a corto, mediano y largo plazo.

Las alternativas que deben ser investigadas en la planeación y diseño de un proyecto, deben incluir rutas que evadan la afectación de los recursos valiosos o frágiles y las que nos brinden acceso a las tierras silvestres.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente capítulo tiene por objetivo dar una serie de consideraciones sobre el medio ambiente que pueden ser tomadas en cuenta dentro del proyecto y procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S.

Se da una breve descripción del impacto ambiental tanto desde el punto de vista global, como sus repercusiones en la infraestructura carretera, además de incluir algunos lineamientos adicionales que se consideran de utilidad para establecer un marco de referencia.

III.1 IMPACTO AMBIENTAL

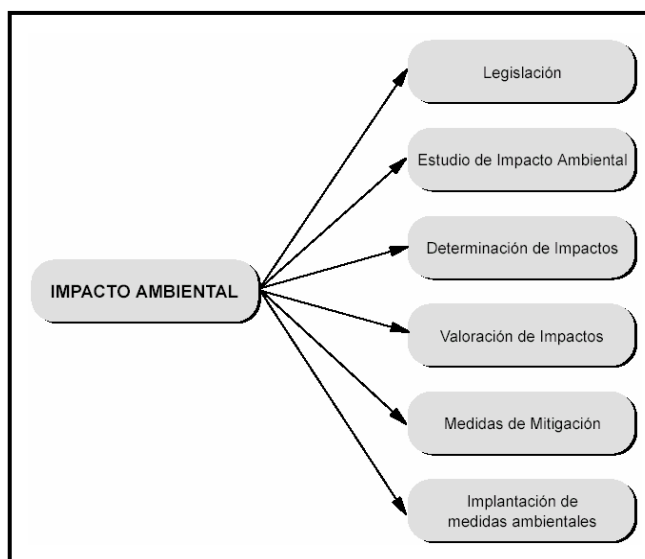
El impacto ambiental puede definirse con más detalle como la transformación, modificación o alteración de cualquiera de los componentes del medio ambiente: biótico (flora y fauna), abiótico (suelo, agua, tierra, etc.) y humano (social, económico y cultural), como resultado del desarrollo de un proyecto en sus diversas etapas.

Por otro lado, los impactos ambientales pueden ser benéficos o adversos, significativos o no significativos, mitigables o no mitigables, reversibles o irreversibles y se pueden presentar en el corto, mediano y/o largo plazos.

Con esta descripción general, se aprecia que prácticamente cualquier trabajo por realizar tiene implicaciones ambientales, especialmente obras de infraestructura, puesto que modifica permanentemente las condiciones de un área en particular.

De forma ilustrativa, en la siguiente figura, se muestran los seis principales componentes que se consideran para un estudio impacto ambiental, explícitamente, para una autopista tipo A4S, la cual considerada pertinente la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT).

FIGURA III.1
“COMPONENTES DEL IMPACTO AMBIENTAL”



III.1.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

En México la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Ref. N° 9), plantea una serie de definiciones importantes de conocer:

Ambiente. Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Áreas naturales protegidas. Zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservados o restaurados.

Aprovechamiento sustentable. Utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Desarrollo sustentable. Proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección al ambiente y aprovechamiento de los recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Ecosistema. Unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

Equilibrio ecológico. Relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Impacto ambiental. Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Manifestación de impacto ambiental. Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Ordenamiento ecológico. Instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

Protección. Conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

Recurso natural. Elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Se mencionan estas definiciones, debido a que en la sección siguiente se trata el tema de impacto ambiental y se hace referencia a estos conceptos, por lo que resulta apropiado establecer un marco previo.

En el caso de la construcción de las carreteras, los procesos de planeación, el proyecto, estudios, construcción, conservación y operación de tales vías, indudablemente producen una serie de impactos. En este trabajo se pretende realzar la importancia de un buen proyecto con una adecuada planeación, para que los impactos que se generen por esta traten de ser positivos en la mayoría de los casos.

El hecho de comunicar dos poblaciones entre sí, llámense capitales de estados, ciudades medias, pequeñas o poblaciones, indiscutiblemente acarrea todos los beneficios inherentes a tal comunicación. En el siguiente párrafo se trata de enlistar los principales impactos positivos que deben generarse por la construcción de una carretera.

Dentro de los impactos positivos que proporcionan los proyectos carreteros se mencionan a título enunciativo, más no limitativo, los siguientes:

- Comunicación
- Generación de empleo
- Desarrollo social
- Fortalecimiento de economía local
- Incremento del comercio
- Transitabilidad permanente
- Acceso a educación - menores costos de transporte
- Acceso a tecnologías - menores tiempos de recorrido
- Acceso a servicios médicos - acceso a otros mercados

Los impactos negativos que pueden producirse si no se cuidan los conceptos de adecuada planeación y buen proyecto son los siguientes:

- Tala de bosques
- Contaminación del aire
- Modificación de hidrología natural
- Cambio en la tenencia de la tierra
- Erosión y sedimentación
- Emigración de la población local
- Degradación de paisajes
- Cambios culturales
- Explotación excesiva de bancos de materiales
- Afectaciones a la flora y fauna endémica
- Contaminación del suelo
- Cambio de cultivos

Dada la tendencia mundial de proteger y mejorar el entorno existente, es obligación de los seres vivos humanos que poblamos la tierra, definitivamente, tener la decisión de crear conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente. A los ingenieros nos toca la responsabilidad de tomar en cuenta esto, minimizando o excluyendo los impactos ambientales negativos desde la planeación, proyecto, construcción, conservación y operación de las obras de infraestructura.

III.2 MARCO JURÍDICO

En los últimos años México ha experimentado un proceso de fortalecimiento del marco jurídico e institucional relacionado con la gestión ambiental. Paulatinamente las disposiciones jurídicas que tienen el propósito de regular las distintas conductas y actividades que inciden sobre el medio ambiente en su conjunto, se han actualizado, tratando de responder a los principales problemas ambientales en nuestro país.

Lo mismo ha sucedido en el ámbito institucional, la creación en 1994 de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SERMANAT), implicó la

integración en una misma dependencia de la mayoría de las atribuciones del Gobierno Federal para preservar el equilibrio ecológico y la protección al ambiente, atribuciones que hasta ese momento habían estado dispersas en diferentes Secretarías del Ejecutivo Federal.

La revisión y análisis de las acciones que se llevan a cabo para promover y vigilar la aplicación y el cumplimiento de la normativa ambiental en México, deben ubicarse dentro de dos procesos que actualmente se presentan en el país:

- El fortalecimiento de la gestión ambiental.
- La consecuente actualización de la legislación en la materia.

El fortalecimiento de la gestión ambiental a través de la modificación de la normativa en la materia a partir de los objetivos antes descritos, se puede observar claramente a nivel federal, con la creación en 1994 de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT); con las modificaciones a las Leyes General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en 1996, Forestal en 1997, con la expedición de la Ley General de Vida Silvestre en 2000, así como en la expedición de Reglamentos en materia forestal, impacto ambiental, áreas naturales protegidas, auditoría ambiental, entre otros. Recientemente, siguiendo ese mismo enfoque, fueron modificados los tres ordenamientos legales antes señalados, así como el Código Penal Federal en materia de delitos contra el ambiente.

En la Republica Mexicana, la protección ambiental desde el punto de vista legal obedece a las Leyes Federales, Reglamentos Federales y a las Normas Oficiales Mexicanas en materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

A continuación se enlista la Leyes y Reglamentos Federales, en relación al Impacto Ambiental en la Industria de la Construcción.

a) Leyes Federales

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
-

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- Código Penal Federal
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley de Aguas Nacionales
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Ley General de Bienes Nacionales

b) Reglamentos Federales

- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- Reglamento de la Ley Forestal
- Reglamento de Residuos Peligrosos
- Reglamento Áreas Naturales Protegidas
- Reglamento Auditoría Ambiental
- Reglamento Contaminación por Ruido
- Reglamento Impacto Ambiental
- Reglamento Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera
- Reglamento Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
- Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables,
- Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos ganados al Mar
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
- Reglamento para prevenir y controlar la contaminación del mar por vertimiento de
- desechos y otras materias

Debido a lo anterior para efecto de este capítulo, referente al Proyecto y Procedimiento Constructivo para una autopista tipo A4S, se va a referir principalmente a la LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LEEPA).

En relación al estudio de la autopista tipo A4S se destaca el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA) en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, Capítulo II (de las obras o actividades que requieren autorización en materia de impacto ambiental y de las excepciones). Donde el Artículo 5º, inciso B (Vías Generales de Comunicación), nos indica quien pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental, estas son: Construcción de carreteras, autopistas, puentes o túneles federales vehiculares o ferroviarios; puertos, vías férreas, aeropuertos, helipuertos, aeródromos e infraestructura mayor para telecomunicaciones que afecten áreas naturales protegidas o con vegetación forestal, selvas, vegetación de zonas áridas, ecosistemas costeros o de humedales y cuerpos de agua nacionales, con excepción de:

- a) La instalación de hilos, cables o fibra óptica para la transmisión de señales electrónicas sobre la franja que corresponde al derecho de vía, siempre que se aproveche la infraestructura existente.
- b) Las obras de mantenimiento y rehabilitación cuando se realicen en la franja del derecho de vía correspondiente.

Un segundo “bloque” de disposiciones jurídicas, está constituido por la regulación de los denominados instrumentos de política ambiental, considerados como las herramientas con que cuenta el estado para diseñar y ejecutar sus políticas públicas en la materia, y que pueden ser de dos tipos: de regulación directa (de comando y control) o inductivos (que tienden a promover el cumplimiento voluntario de la normativa ambiental). En el caso de la legislación mexicana, los instrumentos de política ambiental son los siguientes:

- Programas sectoriales de la administración pública, en materia ambiental, por ejemplo, el programa nacional de medio ambiente y recursos naturales, el programa nacional de agua, de bosques, de vida silvestre, etcétera.
-

- El ordenamiento ecológico del territorio.
- La evaluación del impacto ambiental.
- El régimen de normalización.
- Los instrumentos económicos (fiscales, financieros y de mercado).
- La autorregulación y las auditorías ambientales.
- La investigación y educación ecológicas.
- La regulación ambiental de los asentamientos humanos.

Los mecanismos que la ley señala para promover y verificar el cumplimiento de la normativa ambiental en México son los siguientes:

- Las auditorías ambientales y la autorregulación.
- Las inspecciones administrativas.

De acuerdo con el artículo 170 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) puede imponer una medida de seguridad “Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública...”. Como se observa se trata de una situación extrema y, presuntamente excepcional.

La segunda opción para corregir irregularidades que hubieren sido detectadas en una visita de inspección, es a través de la imposición de medidas correctivas o de urgente aplicación. En este caso, se presume de los hechos circunstanciados en las actas que se levantan en una diligencia de inspección; y si no se llega al supuesto previsto en el artículo 170, sin embargo, antes de concluir el proceso respectivo, se obliga al infractor a llevar a cabo ciertas acciones para corregir las irregularidades detectadas.

Así, con fundamento en el artículo 167 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), la autoridad ambiental que ordenó la visita de inspección, una vez analizada el acta respectiva, le debe comunicar al interesado que deberá adoptar medidas correctivas o de urgente aplicación para subsanar las irregularidades que, en el caso que nos ocupa, estuvieran vinculadas con la violación de las obligaciones que la ley impone para el manejo y disposición de materiales y residuos peligrosos.

Por ejemplo, en materia de impacto ambiental, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), en esa materia establece que las medidas correctivas o de urgente aplicación tendrán por objeto evitar que se sigan ocasionando afectaciones al ambiente, los ecosistemas o sus elementos; restablecer las condiciones de los recursos naturales que hubieren resultado afectados por las obras o actividades; así como generar un efecto positivo alternativo y equivalente a los efectos adversos en el ambiente, los ecosistemas y los elementos que se hubiesen identificado en los procesos de inspección.

Finalmente, los procedimientos administrativos podrán ser concluidos mediante la emisión de una resolución administrativa en donde se pueden ordenar diversas medidas para corregir las irregularidades detectadas, como por ejemplo acciones de remediación de suelos contaminados. En efecto, el artículo 169 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), establece que “En la resolución administrativa correspondiente, se señalarán o, en su caso, adicionarán las medidas que deberán llevarse a cabo para corregir las deficiencias o irregularidades observadas, el plazo otorgado al infractor par satisfacerlas y las sanciones a que se hubiere hecho acreedor...”

Dado que en los procedimientos administrativos que instaura la autoridad ambiental se detectan infracciones a la normativa ambiental, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA), establece, en su artículo 17, que podrán imponerse todas o alguna de las siguientes sanciones:

- Multa de hasta cincuenta mil veces el salario mínimo
- Clausura de establecimientos.
- Suspensión de actividades.
- Revocación de permisos o autorizaciones.
- Decomiso de bienes, instrumentos u objetos diversos relacionados con el ilícito.
- Arresto administrativo hasta por 36 horas.

La imposición de las sanciones respectivas por parte de las autoridades administrativas, debe estar sustentada en razonamientos lógico-jurídicos que consideren los siguientes aspectos:

- La gravedad de la infracción, tomando en cuenta el impacto en la salud humana, la generación de desequilibrios ecológicos, la afectación de los recursos naturales, los niveles en que se rebasaron parámetros de normas oficiales mexicanas.
- Las condiciones económicas del infractor.
- La reincidencia.
- El carácter intencional o negligente de la acción u omisión constitutiva de la infracción.
- El beneficio directamente obtenido por la infracción.

Cabe señalar que la legislación ambiental, establece diversas disposiciones que tratan de promover la restauración de los daños que se hubiesen ocasionado por parte del infractor, así como la realización de acciones en beneficio directo al ambiente y los recursos naturales.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), es la autoridad encargada a nivel federal, de llevar a cabo los actos de promoción y cumplimiento de casi la totalidad de la normativa ambiental. Actualmente es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

(SEMARNAT), es decir, es un órgano jerárquicamente subordinado a una Secretaría de Estado, que cuenta con cierta autonomía técnica y operativa.

III.2.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM) APLICABLES A LA CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOPISTA TIPO A4S

En la siguiente Tabla III.1 “Normas Oficiales Mexicanas”, se muestran dichas Normas, en relación a la Industria de la Construcción para el estudio de la autopista A4S:

TABLA III.1
“NORMAS OFICIALES MEXICANAS”

DESCRIPCIÓN	CLAVE DE LA NORMA	FECHA
Instalaciones Eléctricas (Utilización).	NOM-001-SEDE-1999	27/09/1999
Disposiciones especiales para las substancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos.	NOM-025-SCT2-1994	22/09/1995
Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.	NOM-002-ECOL-1996	03/06/1998
Información de emergencia para el transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos.	NOM-005-SCT-2000	27/09/2000
Información de emergencia para el transporte terrestre de substancias, materiales y residuos peligrosos.	NOM-005-SCT2-1994	24/07/1995
Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado.	NOM-031-ECOL-1993	18/10/1993
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	NOM-041-ECOL-1999	06/08/1999
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kilogramos.	NOM-042-ECOL-1999	06/09/1999

**TABLA III.1
“NORMAS OFICIALES MEXICANAS (continuación)”**

Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.	NOM-044-ECOL-1993	22/10/1993
Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel ó mezclas que incluyan diesel como combustible.	NOM-045-ECOL-1996	22/04/1997
Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles.	NOM-047-ECOL-1999	10/05/2000
Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.	NOM-048-SSA1-1993	09/01/1996
Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.	NOM-050-ECOL-1993	22/10/1993
Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.	NOM-056-ECOL-1993	22/10/1993
Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.	NOM-077-ECOL-1995	13/11/1995
Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	NOM-080-ECOL-1994	13/01/1995

III.3 ELABORACIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La Elaboración de la Manifestaciones de Impacto Ambiental para la creación de la autopista A4S, es solamente indicativa del contenido recomendado para la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA).

Es recomendable que se consideren estos criterios, pues en ellos se concentra el uso que da el evaluador a la información requerida. Con esto se busca fomentar el análisis del profesional que elabore el estudio, favorecer la interpretación de listados, relaciones y descripciones y asegurar que el proyectista o el constructor conozca con el mayor detalle posible cual es el valor que la autoridad asigna a cada componente del estudio.

III.3.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Para el proyecto de la autopista tipo A4S, se debe presentar una serie de datos generales del proyecto, es por ello que se consideran los siguientes aspectos:

- a) Proyecto de la autopista: Elaborar e insertar en éste apartado un croquis (tamaño doble carta), donde se señalen las características de ubicación del proyecto de la autopista, las localidades próximas, rasgos fisiográficos e hidrológicos sobresalientes y próximos, vías de comunicación y otras que permitan su fácil ubicación.
- b) Nombre del proyecto (para este caso sería para una autopista tipo A4S).
- c) Ubicación del proyecto para la autopista A4S: La cual deberá de contener las características geográficas, identificando localidades, municipio o delegación y entidad federativa a sus alrededores.
- d) Tiempo de vida útil del proyecto para una autopista A4S(acotarlo en años o meses).
 - Duración total. Incluye todas las etapas
 - En caso de que la realización del proyecto conlleve actividades altamente riesgosas, indicarlo en este apartado y especificar la modalidad del Estudio de Riesgo que será ingresado.
 - En caso de que el proyecto que se somete a evaluación se vaya a construir en varias etapas, justificar esta situación y señalar con precisión ¿qué etapa cubre el estudio que se presenta a evaluación?

- e) Presentación de la documentación legal (De ser el caso, constancia de propiedad del predio).

Para la Empresa Constructora, Persona Física o Moral

- Nombre o razón social
- Para el caso de personas morales deberá incluir copia simple del acta constitutiva de la empresa y, en su caso, copia simple del acta de modificaciones a estatutos más reciente.
- Registro Federal de Contribuyentes del promovente
- Nombre y cargo del representante legal (anexar copia certificada del poder respectivo en su caso).

III.3.1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA O DE SU REPRESENTANTE LEGAL

Para recibir u oír notificaciones: calle, número exterior, número interior o número de despacho, o bien, lugar o rasgo geográfico de referencia en caso de carecer de dirección postal. colonia o barrio, código postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos (incluir la clave actualizada de larga distancia).

Los datos deben ser correctos, actualizados y suficientes, toda vez que a ésta dirección se remitirán las comunicaciones oficiales, materia de cualquier evento jurídico que emita la autoridad relacionado con la evaluación y dictaminación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). En caso de cambio de dirección y/o teléfono durante la evaluación, el promovente deberá notificarlo a la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) por escrito y con oportunidad. El promovente deberá indicar su aceptación explícita para que los comunicados de la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) se le notifiquen vía correo electrónico.

Para el responsable de la elaboración del estudio de impacto ambiental en la autopista A4S:

- Nombre o Razón Social
- Registro Federal de Contribuyentes o Clave Única de Registro de Población (CURP).
- Nombre del responsable técnico del estudio
- Registro Federal de Contribuyentes o Clave Única de Registro de Población (CURP).
- Número de Cédula Profesional.
- Dirección del responsable técnico del estudio

Calle y número exterior, número interior o número de despacho, o bien, lugar o rasgo geográfico de referencia en caso de carecer de dirección postal, colonia o barrio, código postal, municipio o delegación, entidad federativa, teléfonos (incluir la clave actualizada de larga distancia), fax y correo electrónico.

III.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para la descripción de una autopista A4S, se considera los siguientes puntos:

a) Naturaleza del proyecto

En esta sección se deberá caracterizar técnica y ambientalmente el proyecto que se pretende realizar, destacando sus principales atributos, identificando los elementos ambientales que pueden ser integrados o aprovechados en su desarrollo y describiendo el grado de sustentabilidad que se pretende alcanzar cuando el proyecto logre el nivel de aprovechamiento óptimo de su capacidad instalada.

Señalar si el proyecto se refiere a una obra o actividad nueva, en caso de ser alguna ampliación indicar antecedentes y presentar la documentación que acredite la ampliación o modificación del proyecto.

b) Selección del sitio

Describir los criterios de la autopista en ambientales, técnicos y socioeconómicos, considerados para la selección del sitio.

c) Ubicación física del proyecto y planos de localización

- Incluir un plano topográfico actualizado, con sus colindancias del o de los sitios donde será desarrollado el proyecto.
- Presentar un plano de conjunto del proyecto con la distribución total de la infraestructura permanente y de las obras asociadas, las obras provisionales dentro del proyecto carretero, los principales núcleos de población existente y otros proyectos productivos del sector.

d) Inversión requerida

- Reportar el importe total del capital total requerido (inversión más gasto de operación), para el proyecto de la autopista tipo A4S.
- Precisar el período de recuperación del capital, justificándolo con la memoria de cálculo respectiva.
- Especificar los costos necesarios para aplicar las medidas de prevención y mitigación.

e) Descripción de Servicios Requeridos

Describir la disponibilidad de servicios básicos (vías de acceso, agua potable, energía eléctrica, drenaje, etc) y de servicios de apoyo (plantas de tratamiento de aguas residuales, líneas telefónicas, etc). De no disponerse en el sitio, indicar cual es la infraestructura necesaria para otorgar servicios y quien será el responsable de construirla y/u operarla (la empresa constructora o un tercero).

III.3.3 DELIMITACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

Para de delimitación del área, de la autopista A4S se deberá especificar la superficie total requerida, de la siguiente manera:

- Superficie total de derecho de vía en la autopista A4S (en m²).
- Superficie a afectar (en m²) en el proceso constructivo sobre el derecho de vía de la autopista A4S, con respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto, por tipo de comunidad vegetal existente en el predio (selva,

manglar, tular, bosque, etc.). Indicar, para cada caso su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total del proyecto.

- Superficie (en m²) para obras permanentes. Indicar su relación (en porcentaje), respecto a la superficie total.

En el caso del uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias, Se recomienda describir las actividades que se lleven a cabo en dicho sitio y en sus colindancias, por ejemplo se presentan las siguientes clasificaciones de uso de suelo y de los cuerpos de agua:

- Usos de suelo: agrícola, pecuario, forestal, asentamientos humanos, industrial, turismo, minería, área natural protegida, corredor natural, sin uso evidente, etc.
- Usos de los cuerpos de agua: abastecimiento público, recreación, pesca y acuicultura, conservación de la vida acuática, industrial, agrícola, pecuario, navegación, transporte de desechos, generación de energía eléctrica, control de inundaciones, etc.

III.3.4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

La caracterización y el análisis ambiental es a través de un procedimiento la cual la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT) 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 el caso de las vías generales de comunicación en el proyecto de la autopista A4S, se requerirá previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales (SEMARNAT), Artículo 28 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

Los proyectos de obras y actividades de competencia federal podrán ser evaluados en el Instituto Nacional de Ecología (INE), por medio de un estudio que puede ser presentado en las siguientes modalidades:

- Informe Preventivo, si se prevee que la obra o actividad no causarán importantes impactos ambientales o cuando cumpla con lo establecido por el Art. 31 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) en sus modalidades: General, Intermedia y Específica. Cuando la obra de la autopista A4S o actividad causarán impactos ambientales significativos y potenciales.

Los contenidos del informe preventivo, así como las características y las modalidades de las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo serán establecidos por el Reglamento de la General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

Ante el Instituto Nacional de Ecología (INE) se debe presentar un resumen ejecutivo con los siguientes datos:

- Deberá describirse en un máximo de 20 páginas.
- No deberá contener información confidencial.
- Deberá contener los siguientes rubros:
 - a) Declaración del avance que guarda el proyecto carretero al momento de elaborar el estudio de Impacto Ambiental.
 - b) Tipo de la obra o actividad que se pretende llevar a cabo en la obra carretera. Especificando si el proyecto o actividad se desarrollará por etapas; el volumen de producción; procesos involucrados e inversión requerida.
 - c) Tipo y cantidad de los materiales y sustancias que serán utilizados en las diferentes etapas del proyecto carretero (preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono).

- d) Tipo y cantidad de los residuos que se generarán en las diferentes etapas del proyecto y destino final de los mismos.
- e) Normas Oficiales Mexicanas que rigen el proceso.
- f) Técnicas empleadas para la descripción del medio físico, biótico y socioeconómico, señalando expresamente si el proyecto afecta o no especies únicas o ecosistemas frágiles.
- g) Ubicación física del proyecto en un plano, donde se especifique la localización del predio o la planta (tratándose de una industria).
- h) Características del sitio en que se desarrollará la obra o actividad, así como el área circundante a éste. Indicando explícitamente si se afectará o no algún área natural protegida, tipos de ecosistemas o zonas donde existan especies o subespecies de flora y fauna terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras, sujetas a protección especial o endémicas.
- i) Superficie requerida.
- j) Identificación y evaluación de impactos ambientales y evaluación cuantitativa, señalando el total de impactos adversos, benéficos y su significancia, así como los impactos inevitables, irreversibles y acumulativos del proyecto.
- k) Medidas de mitigación y compensación que pretendan adoptar, las cuales deberán relacionarse con los impactos identificados.
- l) Programa calendarizado de ejecución de obras.
- m) Conclusiones.

III.3.4.1 CLIMA

La caracterización del ambiente es considerada en el proceso de evaluación como parte sustancial de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) ya que refleja la situación preoperacional del proyecto y ofrece un marco de referencia para el diseño del proyecto de una autopista tipo A4S, con características que permitan acercarse a esa situación original. Para este efecto se enuncia los principales conceptos que se maneja en clima:

- Temperatura

- Presión
- Humedad
- Precipitación
- Intemperismos contaminantes
- Velocidad y dirección del viento

III.3.4.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En la fase de estudios previos para el proyecto de la autopista tipo A4S, se suelen adoptar indicadores tales como el número e importancia de los puntos de interés geológico afectados, el contraste de relieve y el grado de erosión e inestabilidad de los terrenos. En la etapa de operación, los indicadores deben tener un mayor detalle para poder identificar el grado de riesgo geológico en el sitio seleccionado así como las geomorfológicas más importantes del predio, tales como: cerros, depresiones, laderas, por lo que se da una serie de puntos que se deben de tratar en el análisis del estudio de impacto ambiental para la autopista A4S.

- Fisiografía
- Litología
- Estratigrafía
- Permeabilidad
- Erosión
- Resistencia de las capas
- Sismicidad
- Relieve
- Orientación
- Altura

III.3.4.3 SUELOS

Los indicadores de impacto sobre el suelo deben estar ligados más a su calidad que al volumen que será removido, por lo que un indicador posible sería la superficie de suelo de distintas calidades que se verá afectado, es por ello que se determinan otros indicadores como son:

- Clasificación
- Textura
- Porosidad
- Perfiles
- Contenido de materia orgánica
- Contenido de sales
- Grado de erosión
- Sodicidad

III.3.4.4 VEGETACIÓN TERRESTRE

La vegetación natural puede verse afectada por las obras o actividades consideradas en el proyecto debido a:

- a) Ocupación del suelo por la construcción de las obras principales y adicionales.
- b) Aumento de la presencia humana derivada de la mayor accesibilidad al sitio donde se establecerá el proyecto.
- c) Incremento del riesgo de incendios.
- d) Efectos que se puedan registrar sobre la vegetación por los compuestos y sustancias utilizadas durante la construcción y durante el mantenimiento de las obras (sales, herbicidas, biocidas, etc.) y los contaminantes atmosféricos.

Para la el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en el proyecto de la autopista tipo A4S, se recomienda analizar las formaciones vegetales presentes en el área y su composición florística y verificando los siguientes puntos en general para la vegetación:

- Tipo
 - Diversidad
 - Estratificación
 - Asociaciones típicas
-

- Especies dominantes
- Distribución espacial y temporal
- Áreas de cobertura
- Especies endémicas
- Especies en peligro de extinción
- Especies de valor cultural

III.3.4.5 FAUNA

El objetivo de analizar las comunidades faunísticas en un estudio de impacto ambiental para el proyecto de la autopista A4S radica, por un lado, en la conveniencia de preservarlas como un recurso natural importante y, por otro lado, por ser excelentes indicadores de las condiciones ambientales de un determinado ámbito geográfico; así, dependiendo del grupo taxonómico al que pertenezca un organismo presente en el área de estudio, la fauna puede mostrar, bien una respuesta integral a toda una serie de factores ambientales, bien a un determinado factor, siendo por tanto un excelente grupo para interpretar estas condiciones ambientales.

Por lo anterior, esta etapa de la evaluación se orienta a satisfacer tres objetivos, uno es el de seleccionar un grupo faunístico que describa la estabilidad (o desequilibrio) ambiental del sitio donde se establecerá el proyecto o la actividad, el segundo se orienta a identificar a especies con algún régimen de protección derivado de la normatividad nacional (NOM-059-ECOL-2001) o internacional (Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre) y el tercero es el considerar a aquellas especies que serán afectadas por el establecimiento del proyecto y que no se encuentran en algún régimen de protección.

Por último se deberá de analizar los siguientes aspectos en los que respecta la fauna para el proyectos de la autopista tipo A4S.

- Diversidad
 - Especies dominantes
-

- Abundancia relativa
- Zonas de producción
- Corredores migratorios
- Especies endémicas
- Especies en peligro de extinción
- Cambios estacionales
- Especies de interés científico y/o estático

III.3.4.6 PAISAJE

La inclusión del paisaje en un estudio de impacto ambiental para el proyecto de la autopista tipo A4S se sustenta en dos aspectos fundamentales: el concepto “paisaje” como elemento aglutinador de toda una serie de características del medio físico y la capacidad de asimilación que tiene el paisaje de los efectos derivados del establecimiento del proyecto.

La descripción del paisaje encierra la dificultad de encontrar un sistema efectivo para medirlo, puesto que en todos los métodos propuestos en la bibliografía hay, en cierto modo, un componente subjetivo. Es por ello que existen metodologías variadas, pero casi todas coinciden en tres aspectos importantes: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual, aunado a que se deberá de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Número de puntos de especial interés paisajístico afectados
- Intervisibilidad de la infraestructura y obras anexas
- Superficie afectada
- Volumen del movimiento de tierras previsto
- Superficie interceptada y valoración de las diferentes unidades paisajísticas interceptadas por las obras o la explotación de bancos de préstamo

III.3.4.7 MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

El objetivo de incluir el análisis del medio socioeconómico en el estudio de impacto ambiental para la autopista tipo A4S, radica en que este sistema ambiental se ve

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

profundamente modificado por la nueva infraestructura. En muchos casos este cambio es favorable, pero existen otros cuyo carácter es negativo. Todos ellos hay que tenerlos en cuenta a la hora de evaluar el impacto que produce un proyecto.

Además, no debe pasarse por alto los siguientes puntos que están íntimamente vinculados:

- Empleo (rama, mínimo per cápita).
- Servicios (vías de comunicación, medios de transporte, servicios públicos, educación, salud, vivienda, recreo),
- Economía de la Región (autoconsumo, mercado).
- Tenencia de la Tierra (formas de tenencia, formas de organización).
- Actividades Productivas (agropecuaria, forestal, pesca, industrial, comercial)

III.3.4.8 DEMOGRAFÍA

Para el proyecto de la autopista tipo A4S en el concepto de la demografía, se recomienda este análisis para determinar la cantidad de población que será afectada, sus características estructurales, culturales y la dinámica poblacional, para finalmente diseñar la proyección demográfica previsible, sobre la que se han de incorporar las variaciones que genere el proyecto o la actividad. Algunos de los factores a considerar, sin que sean limitativos, pueden ser:

- Dinámica de la población de las comunidades directa o indirectamente afectadas con el proyecto. Su estudio debe realizarse a través de un análisis comparativo de los datos estadísticos disponibles, pudiendo tomarse un período de referencia de al menos 30 años. Es recomendable utilizar los datos de la población total, ya que reflejan el dato de las personas que comunmente residen en las localidades.
- Crecimiento y distribución de la población.
- Estructura por sexo y edad
- Natalidad y mortalidad

- Migración. Están referidos al ámbito territorial y consideran el traslado de las personas, temporal o permanentemente.
- Población económicamente activa. Este es uno de los rubros que mejor permiten caracterizar a las personas que conforman una población. Normalmente se considera a una población activa al conjunto de personas que suministran mano de obra para la producción de bienes y servicios. La expresión de la población activa puede sintetizarse, por ejemplo, con los siguientes indicadores:
 - a) Población económicamente activa (por edad, sexo, estado civil).
 - b) Distribución porcentual de la población desocupada abierta por posición en el hogar.
 - c) Población económicamente inactiva.
 - d) Distribución de la población activa por sectores de actividad.

En este último rubro es conveniente llevar el análisis hasta identificar la tasa de ocupación que deriva de otros proyectos del mismo sector o con el mismo objetivo que caracteriza al proyecto que se evalúa.

III.3.4.9 FACTORES SOCIO CULTURALES

En ciertas ocasiones, una gama de impactos negativos indirectos ha sido atribuida a la construcción o mejoramiento de autopistas tipo A4S. Muchos de estos son principalmente socioculturales e incluyen la degradación visual debido a la colocación de anuncios a los lados del camino, los impactos de urbanización no planificada inducida por el proyecto, la alteración de la tenencia local de tierras debido a la especulación, la construcción de nuevos caminos secundarios, el mayor acceso humano a las tierras silvestres y otras áreas naturales, y la migración de la mano de obra y desplazamiento de las economías de subsistencia. Por lo que se dan una serie de puntos que interviene en los factores socio culturales:

- Valor cultural y extensión de las zonas que pueden sufrir modificaciones en las formas de vida tradicionales
-

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- Número y valor de los elementos del patrimonio histórico-artístico y cultural afectados por las obras del proyecto
- Intensidad de uso (veces/semana o veces/mes) que es utilizado en el predio donde se establecerá el proyecto por las comunidades vecindadas como área de esparcimiento, reunión o de otro tipo

III.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

La identificación de los impactos ambientales es fundamental para incorporar el proyecto de la autopista tipo A4S. Para lograr una adecuada identificación de los mismos existe una amplia gama de técnicas, que van desde las más simples, en las que se evalúa cualitativamente el grado de afectación generado, determinando los principales impactos (frecuentes y/o importantes), hasta las de mayor complejidad, donde se diagnostica o evalúan los impactos cuantitativamente en función de factores como antecedentes de otros estudios, investigaciones específicas y principalmente la experiencia de los evaluadores del impacto.

**TABLA III.2
“FUNCIÓN ANALÍTICA DEL IMPACTO AMBIENTAL”**

ETAPA	FUNCION ANALITICA	DESCRIPCION
Identificación	Descripción del sistema ambiental existente. Determinación de los componentes del proyecto. Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes).	Consiste en identificar separadamente las actividades del proyecto que podrían provocar impactos sobre el ambiente en las etapas de selección y preparación del sitio; construcción, operación y mantenimiento; y abandono al término de la vida útil. Asimismo se identifican los factores ambientales y sus atributos que se verían afectados.
Predicción	Estimación de las alteraciones ambientales significativas. Evaluación del cambio de la probabilidad de que ocurra el impacto.	Consiste en predecir la naturaleza y extensión de los impactos ambientales de las actividades identificadas. En esta fase se requiere cuantificar con indicadores efectivos el significado de los impactos.
Evaluación	Determinación de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto. Especificación y comparación de relaciones costo/beneficio entre varias alternativas.	Consiste en evaluar los impactos ambientales cuantitativa y cualitativamente. De hecho, la política de estudiar los efectos en el ambiente carecería de utilidad si no se contara con una determinación cualitativa y cuantitativa de los impactos

En la Tabla III.3 “Técnicas para la Evaluación de Impacto Ambiental”, se describen las técnicas de identificación de impactos más frecuentemente utilizadas en proyectos carreteros, así como algunas otras que pueden apoyar de manera importante en el establecimiento de nuevos factores a considerar en dichas evaluaciones.

**TABLA III.3
“TÉCNICAS PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL”**

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Procedimientos pragmáticos	Comité interdisciplinario de especialistas
Listados	Lista estandarizada de impactos asociados con el tipo de proyecto.
Matrices	Listas generalizadas de las posibles actividades de un proyecto y de los factores ambientales afectados por más de una acción.
Redes	Trazado de ligas causales.
Modelos	Conceptuales.- Describe las relaciones entre las partes del sistema. Matemático.- Modelo conceptual cuantitativo. Simulación en computadora.- Representación dinámica del sistema.
Sobreposiciones	Evaluación visual de la capacidad ecológica anterior y posterior al proyecto.
Procedimiento adaptativo	Combinación de varias técnicas.

III.4.1 INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DEL INVENTARIO AMBIENTAL

De las técnicas revisadas anteriormente se determinó que las más apropiadas para la evaluación del impacto ambiental en el proyecto de la autopista tipo A4S es el **Método de Matrices**.

Debido a lo anterior se explicará el desarrollo del Método de Matrices, por medio de un ejemplo carretero, el cual se puede acoplar al proyecto de la autopista tipo A4S.

Para realizar la evaluación de impactos mediante el método de matrices se utiliza la Caracterización y Análisis del Sistema Ambiental, referido en el punto III.3.4 de

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

este capítulo, ya que permite identificar y delimitar los aspectos a analizar en el proyecto y el entorno, facilitando la evaluación de los impactos.

Cabe señalar de manera particular, que el método de matrices se aplica comúnmente para identificar los impactos que producirían el camino y sus obras complementarias en el ambiente y para evaluar su intensidad a fin de seleccionar la opción más adecuada para mitigar dicho impacto de ser posible la mitigación.

**TABLA III.4
“MATRIZ DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL”**

			MATRIZ DE INTERACCIÓN DE IMPACTOS																
			CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUPERFICIES DE RODAMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES																
			CONSTRUCCIÓN							OPERACIÓN		MANTENIMIENTO							
			BANCOS DE MATERIAL	ELABORACIÓN DE CEMENTO ASFALTICO	BARRIDO	RIEGO DE LIGA	EXTENDIDO DE MATERIAL PÉTREO	RIEGO DE MATERIAL ASFALTICO	MEZCLADO	TENDIDO DEL CEMENTO ASFALTICO	COMPACTACIÓN	CORTE	RIEGO DE SELLO	APERTURA AL PÚBLICO	SEÑALIZACIÓN	BACHEO Y RENOVELACIÓN	LIMPIEZA	SEÑALIZACIÓN	
FACTORES AMBIENTALES	FÍSICOS	CLIMA	MICRO CLIMA	S															
		AIRE	CALIDAD	S	S	PS	PS	PS	PS						PS				
		SUELO	FERTILIDAD	S															
			CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	S															
		AGUA SUPERFICIAL	ERODABILIDAD	S															
			PATRÓN DE DRENAJE	S					PS	PS									
		AGUA SUBTERRANEA	CALIDAD DEL AGUA	S												NS			
			RECARGA DE ACUIFEROS	S					PS	PS									
		DINAMICA GEMORFOLOGICA	CALIDAD DEL AGUA	S															
			PROCESOS GEOMÓRFICOS	S															
		BIOLÓGICOS	VEGETACIÓN	RELIEVE	S														
				DENSIDAD	S														
	ABUNDANCIA			S															
	DISTRIBUCIÓN			S															
	FAUNA		HABITAT	S															
			DIVERSIDAD	PS					PS	PS									
			ABUNDANCIA	PS					PS	PS			PS						
			INTERRELACION DE LAS POBLACIONES	PS					S	S			S						
			HABITAT	PS															
			EMPLEO	PS	PS	NS	NS	NS	NS	NS			PS		PS	NS			
			CALIDAD DE VIDA	PS					S	S			S		S	NS	S		
			ASPECTO VISUAL	S					S	S			S		S	NS			
	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS	S					S	S			S		S	NS					
	ACTIVIDADES ECONOMICAS	PS					S	S			S		PS						
	EFFECTOS A LA SALUD	PS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS				

III.4.2 SÍNTESIS DEL INVENTARIO

Para determinar la importancia relativa de cada uno de los impactos ambientales, puede usarse un procedimiento de comparación, valorizando estos factores en

una graduación de 1 a 10, en términos de magnitud (escala del efecto ambiental) e importancia (estimada a juicio del evaluador), aunque este procedimiento presenta problemas para la unificación de criterios y las estimaciones tienen cierto carácter subjetivo, permite identificar los factores de deterioro más significativos, que corresponden a los valores más altos en la escala. En realidad, esta es la aplicación más importante que puede hacerse del análisis de los impactos ambientales por medio de matrices.

Para el presente estudio se establecieron en la Tabla III.5 “Criterios para la Evaluación de Impacto Ambiental”, los criterios de magnitud, importancia y duración para realizar una evaluación jerarquizando los impactos generados durante la construcción y conservación de la superficie de rodamiento.

**TABLA III.5
“CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL”**

TIPO	DESCRIPCIÓN
No significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones no alteran las funciones normales de ningún sistema ambiental de manera que tenga consecuencias visibles o permanentes.
Poco Significativo	Los impactos al ambiente y poblaciones pueden ser temporales (durante el tiempo que duren las actividades involucradas en el proyecto). Local, si sólo abarca el área del proyecto y es reversible; es decir, que se pueden recuperar las condiciones iniciales en el área en un periodo de tiempo menor a un año.
Significativo	Los impactos al ambiente y las poblaciones son permanentes o mayores de un año, el efecto es local o regional; es decir, pudiera abarcar el área del proyecto, la región fisiográfica o cuenca. Además, es irreversible (no es posible recuperar las condiciones iniciales prevalecientes).
Adverso	El impacto va en detrimento de la calidad ambiental o en perjuicio de la población.
Benéfico	El impacto favorece la calidad del ambiente o la calidad de vida de la población

III.4.3 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

El objetivo de la vigilancia y control es verificar si el propietario, apoderado o representante legal del proyecto de la autopista A4S, cumple con las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA) y sus reglamentos en materia de impacto ambiental, contaminación atmosférica y

residuos peligrosos, así como los reglamentos para la prevención y control de la contaminación de aguas y el reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido y normas oficiales mexicanas aplicables.

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) es el organismo encargado de vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales aplicables relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental, los recursos naturales, los bosques, la flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas, pesca, y zona federal marítimo terrestre, playas marítimas, áreas naturales protegidas, así como establecer mecanismos, instancias y procedimientos administrativos que procuren el logro de tales fines. En obras realizadas de autopista tipo A4S por contrato, la constructora será la encargada de vigilar que se cumplan las medidas de mitigación propuestas, para el caso de obras que se realicen por administración, el centro SCT deberá contar con un área dedicada a supervisar las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA).

A continuación se presentan las cuatro etapas, iniciando con la etapa de Pre- Construcción en la que se incluyen las actividades de proyecto y las afectaciones; la segunda etapa es la de Preparación del Sitio, que si bien forma parte de la construcción de una carretera, en las Manifestaciones de Impacto Ambiental se considera independiente; la tercera es la etapa de Construcción y la cuarta y última es la de Operación y Mantenimiento.

III.4.3.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN, ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN

La etapa de pre-construcción en el proyecto y procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S, está definida como todos los trabajos que se desarrollan hasta la entrega del proyecto ejecutivo que ha de implantarse, incluyendo la liberación del derecho de vía.

Se da por hecho que el proceso de planeación ha sido completado hasta la etapa de prefactibilidad del proyecto para la autopista tipo A4S; es decir, se detectó la necesidad, se establecieron las posibles alternativas de solución (en este caso proyectos) y se hizo una selección de la mejor alternativa. Además se considera que dentro de esta secuencia de tareas no existen impactos adversos al medio ambiente, aunque existen corrientes de que es precisamente en la planeación donde se gestan los mayores impactos medioambientales, puesto que es cuando se decide si conviene o no realizar una obra.

La etapa de pre-construcción contiene exclusivamente dos actividades: Proyecto y afectaciones, para las cuales se definen los posibles impactos y se presentan una serie de medidas de mitigación factibles de llevarse a cabo, a fin de minimizar aquellos que resulten adversos.

Respecto a los proyectos específicos que conforman el proyecto ejecutivo, como son los de drenaje, pavimento, señalamiento, etc., se considera que no tienen repercusiones en el medio ambiente, puesto que son trabajos de gabinete y que el posible impacto adverso se generará en la etapa de construcción para la autopista tipo A4S.

De manera general debe suponerse que tanto las afectaciones como las acciones preventivas fueron analizadas en la etapa de planeación y diseño del proyecto de la autopista tipo A4S y se entiende que en la ruta elegida se consideró la mejor alternativa de trazo tomando en cuenta criterios medioambientales, sociales, técnicos y económicos; sin embargo, dentro de las manifestaciones de impacto ambiental estudiadas, no se encontraron especificados estos impactos y por ende, no hubo medidas de mitigación y es por ello que se incluyen en este apartado.

En el cuadro siguiente se presentan las actividades dentro de esta etapa que pueden tener impactos, indicando el tipo y las medidas de mitigación correspondientes, así como las observaciones pertinentes.

**TABLA III.6
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE PRE-CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S”**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Proyecto	Deslaves, hundimientos, deslizamientos y demás movimientos masivos en los cortes	Trazar la ruta de tal manera que se eviten las áreas inherentemente inestables. Incluir la estabilidad de cortes con estructuras como paredes de concreto, albañilería seca, gaviones, etc.	Adverso
Afectaciones	Afectación a la actividad agropecuaria	No mitigable	Adverso
	Afectación a propietarios de terrenos	Compensación económica. Reubicación de propietarios.	Adverso, puede llegar a ser benéfico
	Inducción de migraciones y cambios en la densidad de población	No mitigable	Adverso
	Afectación sobre el uso de suelo habitacional	Compensación económica. Reubicación de propietarios. Modificación del trazo.	Adverso, puede llegar a ser benéfico

III.4.3.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN, ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO

La etapa de preparación del sitio, se refiere a las actividades que se llevan a cabo como inicio de la construcción de la autopista tipo A4S. Si bien podría considerarse como parte de la construcción en sí, en la mayoría de los estudios de impacto ambiental es tomada como un rubro separado a la construcción, por lo que se tomó la decisión de hacerlo de la misma manera para facilitar las comparaciones entre los diversos estudios de impacto ambiental efectuados para carreteras con el presente documento.

Son exclusivamente dos las tareas que se incluyen dentro de esta etapa, el desmonte y despalle para preparar el terreno donde se ha de construir el camino, y los caminos de accesos que se “construyen” cuya función es la de permitir el tránsito de la maquinaria y equipo, los cuales no cumplen especificaciones

técnicas y tienen la particularidad de ser temporales, es decir, que solamente se utilizan durante la construcción de la autopista A4S y una vez terminada se inhabilitan o abandonan en buena parte de los casos.

Evidentemente, el desmonte y el despalme son los que mayor impacto tienen en el medio ambiente, por lo que se proponen medidas de mitigación para los efectos adversos en el agua (corrientes superficiales y subterráneas), topografía, aire, ruido, suelo, microclima, fauna y paisaje.

Vale la pena señalar el hecho de que se presentan impactos no mitigables, como es la modificación de la topografía, puesto que la única reducción del impacto implica la modificación del proyecto para la autopista tipo A4S y a su vez podría repercutir en el no cumplimiento de las especificaciones técnicas con las que fue diseñado. En este sentido, se optó por describir el impacto y especificar “no mitigable”, sobre todo por la premisa de que el proyecto fue bien elaborado y que da respuesta a una necesidad clara de movilidad dentro de la zona de estudio.

Para el caso de los caminos de acceso, solamente se incluye el impacto temporal sobre el suelo (capa vegetal), por las razones expuestas con anterioridad.

De las 2 actividades que se incluyen en esta etapa, se determinaron 16 impactos al medio ambiente, de los cuales 2 son benéficos y 4 son “no mitigables”, presentando 18 posibles medidas de mitigación para los 10 impactos adversos.

En el cuadro siguiente se presentan las actividades, indicando el tipo y las medidas de mitigación correspondientes, así como las observaciones pertinentes.

**TABLA III.7
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S”**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmonte y despalme	Afectación de las corrientes de agua por mala disposición del material removido	Disposición del material lejano a las corrientes de agua	Adverso

TABLA III.7
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DE UNA AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despalme	Contaminación de la corriente de agua superficial	Disposición del material lejano a las corrientes de agua. Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos. Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos.	Adverso
	Obstrucción de ríos y arroyos	Disposición del material lejano a las corrientes de Agua.	Adverso
	Contaminación del suelo	Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos.	Adverso
	Erosión	Inducir vegetación en las áreas aledañas a los desmontes y despalmes para detener la erosión. Reutilización de la capa orgánica sobre el derecho de vía, una vez terminada la construcción de la carretera. Programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica.	Adverso
	Modificación de la topografía	No mitigable	Adverso
	Contaminación del aire por humos	Evitar la quema de la vegetación Acatamiento a la norma oficial mexicana NOMCCAT- 007-ECOL 19931 para unidades que utilizan diesel como combustible.	Adverso
	Cambios en el microclima	Los efectos pueden minimizarse estableciendo vegetación, al concluir las obras, en camellones y a ambos lados de los cuerpos.	Adverso
	Ruido	No mitigable	Adverso
	Remoción de la capa de suelo fértil	Realizar un programa de rescate de flora, previo al desmante, especialmente la que sea de utilidad en la región. Reutilización del material para posteriores actividades como arroje de taludes, reforestación, etc.	Deberá prestarse especial cuidado en el manejo del material seco, ya que su acumulación puede contribuir a los incendios forestales

TABLA III.7
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO DE UNA AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Desmante y despalme	Afectación del hábitat de fauna silvestre	No mitigable	Adverso
	Perturbación y desplazamiento de la fauna silvestre	Evitar los trabajos en época de reproducción, sobre todo en casos de especies en peligro de extinción o de alto valor para la región. Evitar la caza furtiva. Realizar el desmante de manera paulatina, permitiendo el desplazamiento de la fauna.	Adverso
	Modificación del paisaje	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
	Incremento en el consumo de bienes y servicios locales	Es benéfico para la sociedad	Benéfico, aunque puede ser adverso si hay escasez
Caminos de acceso	Remoción de la capa vegetal	Recolección y conservación de la capa vegetal, que será utilizado en la revegetación de estos caminos, previa escarificación	Adverso

III.4.3.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN, ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

La calidad de la construcción en la autopista tipo A4S y sus impactos ambientales dependen en alto grado del tipo de terreno, la experiencia de los trabajadores o del contratista y la calidad de la supervisión durante la construcción. Por lo cual el control de calidad durante la construcción puede reducir las necesidades de mantenimiento, menor pérdida de suelos, fallas menores en los drenajes o alcantarillas del camino, como consecuencia disminuirán los impactos ambientales.

- En esta etapa se consideraron las siguientes actividades:
- Campamentos y oficinas de campo
- Excavación y nivelación
- Obras de drenaje y subdrenaje
- Cortes y terraplenes

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- Explotación de bancos de material
- Acarreos de material
- Operación de maquinaria y equipo
- Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio
- Pavimentación
- Puentes y pasos vehiculares
- Obras complementarias de drenaje y subdrenaje
- Manejo y disposición de residuos de obra
- Señalamiento
- Servicios adicionales al usuario

Los problemas de drenaje frecuentemente ocasionan los impactos más grandes en los caminos debido a la erosión, sedimentación y degradación de calidad del agua. Otros puntos que afectan de manera importante el ambiente en esta etapa son la inestabilidad de taludes y el control de la erosión. En el análisis resultaron 75 impactos ambientales y 105 posibles medidas de mitigación.

**TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S ”**

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Campamentos y oficinas de campo	Contaminación de las corrientes superficiales de agua	<p>Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos En caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal</p> <p>Vigilar que no existan vertimientos de aguas residuales, desechos de obra, ni fecalismo en ríos, arroyos o canales de riego.</p> <p>El agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal</p>	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Campamentos y oficinas de campo	Extracción de agua	Proporcionar agua potable a los trabajadores, evitando la toma indiscriminada de diferentes fuentes de abastecimiento superficial o subterráneo	Adverso
	Contaminación del suelo	Se colocarán botes para el almacenamiento de los residuos sólidos, vigilando su transportación periódica al basurero municipal Al término de la obra se deberá limpiar el terreno y adicionar una capa de tierra vegetal producto del desmonte y despalme	Adverso
	Contaminación del aire	Evitar las fogatas	Adverso Esta práctica implica un riesgo
	Contaminación del aire provocado por los motores de las plantas que generan luz	Que los motores a Diesel o gasolina cumplan con las normas.	Adverso
Excavación y nivelación	Drenaje superficial	Colocación de malla sobre los cuerpos de agua para evitar sólidos suspendidos. Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos.	Adverso
	Incremento en la erosión de los suelos	Programar las obras en época de estiaje para evitar la erosión hídrica.	Adverso
	Afectación de suelo e hidrología	Definir los lugares donde será depositado el material no empleado, cuidando la no-afectación de corrientes de agua superficiales y zonas de alta productividad agrícola Reutilización del material no empleado para posteriores actividades	Adverso
	Contaminación del aire	Humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas.	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Excavación y nivelación	Riesgo de accidentes	Colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso. Contar con un botiquín de emergencias y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura. Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo.	Adverso
Obras de drenaje y subdrenaje	Incorporación de estructuras y elementos ajenos al terreno natural	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
	Socavación	Emplear materiales no susceptibles a la erosión en la parte baja de los puentes. Colocar cimentaciones de roca. Usar disipadores de energía (zampeado o muros) a la salida de la tubería	Adverso
	Afectación a la fauna	Atender las recomendaciones de especialistas sobre hábitat de peces y su importancia	Adverso
	Contaminación de aguas superficiales	Evitar que los residuos en la construcción de estas obras caigan en cuerpos de aguas superficiales, colocando rejillas en la entrada de alcantarillas para retener la basura No disponer las aguas residuales en cuerpos de agua o directamente al suelo a menos que cumpla con los límites máximos permisibles en la norma NOM 001-ECOL-19963. Evitar la erosión colocando estructuras de contención tales como contrafuertes, muros de retención, gaviones y contrapesos de rocas, así como colocar a la salida de la alcantarilla zampeados o lavaderos	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y Terraplenes	Modificación de la calidad del agua	<p>Colocar mallas para la protección de cuerpos de agua.</p> <p>No depositar a cielo abierto todo el material de desecho evitando el azolve de las corrientes superficiales.</p> <p>Monitorear la calidad del agua (sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, metales pesados, grasas y aceites).</p> <p>Establecer presas de decantación para que los sedimentos en suspensión sean retenidos en ellas.</p> <p>Evitar que la descarga sea directamente a las corrientes naturales, utilizar balsas de decantación, zanjas de infiltración o humedales artificiales.</p>	Adverso Incremento de la turbidez y disminución de la calidad de oxígeno disuelto
	Reducción de agua superficial o subterránea	Deberán localizarse previamente las fuentes de suministro de agua para la formación de terraplenes, además de obtener los permisos correspondientes de la Comisión Nacional del Agua	Adverso
	Modificación de las tasas de infiltración de mantos de agua subterránea	No mitigable	Adverso Pudiera resultar en un impacto positivo
	Modificación de las corrientes y caudales por la modificación del drenaje natural	Suavizar pendientes de cortes y terraplenes	Adverso
	Modificación de la calidad del suelo, por contaminación con residuos sólidos, material de construcción y residuos peligrosos	<p>Evitar la disposición sobre el suelo de los residuos sólidos orgánicos producto de la ingesta y desechos de los trabajadores, colocando tambos para depósito de la basura.</p> <p>Recolectar los materiales de construcción.</p> <p>Recolectar los materiales con aceite en recipientes de acuerdo al reglamento de residuos peligrosos.</p>	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y Terraplenes	Inestabilidad de taludes	Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removió durante el despalme. En cortes con problemas de estabilidad, donde no haya suelo capaz de sostener vegetación, proteger con malla y concreto lanzado para contener el material fragmentado. En cortes con alturas superiores a 10 metros utilizar bermas para aumentar la estabilidad del talud. Para taludes rocosos inestables se podrá colocar malla metálica galvanizada, anclada y colocar hidrosiembra; aumentar el ancho de los acotamientos para recepción de los desprendimientos o bien colocar muros de contención. Colocar redes metálicas, drenes y cunetas en la cabeza del talud. Usar filtros (agregados porosos o geotextiles) para controlar los deslizamientos	Adverso
	Erosión eólica e hídrica por degradación y desaparición de la cubierta vegetal	Promover un programa de rescate de vegetación que incluya el retiro de especies, su preservación durante el traslado, la resiembra y la supervisión y mantenimiento de las acciones. Suavizar las pendientes de los cortes y terraplenes, y cubrir posteriormente con suelo fértil procurando aprovechar el que se removió durante el despalme. Cortar el flujo de escorrentía antes de que el agua adquiera suficiente velocidad para iniciar el proceso erosivo, se deberán construir terrazas o bermas. Impermeabilizar la parte alta de los taludes. Revestir de roca el talud, colocando una capa filtrante (geotextil o mezcla de grava y arena) debajo del enrocado.	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Cortes y Terraplenes	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Adverso
Explotación de bancos de material	Eliminación de la cubierta vegetal	En la etapa de abandono se deberá restituir el suelo	Adverso
	Disminución del recurso suelo	No mitigable	Adverso
	Modificación de los drenajes naturales	No mitigable	Adverso
	Disminución de la productividad agrícola en la zona de influencia por la deposición de polvo	Utilizar vehículos cubiertos y manejar los materiales húmedos. Establecer procedimientos adecuados en el manejo de los materiales para evitar emisiones fugitivas de polvo	Adverso
	Modificación de los patrones naturales de recarga de aguas y drenajes subterráneos	Durante la selección del banco tomar en cuenta la información geohidrológica del lugar. Seleccionar bancos de materiales en lugares donde el nivel freático sea muy profundo.	Adverso
	Generación de ruido durante la utilización de maquinaria y explosivos	No mitigable	Adverso
	Desplazamiento de la fauna por pérdida de fuente alimenticia	Restituir la vegetación como medida compensatoria en la etapa de abandono para crear nuevamente un hábitat	Adverso
	Afectación al paisaje	El impacto visual negativo podrá ser mejorado con ayuda de las labores de restitución de suelo y vegetación. Aprovechar el material excedente de la excavación para vertirlo en los huecos generados por la extracción de materiales en el banco.	Adverso
Acarreos de material	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
	Contaminación por ruido	Los vehículos deberán cumplir con las normas NOM-ECOL-080-19944 y NOM-ECOL-081-19945.	Adverso
	Generación de polvos	Transportar el material cubierto y manejar materiales húmedos.	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Acarreos de material	Contaminación Atmosférica	Se deberá cumplir con las normas NOM-CCAT-006- ECOL-19936 NOM-CCAT 008-ECOL-19937 y NOM- 014-ECOL-19938	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
Operación de maquinaria y equipo	Contaminación por ruido	Los vehículos deberán cumplir con la NOM-ECOL-080-19944 y NOM-ECOL-081-19945. En caso de cruzar poblaciones, evitar el trabajo de maquinaria nocturno	Adverso
	Generación de polvos	Humedecer los materiales utilizados en la construcción de terraplenes, terracerías, bases y sub-bases	Adverso
	Contaminación del agua superficial	Las isletas, bancadas o construcciones que se hagan bajo el NAME para soporte o movilización de la maquinaria, deberán ser removidos al terminarse la cimentación, además de utilizar roca de tamaño tal que no pueda ser arrastrada por el agua en sus niveles y velocidades propios de avenidas ordinarias. En el caso de que sea inevitable el paso de maquinaria sobre corrientes superficiales, se deberá indicar un solo sitio de cruce evitando que los camiones pasen constantemente por varias áreas.	Adverso
	Contaminación atmosférica	Se deberá cumplir con la norma NOM-CCAT-008-ECOL-19937. Proporcionar mantenimiento al equipo (afinaciones).	Adverso
	Contaminación del suelo y subsuelo por derrame de combustible	Vigilar periódicamente que el sistema de combustible no tenga fugas. En caso de requerirse almacenamiento temporal de combustible (recarga a maquinaria durante la jornada de trabajo), este deberá estar en tambos de 200 litros, alejado de corrientes superficiales y con el señalamiento adecuado a fin de evitar manejos imprudenciales	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Calidad del agua	<p>No colocar las instalaciones temporales dentro del área de drenaje natural.</p> <p>Colocar los materiales de desecho lejos de las corrientes superficiales y cubrirlos</p> <p>Instalación de sanitarios portátiles, incluyendo el tratamiento de aguas residuales y eliminación de químicos. En caso de existir una población cercana se deberá conectar al drenaje municipal.</p> <p>El agua de lavado de los trabajadores se debe captar en tambos o bien en el sistema de drenaje municipal</p>	Adverso
	Generación de polvos	<p>Las bandas transportadoras y las tolvas deberán cubrirse con lonas.</p> <p>Para el transporte de materiales se deberán cubrir los camiones con lonas y de ser posible transportar los materiales húmedos.</p> <p>Colocación de telas plásticas antipolvos alrededor de la planta en las cercas que delimitan el área.</p>	Adverso Antes de ubicar la planta de asfalto, estudiar el régimen de vientos
	Contaminación del suelo	<p>En talleres y patios de servicio colocar una plantilla de concreto para evitar que los derrames accidentales de combustibles y aceites se infiltren.</p> <p>Colocar los combustibles y lubricantes sobre tarimas.</p> <p>Establecer depósitos para el acopio de los residuos sólidos.</p> <p>Se desmantelarán las instalaciones temporales, evitando así que estos sitios se conviertan en asentamientos irregulares permanentes.</p> <p>Los residuos peligrosos deberán manejarse y almacenarse de acuerdo a lo estipulado en el reglamento correspondiente.</p> <p>Evitar el uso de herbicidas o agroquímicos en las operaciones de desmonte y limpieza del sitio</p>	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Plantas de asfalto, concreto, trituradoras, talleres y patios de servicio	Contaminación por ruido	No mitigable	Adverso
	Pérdida de la capa vegetal	Recoger la capa fértil del suelo y acameillonarla en un sitio cercano para utilizarla en la recuperación una vez concluida la obra	Adverso
	Deterioro del paisaje	Realizar un programa de restauración al término del desmantelamiento de las instalaciones.	Adverso
	Riesgos de accidentes	En caso de requerir explosivos, su almacenamiento deberá ubicarse lejos de estas instalaciones. Colocación de extinguidores en sitios visibles y de fácil acceso. Contar con un botiquín de emergencias y tener identificado el hospital más cercano, así como la ruta de acceso más corta y segura. Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo.	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
Pavimentación	Afectación al microclima	No mitigable	Adverso
	Pérdida de la utilización del suelo	No mitigable	Adverso
	Contaminación de la calidad de agua	Situar la subrasante por lo menos a 1.5 metros por encima de la capa freática. Colocar parapetos para retener los sedimentos durante la construcción. Utilizar balsas de decantación	Adverso
	Cambios en los patrones de escurrimientos de aguas superficiales	Contar con un buen proyecto de drenaje y subdrenaje.	Adverso
	Afectación al suelo	La disposición de los sobrantes de la mezcla asfáltica deberá recogerse y, en camiones de volteo, retornarse a la planta de asfalto para su reciclado o disposición definitiva.	Adverso

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Pavimentación	Reducción de la infiltración	No mitigable	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
Puentes y pasos vehiculares	Modificación de cauces	Contar con un buen proyecto hidrológico Evitar el desvío de las corrientes superficiales (si es posible construir vados).	Adverso
	Interrupción temporal de corrientes	Procurar que estas obras se realicen en épocas de estiaje	Adverso
	Calidad del agua	Evitar arrojar desechos en las corrientes superficiales producto de la construcción	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
Obras complementaria	Modificación del drenaje natural	Colocar las obras complementarias de drenaje (cunetas, lavaderos, bordillos, etc.) en lugares adecuados	Adverso
	Incremento a la erosión	Reforestar las zonas donde se haya modificado el drenaje superficial a fin de reducir la erosión	Adverso
	Desplazamiento de fauna	Hacer un estudio de la movilidad de la fauna silvestre, así como zonas de pastoreo para colocar pasos inferiores que permitan un adecuado desplazamiento.	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad.	Benéfico
Manejo y disposición de residuos de obra	Contaminación del suelo y subsuelo	Establecer bancos de tiro que no interfieran con las corrientes superficiales de agua, con las zonas de recarga de acuíferos y en zonas de baja productividad agropecuaria.	Adverso
	Deterioro del paisaje	Contar con un programa de restauración en bancos de tiro a fin de buscar la reutilización del suelo.	Adverso
Señalamiento	Deterioro del paisaje	Evitar señalamientos adicionales en el derecho de vía.	Adverso
	Reducción de la visibilidad	Plantar arbustos para destacar las curva. Plantar arbustos en isletas y desviaciones para resaltar las entradas y salidas	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico

TABLA III.8
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA
AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Servicios adicionales al usuario	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico Creación de paradores, este tipo de instalaciones deberán procurar adaptarse al paisaje de la zona
	Invasión del derecho de vía	Controlar los asentamientos y cambios en el uso de suelo dentro del derecho de vía.	Adverso

III.4.3.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN, ETAPA DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN

La buena conservación es esencial en los proyectos carreteros tipo A4S. Una vez ejecutado un proyecto apropiado, el mantenimiento de debe incluir los siguientes tipos para que la carretera funcione de acuerdo al diseño: Preventivo, rutinario, correctivo y reconstrucción.

En esta etapa se consideraron dos actividades fundamentales:

- Conservación
- Tránsito vehicular

Para la conservación se analizaron los trabajos que llevan a cabo como son: Bacheo, limpieza y desazolve de cunetas, riego de sello, chapeo, limpieza y reparación de señalamiento vertical, pintura de marcas de pavimento, etc.

En la operación se estudiaron los impactos que produce la circulación, tales como contaminación del aire, ruido, basura que arrojan a la carretera, accidentes, entre otros.

Se detectaron 11 impactos ambientales y 21 posibles medidas de mitigación.

TABLA III.9
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPAS DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE
UNA AUTOPISTA TIPO A4S”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Tránsito vehicular	Contaminación del aire	Establecer un programa de reforestación a fin de compensar la contaminación por emisiones de humo	Adverso
	Contaminación de ruido	Colocar barreras vegetales (vía reforestación). En casos específicos deberá analizarse la necesidad de construir barreras con materiales absorbentes de ruido, pudiendo utilizarse el excedente de la excavación para formar barreras en zonas urbanas Reducir límites de velocidad de operación en zonas urbanas. Desviar el tránsito pesado en horario nocturno en Zonas urbanas.	Adverso
	Contaminación del suelo y agua	Establecer un programa permanente de recolección de desechos sólidos dentro del derecho de vía, así como las instalaciones de depósitos de basura a lo largo de la carretera. Realizar campañas de vigilancia para evitar la formación de basureros en el derecho de vía	Adverso En caso de ser elevada la cantidad de basura recolectada, deberá hacerse un análisis de factibilidad sobre la creación de un relleno sanitario
	Riesgo de accidentes	Establecer un programa de seguridad que incluya procedimientos para casos de emergencia, señalización e iluminación en lugares conflictivos, sistemas de comunicación, etc.	Adverso
	Crecimiento urbano irregular por la orilla del camino	Incluir a los organismos de planificación del uso de suelo en todos los niveles, en el diseño y evaluación ambiental de proyectos, y planear un desarrollo controlado	Adverso
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	Es benéfico para la sociedad	Benéfico

TABLA III.9
“MEDIDAS DE MITIGACIÓN ETAPAS DE CONSERVACIÓN Y OPERACIÓN DE
UNA AUTOPISTA TIPO A4S (continuación)”

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN	OBSERVACIONES
Mantenimiento Conservación	Contaminación del aire	Reforestar los claros y partes altas con flora nativa de la región. Cubrir con lona los materiales transportados en fase humedad	Adverso
	Generación de empleos	Es benéfico para la sociedad	Benéfico
	Riesgo de accidentes	Contar con los dispositivos de señalamiento adecuados y hasta donde sea posible hacerlo en las horas de menor tránsito vehicular, limitando la longitud al mínimo operativo.	Adverso
	Contaminación y erosión del suelo.	Evitar el uso de herbicidas e insecticidas para la limpieza del derecho de vía. Construir bermas, suavizar cortes a manera de restringir la superficie de afectación. Recuperar el total de los materiales producto del desmonte y despalle de los bancos de préstamo laterales para trabajos de arroje de taludes y disponer sobre la superficie afectada. Inducir a los procesos de sucesión natural in situ.	Adverso
	Contaminación del agua superficial y subterránea y desequilibrio ecológico.	Establecer un programa de limpieza y desazolve de cunetas. Retirar escombros. Control del manejo de combustibles y lubricantes y derivados de asfalto por personal técnico especializado para evitar fugas. Construir obras de drenaje necesarias para mantener el patrón hidrológico superficial. Inspeccionar las condiciones de cables, vigas, cimientos, etc. de puentes al menos cada dos años. Limpiar arbustos en el canal, inspeccionar pintura, y tapar grietas.	Adverso

III.5 PROCEDIMIENTO PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Desde el punto de vista de la realización de un estudio de impacto ambiental conviene diferenciar entre proyectos con varias alternativas y proyectos con una sola alternativa, el esquema metodológico general se resume en la Figura III.2 “Esquema Metodológico del Impacto Ambiental”.

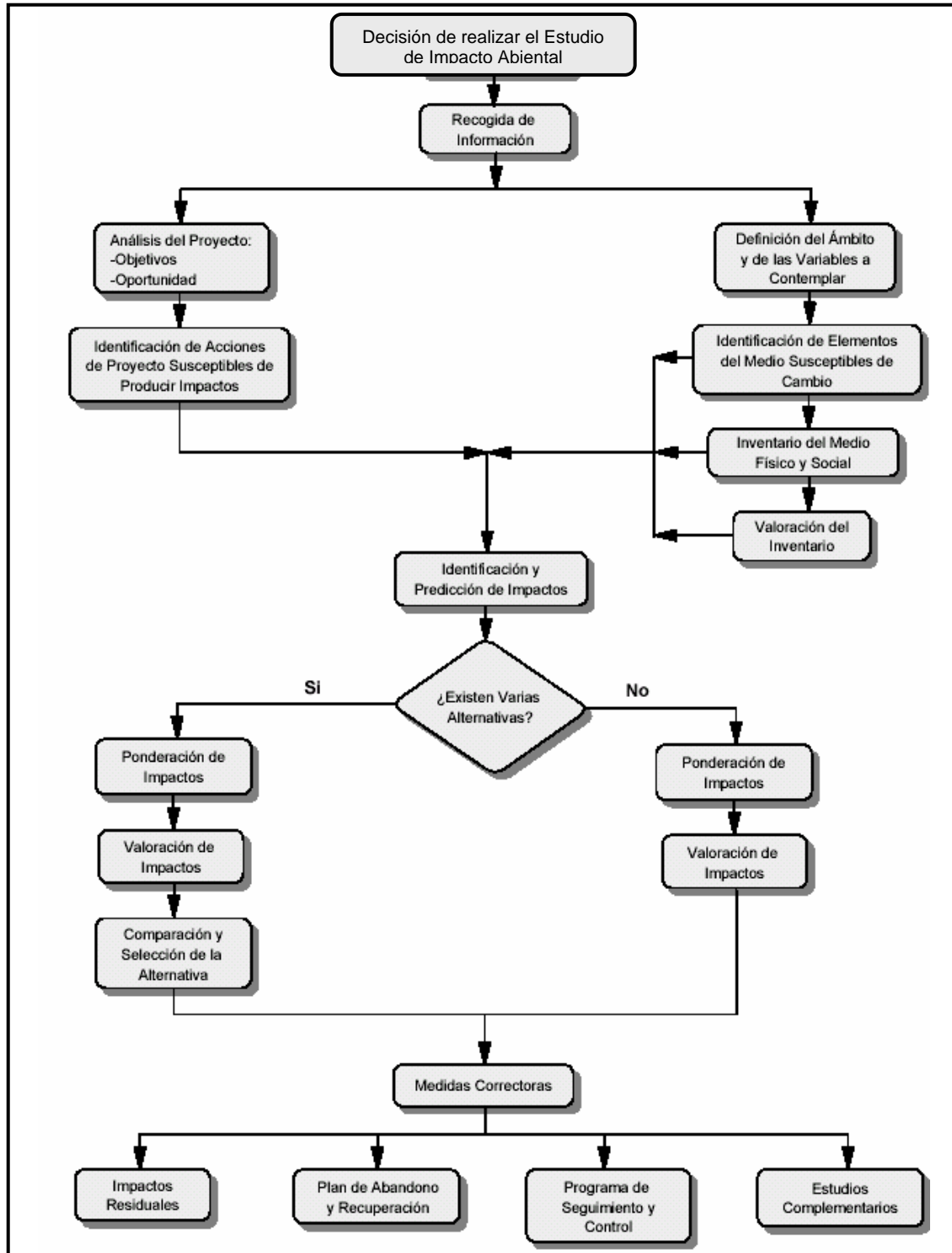
La primera etapa conceptual de los estudios de impacto ambiental es similar en ambos casos y consiste en identificar y predecir las alteraciones que se producen con motivo del proyecto para la autopista A4S. Esta etapa consta, por una parte, del análisis del proyecto, donde se estudian sus objetivos y su oportunidad y se especifican aquellas acciones susceptibles de producir impactos; por otra, y al mismo nivel, se define la situación preoperacional del entorno, que comprende la concreción del ámbito y variables a contemplar, la identificación de aquellos elementos de estas variables susceptibles de ser modificados, el inventario de estos elementos y la valoración del inventario. El último proceso de esta etapa sería enfrentar la información proporcionada por el análisis de proyecto y el estudio de la situación preoperacional, lo que daría lugar a la identificación y predicción de las alteraciones que puede generar cada alternativa.

La segunda etapa no tiene un esquema rígido, puesto que según el método de evaluación que se utilice puede incluir deferentes pasos. En el caso de que exista más de una alternativa suele procederse a la valoración de los impactos que, en algunos métodos, incluye una ponderación previa; posteriormente, se realiza la comparación y selección de alternativas. Si sólo existe una alternativa se suele realizar únicamente una valoración de los impactos.

Finalmente, la última etapa comprende la definición de medidas correctoras, los impactos residuales que tienen lugar después de aplicarlas, un programa de vigilancia para controlar la magnitud de las alteraciones registradas; y, en caso de

que sean necesarios, los estudios complementarios, así como el plan de abandono y recuperación.

FIGURA III.2
“ESQUEMA METODOLÓGICO DEL IMPACTO AMBIENTAL”



Se recomienda que se ofrezca información sintetizada de las obras principales, asociadas y/o provisionales en cada una de las etapas que se indican en esta sección, debiendo destacar las principales características de diseño de las obras y actividades en relación con su participación en la reducción de las alteraciones al ambiente. Por lo que se tendrá que considerar los siguientes puntos, durante el proceso constructivo para una autopista A4S.

a) Programa general de trabajo

Presentar a través de un diagrama de Gantt, un programa calendarizado de trabajo de todo el proyecto, desglosado por etapas (preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono del sitio), señalando el tiempo que llevará su ejecución, en términos de semanas, meses o años, según sea el caso. Para el período de construcción de las obras, es conveniente considerar el tiempo que tomará la construcción los períodos estimados para la obtención de otras autorizaciones como licencias, permisos, licitaciones y obtención de créditos, que puedan llegar a postergar el inicio de la construcción.

b) Preparación del sitio

Se recomienda que en éste apartado se haga una descripción concreta y objetiva de las principales actividades que integran esta etapa, señalando características, diseños o modalidades.

c) Descripción de obras y actividades provisionales del proyecto para la autopista A4S

Es importante que en este apartado se incluya una descripción completa pero resumida de las principales obras (apertura o rehabilitación de caminos de acceso, campamentos, almacenes, talleres, oficinas, patios de servicio, comedores, instalaciones sanitarias, regaderas, obras de abastecimiento y almacenamiento de combustible, etc) y actividades (mantenimiento y reparaciones del equipo y maquinaria, apertura de préstamos de material, tratamiento de algunos desechos, etc) de tipo provisional y que se prevea realizar como apoyo para la construcción

de la obra principal. Es necesario destacar dimensiones y temporalidad de las mismas. También es importante destacar las características de su diseño que favorezcan la minimización o reducción de los impactos negativos al ambiente.

d) Etapa de construcción

En este rubro se describirá al menos lo siguiente: obras permanentes, asociadas y sus correspondientes actividades de construcción, de ser el caso, tanto sobre tierra firme como en el medio acuático. Es recomendable se describan someramente los procesos constructivos, y en cada caso, señalar las características de estos que deriven en la generación de impactos al ambiente así como las modificaciones previstas, cuando estas procedan, a dichos procesos para reducir sus efectos negativos. No es útil incluir el catálogo de los conceptos de la obra, sino únicamente la parte o etapa constructiva más representativa.

e) Etapa de operación y mantenimiento

Con la misma orientación de los rubros anteriores, se recomienda describir los programas de operación y mantenimiento de las instalaciones, en los que se detalle lo siguiente:

- Descripción general del tipo de servicios que se brindarán en las instalaciones.
- Tecnologías que se utilizarán, en especial las que tengan relación directa con la emisión y control de residuos líquidos, sólidos o gaseosos.
- Tipo de reparaciones a sistemas, equipos, etc.
- Especificar si se pretende llevar a cabo control de malezas o fauna nociva, describiendo los métodos de control.

f) Otros insumos

Sustancias no peligrosas Listar las sustancias no peligrosas, con su nombre común y técnico, su estado físico, las cantidades que serán almacenadas y el consumo mensual de cada una de ellas.

g) Sustancias peligrosas

Indicar si durante el proceso de operación de cualquiera de las instalaciones del proyecto se usará alguna sustancia peligrosa, de ser este el caso, proporcionar la siguiente información para cada una de ellas: nombre comercial, nombre técnico, Chemical Abstract Service (CAS), estado físico, tipo de envase, etapa o proceso en que se emplea, cantidad de uso mensual, cantidad de reporte, características CRETIB (Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Biológico-Infecioso), IDLH (Inmediatamente peligrosos para la vida o la salud. Immediately Dangerous of Life of Health), Valor Límite de Umbral. Threshold Limit Value (TLV), Destino o uso final, uso que se da al material sobrante.

h) Descripción de obras asociadas al proyecto

Como obra asociada se identifica a toda aquella obra que complemente a cualquiera de las obras principales como podrían ser: los edificios de áreas administrativas, de servicios, etc.

i) Etapa de abandono del sitio

Describir el programa tentativo de abandono del sitio, enfatizando en las medidas de rehabilitación, compensación y restitución.

- De ser el caso, las medidas compensatorias, de rehabilitación y de restitución del sitio (incluyendo actividades de restauración ecológica).
- Los posibles usos que pueden darse al área cuando se concluya el proyecto.
- Los posibles cambios en el área de influencia del proyecto como consecuencia del abandono.
- Indicar los procedimientos que se utilizarán para verificar si el sitio o la infraestructura desmantelada no contienen elementos contaminantes.
- El manejo, forma y sitio de disposición final de los residuos resultantes del desmantelamiento o abandono del sitio.

j) Utilización de explosivos

En la eventualidad de que se pretenda utilizar algún tipo de explosivo, es conveniente especificar lo siguiente: tipo de explosivo, cantidad a utilizar, actividad o etapa en la que se utilizará (por ejemplo en la construcción de caminos de acceso, cortes). En este caso, la empresa constructora deberá justificar plenamente el uso de estos materiales.

k) Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera

Resulta conveniente identificar los residuos que habrán de generarse en las diferentes etapas del proyecto y describir su manejo y disposición, considerando al menos lo siguiente: tipo de residuos (sólido o líquido, orgánico o inorgánico) y emisión a la atmósfera.

l) Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Es necesario identificar y reportar la disponibilidad de servicios de infraestructura para el manejo y disposición final de los residuos, en la localidad y/o región, tales como: rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, servicios de separación, manejo, tratamiento, reciclamiento o confinamiento de residuos, entre otros. En caso de hacer uso de ellos indicar si estos servicios son suficientes para cubrir las demandas presentes y futuras del proyecto y de otros proyectos presentes en la zona.

Debido a lo anterior se finaliza el capítulo de una estudio de impacto ambiental, para una autopista tipo A4S, el explica las características principales para llevar a cabo un proyecto constructivo carretero, de tal manera de cumplir con las especificaciones requeridas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT), y por otra parte sensibilizar la calidad humana ante la explotación y utilización de los Recursos Naturales en México.

CAPÍTULO IV

PROYECTO EJECUTIVO

Los proyectos ejecutivos de obras de edificación, agua potable y saneamiento, caminos rurales, carreteras, puentes, electrificación e iluminación en un principio son diferentes; sin embargo, el punto coincidente es que todos permiten obtener información de los conceptos que intervienen en una obra, sus especificaciones o características, las cantidades de obra o volumetría y los precios unitarios, elementos que en su conjunto conducen a la elaboración de el presupuesto y de los programas de tiempos de ejecución, utilización de maquinaria, equipo y mano de obra. En este capítulo se aplicará el proyecto ejecutivo para una autopista tipo A4S.

IV.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO

En este apartado se hará una descripción de lo que consta un proyecto ejecutivo para una autopista tipo A4S, que es la estudiada en este trabajo de tesis, se podrán encontrar los criterios generales de proyecto de las terracerías, de la capa subrasante incluyendo la información para la obtención del cálculo de la misma, además de conocer las especificaciones generales para carreteras, las cuales son parte fundamental para la correcta ejecución del proyecto.

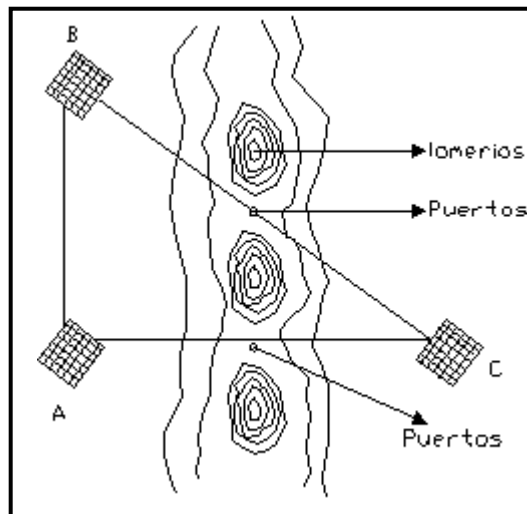
IV.1.1 GENERALIDADES

En la construcción de un camino se trata siempre de que la línea quede siempre alojada en terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservándola dentro de la ruta general. Esto no es siempre posible debido a la topografía de los terrenos y así cuando se llega al pie de una cuesta la pendiente del terreno es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar la ruta. Debido a estos desarrollos necesarios y a la búsqueda de pasos adecuados es por lo que los caminos resultan de mayor longitud de la marcada en la línea recta entre dos puntos. Sin embargo, debe tratarse siempre, hasta donde ello sea posible, que el alineamiento entre dos puntos obligados sea

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

lo más recto que se pueda de acuerdo con la topografía de la región y de acuerdo también con el tránsito actual y el futuro del camino a efecto de que las mejoras que posteriormente se lleven a cabo en el alineamiento no sean causa de una pérdida fuerte al tener que abandonar tramos del camino en el cual se haya invertido mucho dinero. Es decir, que hay que tener visión del futuro con respecto al camino para evitar fracasos económicos posteriores, pero hay que tener presente también que tramos rectos de más de diez kilómetros producen fatiga a la vista y una hipnosis en el conductor que puede ser causa de accidentes. También hay que hacer notar que en el proyecto moderno de las carreteras deben evitarse, hasta donde sea económicamente posible, el paso por alguna de las calles de los centros de población (A, B, C) siendo preferible construir libramientos a dichos núcleos.

FIGURA IV.1 “TOPOGRAFÍA DE UN TERRENO TIPO”



En base al reconocimiento se localizan puntos obligados principales y puntos obligados intermedios, cuando el tipo de terreno no tiene problemas topográficos únicamente se ubicaran estos puntos de acuerdo con las características geológicas o hidrológicas y el beneficio o economía del lugar, en caso contrario se requiere de una localización que permita establecer pendientes dentro de los lineamientos o especificaciones técnicas.

El problema consiste en ir alojando las tangentes y las curvas de enlace necesarias sobre la topografía dibujada, teniendo cuidado de que la línea resultante satisfaga las especificaciones prefijadas según el tipo de camino. Como por ejemplo que no sobrepase el grado de curvatura máximo, pendiente máxima permisible y sobre todo debe buscarse que la línea o eje del camino siga el siguiente criterio, en términos generales.

- a) Debe evitarse pasar por zonas pantanosas.
- b) Debe evitarse pasar por zonas de deslaves o acantilados.
- c) Cruzar los arroyos o barrancas por los sitios más apropiados buscando para ello estabilidad, seguridad y economía.

En terreno montañoso se presenta el problema del cruce de barrancas en donde se tendrá que decidir la conveniencia de cruzarlas ladera arriba de su nacimiento o pasar a través de una alcantarilla o un puente en el caso necesario y si así fuera se debe hacer un estudio económico comparativo con el fin de adoptar la mejor solución.

Cuando se tiene la línea definitiva se procederá a trazarla sobre el terreno, para lo cual es necesario tomar de la planta todas las referencias posibles con respecto a la línea preliminar, para así estar en condiciones de trazar la línea que se proyecta.

El procedimiento de trazo de la línea definitiva de proyecto se realiza de la misma forma que el trazo preliminar, que mencionamos en el estudio topográfico en el Capítulo II “Estudios para proyectar una autopista tipo A4S”, para lo cual se mencionarán únicamente los siguientes pasos:

- 1) Trazo de poligonal señalando; ángulos horizontales entre puntos de inflexión, distancias, rumbos magnéticos, cadenamamiento a cada 20 m, y los puntos de referencia.
- 2) Nivelación de la poligonal; delimitando elevaciones de los puntos de inflexión, elevaciones de cadenamamientos a cada 20 m, o más cercanos según lo requiera el terreno natural y elevaciones de todos los puntos de referencia.

- 3) Secciones transversales; se realizan con el objeto de obtener la topografía cuando menos a 100 m a cada lado de la línea de la poligonal o cuando se requiera sobre una poligonal auxiliar (en el curso de algún río, canal, arroyo u otro obstáculo de interés).

Después del procedimiento anterior, es necesario seguir una secuencia para llegar al proyecto definitivo y así de esta manera obtener los datos de las secciones de construcción y las cantidades de obra totales.

Durante este procedimiento se hará referencia de las características y especificaciones del tramo en estudio en esta tesis para un kilómetro de autopista tipo A4S.

IV.1.1.1 CRITERIO GENERAL DE PROYECTO

Los elementos que integran el criterio general del proyecto en este trabajo consisten en el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical, los cuales se tratarán con detenimiento a continuación.

IV.1.1.1.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino, esta integrado por una serie de rectas unidas por curvas circulares simples, curvas espirales y curvas espirales de transición.

Para este caso se tienen curvas circulares espirales de transición, las cuales están formadas por dos curvas de transición y una curva circular simple. A continuación se definirá lo que es una curva espiral de transición.

La curva de transición necesaria para el proyecto de un camino con características de alta seguridad, el alineamiento debe ser tal, que el conductor circulando a la velocidad de proyecto, no solamente encuentre posible mantener su vehículo en el carril que ocupa. Si no que se sienta incitado a hacerlo así, para eso se necesita que haya curvas espirales de transición, teniendo las siguientes ventajas:

- 1) Dan a los conductores una trayectoria que se puede seguir natural y fácilmente, de tal manera que la fuerza centrífuga aumenta y disminuye

gradualmente conforme el vehículo entra y sale de una curva circular, esto reduce que el vehículo invada otros carriles, promueve uniformidad en la velocidad teniendo como resultado un aumento en la seguridad de los usuarios.

- 2) La longitud de la curva de transición proporciona la disposición conveniente para el cambio de la pendiente transversal normal del camino (bombeo) y la sección totalmente sobreelevada en la curva (sobre-elevación máxima). Cuando la transición de la sobre-elevación se hace sin curva de transición y parte sobre la tangente, el conductor que se acerca a una curva puede necesitar mover el volante en sentido opuesto a la dirección de la curva cuando esta en la porción sobreelevada, para mantener su vehículo sobre la tangente.
- 3) La ampliación que se dá en una curva circular, la curva espiral facilita la transición para dar ese ancho que varía linealmente hasta el inicio de la curva circular.
- 4) La apariencia de un camino se mejora mediante la aplicación de curvas espirales. Su uso evita los quiebres notables al principio y al final de las curvas circulares, así como el cambio en la pendiente transversal (bombeo o sobre-elevación).

Las curvas espirales de transición, son una parte esencial de un alineamiento que tenga fluidez natural y que aparezca agradable y correctamente a las condiciones y características del camino.

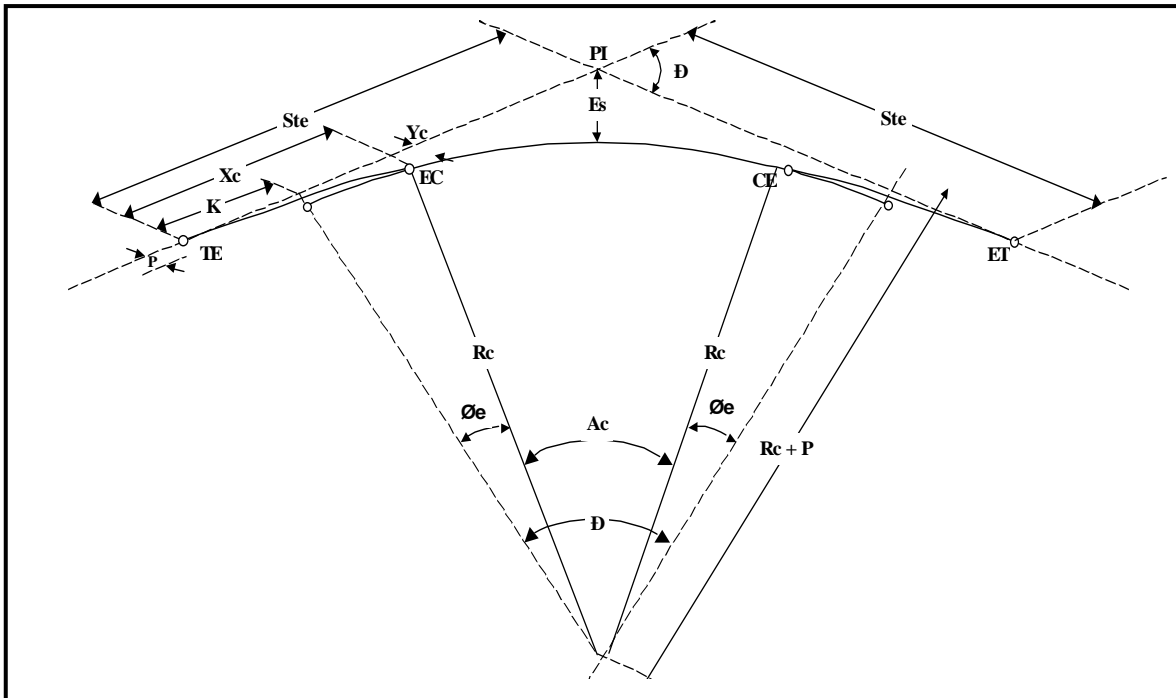
A continuación se muestra un ejemplo de una curva horizontal de una autopista tipo A4S, en el cual se mostrarán; los datos de proyecto y de campo, las fórmulas empleadas y los resultados del cálculo.

Para las deflexiones de puntos intermedios de las estaciones de 20 m que quedan entre el TE y EC, se utiliza la fórmula $\phi = \frac{\theta}{3} (lc / le)^2 - c$, el punto EC se sitúa mediante las coordenadas de Xc y Yc ya obtenidas. La curva circular se calcula con el método tradicional.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Los datos obtenidos del alineamiento horizontal se integran al proceso para llegar al proyecto definitivo.

FIGURA IV.2 “EJEMPLO DE CURVA HORIZONTAL”



Datos

Carretera tipo A4S	
Velocidad de proyecto (Vp) =	110 km/hr
Grado de curvatura (Gc) =	1°30'
Deflexión derecha (D) =	37°08'09"
Cadenamiento del P.I. =	0+643.28
Ampliación =	40 cm
Longitud de transición (Le) =	64 m
Sobreelevación máxima =	7.30%

Fórmulas

$$\varnothing_e = G_c \times L_e / 40$$

$$R_c = 1145.92 / G_c$$

$$X_c = (L_e / 100) \times (100 - 0.00305 \varnothing_e^2)$$

$$Y_c = (100 / L_e) \times (0.582 - 0.0000126 \varnothing_e^3)$$

$$K = X_c - (R_c \times \text{sen } \varnothing_e)$$

$$P = Y_c - (R_c \times \text{sen } \text{Ver } \emptyset_e)$$

$$A_c = D - (2 \times \emptyset_e)$$

$$L_c = 20 \times (A_c / G_c)$$

$$\text{Ste} = K + (R_c + P) \times \tan(D/2)$$

Donde:

\emptyset_e = ángulo de deflexión de la espiral en el EC o CE

R_c = radio de la curvatura circular (radio de curvatura)

X_c = abscisa de inicio de curva espiral

Y_c = ordenada de inicio de curva espiral

K = abscisa considerada a partir del final a la mitad de la longitud de la espiral

P = ordenada considerada de la Ste a la curva circular prolongada a la mitad de la longitud de la espiral

A_c = ángulo central de la curva circular

L_c = longitud de la curva circular

Ste = subtangente

Resultados

$$\emptyset_e = 2.4 = 2^\circ 24'$$

$$P = 0.24 \text{ m}$$

$$R_c = 763.95 \text{ m}$$

$$A_c = 32.34 = 32^\circ 20' 9''$$

$$X_c = 63.99 \text{ m}$$

$$L_c = 431.14 \text{ m}$$

$$Y_c = 0.91 \text{ m}$$

$$\text{Ste} = 288.70 \text{ m}$$

$$K = 32.00 \text{ m}$$

$$E_s = 42.20$$

$$\text{TE} = 0+354.585$$

$$\text{ET} = 0+931.975$$

IV.1.1.1.2 ALINEAMIENTO VERTICAL

Una vez nivelada la línea definitiva y teniendo dibujado el perfil a escala horizontal 1:2,000 y vertical 1:200, se procede a realizar el alineamiento vertical del proyecto definitivo, el cual se define como la proyección del eje de la subcorona, llamada subrasante, sobre un plano vertical, el cual está integrado por tangentes y curvas verticales.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Dentro de le proceso a seguir en el alineamiento vertical se tiene que considerar las siguientes características:

a) El perfil definitivo de un camino lo forman una serie de pendientes de líneas rectas, unidas entre sí mediante curvas verticales. Es preferible adoptar una pendiente que garantice óptimas condiciones de operación aun a costa del encarecimiento de la construcción del camino. La armonía que debe existir entre el alineamiento vertical y horizontal debe estar regido siempre por la velocidad de proyecto en este caso $V_p = 110$ km/hr.

Producto de estudios realizados con diferentes vehículos, se han fijado las pendientes máximas que pueden sostener a lo largo de un tramo sin detrimento de la buena operación.

b) Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud está dada por la distancia entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, y la pendiente es la relación del desnivel entre la distancia. Se definirá los tipos de pendientes:

- Pendiente gobernadora. Es la pendiente media que teóricamente se le da a la línea subrasante y está en función de las características del tránsito y la configuración del terreno a lo largo de la ruta.
- Pendiente máxima. Es la mayor que se permite en el proyecto, queda determinada principalmente por la configuración del terreno y el tipo de carretera. Solo en ocasiones especiales se pueden utilizar pendientes hasta del 12 % como por ejemplo entronques, rampas, tramos cortos, etc.

A continuación se muestra la pendiente máxima según proyecto.

TABLA IV.1 “PENDIENTE MÁXIMA SEGÚN PROYECTO”

Velocidad de proyecto	Terreno plano	Terreno lomerío	Terreno montañoso
110 km/hr	3 %	4 %	5 %

- Pendiente mínima. Esta pendiente generalmente en zonas relativamente planas, se fija principalmente para permitir el drenaje longitudinal en cortes y terraplenes.
- Longitud crítica de una tangente y longitud máxima de pendiente. Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad mas allá del límite establecido, (25 km/hr) queda definida por; el vehículo proyecto, la configuración del terreno y el volumen, así como la composición del tránsito. También se estudia si la pendiente la precede otra con signo positivo y determinar que el vehículo no disminuya considerablemente su velocidad.

En terrenos planos, se proyectará el perfil con una altura sobre el terreno natural, tal que garantice el correcto drenaje en la superficie de rodamiento y evite la destrucción de los terraplenes a causa del agua ascensional o capilar. En terreno montañoso es preciso el enlace de pendientes mayores del 0.5 % mediante curvas verticales:

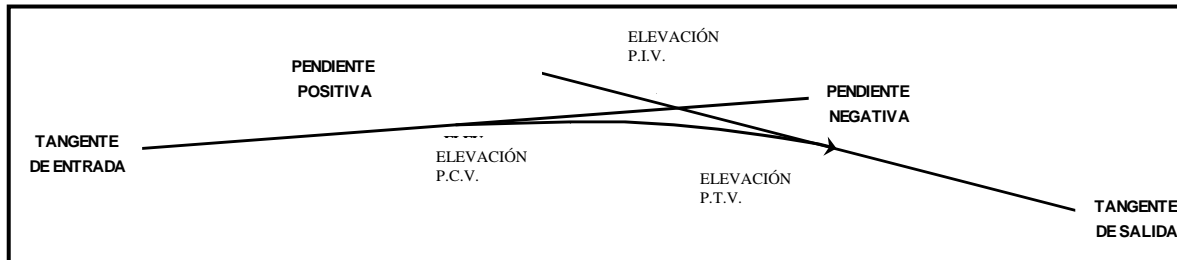
- c) Las curvas verticales parabólicas, son el paso gradual de la tangente de entrada a la tangente de salida, debiendo de dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

La curva vertical utilizada y que satisface las necesidades del tránsito, que representa un movimiento de tierras razonable y requiere de cálculo simple es el de la curva parabólica.

Se llaman curvas de columpio cuando la concavidad es hacia abajo y en cresta cuando la concavidad es hacia arriba.

A continuación se dará un ejemplo de una curva vertical real del tramo en estudio con los datos de campo y los datos de proyecto.

FIGURA IV.3 “ELEMENTOS DE UNA CURVA VERTICAL”



Datos

Carretera tipo A4S

Pendiente de entrada 4.20 % Elevación del PIV 1,879.65 m

Pendiente de salida -1.40% Cadenamiento del PIV 0+000.00

Velocidad de proyecto 110 km/hr

IV 1.2 PROYECTO DE LA SUBRASANTE

El costo de construcción de un camino está gobernado por los movimientos de terracerías, lo cual comprende una serie de estudios que permiten tener una seguridad de que los movimientos por efectuar sean los más económicos dentro de las especificaciones que el camino requiera.

IV 1.2.1 ELEMENTOS QUE DEFINEN EL PROYECTO DE LA SUBRASANTE

Para el proyecto de la subrasante económica debe tomarse en cuenta que:

- La subrasante debe cumplir con las especificaciones para el tipo de carretera A4S.
- Muchas veces el alineamiento horizontal definitivo, requiere ser modificado localmente.
- La subrasante debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel, y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades perjudiciales a las terracerías o al pavimento, causadas por zonas de inundación o humedad del terreno natural.

Los elementos que influyen determinantemente en el proyecto de la subrasante económica son:

- a) Características geotécnicas.
- b) Características topográficas.
- c) Subrasante mínima.
- d) Costo de las terracerías.

a) Características geotécnicas. Para el proyecto de la subrasante es necesario conocer las propiedades de los materiales que intervendrán en la formación de las terracerías, los datos relativos a su clasificación para fines de presupuesto y el tratamiento a darles.

b) Características topográficas. Se consideran los siguientes tipos de terreno:

- Plano: el proyecto es generalmente en terraplén; con la altura suficiente para quedar a salvo de la humedad y para dar cabida a las alcantarillas.
- Lomerío: se deben combinar las pendientes del alineamiento vertical que permitan aprovechar el material producto de los cortes en los terraplenes.
- Montañoso: se caracteriza por el gran movimiento de tierras, el uso de las especificaciones máximas, la presencia de desperdicios de materiales, o pequeños tramos compensados, proyecto de alcantarillas de alivio.

c) Subrasante mínima. Es necesario contar con los datos que se requieren para proyectar dicha subrasante tales como:

- 1) Puentes.
- 2) Zonas de inundación.
- 3) Intersecciones.
- 4) Alcantarillas y obras menores.

d) Costo de las terracerías. La posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima en la construcción de las terracerías depende de los siguientes conceptos:

1) Costos unitarios.

Excavación en corte.

Excavación en préstamo.

Compactación en el terraplén del material en corte.

Compactación en el terraplén del material de préstamo.

Sobreacarreo del material de corte a terraplén.

Sobreacarreo del material de corte a desperdicio.

Sobreacarreo del material de préstamo a terraplén.

Costo del terreno afectado para préstamo, desmonte y despalme, dividido entre el volumen de terracerías extraído del mismo.

2) Coeficientes de variabilidad volumétrica.

Del material de corte.

Del material de préstamo.

3) Relaciones.

Entre la variación de los volúmenes de corte y terraplén, al mover la subrasante de su posición original.

Entre los costos unitarios de terraplén formado con material producto de corte y con material obtenido de préstamo.

Entre los costos que significa el acarreo del material de corte para formar el terraplén y su compactación en este y el que significa la extracción del material de corte y el acarreo para desperdiciarlo.

4) Distancia económica de sobreacarreo.

El empleo de material producto de corte en la formación de terraplenes, está condicionado tanto a la calidad del material como a la distancia hasta la que es económicamente posible su transporte. Esta distancia está dada por la ecuación:

$$DME = \frac{(P_p + ad) - P_c}{P_{sa}} + AL, \quad \text{donde:}$$

DME = distancia máxima de sobreacarreo económico.

ad = costo unitario de sobreacarreo del material de corte de desperdicio.

Pc = precio unitario de la compactación en el terraplén del material producto del corte.

AL = acarreo libre del material, cuyo costo está incluido en el precio de excavación.

Pp = costo unitario de terraplén formado con material producto de préstamo.

Psa = Precio unitario del sobreacarreo del material de corte.

IV 1.3 CÁLCULO DE VOLÚMENES Y MOVIMIENTO DE TERRACERÍAS

Para lograr la aproximación debida en el cálculo de los volúmenes de tierra, es necesario obtener la elevación de la subrasante en las estaciones. Obtenida la elevación de la subrasante para cada estación considerada en el proyecto, se determina el espesor correspondiente dado por la diferencia que existe entre las elevaciones del terreno y de la subrasante. Este espesor se considera en la sección transversal del terreno previamente dibujada, procediéndose al proyecto de la sección de construcción.

El cálculo de los volúmenes se hace en base en las áreas medidas en las secciones de construcción y los movimientos de los materiales se analizan mediante un diagrama llamado curva masa.

IV.1.3.1 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

Las secciones de construcción o también llamadas secciones transversales de un camino son un corte vertical normal al alineamiento horizontal, las cuales son la representación gráfica de las secciones transversales, ellas permiten definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman parte del camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

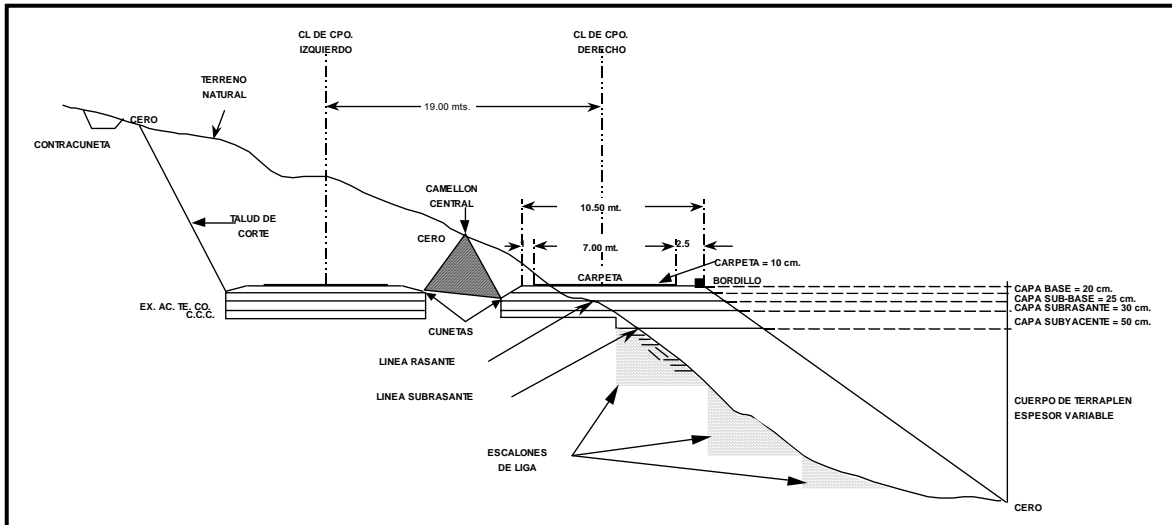
Sección transversal

La sección transversal de un camino es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Como se muestra en la figura IV.4 “sección transversal del proyecto”.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

a) **Subcorona.** Es la superficie que limita las terracerías y sobre la cual se apoyan las capas de pavimento.

FIGURA IV.4 “SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PROYECTO”



Las terracerías son los volúmenes de corte y/o terraplén, los espesores están dados por la diferencia de cotas entre el terreno natural hasta la subcorona, a los puntos extremos de la sección donde los taludes cortan el terreno natural, se les llama ceros.

El pavimento es la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidos entre la subcorona y la corona, el cual tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a las capas de las terracerías no causen deformaciones perjudiciales. Generalmente el pavimento está formado por la capa sub-base, base y carpeta.

El ancho de la subcorona es la distancia entre los puntos de intersección con los taludes del terraplén, cuneta o corte, la pendiente transversal queda definida por el proyecto y por el alineamiento horizontal (bombeo o sobre elevación).

Comunmente se proyecta un sobrecancho a cada lado de la subcorona con objeto de que los taludes de las capas del pavimento no sobrepasen el ancho de la subcorona. En corte, muchas veces se proyecta una cuneta provisional, o también cuando las capas del pavimento se construyen inmediatamente después de las

terracerías la cuneta queda formada por el material de base y sub-base.

La subrasante, es el eje de la subcorona sobre un plano vertical.

b) Corona. Es la superficie del camino terminado queda comprendida entre los hombros del mismo, dentro de nuestro proyecto la corona tiene un ancho de 10.50 m por cada cuerpo. La definen:

- Rasante. Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje la corona del camino.
- Pendiente Transversal. Es la pendiente transversal que tiene la corona es normal a su eje, por lo general en tangente se le denomina un bombeo del 2% y en curvas se le llama sobre elevación generalmente queda limitada por el grado de curvatura.

En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el especificado en la tabla "Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central" que continuación se muestra.

TABLA IV.2 "ANCHOS DE CORONA"

Tipo de carretera	Anchos de				
	Corona (m)	Calzada (m)	Acotamientos (m)		Faja separadora central (m)
E	4.00	4.00	--		--
D	6.00	6.00	--		--
C	7.00	6.00	0.50		--
B	9.00	7.00	1.00		--
A	(A2)	12.00	7.00		2.50
	(A4)	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT
				3.00	0.50
(A4S)	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo

Dados los datos anteriores, se deducen las siguientes medidas según el tipo de camino "A" (A4S).

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Tipo de carretera "A4S"

Corona = 2 X 11.0 m

Calzada = 2 X 7.00 m

Acotamiento = Exterior 3.0 m

Interior 1.0 m

Faja separadora central = 8.0 m mínimo

c) Acotamientos. Son fajas contiguas a la calzada a uno o ambos lados, comprendidos dentro de la superficie de la corona. Su función principal es; dar seguridad al usuario, dar al camino una buena apariencia, una buena visibilidad y también brindar protección al camino. Dentro de el proyecto, los acotamientos son de 1.00 m al interior y de 2.50 m al exterior en ambos cuerpos.

d) Calzada. Es la superficie de la corona destinada a el tránsito de los vehículos, está constituido principalmente por uno o mas carriles. El ancho de la calzada generalmente está dado por las características del camino y por el tipo de tránsito. Dentro del proyecto se tiene un ancho de calzada de 7.0 m. con dos carriles de 3.50 m cada uno.

En tangente, el ancho de la calzada no varía, pero en curvas se le agrega un sobreamiento adicional a la calzada, el cual está en función del proyecto del alineamiento horizontal.

e) Cunetas. Son obras de drenaje que se proyectan principalmente para captar el agua pluvial que escurre de la corona y los taludes de los cortes, generalmente a ambos lados. En terraplenes, en este caso particular, se proyectaron cunetas en zonas de terraplén entre ambos cuerpos llamada cuneta central. La pendiente y la longitud de las cunetas, quedan definidas por las pendientes y longitudes del camino.

En caso de que en alguna cuneta sobrepase el caudal de agua de su área

hidráulica, se deberá proyectar una alcantarilla de alivio. Las cunetas según el tipo de camino pueden ir revestidas o no.

f) Contracunetas. Son zanjas de sección trapezoidal que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, se construyen para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Su proyecto queda definido; por la configuración del terreno, características geotécnicas de los materiales y el escurrimiento posible. Muchas veces por conveniencia, se sustituye por bordos o se revisten de algún material adecuado.

g) Taludes. Son la inclinación del paramento de los cortes o terraplenes, expresados por el recíproco de la pendiente. Los taludes se fijan de acuerdo al tipo de material que los forma, para esto se estudian las características geológicas de la línea de proyecto definitivo que vimos en el capítulo anterior.

IV.1.3.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS

De las secciones de construcción una vez dibujadas, se procede a arear cada uno de los conceptos de trabajo por algún método conocido (papelímetro, planímetro, por coordenadas, etc.) y después al cálculo de los volúmenes. En las secciones de construcción, se sigue el procedimiento para determinar los volúmenes de materiales y sus acarrees conocidos como “diagrama de masas” o curva masa.

El método utilizado para el cálculo de los volúmenes es el método de las áreas medias; este consiste en multiplicar la distancia existente entre dos secciones transversales, por el promedio de sus áreas, es decir:

$$V = L \times [(A1 + A2)/2]$$

Donde:

V = Volumen en cada estación.

A = Áreas en la estación 1 y 2 respectivamente.

L = Distancia entre estaciones.

En el anexo B “Planos de secciones”, se encontrará el plano de secciones de construcción donde se indica el área de cada una para el tramo en estudio de la autopista A4S.

IV.1.3.3 CÁLCULO DE VOLÚMENES

Curva masa

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como abscisas se toma el mismo cadenamiento utilizado en el perfil.

Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén.

El procedimiento para el proyecto de la curva masa es como sigue:

- 1) Se proyecta la subrasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
- 2) Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
- 3) Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción)
- 4) Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
- 5) Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino por cualquiera de los métodos ya conocidos.
- 6) Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método escogido.
- 7) Se dibuja la curva con los valores anteriores.

Dibujo de la curva masa

Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las abscisas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil.

Cuando está dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

Propiedades de la curva masa

- 1) La curva crece en el sentido del cadenamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.
- 2) En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentara un máximo y un mínimo respectivamente.
- 3) Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcara dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en este tramo por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.
- 4) La diferencia de ordenada entre dos puntos indicara la diferencia de volumen entre ellos.
- 5) El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.
- 6) Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.

En el anexo B “Planos de planta, perfil y curva masa”, se encuentra el plano de curva masa y perfil de camino donde se encuentran los datos obtenidos mediante la descripción anterior

IV.1.3.3.1 OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- a) Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- b) Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- c) Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil y la facilidad de acceso del camino.

Tipos de drenaje

Para llevar a cabo lo anteriormente citado, se utiliza el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

Drenaje superficial. Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial se encuentran: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

Cunetas. Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

- Determinación del área hidráulica. Debido a la incertidumbre para la determinación del área hidráulica en la práctica, las secciones de las cunetas, se proyectan por comparación con otras en circunstancias comunes.

Existen diversas formas para construir las cunetas, en la actualidad las más comunes son las triangulares.

Contra cunetas. La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la practica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá, estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, alejándolas lo mas posible de los taludes y zampéandolas en algunos casos para evitar filtraciones.

Bombeo. Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

Zampeado. Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

Lavaderos. Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaría la velocidad del agua.

Drenaje transversal. Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los puentes, puentes –vado y bóvedas.

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar más indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

Las bóvedas de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

Los vados son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también son causa de socavación.

El puente-vado, es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles

ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

Los puentes son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas llevan en la parte superior.

La estructura de un puente esta formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes. La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc. la superestructura integra la parte superior de un puente por medio de través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

Obras de drenaje menor

Las alcantarillas son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera.

Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida, podemos decir que actualmente en los caminos rurales, las mas usuales son las alcantarillas laminares.

Drenaje subterráneo. El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos de camino. La plantilla de estos es de 45 cm Y de 80 a 100 cm de profundidad, el material se graduará cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

En las figuras IV.5 “Alcantarillas de tubo de concreto normal” y IV.6 “Alcantarillas de losa sobre estribos” se presentan los proyectos tipo de cada una.

IV.1.3.4 MOVIMIENTO DE TERRACERÍAS

El movimiento de terracerías es también llamado al transporte de material producto de: cortes, excavaciones adicionales debajo de la subrasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

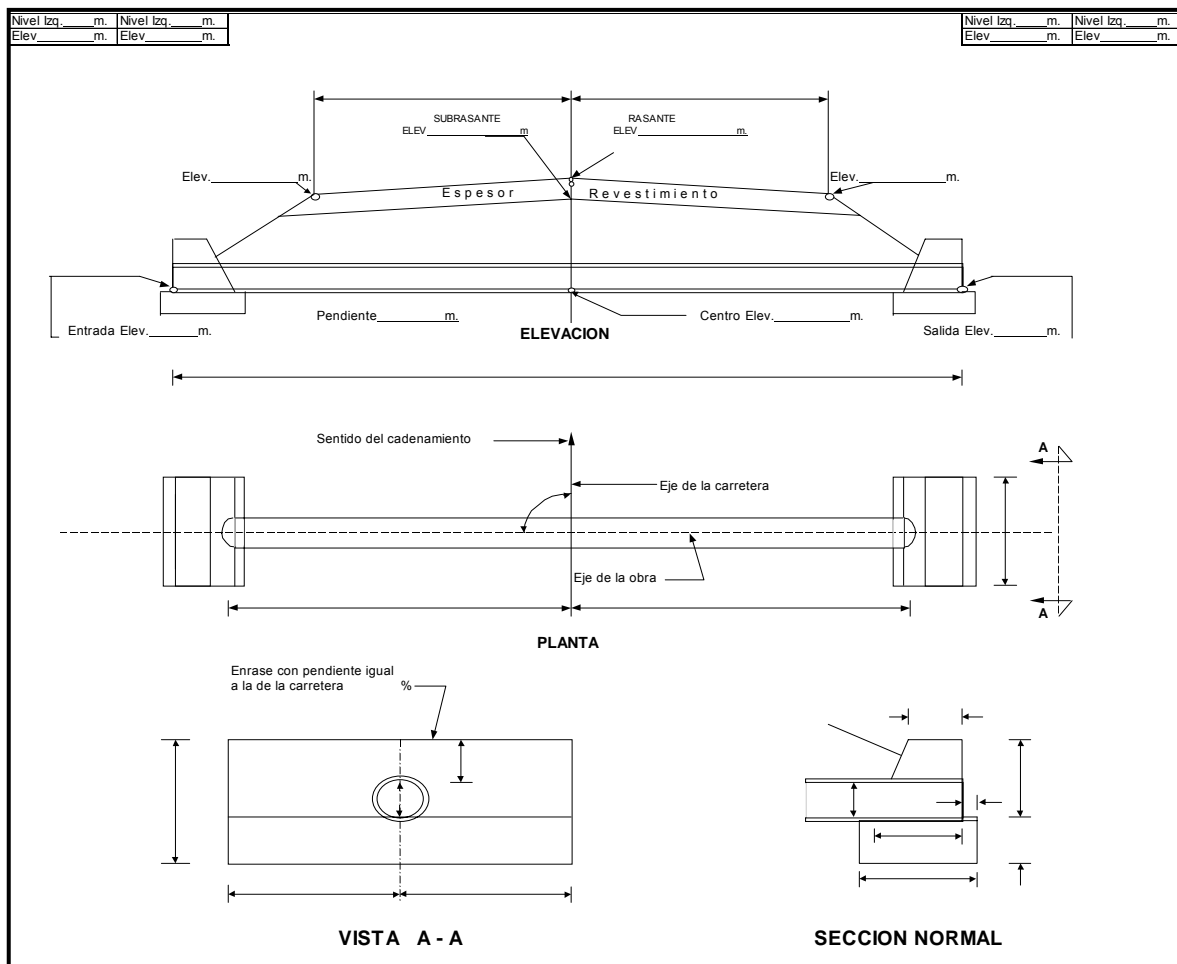
Cálculo de volúmenes con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

Movimiento de terracerías. Esta fundamentado en los volúmenes a mover en relación a las distancias de acarreo, para ello intervienen diferentes conceptos de los cuales dependerá la economía del proyecto.

Acarreo libre. Es la distancia a la que se hace el movimiento de un volumen sin requerir de trabajos elaborados o en el caso de contratos sin llegar a un pago adicional, actualmente en México esta fijado para una longitud no mayor de 20 metros.

- a) Sobre acarreo. Es el transporte de los materiales a una distancia mayor a la del acarreo libre y se obtiene multiplicando el volumen a mover por la distancia que hay del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén; de acuerdo a la distancia que se tenga que mover se puede hacer con camión o maquinaria.
- b) Préstamo lateral. La diferencia que se necesite para formar un terraplén al no compensarlo con un corte requerirá de un volumen adicional, denominado préstamo que se obtendrá de la parte lateral del camino.

FIGURA IV.5 “ALCANTARILLA DE TUBO DE CONCRETO NORMAL”



- c) Préstamo de banco. Se presenta en las mismas condiciones que el anterior solo que por la calidad del material o por no encontrarlo sobre el camino se

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

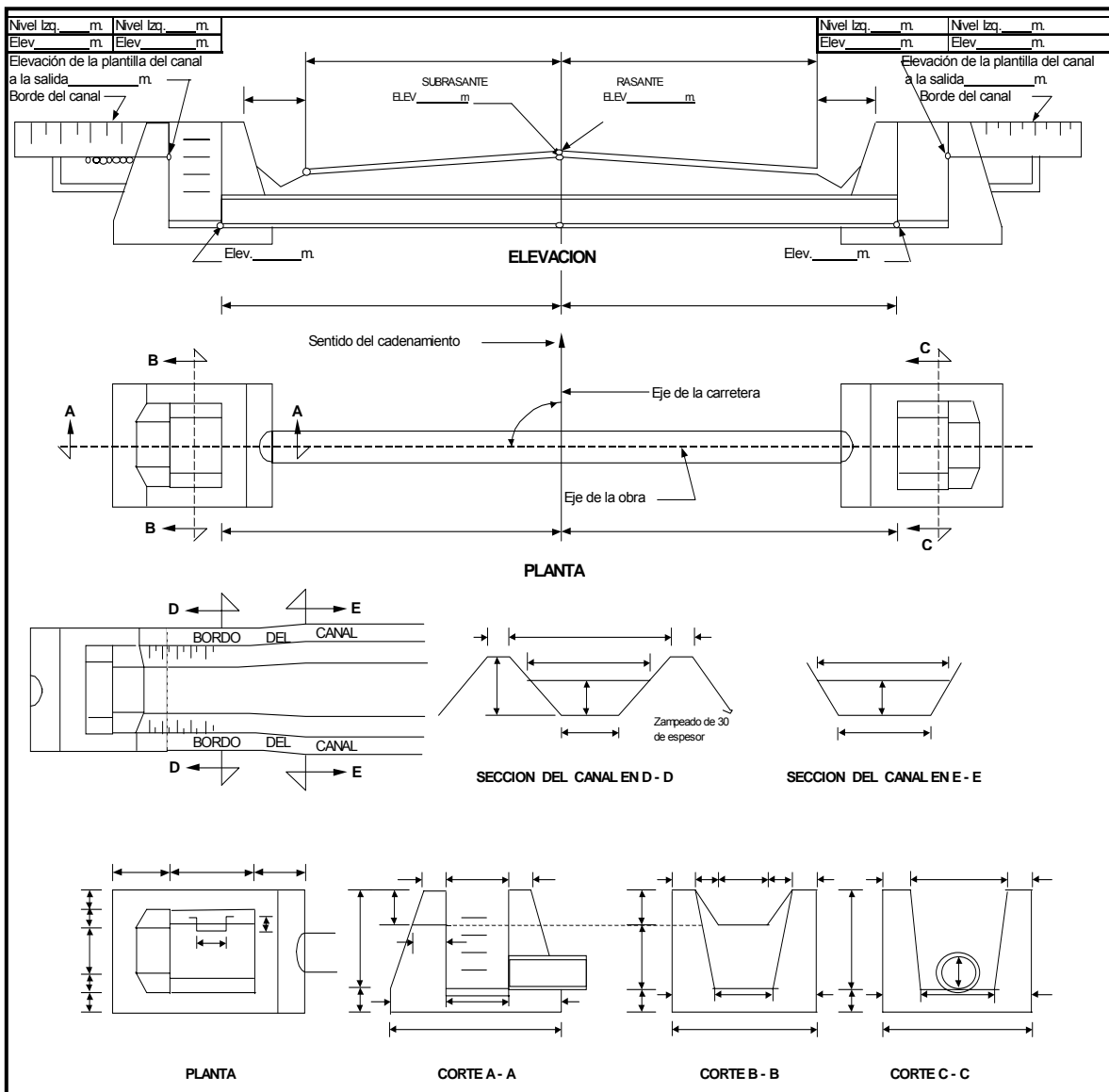
utilizará de un lugar especial según convenga, por lo general este acarreo se realiza con camiones.

El sobre acarreo se expresa en:

m^3 – estación cuando no pase de 100 metros, la distancia del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén con la resta del acarreo.

m^3 – hectómetro a partir de 100 metros, de distancia y menos de 500 metros.

FIGURA IV.6 “ALCANTARILLA DE TUBO DE LOSA SOBRE ESTRIBOS”



m^3 – hectómetro adicional, cuando la distancia de sobre acarreo varia entre los 500 y 2000 metros.

m^3 – kilómetro, cuando la distancia entre los centros de gravedad excede los 2000 metros.

Determinación del desperdicio

Cuando la línea compensadora no se puede continuar y existe la necesidad de iniciar otra, habrá una diferencia de ordenadas.

Si la curva masa se presenta en el sentido del cadenamiento en forma ascendente la diferencia indicara el volumen de material que tendrá que desperdiciarse lateralmente al momento de la construcción.

Determinación de los préstamos

Se trata del mismo caso anterior solo que la curva masa se presentará en forma descendente, la decisión de considerarlo como préstamo de un banco cercano al camino o de un préstamo de la parte lateral del mismo, dependerá de la calidad de los materiales y del aspecto económico, ya que los acarreos largos por lo regular resultan muy costosos.

Determinación del acarreo libre

Se corre horizontalmente la distancia de acarreo libre 20 metros, de tal manera que toque dos puntos de la curva, la diferencia de la ordenada de la horizontal al punto más alto o mas bajo de la curva, es el volumen.

Determinación del sobre acarreo

Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea horizontal de acarreo libre.

La diferencia de abscisas X – B será la distancia a la que hay que restarle el acarreo libre para obtener la distancia media de sobre acarreo convertida en estaciones y aproximada al décimo.

El volumen se obtendrá restando la ordenada de la línea compensadora A–B a la de la línea de acarreo libre a-b.

IV.1.4 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CARRETERAS

A continuación se mencionan especificaciones para terracerías, pavimentos y obras de drenaje, las cuales son para utilidad de este trabajo de tesis, cabe aclarar que no se enumeraran todas, únicamente las de utilidad por lo cual los números no aparecerán consecutivos.

IV.1.4.1 DEFINICIÓN

001-B.01. Para precisar el significado de algunos términos empleados en este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, se han formulado las definiciones de términos a que se refiere el capítulo (01.02.007) del libro 1 de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), para carreteras y aeropistas, según las consideraciones de los párrafos siguientes:

- a) Comprende los términos que pueden tener varias y distintas acepciones en el lenguaje común, pero de las que se toma el significado taxativo con que se definen en la cláusula antes mencionada.
- b) Comprende las palabras cuyo significado o acepción especial será el que se indica.
- c) Comprende las palabras de otros idiomas o adaptaciones libres de ellas que, sin equivalencia castellana son, sin embargo, términos de uso común en el medio técnico en que se emplean las normas para construcción e instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- d) No se formularán definiciones de aquellos términos cuyo significado o interpretación son suficientemente conocidos, precisos y claros.

IV.1.4.2 REFERENCIAS

001-C.01. Todas las referencias que se hacen en el texto de este apartado de normas para construcción e instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas, corresponden a libros, partes,

títulos, capítulos, cláusulas, incisos, párrafos y subpárrafos de dichas normas, con las adiciones y modificaciones que las mismas haga y ponga en vigor dicha Secretaría.

IV.1.4.3 MATERIALES

001-D.01. Los materiales que se utilicen en la ejecución de las obras a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, cumplirán con: lo que corresponda aplicar de las Normas de Calidad de los Materiales, fijadas en el libro 4 y libro 3 de las normas para construcción e instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas; las especificaciones que sobre materiales fija el proyecto, las que prevalecerán en lo que corresponda sobre las Normas, en caso de que hubiera discrepancia entre ellas; por último, las reglas que dicte la Secretaría en forma de especificaciones particulares y que siendo adiciones o modificaciones de las antes citadas, prevalecerán sobre ellas.

001-D.02. Cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), los materiales que se utilicen para la ejecución de las obras a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, deberán ser oportunamente muestreados y sometidos a las pruebas de laboratorio que se requieran.

001-D.03. El muestreo y las pruebas de los materiales que se utilicen en la ejecución de las obras a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, se efectuarán de acuerdo con: lo que corresponda al libro 6 y libro 3 de las normas para construcción e instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas; las especificaciones que sobre muestreo y pruebas de materiales fije el proyecto, las que prevalecerán en lo que corresponda sobre lo indicado en las Normas para Muestreo y Prueba de Materiales, en caso de que hubiera una discrepancia entre ellas; por último, lo que sobre muestreo y pruebas dicte la Secretaría como especificaciones particulares y que siendo adiciones o modificaciones de las antes citadas prevalecerán sobre ellas.

001-D.04. Los bancos de préstamo para extracción de materiales que se utilicen en la ejecución de las obras a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, serán fijados por la Secretaría o propuestos por el contratista y aprobados por la misma.

IV.1.4.4 EJECUCIÓN

001-F.01. Las obras a las que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, se ejecutarán de acuerdo con: lo que corresponda a aplicar de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas; según las obras de que se trate, las especificaciones que fije el proyecto, las que prevalecerán en lo que corresponda sobre las Normas, en caso de que hubiera discrepancia entre ellas; por último las especificaciones particulares que dicte la Secretaría por condiciones especiales de las obras.

001-F.02. Las obras deberán ejecutarse correctamente de acuerdo con lo indicado en el inciso anterior y el contratista será el único responsable de la mala ejecución de las mismas.

001-F.03. El contratista deberá someter a consideración de la Secretaría, previamente a su aplicación y para su aceptación, los procedimientos de construcción que vaya a emplear. Los proyectos de las obras auxiliares, obras falsas, moldes, puentes de maniobras y de todo lo que en su caso se requiera como resultado del procedimiento de construcción que haya propuesto, salvo cuando el pago se haga por unidad de obra terminada, o que estén fijados en las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas, en las especificaciones del proyecto o en las especificaciones particulares correspondientes. Si la Secretaría rechaza parcial o totalmente los procedimientos o proyectos propuestos, el contratista se obliga a modificarlos de acuerdo con las indicaciones de la Secretaría, sin que estas modificaciones sean motivo de variaciones en los precios unitarios.

001-F.04. Cuando el pago de la obra se haga por unidad de obra terminada, no será necesario que el contratista someta a consideración de la Secretaría para su aceptación los procedimientos de construcción que vaya a emplear, el equipo o los proyectos para obras auxiliares, obras falsas, moldes, puentes de maniobras y todo lo que se requiera para la correcta ejecución de la obra.

001-F.05. La calidad, las dimensiones, las tolerancias y los acabados de las obras o de sus partes se sujetarán a lo siguiente: lo que corresponda de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para carreteras y autopistas; las especificaciones que fije el proyecto, las que prevalecerán sobre lo indicado en las Normas para construcción e Instalaciones en lo que corresponda, en caso de discrepancia; por último las especificaciones particulares que dicte la Secretaría por condiciones especiales de las obras y que, modificando o adicionando las Normas y/o las especificaciones del proyecto, prevalecerán a su vez, sobre ellas.

IV.1.4.5 MEDICIÓN

001-G.01. Solamente se medirán trabajos que hayan sido ejecutados correctamente de acuerdo con lo que se indicó en la cláusula IV.1.4.4 “Ejecución”. Cuando algún trabajo no cumpla con lo indicado en la cláusula antes mencionada, el contratista está obligado a rehacerlo de manera que satisfaga lo que corresponda de dicha cláusula; no se medirá lo que el contratista ejecutó deficientemente ni los trabajos que tenga que realizar para corregir lo ejecutado deficientemente o demolerlo cuando y como se requiera.

001-G.02. La Secretaría medirá, en la forma que proceda según el caso, los daños que en las obras causen fenómenos naturales no previsibles, cuando dichas obras se ejecuten dentro de los plazos marcados en el programa autorizado por la Secretaría.

001-G.03. El resultado de la medición de los trabajos a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, empleando las unidades que en cada caso se indica en las cláusulas de medición respectivas, se aproximará como sigue:

- a) En los volúmenes de cortes, préstamos, terraplenes y canales, a la unidad.
- b) En las horas al centésimo, es decir con dos (2) decimales.
- c) En todas las demás unidades no incluidas en los párrafos a) y b), con una (1) decimal.

001-G.04. Para aproximar a la unidad o a la decimal, indicadas en el inciso (001-F.03), se redondeará a la unidad o decimal superior, cuando en el resultado de la medición figuren fracciones mayores de cinco décimos (0.5) y cinco centésimos (0.05) respectivamente o a la unidad o decimal obtenidas cuando en el resultado de la medición figuren fracciones de cinco décimos (0.5) o menores y cinco centésimos (0.05) o menores respectivamente, según sea el caso.

IV.1.4.6 BASE DE PAGO

001-H.01. El pago de los conceptos de obras a que se refiere este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, se aplicará a los trabajos medidos de acuerdo con lo indicado en la cláusula IV.1.4.4 “Ejecución”. Los conceptos de obra que no sean objeto de medición no estarán sujetos a pago por separado, pues se considera que sus importes ya se han distribuido proporcionalmente o como corresponda, en los diversos precios unitarios del contrato.

001-H.02. En los precios unitarios referentes a las obras de este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, queda incluido y no se medirá lo correspondiente a la conservación de las obras hasta su recepción por parte de la Secretaría, ni la limpieza general de la obra y zona adyacente de trabajo, que ejecute el contratista de acuerdo con las indicaciones de la Secretaría.

001-H.03. Cuando el pago de las obras contratadas se haga por unidad de obra terminada, además de lo indicado en el inciso (001-G.02), los precios unitarios incluirán lo correspondiente por: construcción y conservación de las desviaciones necesarias; protección al tránsito mediante el señalamiento y bandereros que se requieran conforme a lo reglamentado en el libro 1 de las Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

(SCT) para carreteras y autopistas y/o a las instrucciones de la Secretaría. Por lo tanto no se medirá ninguno de los trabajos mencionados en este inciso.

001-H.04. Cuando la Secretaría proporcione materiales y/o equipo la contratista, el cargo correspondiente que fije la Secretaría, se descontará de las estimaciones o de la liquidación, cuando los precios unitarios se hayan estudiado sin tomar en cuenta dicha circunstancia.

001-H.05. Los lugares de préstamo para la extracción de materiales y aquellos que se señalen para depositar materiales de desperdicio, para todos los trabajos referentes a este capítulo IV “Especificaciones Generales para Carreteras”, los proporcionará la Secretaría sin ningún cargo para el contratista. En caso de que la secretaria acepte algún préstamo o sitio de desperdicio propuesto por el contratista para sustituir a los originalmente fijados, el contratista hará todos los arreglos necesarios para su explotación o utilización y absorberá las regalías, cargos, indemnizaciones y además gravámenes correspondientes al nuevo préstamo o sitio de desperdicio, sin que ello signifique modificación a los precios unitarios de los materiales del préstamo original o de los cortes que se desperdicien.

001-H.06. Cuando el pago se haga por unidad de obra terminada y el proyecto fije que alguno, algunos o todos los préstamos para la extracción de materiales sean seleccionados por el contratista, éste hará todos los arreglos necesarios para su explotación y absorberá las regalías, cargos, indemnizaciones y demás gravámenes correspondientes a la explotación de los préstamos escogidos.

001-H.07. Cuando el pago se haga por unidad de obra terminada, el contratista hará todos los arreglos necesarios para la explotación de los bancos de agua que se requieran para las obras y considerará en los precios unitarios respectivos lo correspondiente por regalías, cargos, indemnizaciones o cualquier otro gasto que resulte de su explotación.

IV.4.7 ESPECIFICACIONES PARA TERRACERÍAS

002-b Desmonte

002-b.01. Despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría. Comprende la ejecución de las operaciones siguientes:

- a) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- b) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de la siembra.
- c) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortando estas.
- d) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte al lugar que indique la Secretaría, estibarlos y quemar lo no utilizable, a criterio de la propia Secretaría.

002-f Ejecución

002-f.01. Para fines de desmonte se consideran en estas normas, los siguientes tipos de vegetación:

- a) Manglar.
- b) Selva o bosque.
- c) Monte de regiones áridas o semiáridas.
- d) Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.

002-f.05. La vegetación de regiones áridas o semiáridas se caracterizan por árboles de poca altura y diámetro reducido y por arbustos (mesquites, pirules, tejocotes, huizaches y espinos).

002-f.06. Las operaciones de talar, rozar, limpiar y quemar, como se definió en este capítulo, se ejecutarán en todo o parte del derecho de vía, según lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría; igualmente se ejecutan estos trabajos en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a un metro fuera de los cerros de los canales y contracunetas y de las zonas que limitan los prestamos,

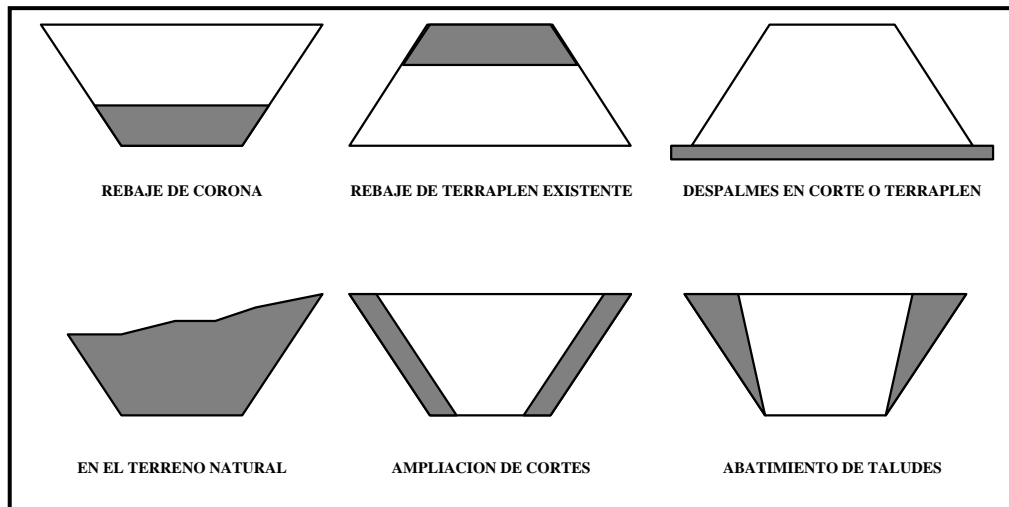
bancos, y otras superficies fuera del derecho de vía, que la Secretaría ordene desmonte, estos trabajos deberán ejecutarse de tal manera que se asegure que toda la materia vegetal proveniente del desmonte quede fuera de las zonas destinadas a la construcción.

002-f.10. El desmonte deberá estar terminado cuando menos un km adelante del frente de ataque de las terracerías la Secretaría fijará, de acuerdo con los programas de obra, la longitud máxima del tramo por desmontar.

003-b. Cortes

003-b.01. Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes de la corona de cortes y/o terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y en despalmes de cortes, o para el desplante de los terraplenes, con objeto de preparar y/o formar la sección de la obra, de acuerdo a lo fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría, ver siguiente figura:

FIGURA IV. 7 “TIPOS DE CORTES”



003-d.01. Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasificarán tomando como base los tres tipos siguientes:

- Material “A” material blando fácilmente atacable (tipo I).
- Material “B” material excavable con un tractor D7 (tipo II).

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

c) Material "C" material que solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos (tipo III).

La clasificación del material de un corte se hace tomando en cuenta los tres tipos anteriores, ejemplo (0,50,50), constituido por 0% de material "A", 50% de material "B" y 50% de material "C".

003-f.02. Solo cuando lo indique el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, se despalmara el sitio de los cortes y/o el área de desplante de los terraplenes desalojando la capa superficial del terreno natural para el material que se considere inadecuado para la construcción de las terracerías, los despalmes se ejecutarán en material "A", el material del despalme se colocará en el lugar que indique la Secretaría.

003-f.03. Las excavaciones en los cortes se ejecutarán de manera que permitan el drenaje natural del corte cuando lo indique el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, las cunetas se construirán con la oportunidad necesaria y en tal forma que su desagüe no cause perjuicio a los cortes ni a los terraplenes; las contracunetas cuando lo indique el proyecto y/o lo ordene la Secretaria, deberán hacerse simultáneamente con los cortes, iguales disposiciones se tomarán cuando se trate de trabajos resultantes de la modificación de cortes en una terracería existente.

003-f.04. Los materiales obtenidos de los cortes se emplearán en la formación de terraplenes o se desperdiciaran, como lo indique el proyecto y/o lo ordene la Secretaría en terracerías compensadas, antes de efectuar un préstamo de banco o lateral, es necesario acabar totalmente el corte utilizando todo el material aprovechable en la formación de terraplén.

003-f.05. En las laderas con pendientes mayores que 25 % se ejecutarán escalones para que se apoyen los terraplenes.

003-f.13. Para dar por terminado un corte, se verificarán, el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto

y/o lo ordenado por la Secretaría, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) Niveles en la subrasante ± 3.00 cm
- b) Ancho de la excavación a nivel de la capa subrasante del centro de la línea a la orilla.
- c) Salientes aisladas con respecto a la superficie del talud
 - 1) en material "A" o "B" 10.00 cm
 - 2) en material "C" 50.00 cm

004-b Préstamos

004-b.01. Excavaciones indicadas en el proyecto y/o por la Secretaría, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados, pueden ser:

- a) Préstamos laterales.
- b) Préstamos de banco.

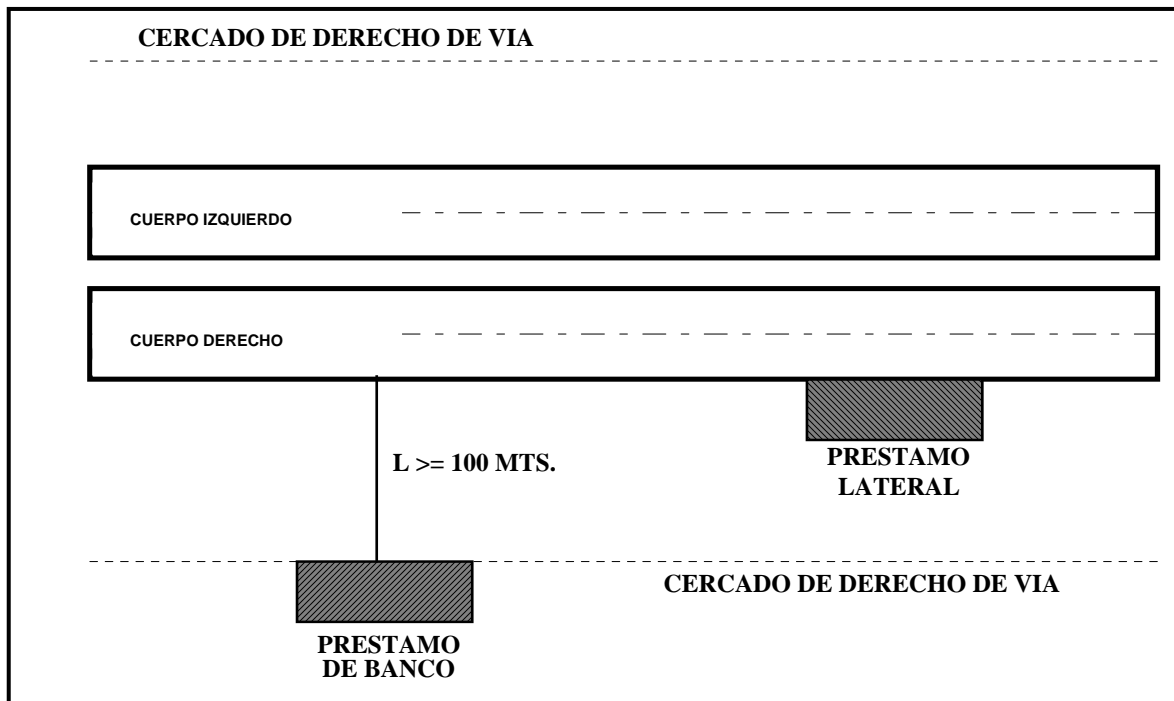
004-b.02. Préstamos laterales son los seguidos dentro de las franjas ubicadas fuera de los cerros, en uno o en ambos lados del eje de las terracerías, con anchos determinados en el proyecto cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos, pudiendo sobresalir de unos u otros, en cada caso hasta 20 m, los anchos de las fajas siempre se medirán a partir del eje de las terracerías para cada tramo, cada capa con su ancho previamente fijado, no deberá dividirse en fajas de ancho menor, para fines de medición el acarreo es libre, por lo cual no se medirá.

004-b.03. Préstamos de banco, son los ejecutados fuera de la franja de 100 m de ancho, señalada en el párrafo anterior de este capítulo también se consideran como préstamo de banco, las excavaciones ejecutadas dentro de las fajas fijadas para préstamos laterales, cuyos materiales se empleen en la construcción de terraplenes que no estén situados lateralmente a dichos préstamos, tomando en cuenta la tolerancia de 20 m.

A continuación se muestra la figura IV.8 "Préstamos laterales y de banco" en la

cual se puede observar gráficamente las cláusulas antes citadas.

FIGURA IV.8 “PRÉSTAMOS LATERALES Y DE BANCO”



005-b Terraplenes

005-b.01. Estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría. Se consideran también como tales, las cuñas contiguas a los estribos de los puentes y de pasos a desnivel; la ampliación de la corona, el tendido de los taludes y la elevación de la subrasante, en terraplenes existentes, y el relleno de excavaciones adicionales abajo de la subrasante, en cortes, ver figura IV.9 “Tipos de terraplenes”.

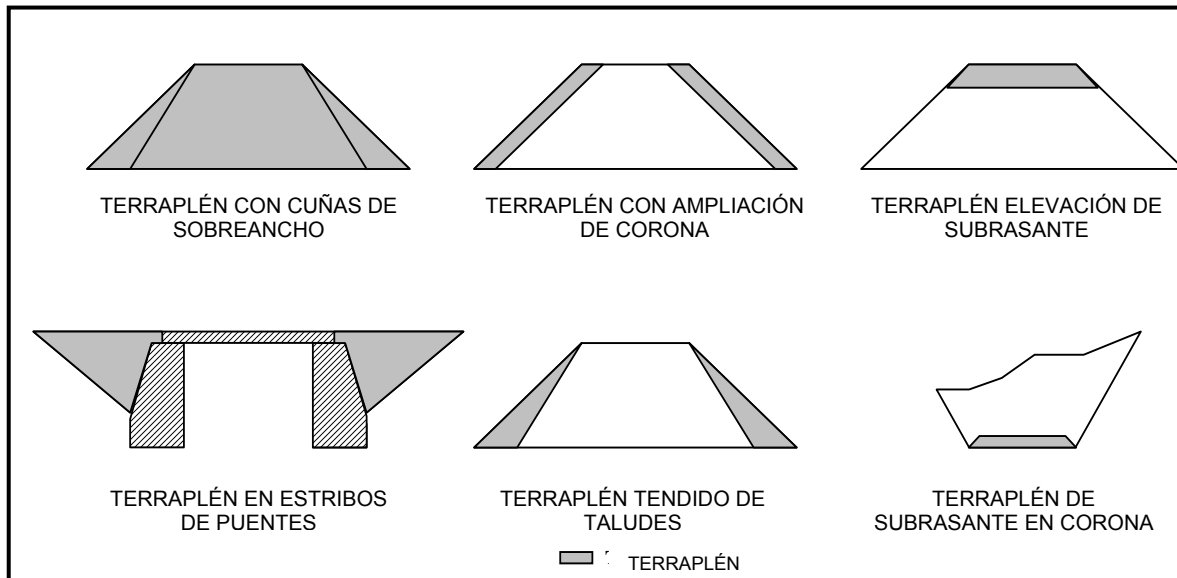
005-d.01. Los materiales que se emplean en la construcción de terraplenes serán aquellos que provengan de préstamos y/o cortes y que sean adecuados a juicio de la Secretaría.

005-d.02. Para fines de la formación de terraplenes, los materiales que se emplean en la construcción de los mismos, se clasificarán de la siguiente manera:

A) Material compactable.

B) Material no compactable.

FIGURA IV.9 “TIPOS DE TERRAPLENES”



005-d.03. Materiales compactables, los fragmentos de roca muy alteradas, areniscas blandas y tepetates, los cuales en caso de duda se someterán a la prueba que se detalla a continuación y que como resultado de ella, cumplan con los requisitos de porcentaje y tamaño de material retenido:

- 1) Se tenderá una capa de material del espesor que permita el tamaño máximo del material pero no menor de 30 cm en todo el ancho del terraplén y en 20 m de longitud.
- 2) Se regará agua sobre la capa, en cantidad aproximada de 100 lt/m^3 de material.
- 3) Se someterá la capa regada al tránsito de un tractor de orugas con garra y peso de 20 ton, pasando 3 veces por cada uno de los puntos que forman la superficie.
- 4) Se harán sondeos a cielo abierto en los 20 cm superiores de la capa, con volumen aproximado de $\frac{1}{2} \text{ m}^3$ en cada sondeo.
- 5) El material producto de los sondeos deberá tener como máximo, un 20 % en volumen, de material retenido en la malla de 3" (7.62 cm).

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- 6) El material retenido deberá tener como máximo al 5 % del volumen total, de fragmentos de roca mayores de 6" (15.24 cm).
- 7) Se tomará el promedio de los resultados de 3 sondeos efectuados en distintos lugares fijados por la Secretaría.

005-d.04. Materiales no compactables son los fragmentos de roca provenientes de mantos sanos tales como: basaltos conglomerados fuertemente cementados, riolitas, granitos, andesitas y otras, y los que exceden los requisitos de porcentajes y tamaño de material retenido, fijados en los subpárrafos (005-d.03.b.5 y 005-d.03.b.6) de este capítulo. Solamente en caso de duda se someterán a la prueba indicada en el párrafo antes citado.

005-f.01. El equipo de construcción, incluyendo el necesario para la compactación y disgregación en su caso, deberá ser previamente autorizado por la Secretaría.

005-f.02. Se despalmará el sitio del desplante de los terraplenes, desalojando la capa superficial del terraplén del terreno natural cuando lo indique el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, para eliminar el material que se considere inadecuado. El despalme se ejecutara únicamente en material A. El material producto del despalme se colocará en un lugar que indique la Secretaría.

005-f.04. Siempre que la topografía del terreno lo permita, a juicio de la Secretaría los terraplenes se construirán por capas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección, de acuerdo a lo indicado en el inciso (005-f.11) de este capítulo y de un espesor aproximadamente uniforme que se ajustará a lo siguiente:

- a) En el caso de material compactable, el espesor de las capas sueltas deberá ser tal que se obtenga la compactación fijada y/o la ordenada.
 - b) En el caso de material no compactable, el espesor de las capas sueltas será el mínimo que permita el tamaño mayor del material, salvo que en los casos especiales fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría.
-

005-f.09. La compactación de los terraplenes se hará observando lo siguiente:

- a) Se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección, según el grado de compactación que fije el proyecto.
- b) Se dará al material uniformemente la humedad conveniente. Se aplicará el agua en el lugar de la excavación o en el terraplén mismo según lo indique la Secretaría.
- c) Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad del óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente, la Secretaría aprobará previamente el procedimiento para eliminar el agua excedente.
- d) Si lo ordena la Secretaría, efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se agregará agua si es necesario antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.

005-f.11. Con objeto de lograr que con el equipo de compactación se alcance el grado de compactación fijado en toda la sección del terraplén, lo que no es posible obtener en las orillas, los terraplenes se construirán con una corona más ancha que la teórica del proyecto y con un talud diferente, que se encontrará con el talud teórico del proyecto en la línea de ceros; se obtendrán así las cuñas laterales de sobreancho, en las cuales la compactación podrá ser menor que la fijada.

El proyecto incluirá las dimensiones de las cuñas de sobreancho, las que serán recortadas una vez que se halla terminado la construcción del terraplén, dejando el talud debidamente afinado, el material resultante del corte de las cuñas de sobreancho, se extenderá uniformemente sobre el talud hasta el pie de los terraplenes, sin obstruir el drenaje.

005-f.12. En los terraplenes que se construyen con material no compactable, al formar las capas, se observará lo que corresponda de lo indicado en el párrafo (005-f.04.b) de este capítulo. Salvo indicación en contrario del proyecto y/o de la Secretaría, en cada capa se hará el acomodo del material mediante 2 tránsitos,

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

por cada uno de los puntos que forma la superficie de la capa, de tractor con peso de 20 ton avanzando y retrocediendo la maquina con movimiento roncedo.

005-f.13. Cuando se utilizan materiales no compactables en la construcción de terraplenes, estos se formarán con dichos materiales hasta una elevación tal, que no queden salientes aisladas a menos de 30 cm abajo de la subrasante de proyecto. Los terraplenes se terminarán hasta un nivel de subrasante, utilizando material adecuado obtenido de los sitios que fije el proyecto y/o los que fije la Secretaría, colocando y compactando de acuerdo con lo indicado en los incisos (005-f.04 y 005-f.09) de este capítulo.

005-f.20. Los procedimientos de ejecución para el mezclado, tendido y compactación de la capa subrasante y subyacente formada con material seleccionado, en la elevación de cortes y/o terraplenes existentes, de la capa subrasante sobre terraplenes construidos con material no compactable y de la capa subrasante en los cortes en que se haya ordenado excavación adicional, cuando el proyecto y/o la Secretaria lo indiquen que el trabajo se lleve a cabo mediante un tratamiento similar al de construcción de sub-bases, en términos generales serán los siguientes:

- a) Cuando se empleen dos o más materiales, se mezclarán en seco con objeto de obtener un material uniforme.
 - b) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener la homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 cm.
 - c) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente aprobados por la Secretaría.
 - d) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado,
-

sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría, la cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique y se le agregue agua, si es necesario antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente. Podrá efectuarse la compactación en capas mayores que el indicado en el párrafo “b” de este inciso, siempre que se obtenga la compactación fijada en el proyecto y/o ordenada por la Secretaría. Se dan riegos superficiales de agua durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

- e) En las tangentes, la compactación se iniciara de las orillas hacia el centro y en las curvas, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

005-f.21. Para dar por terminada la construcción de un terraplén incluyendo su alineamiento, se verificaran el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- | | |
|---|-----------|
| A) Niveles de subrasante. | ± 3.00 cm |
| B) Anchura de la corona, a nivel de subrasante del centro del camino a la orilla. | ±10.00 cm |
| C) En los taludes o el ancho entre el centro de líneas y las líneas de los cerros, conservando el plano general de estos: | |
| 1) En material “A” y “B”. | ±30.00 cm |
| 2) En material “C”. | ±75.00 cm |

006-b Acarreos para terracerías

006-b.01. Transporte del material, producto de los cortes vistos en el inciso (003-b.01), préstamos de banco y lateral, así como el transporte del agua.

006-d.01. Los acarreos se dividen en:

- 1) Acarreo libre.- Es el efectuado hasta una distancia de 20 m.
 - 2) Sobreacarreo.- Se cuantifican multiplicando el volumen por la distancia de
-

sobreacarreos dentro de las cuales se tienen: $m^3 - est$, $m^3 - hm$, $m^3 - hm+1$, $m^3 - 5hm$, $m^3 - 5hm+1$, $m^3 - km$, $m^3 - km+1$.

Las distancias se determinan en el diagrama de curva masa del proyecto.

IV.1.4.8 ESPECIFICACIONES PARA PAVIMENTOS

073-b Materiales para la construcción de sub-bases y bases

073-b.01. Materiales pétreos seleccionados por sus características físicas para emplearse en la construcción de sub-bases y bases.

073-c.01. Los materiales seleccionados que se empleen en la construcción de sub-bases y bases, deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

- a) Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.
- b) Materiales que no requieren tratamiento.
- c) Materiales que requieren ser disgregados.
- d) Materiales que requieren ser cribados.
- e) Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

073-d.05. Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados son los siguientes:

- a) Materiales poco o nada cohesivos, como mezclas de gravas, arenas y limos, que al extraerlos quedan sueltos y contienen más del 25 % de partículas mayores de 2" (5.08 cm). Estos materiales deberán ser triturados y cribados por la malla de 1.5" (3.81 cm).
- b) Tezontles y materiales cohesivos, como tepetates, caliches, conglomerados y rocas alteradas, que al extraerlos resulten con terrones que puedan disgregarse por la acción del equipo mecánico y que posteriormente a dicho tratamiento contienen más del 5% de partículas de tamaño mayor de 2" (5.08 cm). Estos materiales deberán ser triturados y cribados por la malla de 1.5" (3.81 cm), sin que previamente deban disgregarse por la acción del equipo mecánico.

073-d.06. Los materiales que requieren trituración total y cribado a través de la malla de 1.5" (3.81 cm), son los que provienen de:

- a) Piedra extraída de mantos de roca.
- b) Piedra de pepena.
- c) Piedra suelta de depósitos naturales o desperdicios.

073-f.01. El desmonte necesario de los bancos se efectuara previamente a su explotación, como lo marca el inciso (002-b.01) de las especificaciones para terracerias.

073-f.02. Una vez efectuado el desmonte, se despalmarán los bancos desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características físicas, no sea adecuada para la construcción de sub-bases y bases. En la ejecución del despalmado se observará lo siguiente:

- a) El despalmado se iniciará después de que la Secretaría haya efectuado el seccionamiento de la superficie probable de ataque.
- b) El material producto del despalmado se colocara en el lugar que indique la Secretaría.
- c) El contratista será responsable de que no se alteren ni modifiquen las referencias y bancos de nivel del seccionamiento, durante el despalmado.

073-f.06. Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados, deberán ser triturados a tamaño máximo de 1.5" (3.81 cm), con equipo mecánico adecuado que permita satisfacer la composición granulométrica fijada. El material deberá hacerse pasar totalmente por el equipo, aunque solo parte de él se triture, determinando previamente el porcentaje por triturar.

073-f.11. Antes de extender el material para formar la sub-base o base, este se acamellonara para su medición. En los materiales que no requieren tratamiento y en los que requieren sean disgregados, en que se acepta acarrear hasta un 5% de tamaños mayores de 2" (5.08 cm) para ser eliminados en la carretera, el

acamellonamiento se hará antes de eliminar ese material.

073-g.02. La extracción de los materiales producto de la explotación de los bancos, tanto de los aprovechables como de los desperdicios, se medirán seccionando el banco después del despalme y al terminar su explotación, para obtener el volumen extraído, por el método de áreas extrema. Los volúmenes obtenidos se clasificaran en material A, B o C como corresponda.

074.b Sub-bases y bases

074-b.01. Capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la capa subrasante y cuya función es soportar, las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas.

074-f.01. La construcción de la sub-base o de la base se iniciará cuando las terracerías o la sub-base, según sea el caso, estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas en estas normas.

074-f.02. La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de sub-bases o bases deberá hacerse sobre la subrasante o sub-base según sea el caso, en la forma y en los volúmenes por estación de 20 m que ordene la Secretaría.

074-f.04. Los procedimientos de ejecución de las sub-bases y bases, así como sus procedimientos serán fijados en el proyecto. En términos generales, la secuencia de estas operaciones es la siguiente:

- a) Cuando se empleen dos o más materiales, se mezclarán en seco con el objeto de obtener un material uniforme.
- b) Cuando se empleen motoconformadoras para el mezclado y el tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos y mezclados sucesivos, para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener la homogeneidad en granulometría y humedad. A

continuación se extenderá en capas sucesivas de materiales sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 cm.

- c) Cuando se emplee otro equipo para el mezclado y tendido, tanto el equipo como el procedimiento de construcción deberán ser previamente aprobados por la Secretaría.
- d) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado en el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, sobreponiéndose las capas hasta obtener el espesor y sección fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría, la cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique y se le agregue agua, si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente. Podrá efectuarse la compactación en capas mayores que el indicado en el párrafo b) de este inciso, siempre que se obtenga la compactación fijada en el proyecto y/o ordenada por la Secretaría. Se dan riegos superficiales de agua durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

074-f.05. Se verificará la dosificación de los volúmenes de materiales o materiales que se utilicen en la construcción de bases y sub-bases se hará, en términos generales, en tramos de la longitud que fije la secretaria.

074-f.07. Para dar por terminada la construcción de la base y de la sub-base, se verificará el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias.

- a) Ancho de la sección del eje a la orilla. +10 cm + 10 cm
- b) Pendiente transversal. +1/2 % + 1/2 %
- c) Profundidad de las depresiones colocando una regla de 3 m. + 2 cm + 2 cm

075-b Materiales para la construcción de carpetas y mezclas asfálticas

075-b.01. Los materiales pétreos seleccionados por sus características físicas, para emplearse en la construcción de carpetas y mezclas asfálticas.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

075-d.01. Los materiales pétreos seleccionados que se empleen en la construcción de carpetas y mezclas asfálticas, requieren o no lavado deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

- a) Materiales que requieren ser cribados.
- b) Materiales que no requieren ser triturados parcialmente y cribados.
- c) Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

075-f.02. Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados deberán ser extraídos del banco, triturados y cribados a través de las mallas fijadas, utilizando medios mecánicos que aseguren la trituración y separación en su caso, en los tamaños especificados el material deberá hacerse pasar totalmente por el equipo, aunque solo una parte de él se triture, determinando previamente el porcentaje por triturar.

076-b Materiales asfálticos

076-b.01. Materiales bituminosos con propiedades aglutinantes, sólidos, semisólidos o líquidos que se utilizan en estabilizaciones, en riegos de impregnación, de liga y de sello, en construcción de carpetas y en la elaboración de mezclas y morteros.

076-d.01. Los materiales asfálticos se transportarán desde el lugar de adquisición hasta el de almacenamiento utilizando carros tanque de ferrocarril, autos tanque o barcos-tanque, tanto este equipo de transporte como cualquier otro que el contratista pretenda utilizar deberá ser previamente aprobado por la Secretaría.

078-b Riego de impregnación

078-b.01. El riego de impregnación es la aplicación de un asfalto rebajado a una superficie terminada, con objeto de impermeabilizarla para favorecer la adherencia entre ella y la carpeta asfáltica.

078-d.01. Los materiales asfálticos que deberán emplearse para riego de impregnación serán rebajados de fraguado medio, del tipo que fije el proyecto.

078-f.01. Se procederá al barrido de la superficie por tratar para eliminar todo

material suelto, polvo y materias extrañas que se encuentren en ella, antes de aplicar el riego de impregnación. El barrido se dará por terminado cuando lo indique la Secretaría.

IV.1.4.9 ESPECIFICACIONES PARA OBRAS DE DRENAJE

022-f Excavación para estructuras

022-f.01. El proyecto y/o la Secretaría ordenará si las excavaciones para estructuras deben ejecutarse a mano o a máquina.

022-f.03. Cuando el proyecto lo fije y/o la Secretaría ordene que las paredes de la excavación puedan servir de moldes a un colado, sus dimensiones no deberán excederse de 10 cm.

022-f.04. Cuando la cimentación deba hacerse en un lecho de roca o suelo que pueda ser afectado, rápidamente por el intemperismo, las excavaciones se suspenderán a 15 cm arriba y se reanudarán inmediatamente antes de ejecutar la obra.

022-f.07. De acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría, se construirán las obras de protección necesarias para evitar derrumbes o inundaciones de las excavaciones.

022-f.11. El fondo y los taludes de la excavación deberá quedar en la forma que fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría y estará limpio de raíces, troncos o cualquier material suelto.

022-f.13. Cuando la Secretaría lo autorice el uso de explosivos deberá evitarse aflojar el material, más allá de la superficie teórica fijada en el proyecto; el material inestable deberá removerse y depositarse en el lugar ordenado por la Secretaría.

023-b Rellenos

023-d.01. Los materiales que se empleen en el relleno de las excavaciones para estructuras o en las obras de drenaje, ver figura IV.10 “Rellenos en obras de drenaje”, para su protección, serán preferentemente aquellos que provengan de

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

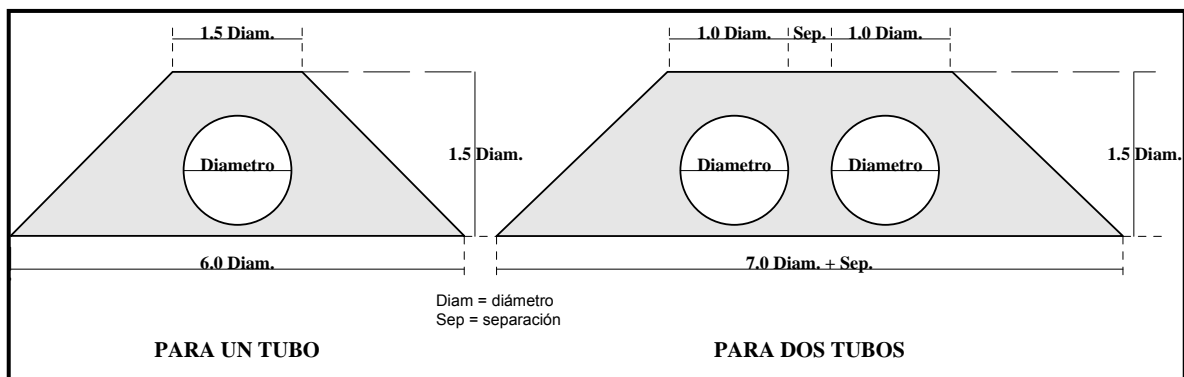
las mismas excavaciones. De no ser aceptable el material de la excavación para la formación del relleno, se deberá hacer este con material de préstamo previamente aceptado por la Secretaría.

023-f.01. Los rellenos se ajustarán a los procedimientos de ejecución fijados en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría.

023-f.01. Se iniciarán los trabajos de relleno cuando la Secretaría, previa inspección verifique que se ha cumplido con lo fijado en el proyecto.

023-f.08. No se permitirá el paso del equipo pesado sobre las alcantarillas o cualquier otra estructura que se este rellenando, hasta que estas tengan un colchón mínimo fijado en el proyecto y/o el que ordene la Secretaría en cada caso.

FIGURA IV.10 “RELLENOS EN OBRAS DE DRENAJE”



024-b Mamposterías

024-b.01. Las mamposterías son los elementos estructurales que se construyen con piedra, juntada con mortero de cemento o cal, o sin juntar, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría. En este capítulo se tratan los siguientes tipos de mamposterías:

- a) De segunda clase.
- b) De tercera clase.
- c) Seca.

024-b.02. Mampostería de tercera clase es la que se construye con piedra sin

labrar, junteada con mortero de cemento, de cal hidratada en polvo o de cal hidratada en pasta.

024-b.03. Mampostería de segunda clase es la que se construye con piedra toscamente labrada, rastreada y junteada con mortero de cemento.

024-b.04. Mampostería seca es la que se construye con piedra sin labrar, debidamente acomodada para dejar el mínimo número de vacíos, sin emplear mortero.

024-d.01. Las piedras deberán pesar como mínimo 30 kg excepto las que se empleen para acuñar. Se desecharán las piedras redondeadas y los cantos sin fragmentar. Las piedras que se utilicen deberán estar limpias y exentas de costras. Si sus superficies tienen cualquier materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán y serán rechazadas si se tienen grasas, aceites y/o si las materias extrañas no son removidas.

024-d.02. Los lugares de los cuales deberán obtenerse las piedras, la arena y el agua, son los indicados a continuación:

- a) Para la piedra, la arena y el agua, de bancos fijados por la Secretaría o propuestos por el contratista y aprobados por la misma.
- b) Para la piedra, la que provenga de cortes y canales o de excavaciones para estructuras, previa orden y aprobación de la Secretaría.
- c) La piedra de pepena, previa orden, de los sitios fijados y/o aprobados por la Secretaría.

024-f.01. Los morteros de cemento deberán elaborarse dosificando los materiales en volumen, tomando una parte de cemento y cuatro de arena (1:4) para las mamposterías de segunda clase y una parte de cemento y cinco de arena (1:5) para las mamposterías de tercera clase, salvo que el proyecto fije o la Secretaría ordene otra dosificación; para el proporcionamiento de 1:4 se considera un consumo de cemento de 350 kg por metro cúbico de mortero; igualmente para el proporcionamiento 1:5 considera un consumo de 280 kg por metro cúbico de

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

mortero. En términos generales, para las mamposterías de segunda clase deberán considerarse 240 lts de mortero por m³ de mampostería y para la tercera clase se deberán considerar 300 lts por m³ de mampostería.

024-f.02. El mortero de cemento elaborado en obra con proporción 1:4 y 1:5 cumple con los requisitos de proyecto, si a los 7 días de edad la resistencia de cada muestra es $\geq 80 \text{ kg/cm}^2$.

024-f.04. Una vez terminada y afinada la superficie de desplante se compactará, y se colocará una plantilla de mortero para obtener una superficie uniforme según lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría.

024-f.06. Las mamposterías de 3^a clase se construirán colocando en el desplante las piedras de mayores dimensiones, las mejores caras se aprovecharán para los parámetros, no dejando salientes mayores de 4 cm las piedras serán junteadas perfectamente con mortero según proyecto. Al asentar las piedras se procurará que las caras de mayores dimensiones queden normales a la dirección de la resultante, asegurando el cuatrapeo.

024-f.09. En todas las mamposterías deberán usarse piedras a tizón, distribuidas regular y convenientemente para lograr una mejor trabazón; y las áreas expuestas de estas piedras deberán constituir por lo menos una quinta parte del área del paramento.

024-f.11. El coronamiento o enrase de toda la mampostería que quede expuesto a la intemperie deberá cubrirse con un chapeo de mortero de cemento, en proporción 1:4 con un espesor mínimo de 3 cm y dándole una pendiente transversal no menor de 2%, una vez terminado, se curará durante tres días.

030-b Alcantarillas de tubo de lámina

Salvo indicaciones en contrato del proyecto y/o la Secretaría, no se emplearán tubos con diámetro menor de 75 cm en la construcción de alcantarillas.

030-d.02 El tubo o arco podrá formarse con una o más placas ensambladas o remachadas.

030-d.03. Las dimensiones, forma, número de placas, calibre de lámina, recubrimiento adicional, bandas de acoplamiento, remaches, pernos, grapas y demás características, serán fijadas en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría.

030-d.04. Las láminas del metal base serán galvanizadas en ambas caras.

030-d.05. Cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría, la lámina galvanizada deberá tener un recubrimiento adicional para protegerla contra la erosión o la corrosión consiste en una doble capa de cemento asfáltico, aplicado por el procedimiento de inmersión. El asfalto deberá ser del tipo oxidado y aplicarse a una temperatura comprendida entre 92 °C y 96 °C. El espesor final del recubrimiento de doble capa asfaltada será como mínimo de 1.3 mm como máximo de 1.7 mm.

030-f.04. La excavación de las alcantarillas deberá ser hecha con las dimensiones y niveles fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría.

030-f.05. Cuando se usen tubos, se armarán, colocarán y troquelarán de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría. Se observarán las siguientes recomendaciones:

- a) Los tubos se colocarán de manera que, en sus traslapes transversales, el extremo del tubo al que le corresponda la parte exterior del traslape, quede hacia aguas arriba, para evitar filtraciones y obstrucciones al flujo del agua.
 - b) Cuando se requieran bandas de acoplamiento para unir los tramos de tubería, estas se fijarán sólidamente una vez que los tramos estén en el lugar indicado en el proyecto y/o ordenado por la Secretaría.
 - c) En superclaros, se usarán apuntalamientos interiores o ligaduras, cada unión longitudinal deberá estar completamente ajustada antes de agregarle placas adicionales laterales, de esquina o superiores.
-

030-f.08. En los tubos no deberán utilizarse secciones o placas abolladas, deformadas o con raspaduras que hayan deteriorado su galvanizado y/o recubrimiento, tratando de no dejarlos caer en su colocación, arrastrarlos o rodarlos sobre terreno pedregoso.

031-b Alcantarillas de tubo de concreto

031-b.01. Las alcantarillas tubulares de concreto son las que se construyen con una o varias líneas de tubos de concreto, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la Secretaría.

031-d.01. Las dimensiones y demás características, así como procedimiento de fabricación de los tubos, serán fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría.

031-f.01. Las juntas serán del tipo de macho y campana o de macho y hembra, según lo fije el proyecto y/o lo ordene la Secretaría. Al colocarse los tramos de tubo deberán sellarse las juntas y en su caso, las perforaciones para el manejo, con mortero de cemento y arena, en proporción 1:2 o como lo indique el proyecto, para formar un ducto continuo y firme, sin filtraciones y con superficie interior firme, lisa y uniforme.

031-f.02. Todos los tubos se colocarán con el macho en posición aguas abajo y al instalarlos se procederá de abajo hacia arriba, siguiendo la pendiente fijada en el proyecto.

031-f.04. No deberán colocarse tubos agrietados o aquellos despostillados que, a juicio de la Secretaría, no permitan la construcción de una junta estanca.

031-f.05. El contratista deberá retirar de la obra los tubos rechazados por la Secretaría.

A continuación se mencionan las características del terreno en el tramo del km 0+000 al km 10+000 las cuales se toman del capítulo I "Descripción del proyecto":

- 1) Del km 0+000 al km 3+500 zona con: relieve montañoso, con laderas estables, presentándose zonas de cortes y terraplenes, el tipo de material en los cortes es principalmente tobas riolíticas y rocas ígneas extrusivas medianamente fracturadas, el material de los cortes servirá para la formación de terraplenes.
- 2) Del km 3+500 al km 6+500 zona con: relieve plano, presentándose zona de terraplén, el tipo de material de apoyo es arcilla negra de alta compresibilidad.
- 3) Del km 6+500 al km 10+000 zona con: relieve montañoso, con laderas estables, presentándose zonas de cortes y terraplenes, el tipo de material en los cortes es principalmente tobas riolíticas café claro medianamente fracturadas, el material de los cortes servirá para la formación de terraplenes.

De esto se obtiene que el inciso 1 es que involucra el tramo en estudio por lo cual se toman las características del mismo.

Ya definidos todos los parámetros para el cálculo de volúmenes y tomando en cuenta las normas y especificaciones, se llega al siguiente catálogo de conceptos en el cual se enumeran las actividades a realizar así como los volúmenes de cada uno, cabe aclarar que este catálogo es un ejemplo ya que las condiciones topográficas, así como las exigencias por parte de la Secretaría, pueden ser diferentes lo cual provocaría la integración de más conceptos o la eliminación de algunos de este.

El siguiente catálogo es el parámetro para la obtención del procedimiento constructivo y la ingeniería de costos las cuales se involucran en los capítulos V “Procedimiento constructivo” y VI “Ingeniería de costos”.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

TABLA IV.3 “CATÁLOGO DE CONCEPTOS”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
1	DESMONTE	ha	6
	CORTES		
	Despalmes, desperdiando el material de excavación		
2	En corte por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	4,571
3	Para desplante de terraplenes por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	7,711
	En cortes y adicionales debajo de la subrasante		
	Cuando el material se utilice para desplante de terraplenes en:		
4	Material A y/o B	m ³	110,157
5	Material C	m ³	50,499
6	Excavación, acamellonado, tendido y compactado para construir la capa subrasante en zona de corte para 95%	m ³	2,963
7	Compactación de la cama de los cortes al 90%	m ³	1,979
	TERRAPLENES		
8	Compactación al 90% del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m ³	80.55
9	Formación y compactación de terraplenes Bandeado	m ³	195,726
10	Formación de capa subyacente compactada al 95% con material de banco	m ³	7,055
11	Formación de capa subrasante compactada al 100% con material de banco	m ³	3,971
	ACARREOS		
12	Del material de desperdicio primer kilómetro	m ³	13,510
13	Del material de desperdicio kilómetros subsecuentes (5 km)	m ³ - km	54,040
14	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 1 km a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante primer kilómetro	m ³	11,469
15	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 250 m a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante kilómetros subsecuentes	m ³ - km	11,469
	Acarreo de material producto de los cortes para formación de terraplenes		
16	Primer hectómetro	m ³	173,480
17	Hectómetros subsecuentes	m ³ - hm	238,808
	DRENAJE		
18	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro en el km 0+180 y km 0+773	m	94
19	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.20 m de diámetro en el km 0+264	m	49
20	Recubrimiento de cunetas y contracunetas con concreto hidráulico simple de 150 kg/cm ²	m ³	390
21	Recubrimiento de lavaderos con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	10
22	Bordillo de 15 cm de base mayor, 14 de base menor y 10 cm de altura con concreto hidráulico de f'c= 150 kg/cm ²	m ³	35
	PAVIMENTOS		
23	Trituración y cribado por tres mallas de materiales obtenidos en depósitos naturales	m ³	2,584
24	Sub-base compactada al 100% con material de banco	m ³	1,387
25	Base compactada al 100% con material de banco	m ³	860

TABLA IV.3 “CATÁLOGO DE CONCEPTOS (continuación)”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
26	Emulsión asfáltica en riego de impregnación	lt	29,400
27	Emulsión asfáltica en riego de liga	lt	10,500
28	Carpeta de concreto asfáltico	m ³	1,400
29	Arena para cubrir la base impregnada	m ³	70
30	Barrido de la base impregnada	ha	1.4
	SEÑALAMIENTO		
31	Recubrimiento con pintura color amarillo reflejante de 10 cm de ancho para raya discontinua separadora de carriles	m	1,760
32	Recubrimiento con pintura color blanco reflejante de 10 cm de ancho para raya continua en las orillas de la calzada (longitud efectiva)	m	4,000
	Señales informativas de destino:		
33	Entronque: de 56 x300 cm (un tablero)	pza	1
	Señales preventivas de:		
34	Velocidad: de 86 x 86 cm	pza	1
	Señales restrictivas:		
35	Alto: de 30 cm por lado	pza	1
	Obras y dispositivos diversos:		
36	Suministro y colocación de Vialitas con reflejante en (una) cara, color amarillo de 10 x10 cm (cara 2.5 x 8.5 cm mínimo)	pza	792
37	Cercado del derecho de vía con postes de concreto y 4 líneas de alambre de púas	m	2,000

CAPÍTULO V

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Desde el punto de vista de la construcción, existen tres puntos básicos para la realización de una obra, a saber: materiales, mano de obra y maquinaria. Estos tres grandes grupos de insumos son los que se usan y combinan de diferentes formas para llevar a un determinado proyecto a su ejecución y conclusión.

En la Ingeniería de Costos se manipulan las variables anteriormente mencionadas, pero además debe existir uno o más criterios de comparación o métodos con los cuales se tenga la facilidad de evaluar y dar seguimiento a las acciones tendientes a conseguir el término de nuestro proceso constructivo. Un criterio básico para realizar estas evaluaciones es el criterio económico, el cual en combinación con la valoración de las actividades con respecto al tiempo, forman un proceso de evaluación útil, pero existen otros parámetros de evaluación tales como la vida útil de la obra o proyecto en cuestión, su rentabilidad (relación costo-beneficio), funcionalidad, los costos de mantenimiento durante esa vida útil, etc.

Con lo anteriormente expuesto, se pretende resaltar la importancia de plantear un buen procedimiento constructivo para la obtención de una obra que se encuentre dentro de los estándares de calidad de su tipo y que sea ejecutada en un tiempo razonable, con el consecuente ahorro de recursos y la optimización de los mismos.

El planteamiento de un esquema de procedimiento constructivo tiene la característica de que permite evaluar y corregir desviaciones en cuanto a la ejecución de los conceptos que integran la obra, además de ser una excelente fuente de información para el proceso de toma de decisiones.

Para efecto de la formulación del programa de obra se deben tener en cuenta diferentes aspectos que infieren directa o indirectamente en la asignación de tiempos y rendimientos para las distintas actividades por desarrollarse. También es pertinente considerar el total de las actividades preliminares (preparativos) y posteriores a cada actividad principal.

Se define como programación de obra al conjunto de actividades enumeradas y asignaciones de duración en el espacio tiempo para todas y cada una de las actividades que integran el total de la ejecución de un proyecto.

Para llevar a cabo la ejecución de los proyectos con sus especificaciones y los programas determinados, a un costo mínimo, se deberán tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Proyecto y cantidades de obra (catálogo de conceptos).
- 2) Programa establecido por las necesidades del cliente y modificado muchas veces por las condiciones naturales encontradas en el transcurso del procedimiento de construcción.
- 3) Costo mínimo: el determinar un costo mínimo depende del buen manejo que se le dé a cada uno de los recursos en la obra (materiales, mano de obra y equipos), éste buen manejo dependerá del conocimiento que se tenga de estos recursos.
- 4) Los recursos de la obra están compuestos con diferentes factores a saber: el factor humano (mano de obra), materiales, maquinaria, y medio ambiente.

Una vez obtenida la obra por medio del concurso, la entidad contratante, entrega el proyecto (Capítulo IV Proyecto Ejecutivo) a la compañía contratista, para que ésta proceda a su ejecución.

V.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA CARRETERA EN GENERAL

El procedimiento constructivo comienza con las actividades que se describen a continuación y que son previas al inicio formal de los trabajos preliminares propiamente establecidos en la formulación del programa de trabajo:

- 1) Localización de dueños de los terrenos afectados y liberación de los mismos.
 - 2) Ubicación física del terreno.
 - 3) Recopilación de los principales datos para el arranque de las actividades de
-

terracerías, tales como la información geológica.

4) Recopilación del número y tipo de obras de drenaje y puentes.

Todos estos datos son necesarios para elaborar un programa de obra general de terracerías, obras de drenaje y puentes, que tomen en consideración los accesos existentes, y accesos que va a ser necesario construir; con el fin de establecer la implementación de los frentes de ataque.

El primer trabajo consiste en reunir a los representantes de las dependencias y ejidos o poblados involucrados, con el objeto de informar acerca del inicio de los trabajos, el pago de afectaciones de los terrenos, así como tratar los pormenores de la obra en general, levantándose un acta legal con la firma de conformidad de cada una de las partes.

La vegetación y el relieve del tramo que comprende este ejemplo, se definen a continuación: el relieve esta integrado principalmente por laderas con pendiente fuerte, se encuentra también una zona plana de aproximadamente 3 km de longitud aproximadamente a la mitad del tramo. La vegetación la integran árboles de mediana altura, el cultivo de esta zona es principalmente maíz y frijol y en la zona plana se cultivan hortalizas y legumbres.

Paralelamente a los recorridos de observación de terreno y al arreglo de los asuntos legales, se realiza una recopilación de datos del proyecto de terracerías (cortes, terraplenes, préstamos, acarreos, etc.), de obras de drenaje (tipo, longitud, ubicación de cada obra) y puentes (tipo y número), esto con el objeto de elaborar un programa de obra general. Normalmente se realiza en principio el programa de terracerías y los demás programas se apegan o dependen de éste. Los programas mencionados son fundamentales porque en ellos se pueden establecer las duraciones de obra (terracerías, obras de drenaje, puentes y otros), cantidades de obra de proyecto, cantidades de maquinaria a utilizar, así como de mano de obra y materiales.

V.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S EN PARTICULAR

Para el caso de una autopista del tipo A4S, Las actividades que en forma general participarán en el programa de obra son en forma enunciativa las siguientes, se deja su explicación más detallada para incisos posteriores:

- 1) Trazo del eje de proyecto
 - 2) Localización de obras de drenaje
 - 3) Desmonte y despalme
 - 4) Compactación del terreno natural
 - 5) Excavaciones en cortes, préstamos, acarreos y terraplenes
 - 6) Trabajos adicionales
 - 6.1) Corte en camellón central
 - 6.2) Excavación en caja en cortes
 - 6.3) Excavación en caja en zona húmeda de terraplenes
 - 6.4) Abatimiento de taludes
 - 6.5) Escalones de liga
 - 6.6) Excavación y corte en bermas
 - 6.7) Remoción de derrumbes
 - 7) Formación de terraplén bandeado y terraplén compactado al 90% de la prueba próctor estándar
 - 8) Formación de Subyacente y Subrasante
 - 9) Construcción de carpeta asfáltica
 - 9.1) Sub-base hidráulica
 - 9.2) Base hidráulica
 - 9.3) Carpeta asfáltica
 - 10) Obras de drenaje
 - 11) Señalización
-

V.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS EN EL BANCO DE PRÉSTAMO

La necesidad de utilizar un banco de préstamo de material nace del hecho de que derivado de los estudios de mecánica de suelos en el área de proyecto se detecta que el material de la zona no es adecuado para su utilización en las terracerías o bien cuando del proyecto de la curva masa se determina que el volumen de material de corte no es suficiente para compensar el volumen de rellenos a realizarse. En este caso, se propone un banco de préstamo de material para complementar los volúmenes de terracerías. De la ubicación del banco de préstamo con respecto a la zona de utilización del material se determinan los movimientos y las distancias de acarreo, las cuales se debe procurar que sean lo mas cortas posible para evitar sobrecostos en el transporte del material.

V.2.1.1 EXCAVACIÓN

El proceso de ejecución en los trabajos de cortes y terraplenes comienza con el trazo y ubicación de referencias topográficas, la cual es realizada por la brigada de topografía. Se traza el eje del camino, su alineamiento horizontal y vertical, se colocan los ceros, estableciendo las referencias por medio de trompos y estacas a las cuales se les anota; el cadenamamiento, elevación del terreno natural, elevación de rasante, espesores y talud de los cortes o terraplenes. Estos trabajos se realizan en estaciones de 20 metros o menores si se presenta alguna característica notable en el terreno.

En la ejecución de las terracerías del tramo que se propone como ejemplo, las excavaciones se consideran en los diferentes cortes como material de tipo “A” y “B”. El tratamiento para el caso de la ejecución de excavaciones en material de tipo “C”, es un tema más extenso que sale del alcance de este trabajo, motivo por lo cual se anexa un apartado al final de este trabajo en donde se explica con respecto a este tema las clasificaciones de tipos de roca por su origen, así como los tipos de voladura existentes y en qué casos se aplican así como los procedimientos para este caso.

V.2.1.2 TRANSPORTE Y ACARREO

Una vez extraído el material del banco de préstamo, éste se debe transportar al sitio de utilización del mismo. Este hecho implica abrir caminos de acceso entre el banco de préstamo y la zona de utilización del material.

El medio de transporte para los materiales de banco es de manera general a través de vehículos que se desplazan por medio de llantas

La elaboración de un programa de terracerías tiene algunas características como las que a continuación se mencionan:

- 1) La duración en tiempo de los trabajos de terracerías se determina dependiendo del tipo de material por atacar, así como del rendimiento de los equipos seleccionados. Para este efecto se realizan las siguientes consideraciones:
 - 1.1) Disponibilidad de equipo: tractores D8N o de modelo similar, también conocidos como “Bulldozers”, así como cargadores frontales (por ejemplo un cargador 966F o de modelo similar), equipo para barrenar, etc.
 - 1.2) El rendimiento del equipo empleado es cercano a lo óptimo, lo cual conlleva a cuidar los aspectos tales como la existencia de un buen mantenimiento, una buena operación evitando movimientos innecesarios, así como la existencia de un adecuado sistema de abastecimiento de combustible.
 - 1.3) Disponibilidad de recursos, esto es, que materiales, lubricantes, combustibles, refacciones y lo que requiera la maquinaria para un buen mantenimiento sea suministrado en la obra de forma inmediata y eficaz.
 - 1.4) El uso de los camiones fleteros para el acarreo de los materiales debe ser eficiente.
 - 1.5) La mano de obra debe ser calificada, los operadores deberán contar con una adecuada capacitación de tal modo que el equipo dé el rendimiento adecuado y el personal de confianza también deberá contar con un buen don de mando al frente de los grupos de trabajo.
-

- 1.6) Las condiciones climáticas deberán ser aceptables de manera que no se interrumpen los trabajos.
- 2) Los movimientos de terracerías compensados, los préstamos de banco, el desmonte, el despalme, los acarreos y la formación de subyacente y sub-rasante están definidos según sus cantidades, para ser ejecutados por grupos de trabajo o grupos de maquinaria, los cuales se plantean de acuerdo a su rendimiento o experiencias anteriores de manera que todo el equipo trabaje en armonía.
- 3) El movimiento compensado se dibuja con dos vectores, uno denota el corte y otro el terraplén, en los demás conceptos (préstamos, desmontes, despalmes, etc.) se dibuja un solo vector.

Los vectores se dibujan en un plano de coordenadas, en las abscisas se encuentra el cadenamamiento, y en las ordenadas la duración. A cada vector se le indica su volumen a ejecutar y su grupo de trabajo.

Para los trabajos de: desmonte, despalme, subyacente y sub-rasante el vector tiene forma lineal, ya que su volumen por lo general es constante durante el tramo. Antes de comenzar la construcción de las terracerías se deben tener en cuenta las siguientes actividades:

Trazo del eje de proyecto a cargo de la brigada de topografía, las actividades que desarrolla son: limpia y trazo de la línea y trazo de curvas horizontales y verticales. Los trabajos anteriormente descritos se realizan con el auxilio del tránsito, nivel y otros implementos. Se colocan estacas y trompos a cada 20 m de distancia o menor de acuerdo a referencias del terreno.

Se deben Localizar los ceros o el ancho del derecho de vía colocando banderolas para que el tractorista las distinga fácilmente, generalmente este trabajo se llevo a cabo en todo el ancho del derecho de vía el cual fue de 60 m, 20 m a la izquierda y 40 m a la derecha del centro de línea del cuerpo izquierdo

V.2.1.3 COLOCACIÓN (ACAMELLONAMIENTO)

Una vez definido este eje por la brigada de topografía, se comienza con el despalme, este trabajo se realiza con un par de tractores D8N o de modelo similar

acarreando el material de la manera más conveniente por ejemplo: en terreno plano o semiplano cada tractor hace la mitad de la franja y empuja el material hasta la línea del derecho de vía depositando el material a ambos lados, en terreno con laderas pronunciadas, el tractor comienza la ejecución desde arriba y deposita el material en la parte baja (dentro del derecho de vía).

El despalme únicamente se paga entre los cerros de los cortes o terraplenes, pero generalmente se hace en todo el ancho del derecho de vía por comodidad con un espesor de 30 centímetros.

V.2.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA ZONA DE CONSTRUCCIÓN

Este movimiento se refiere específicamente a los trabajos de terracerías, así como trabajos preliminares a saber: trabajos de desmonte y despalme, cortes y terraplenes derivados del proyecto de la curva masa, así como acarrees de materiales, acamellonamiento y tendido de los mismos.

V.2.2.1 SUMINISTRO DE MATERIALES (ACAMELLONAMIENTO)

En un tipo de material fácilmente atacable, la excavación se realiza con tractor tipo D8N o de modelo y capacidad similar y no es necesario el uso de explosivos.

El rendimiento óptimo y eficiente en la excavación de este material desarrollado por los tractores D8N depende principalmente de los siguientes factores:

- a) Abastecimiento de combustible y mantenimiento eficiente de la máquina.
- b) Eficiencia en la operación.
- c) Tipo del material a excavar.
- d) Carrera de excavación y distancia de acarreo aceptables.
- e) Método de excavación.
- f) Pendiente del terreno.

El rendimiento de los cargadores; que para este caso es un cargador sobre neumáticos de la marca Caterpillar, modelo 966-F o de marca y capacidad similar, incluye los incisos a, b y c anteriores, agregando además los siguientes factores:

- g) Ciclo básico, el cual comprende: carga, descarga, cuatro cambios de marcha,
-

un ciclo completo del sistema hidráulico y recorrido mínimo.

h) Tipo de almacenamiento y espacio de carga.

i) Varios como: Propiedad de camiones, operación constante o intermitente.

Para el caso de este ejemplo, la excavación de los cortes, en los movimientos compensados, se propone ejecutarla con dos tractores trabajando juntos en un mismo corte y siempre siguiendo el sentido del movimiento, según la curva masa del proyecto. El ingeniero a cargo del tramo o sobrestante, da instrucciones a los tractoristas o en su caso a los cabos de oficio de manera que se ejecute el acarreo del material a una zona de depósito temporal, cuidando de que la distancia de empuje del material realizado por el tractor, sea la misma para que el tractor tenga mayor rendimiento.

La excavación de los cortes realizada por los tractores es continua, se podrá trabajar en 2 turnos de 8 horas, comenzándose el primero de las 7:00 a las 15:00 horas y el segundo de las 14:00 a las 22:00 horas.

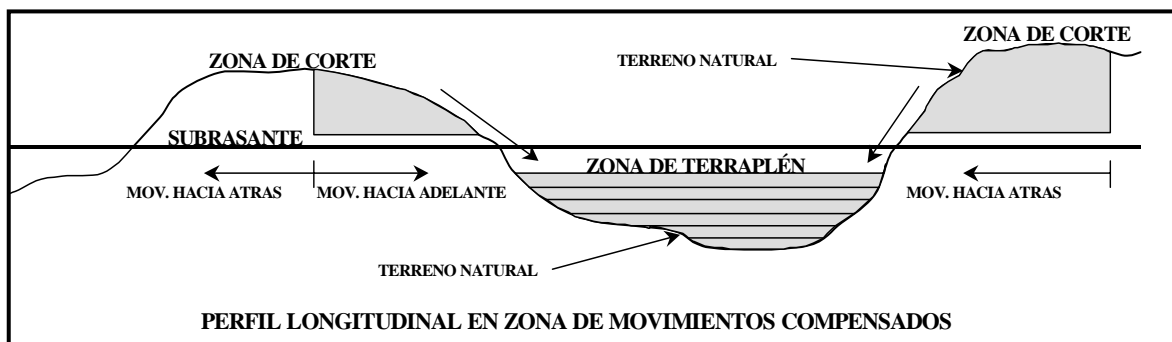
Siempre que se requiera, la brigada de topografía establece las referencias nuevamente en el corte, de manera que se siga con el talud de proyecto o bien para saber qué espesores faltan para llegar a piso (nivel sub-rasante).

Las referencias topográficas se hacen cada que sea necesario, o cada que el ingeniero constructor lo ordene, como por ejemplo cuando se requiere determinar algún avance.

Los cortes por lo general se realizan siguiendo el sentido del movimiento y hasta el nivel de piso (en algunos casos nivel subyacente terminada).

Para el seguimiento de todas estas consideraciones se deben establecer mecanismos de verificación y con la consecuente retroalimentación en cuanto a que la información generada en campo sea de utilidad en oficinas donde se realiza la verificación de las probables desviaciones para proceder a los ajustes correspondientes.

FIGURA V.1 “CORTE ESQUEMÁTICO DE UN CORTE Y TERRAPLÉN”



En conjunto con los trabajos de excavación en los cortes se realiza el acarreo del material a la zona de depósito temporal, para después efectuar el acarreo del material producto del corte a la zona de terraplén. El trabajo anterior lo realizan:

- 1) Cargador frontal en su labor de carga de material a los camiones.
- 2) Camiones en el acarreo del material.
- 3) Tractor D8N para compactar y/o acomodar el material.

El camino de acceso por donde transitan los camiones deberá cuidarse, para ello se le proporciona un mantenimiento continuo por medio de una motoconformadora o por el mismo tractor. Este trabajo es importante ya que así se garantiza el constante ciclo que realizan los camiones de carga y descarga del material en el terraplén y del tractor en la compactación .

La eficiencia de los cargadores depende de los incisos anteriormente descritos y además del cuidado del camino, lo cual hace que el cargador trabaje al 100% de su capacidad.

Los camiones para carga y acarreo de material, tienen 7, 14, y 16 m³ de capacidad, la empresa constructora también debe prever el uso de algunos tractocamiones, generalmente estos tractocamiones acarrean el material que los camiones de menor capacidad no pueden transportar (rocas de gran diámetro, material pedregoso, material saturado, etc.).

Excavaciones adicionales o fuera de proyecto

Existen excavaciones adicionales o fuera de proyecto que se ejecutan y de modo general son las siguientes:

- a) Corte de camellón central.
- b) Excavación de caja en cortes.
- c) Excavación de caja en zona húmeda de terraplenes.
- d) Abatimiento de taludes.
- e) Escalones de liga.
- f) Excavación de corte en bermas.
- g) Remoción de derrumbes.

Este tipo de excavaciones son necesarias debido principalmente a:

- 1) La inestabilidad que presentan los taludes de proyecto en algunos cortes (abatimiento de taludes, bermas y derrumbes).
- 2) Exceso de humedad en el material de desplante, en el piso de algunos cortes o en el terreno natural, para formación de terraplén (excavación de caja en cortes y terraplenes).
- 3) Exceso de pendiente en la zona de terraplén. Con el fin de ligar el terreno natural y el cuerpo de terraplén (escalones de liga).
- 5) Facilitar la visibilidad en los vehículos (corte de camellón central).

En las figuras V.2 A “Sección transversal de un solo cuerpo” y V.2 B “Sección transversal ambos cuerpos”, se presentan de modo ilustrativo las excavaciones mencionadas anteriormente y que se presentan en el caso de una sección transversal de un solo cuerpo, como los elementos que se presentan para el caso de una sección transversal de dos cuerpos.

FIGURA V. 2 A “SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN SOLO CUERPO”

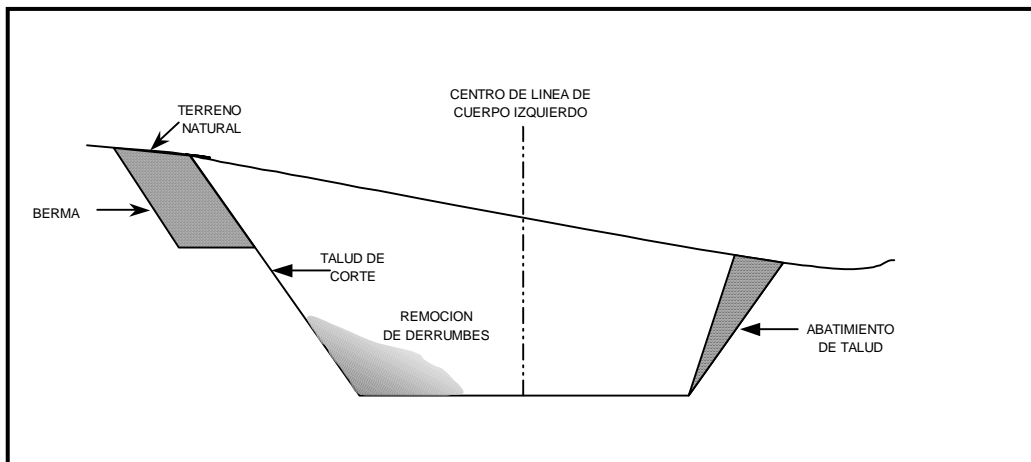
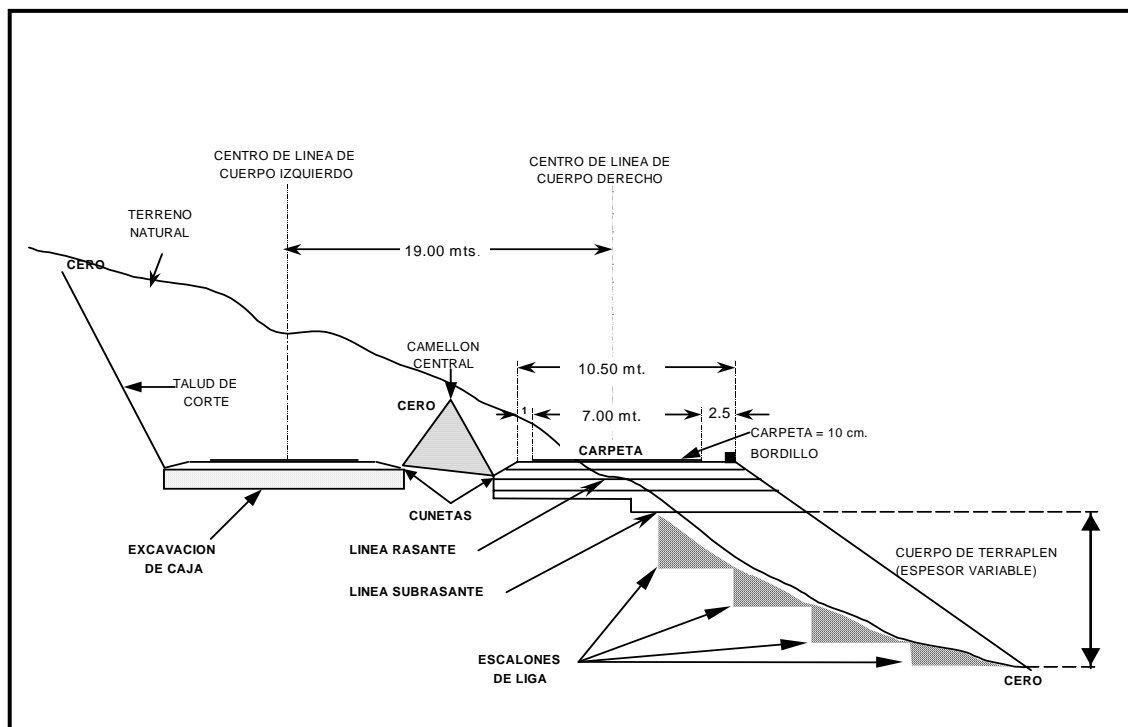


FIGURA V. 2 B “SECCIÓN TRANSVERSAL AMBOS CUERPOS”



El tipo de material excavado en estos conceptos es variable, clasificado según su dureza de ataque. El producto de estas excavaciones, dependiendo de si sus

características son o no aceptables para la formación de terraplenes, se aprovechan para la formación de terraplén o en su defecto se retiran para su envío como desperdicio.

V.2.2.2 TENDIDO DE LOS MATERIALES

El tendido de los materiales tiene importancia desde el punto de vista de que influye en los movimientos y tiempos de la maquinaria pesada, esto es, se debe estudiar cuidadosamente la colocación o tendido de los materiales de tal forma que el proceso de acceso y tendido del mismo sea eficiente y de este modo se ahorre tiempo de equipo pesado.

Formación de terraplén bandeado y compactado al 90%

Por el origen del material, la formación de terraplén puede provenir de los movimientos compensados o de algún préstamo ya sea de banco ó lateral.

El terraplén de acuerdo al tipo de material proveniente puede ser:

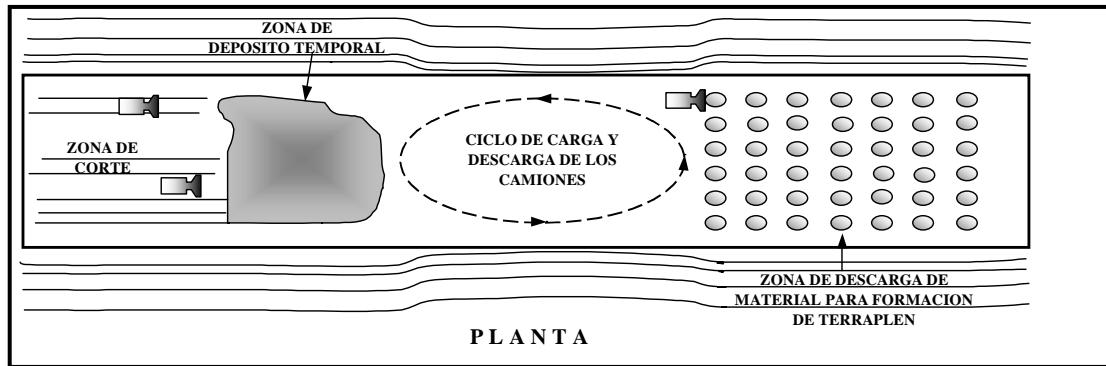
- 1) Terraplén bandeado.
- 2) Terraplén compactado al 90 %.

Terraplén bandeado

Es llamado también terraplén formado con material no compactable; el material lo integran por lo general fragmentos de rocas sanas, conglomerados bien cementados y material muy granular en tamaños mayores de 3" (75 mm). El proceso de ejecución o construcción de este tipo de terraplén es como se muestra en la figura V.3 "Terraplén bandeado".

El tractor comienza con el empuje de material para uniformizarlo en una sola capa, el trabajo lo realiza con la cuchilla delantera, una vez uniformizado el material, el tractor transita sobre él con las orugas con el fin de que el material en este caso logre su acomodo.

FIGURA V.3 “TERRAPLÉN BANDEADO”



Generalmente el tractor realiza el tránsito de frente y de reversa, el número de pasadas que se le proporciona a cada zona con las orugas está en función del tipo de material, y del buen acomodo que pueda tener: La terminación en la compactación o acomodo se deja a criterio del constructor (residente de obra), el supervisor y el laboratorio de control de calidad. En la práctica es común que en los terraplenes de este tipo, el número de pasadas dadas por el tractor se efectúa en campo de común acuerdo entre las partes involucradas (constructores, supervisores y laboratorio).

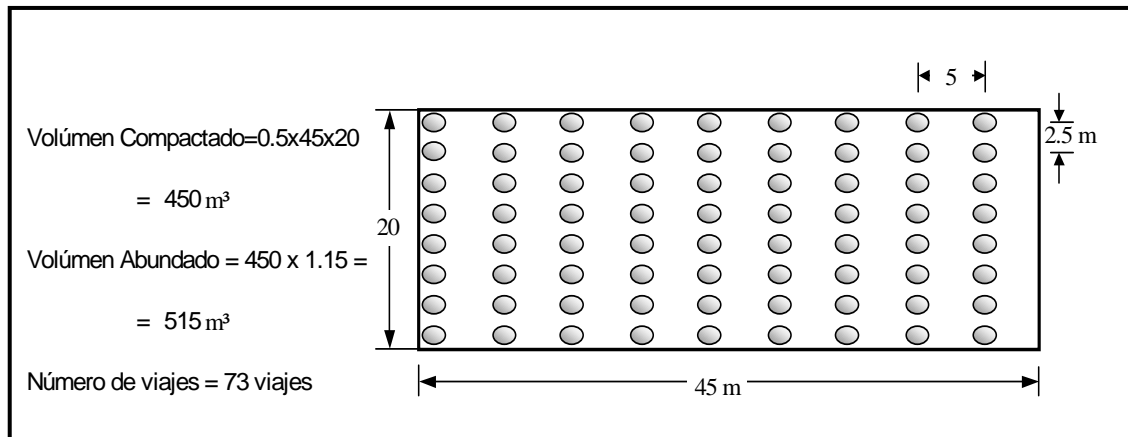
El espesor en las capas de terraplén bandeado es variado (desde 80 cm hasta 40 cm) influyendo en este concepto el tipo o tamaño máximo del material proveniente del corte.

Para tender una capa en su espesor deseado antes de acarrear el material, es importante supervisar la plantilla de tiro o el acomodo de los viajes de material, generalmente por estaciones de 20 metros.

Como ejemplo de la explicación anterior, se plantea la siguiente situación: se desea construir una capa de terraplén (en este caso de material no compactable), de 45 m de ancho, 0.50 m de espesor, en una estación de 20 m, calcular el acomodo de los viajes de los camiones de 7 m³ de capacidad.

Este tipo de cálculo se realiza a menudo y sobre todo en capas de menores espesores, por ejemplo (terraplén a 90%, subyacente, sub-rasante, base y sub-base).

FIGURA V.4 "PLANTILLA DE COLOCACIÓN DE MATERIALES"



Una vez que la plantilla de acarreo está elaborada en 2 o más estaciones, el tractor comienza a realizar el espaciado y acomodo del material hasta terminar completamente la capa del terraplén.

Terraplén compactado al 90%

Se efectúa con material compactable, como por ejemplo los suelos arcillosos, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas y los tepetates. La compactación del material se realiza con objeto de aumentar su capacidad de carga del material, aumentando su peso volumétrico y reduciendo el volumen de vacíos.

Para este ejemplo, la construcción del terraplén a 90% se propone con ayuda del tractor D8N aunque en muchos casos, también con la ayuda del tractor compactador Caterpillar modelo 825 (pata de cabra) o de marca similar según el tipo de material a trabajar. El acomodo de los viajes en la plantilla, se realiza como en el caso de terraplén no compactado; el espesor es variado, generalmente menor de 50 cm y mayor a 20 cm.

La formación, distribución y compactación del material realizada por el tractor Caterpillar modelo D8N o por el tractor compactador, se realiza con la cuchilla para el esparcimiento del material y sus rodadas, para la compactación respectivamente. Generalmente el número de pasadas de la máquina sobre el material está en función del criterio del ingeniero constructor o de los ingenieros de

supervisión y laboratorio.

Cuando el material ya se encuentra distribuido en la zona de terraplén, antes de comenzar con la compactación, se verifica su humedad y se efectúan los siguientes pasos.

- 1) Si el material está seco, se le incorpora agua con camiones pipas provistas con tren de riego.
- 2) Si el material está húmedo, se acamellona y se escarifica el número de veces que sea necesario.

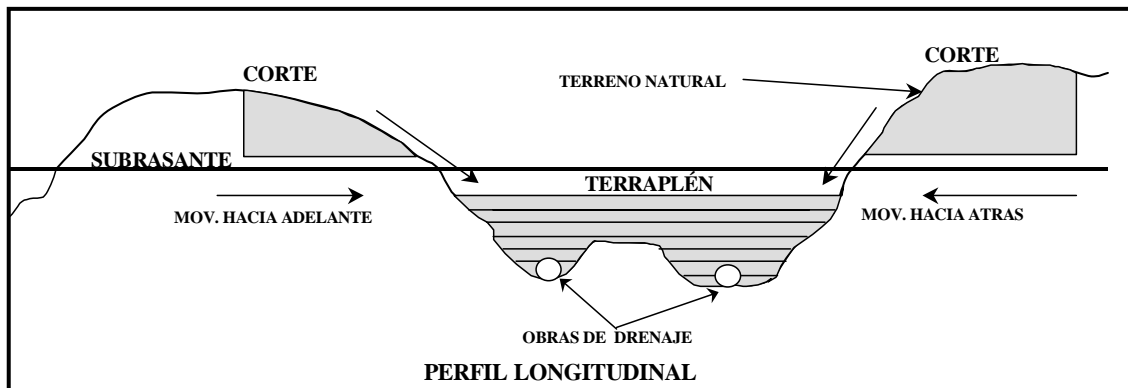
Con estos dos pasos lo que se pretende es que el material tenga su humedad óptima para proceder con la compactación. Los riegos realizados por pipas también se llevan a cabo, cuando el material está compactado o en proceso de compactación, con el objeto de reponer el agua perdida.

En la formación y/o compactación de terraplén a 90% realizado con tractor compactador pata de cabra, es importante que el material tenga su humedad óptima, porque en caso de que éste saturado, al compactar con el rodillo pata de cabra, el material únicamente se amasa y no se compacta. La compactación con esta máquina llega a su fin después de que dando un determinado número de pasadas, se observa que las patas de cabra ya no se sumergen en la superficie de compactación.

En ocasiones es necesario el uso de rodillos lisos vibratorios, cuando la compactación ya está terminada o a punto de terminarse para dejar un acabado liso y uniforme, esto se realiza muchas veces en tiempos de lluvia para que no se acumule el agua en la zona tratada.

La forma más conveniente de formar un cuerpo de terraplén, ya sea terraplén bandeado o terraplén compactado al 90% de la prueba próctor estándar, es cuando las obras de drenaje estén terminadas al 100%, realizándose el terraplén en capas sucesivas y continuas como lo ilustra la figura. V.5 "Terraplén compactado".

FIGURA V.5 “TERRAPLÉN COMPACTADO”



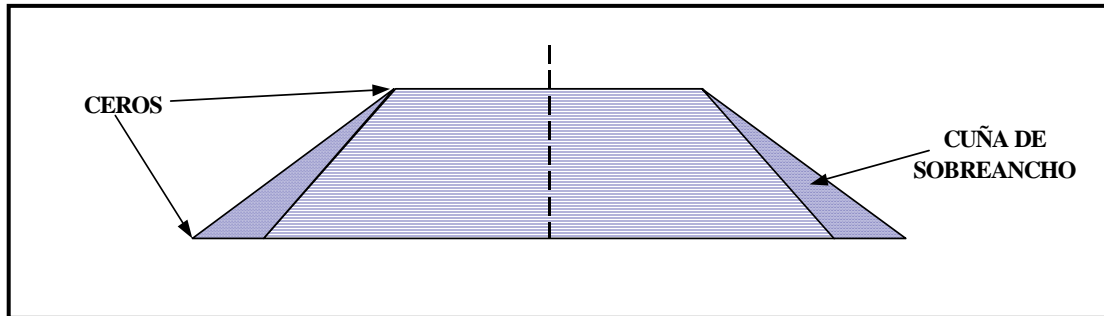
Sin embargo muchas veces al construir un terraplén se presenta una oquedad, esto es debido a que la construcción de un puente u obra de drenaje no está completamente terminada. Esto trae como consecuencia dificultades en el transporte de material, de personal y de maquinaria.

Para ligar una capa con una segunda, se liga con un riego de agua (en caso de que sea necesario)

Las capas de terraplén se van formando con los datos topográficos que proporciona la brigada, colocando los ceros (trazo de la superficie de los taludes de los cortes y terraplenes, en el terreno natural o de apoyo), y además localizando los alineamientos horizontal y vertical. Si se realiza bien el acomodo de las capas conforme lo marcan los datos topográficos, el cuerpo de terraplén y la excavación de cortes tendrán los taludes y anchos de proyecto. Cabe señalar que los terraplenes se construyeron con una cuña adicional de sobreebanco, la cual se fue elaborando a medida que se construía el terraplén, tal como lo muestra la figura V.6 “Sección transversal de un solo cuerpo”.

En el término de cada capa de terraplén, compactado a 90% o bandeado, antes de iniciar la siguiente capa, el laboratorio procede a sacar las pruebas de compactación o acomodo del material según sea el caso, el laboratorio dará resultados inmediatamente, ya que si no se hace a tiempo, se sufre atraso en los trabajos.

FIGURA V.6 “SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN SOLO CUERPO”



El cuerpo de terraplén se termina hasta nivel de terracerías (nivel de desplante de subyacente) y según las especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), mencionados en el capítulo IV Proyecto Ejecutivo.

A continuación se muestra un ejemplo de reporte de pruebas para compactación.

TABLA V.1 “EJEMPLO DE UN INFORME DE COMPACTACIÓN”

OBRA:				ENSAYE No.:							
LOCALIZACIÓN: (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)				FECHA DE RECIBO:							
				FECHA DE INFORME:							
REPORTE DE CAMPO No. _____				COMPACTACION <input checked="" type="checkbox"/>				RECOMPACTACION <input type="checkbox"/>			
GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA(S) CAPA(S) ENSAYADA(S) _____ 90 %											
ENSAYE No.	ESTACION	LADO	CAPA No.	ESPESOR DE LA CAPA ENSAYADA EN CM.	ALTURA DE PROYECTO DEL TERRAPLEN	ALTURA FALTANTE AL NIVEL DE CAPA SUBRASANTE	HUMEDAD %		PESO ESPECIFICO SECO Kg/m ³		% DE COMPACTACION
							DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR	MAXIMO	
	0+480	I	1a.	30	-	-	9.91	11.00	1730	1920	90.10
	0+500	C	1a.	30	-	-	9.89	11.00	1727	1920	89.95
	0+520	D	1a.	30	-	-	9.88	11.00	1725	1920	89.84
	0+540	I	1a.	30	-	-	9.91	11.00	1729	1920	90.05
	0+560	C	1a.	30	-	-	9.92	11.00	1732	1920	90.21
	0+580	D	1a.	30	-	-	9.92	11.00	1731	1920	90.16
	0+600	I	1a.	30	-	-	9.91	11.00	1730	1920	90.10
	0+620	C	1a.	30	-	-	9.90	11.00	1728	1920	90.00
	0+640	D	1a.	30	-	-	9.91	11.00	1729	1920	90.05
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LOS GRADOS DE COMPACTACION SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS MINIMOS ESPECIFICADOS POR EL PROYECTO.											
LABORATORISTA				JEFE DE LABORATORIO				Vo. Bo.			

Durante la construcción de la obra, además de las pruebas de compactación y acomodo del material en los terraplenes, también se realizan pruebas de calidad en las cuales se estudian las características del material de un corte, el cual según

proyecto será destinado para la formación de terraplén y así determinar si es aceptable o no.

- 1) Cuando no es aceptable, se dice que el material producto de la excavación es a desperdicio, este material se deposita en lugares denominados bancos de desperdicio.
- 2) Cuando es aceptable se dice que el material producto de la excavación es aprovechable para la formación de terraplén.

V.2.2.3 MEZCLADO DE LOS MATERIALES

A continuación se trata el tema del mezclado de los materiales, el cual es importante debido a los controles de calidad de los materiales y su dosificación, ya que si se cuidan estos aspectos, se obtendrán buenos resultados en cuanto a la calidad de las diferentes capas que componen un cuerpo de carretera en general.

a) Formación de subyacente y subrasante

La construcción de las capas subyacente y sub-rasante se realizan después de quedar terminadas las terracerías, tanto el cuerpo de terraplén, las excavaciones de los cortes y los demás trabajos, deberán estar terminados a nivel de terracerías o al nivel que marca el proyecto. Los materiales que componen las capas subyacente y capa subrasante generalmente son de origen de banco y en algunos casos se puede aprovechar el material producto de los cortes.

b) Formación de subyacente

La capa subyacente se clasifica en tres tipos, según el origen de su base de desplante:

- 1) Subyacente en zona de corte.
- 2) Subyacente construida sobre material no compactable.
- 3) Subyacente construida sobre material compactable.

En el caso de la capa subyacente en algunos cortes, donde el material lo requiere, se realiza la compactación del terreno conocida como la Compactación de la Cama de los Cortes (CCC), cuyo espesor es igual a 20 cm.

En zona de terraplén, la capa subyacente por lo general se construye con un espesor de 50 cm, ejecutándose en dos capas de 25 cm cada una.

El material utilizado para la construcción de esta capa, procede de préstamos de banco.

El equipo utilizado para la formación y compactación de la capa subyacente a 95% es en forma enumerativa: motoconformadora, compactadores vibratorios, tracto-compactadores (pata de cabra), así como pipas de agua.

El equipo utilizado para el préstamo de banco es el siguiente: tractor (puede ser un tractor Caterpillar modelo D8N, cargador Caterpillar modelo 966-F o de marca y capacidad similar) y el equipo de acarreo, en este caso camiones de volteo, los cuales tienen capacidad de 7 m³, 14 m³ y 16 m³.

Para iniciar la construcción de la capa subyacente en zona de terraplén, primeramente se procede a colocar datos topográficos para delimitar el alineamiento horizontal, el ancho y el espesor de la capa. En esta capa se realiza la separación de los cuerpos, (cuerpo izquierdo y cuerpo derecho). En la parte central de ambos cuerpos se construye una cuneta central revestida de concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

V.2.2.4 NIVELADO

Una vez referenciado topográficamente el terreno de desplante, se procede a dar un riego agua con pipa, esto con el objeto de ligar la capa de desplante con la nueva a construir. Se trae el material producto del préstamo de banco y se realiza el tiro de los viajes. El acomodo de los viajes en la zona de construcción de la capa, se realiza calculando la plantilla de tiro con el mismo procedimiento de calculo que se realizó para la formación del cuerpo de terraplén.

En esta capa es importante que la plantilla de tiro sea calculada en forma correcta ya que se pueden presentar dos situaciones, a saber:

- 1) Si hay falta de material, se tiene que hacer un recargue.
- 2) Si hay exceso de material, el material se desperdicia.

V.2.2.5 HUMEDECIDO O SECADO

Cuando se tiene la plantilla de tiro se comienza a realizar el espaciado del material a lo largo y ancho del cuerpo por la motoconformadora, siguiendo los niveles y espesores marcados, después la motoconformadora acamellona el material durante este proceso se chequea la humedad del material. Esto se hace con el fin de que el material al momento de ser tratado tenga la humedad óptima, si no es así, se procede a realizar lo siguiente:

- 1) En caso de que el material se encuentre saturado, la motoconformadora con la cuchilla acamellona y homogeneiza el material una y otra vez hasta que el material pierda el agua requerida.
- 2) Cuando el material se encuentra reseco se le incorpora agua de manera uniforme, por medio de una pipa provista de un tren de riego, el cual facilita esta maniobra.

Cuando el material se encuentra con la humedad óptima y homogeneidad en toda su estructura uniformemente, la motoconformadora le proporciona forma a la capa, por medio de su cuchilla niveladora. Esta operación la realiza una y otra vez hasta dejar la capa con el material perfectamente nivelado, siguiendo el talud, pendientes y anchos de proyecto.

V.2.2.6 COMPACTACIÓN

Para el desplante de terraplenes es necesario la Compactación del Terreno Natural (CTN), este trabajo también se hace a la par con el despalle ya que únicamente con ayuda de los tractores D8N se compacta el terreno con dos o más pasadas en las zonas donde se debe alojar un terraplén, teniendo la precaución de verificar que la superficie quede compactada.

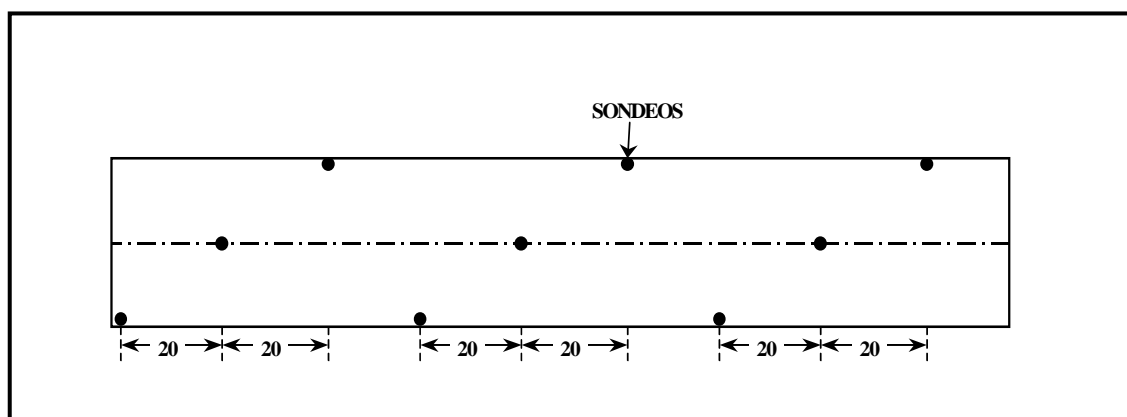
Cuando en una zona para desplantar un terraplén se presenta una zona inestable con mucha humedad, se procede a ejecutar una excavación adicional, llamada “excavación de caja para el desplante de terraplenes”, para posteriormente hacer el relleno con material granular o adecuado, con el fin de que el agua no llegue a las terracerías.

Realizando el procedimiento anterior, a continuación comienza a trabajar el equipo de compactación (rodillos lisos vibratorios) sobre la capa tratada. El número de pasadas que se le proporciona a la capa es hasta que el material obtenga su grado de compactación de proyecto, en este caso 95% de su Peso Volumétrico Saturado Seco (PVSS).

Como ya se ha mencionado anteriormente la subyacente se construye en dos capas de 25 cm cada una. Por lo que después de construida, compactada y nivelada perfectamente, el laboratorio se encarga de hacer las pruebas de calidad y compactación del material a fin de que cumpla con las normas y tolerancias de proyecto.

Las muestras para las pruebas de compactación generalmente se realizan en zig-zag, izquierda, centro de línea, derecha, a cada 20 m como se muestra en la figura V.7 “Ubicación de las pruebas de compactación”.

FIGURA V.7 “UBICACIÓN DE PRUEBAS DE COMPACTACIÓN”



Cuando uno de los sondeos de la prueba de compactación no cumple con el mínimo fijado, se le proporciona a la capa, en el área especificada una mayor compactación hasta que se alcance el grado especificado (95%).

Se continúa con el chequeo de los niveles terminados a cargo de las brigadas de topografía de la supervisión y la constructora, para que sean los de proyecto o que no sobrepasen las tolerancias de las especificaciones. Se pueden presentar dos tipos de problemas, en cuyos casos se procederá como se indica:

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

- 1) Zonas de corte, en los cuales el material; se corta, se conforma y se compacta.
- 2) Zonas de terraplén, en los cuales se realiza un recargue de material, se conforma y se compacta.

Realizados los dos pasos anteriores se verifican nuevamente los niveles, hasta que sean los de proyecto. En toda capa de subyacente, sub-rasante, sub-base y base terminadas completamente, deberán tener el aval por parte de la supervisión y el laboratorio, según especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

El proceso de construcción de la segunda capa de subyacente es el mismo que el descrito para la primera capa.

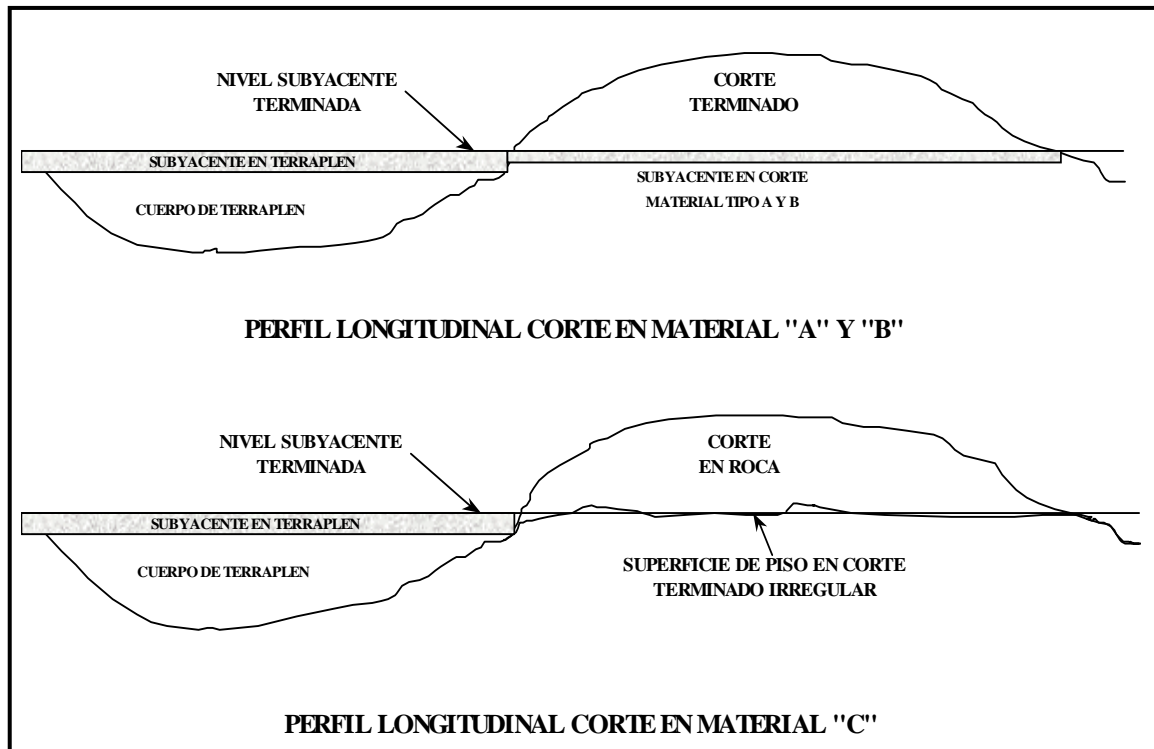
En el caso de las zonas de cortes donde el proyecto no marque capa subyacente, pero la superficie presente un nivel de desplante irregular, se hace necesario en algunos tramos escarificar o cortar algunas cuñas salientes, y en otros realizar recargues de material. Después de realizar lo anterior en la zona de corte, se continúa con la conformación de la capa de subyacente, según los niveles topográficos, hasta que quede lista para aplicarle la compactación de proyecto. El proceso de compactación y verificación de este tipo de subyacente en cortes es el mismo que para la subyacente en terraplenes. En esta zona de subyacente en corte únicamente se realiza la segunda capa (Compactación de la Cama de los Cortes, CCC), ya que los niveles de desplante de los cortes así lo permiten. El espesor de la capa también varía debido a lo disparejo de los niveles de desplante.

Para la construcción de la capa sub-rasante, se sigue el procedimiento constructivo descrito para la subyacente. Únicamente se menciona en forma resumida los pasos que se siguen:

- 1) Colocación de datos y niveles, a cargo de la brigada de topografía.
 - 2) Riego de agua para ligar la capa y acarreo del material producto del préstamo de banco
 - 3) Verificación de la humedad del material y tratamiento para llegar a su humedad optima.
-

- 4) Conformación y nivelación de la capa.
- 5) Compactación y verificación de la capa.
- 6) Aceptación de la capa terminada por la supervisión y el laboratorio.

FIGURA V.8 “NIVEL DE SUBYACENTE TERMINADA”



En los muestreos que se realizan en campo con el fin de verificar la calidad de construcción de las capas Para la construcción de la capa sub-rasante, se sigue el procedimiento constructivo descrito para la subyacente. Únicamente se menciona en forma resumida los pasos que se siguen:

- 1) Colocación de datos y niveles, a cargo de la brigada de topografía.
- 2) Riego de agua para ligar la capa y acarreo del material producto del préstamo de banco
- 3) Verificación de la humedad del material y tratamiento para llegar a su humedad optima.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- 4) Conformación y nivelación de la capa.
- 5) Compactación y verificación de la capa.
- 6) Aceptación de la capa terminada por la supervisión y el laboratorio.

subyacente y Subrasante, se elaboran informes que contienen como datos el cadenamiento en el que se realiza el muestreo, el lado del cuerpo en el que se realiza el mismo, el espesor de la capa muestreada, así como los porcentajes de humedad y compactación y el peso específico seco del ensaye.

A continuación se muestran pruebas de compactación de la capa subyacente y sub-rasante.

TABLA V.2 “EJEMPLO DE INFORME DE CAPA SUBYACENTE”

INFORME DE COMPACTACIÓN Y ESPESOR DE CAPA SUBYACENTE								
OBRA: LOCALIZACIÓN: <small>(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO,</small>				ENSAYE NUMERO FECHA DE RECIBO: FECHA DE INFORME:				
REPORTE DE CAMPO No. _____			COMPACTACION			RECOMPACTACION		
GRADO DE COMPACTACION MINIMO ESPECIFICADO PARA LA(S) CAPA(S) ENSAYADA(S): 95%								
ENSAYE NUMERO	ESTACION	LADO	ESPESOR DE LA CAPA (cm)	HUMEDAD EN %		PESO ESPECIFICO SECO EN kg/cm3		% DE COMPACTACION
				ENSAYE	OPTIMA	ENSAYE	MAXIMO	
	0+480	I	25	13.32	14.00	1665	1750	95.14
	0+500	C	25	13.30	14.00	1663	1750	95.03
	0+520	D	25	13.28	14.00	1660	1750	94.86
	0+540	I	25	13.26	14.00	1658	1750	94.74
	0+560	C	25	13.20	14.00	1650	1750	94.29
	0+580	D	25	13.34	14.00	1668	1750	95.31
	0+600	I	25	13.30	14.00	1663	1750	95.03
	0+620	C	25	13.30	14.00	1662	1750	94.97
	0+640	D	25	13.31	14.00	1664	1750	95.09
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:								
EL LABORATORISTA			EL JEFE DEL LABORATORIO			Vo. Bo.		

Del mismo modo la tabla siguiente es un ejemplo de un informe de inspección de capa Subrasante.

TABLA V.3 “EJEMPLO DE INFORME DE CAPA SUBRASANTE”

INFORME DE COMPACTACIÓN Y ESPESOR DE CAPA SUBRASANTE								
OBRA:			ENSAYES No.:					
LOCALIZACIÓN:			FECHA DE RECIBO:					
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)			FECHA DE INFORME:					
REPORTE DE CAMPO No. _____ COMPACTACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> RECOMPACTACIÓN <input type="checkbox"/> GRADO DE COMPACTACIÓN MINIMO ESPECIFICADO PARA LA(S) CAPA(S) _____								
ENSAYE Número	ESTACION	LADO	ESPESOR DE LA CAPA ENSAYADA EN CM.	HUMEDAD %		PESO ESPECIFICO SECO kg/cm ³		% DE COMPACTACION
				DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR	MAXIMO	
	0+480	I	30	13.98	14.00	1748	1750	99.89
	0+500	C	30	13.98	14.00	1747	1750	99.83
	0+520	D	30	13.97	14.00	1746	1750	99.77
	0+540	I	30	13.97	14.00	1746	1750	99.77
	0+560	C	30	13.95	14.00	1744	1750	99.66
	0+580	D	30	13.96	14.00	1745	1750	99.71
	0+600	I	30	13.99	14.00	1749	1750	99.94
	0+620	C	30	13.94	14.00	1742	1750	99.54
	0+640	D	30	13.95	14.00	1744	1750	99.66
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: LOS % DE COMPACTACIONES OBTENIDOS SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS MINIMOS ESPECIFICADOS POR EL PROYECTO.								
EL LABORATORISTA			EL JEFE DEL LABORATORIO			Vo. Bo.		

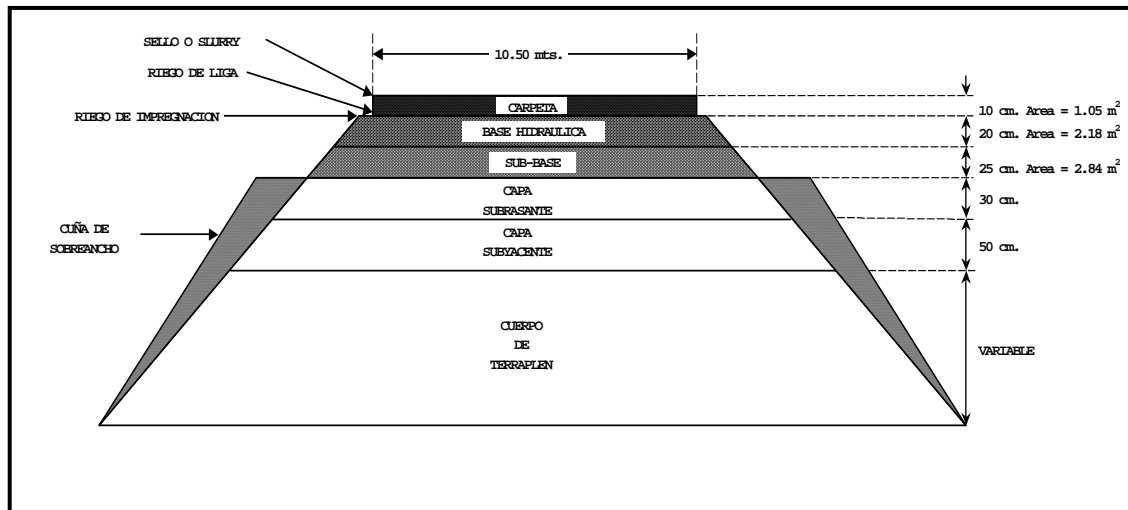
V.2.2.7 CONSTRUCCIÓN DE LA CARPETA DE RODAMIENTO

Las capas de sub-base, base y carpeta así como los riegos de materiales asfálticos, integran lo que se conoce como pavimento.

La función principal de estas capas es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas.

La basificación según el proyecto de las capas del pavimento (anchos, espesores y taludes), se presentan en el siguiente dibujo.

FIGURA V.8 "SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN SOLO CUERPO"



En curvas horizontales, al ancho de 10.50 m se suma el sobre-ancho que proporciona la curva en la transición de entrada y salida y en la curva circular.

En la formación de estas capas también como en las terracerías, se elabora un programa de construcción y terminación de obra. Este tipo de programa es lineal, su duración está en función de los rendimientos y la disponibilidad de los equipos, como por ejemplo; trituradoras, estabilizadores, esparcidores, motoconformadoras y la planta de asfalto. Otro aspecto fundamental en este tipo de programas es que se tienen que sujetar a las fechas de terminación de las capas de terracerías.

V.2.2.7.1 FORMACIÓN DE SUB-BASE HIDRÁULICA

La sub-base es una capa del pavimento, construida con material triturado procedente de banco. El proceso de construcción de esta capa tiene las siguientes etapas:

- Trituración total del material proveniente de banco.
- Estabilizado y acarreo del material.
- Esparcido del material.
- Tratamiento y compactación de la capa.

En este ejemplo el banco es el préstamo para extraer el material por triturar. El

material es una roca basáltica alterada a la cual se le realiza el proceso de trituración total. Para llegar al material necesario para formar la capa sub-base total se realizan los siguientes pasos:

- a) Liberación del banco, trazo topográfico, desmonte y despalme, (estos trabajos se ejecutan de manera similar a la descrita para las terracerías).
- b) Extracción del material; en este caso la extracción se realiza de manera semejante a la descrita en el anexo A Excavación del Corte en Material Tipo "C", con la diferencia que en este tipo de voladuras, la plantilla de barrenación, la altura de los barrenos, el factor de carga y el tiempo de tronada, se diseña con el objeto que el material se fracture en rocas de tamaños no mayores que las que pueda recibir la trituradora.
- c) Carga y descarga del material. La carga la realiza el cargador frontal a los tractocamiones. Las rocas que sean demasiado grandes el cargador las desecha, la descarga la hacen los tractocamiones a volteo en la tolva de recepción de la trituradora.
- d) Trituración total del material, para sub-base y base hasta un tamaño máximo de 1½" (38 mm). El material llega a un alimentador vibratorio y pasa por el siguiente tratamiento:

Trituración primaria, realizado por una trituradora primaria.

Trituración secundaria, realizado por una trituradora secundaria.

Trituración terciaria, realizado por una trituradora terciaria.

Los alimentadores son de construcción extrafuerte para absorber el golpeteo del material que se descarga a ellos. Para amortiguar el golpe del material que se descarga en el alimentador, se utiliza una tolva grande para recibir las descargas de material. El alimentador es propiamente una serie de charolas o placas, traslapadas parcialmente, que forman una cadena continua similar a una banda transportadora.

Se utiliza una unidad separadora en conjunto con el alimentador, el separador puede ser una criba o rejilla estacionaria y se acciona con el movimiento vibratorio.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

Su objetivo es separar una parte del material entre el alimentador y la trituradora primaria. La unidad separadora evita la entrada de material demasiado grande a la trituradora que pudiera bloquearla, también hacen posible desviar material de tamaño menor que el ajuste de la trituradora primaria.

El material una vez realizado el proceso de vibrado, se selecciona y criba, para mandarlo según su tamaño a cualquier de los tres tipos de trituración. En el proceso de trituración primaria y secundaria también se criba el material, para según su tamaño máximo, destinarlo a su tratamiento posterior.

En el proceso se requieren principalmente bandas transportadoras, cribas de diferentes aberturas y plantas generadoras de energía eléctrica.

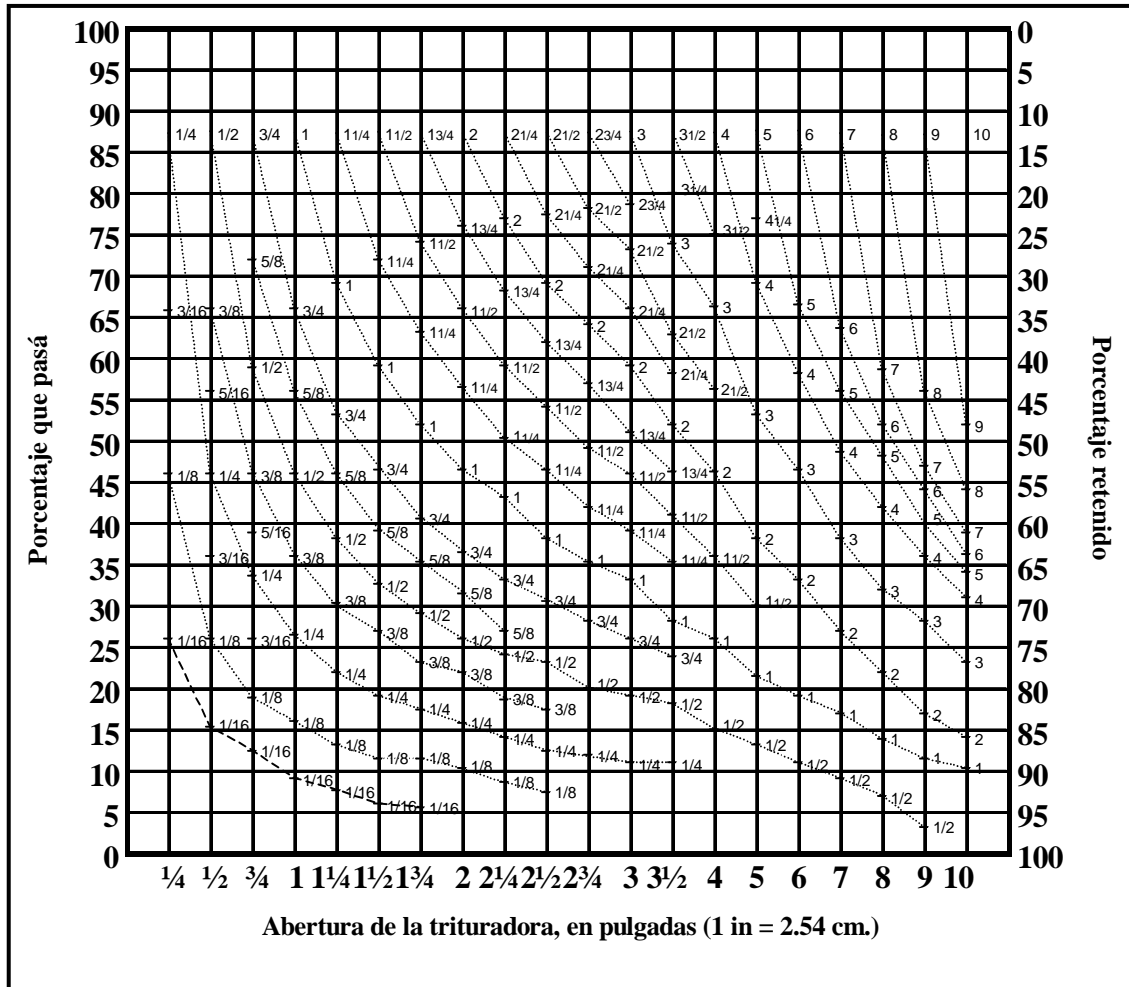
El propósito principal del cribado en el proceso de trituración es de separar y efectuar una clasificación total por tamaños, del material que se está produciendo. Cuando se tritura la roca, el producto abarca desde tamaños iguales al de ajuste de la trituradora, y otros tamaños inferiores que decrecen hasta el tamaño del polvo. Para ayudar en la predeterminación de la graduación del material triturado, es útil la siguiente gráfica. Este gráfico da los porcentajes de material que pasa o queda retenido en una criba de tamaño estándar para cada ajuste dado de la trituradora. Se desarrolló para las trituradoras de quijadas y de rodillos, y no puede usarse para las trituradoras del tipo de impacto.

Una vez triturado el material a tamaño máximo de 1½" (38 mm), y teniendo suficiente material almacenado, se realiza el estabilizado de éste.

La estabilización de la sub-base consiste en incorporarle agua al material hasta su humedad óptima y revolverlo por medios mecánico. Este tipo de maniobra se realiza por máquinas llamadas estabilizadores.

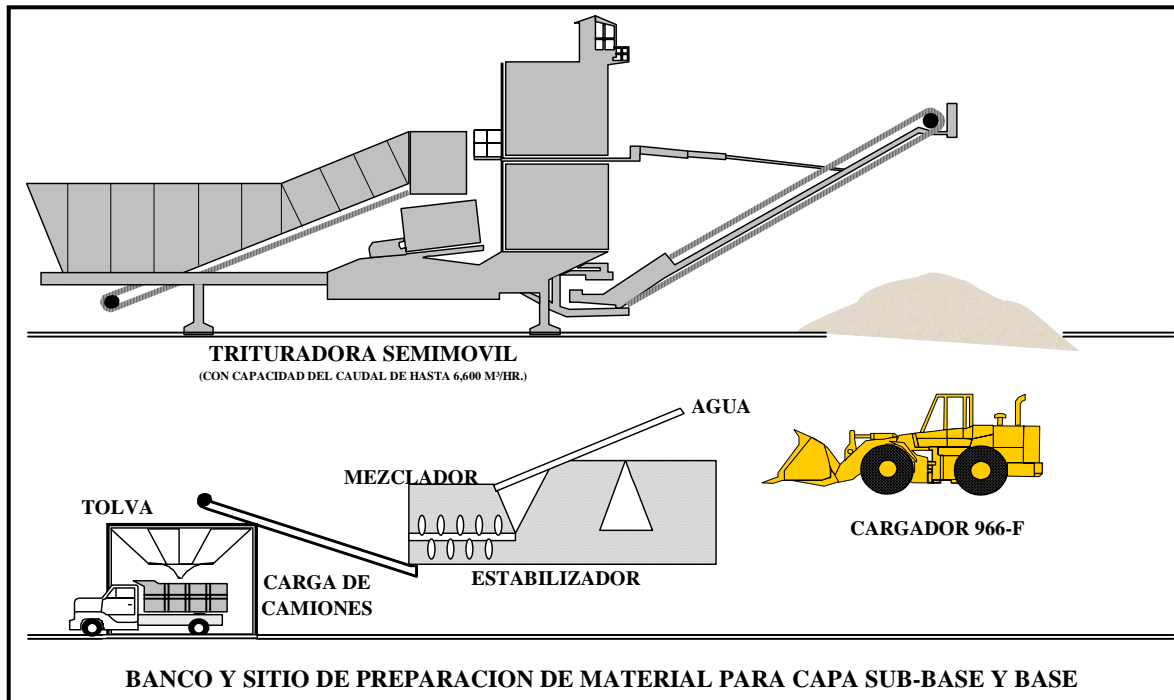
A continuación se presenta la tabla V.4, curvas de cribado de material pétreo, en la cual en el eje horizontal se grafica la abertura de la trituradora expresada en pulgadas y en el eje vertical se presentan los porcentajes de material que pasan por dicha abertura y como complemento los porcentajes de material que queda retenido en dicha abertura de malla.

TABLA V.4 “CURVAS DE CRIBADO DE MATERIAL PÉTREO”



El material es depositado por cargadores frontales como por ejemplo un cargador 966-F o de marca y capacidad similar del banco de apile de material hacia la tolva del estabilizador, para después incorporarle agua y mezclarlo perfectamente. El material es llevado por una banda transportadora hasta una tolva alta, diseñada adecuadamente para que los camiones de volteo que transportarán el material se carguen fácilmente, tal como se muestra en la figura V.10, “Banco de materiales para carpeta”.

FIGURA V.10 “BANCO DE MATERIALES PARA CARPETA”



El material estabilizado se acarrea del banco hasta el lugar de tiro por camiones fleteros con capacidades de 7 m³, 14 m³ y 16 m³.

Para llevar a cabo el tiro de material para sub-base procedente de los estabilizadores, es necesario que la sub-rasante esté perfectamente terminada y además que esté aceptada por el laboratorio y la supervisión. Antes de comenzar con el tiro es necesario un riego de agua sobre la superficie de la sub-rasante a manera de liga.

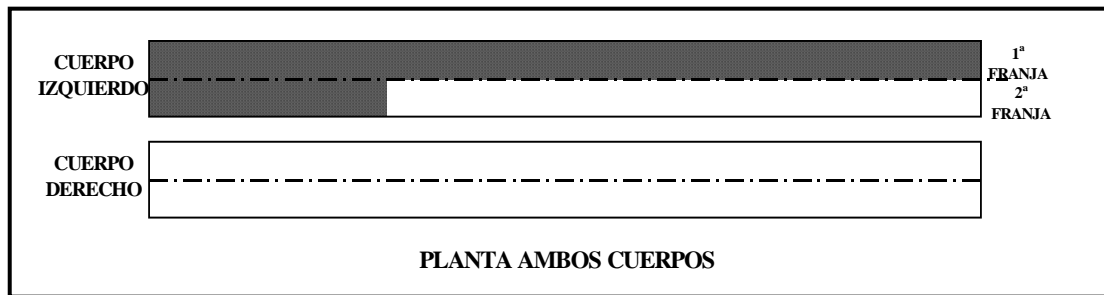
Se perfila y secciona topográficamente la capa de sub-base, esto lo realiza la brigada de topografía colocando trompos en cadenamientos de 20 m, al centro y hombros de la capa, dejándolos con el nivel de sub-base terminada.

El material es colocado por máquinas esparcidoras, las cuales son apropiadas para este tipo de trabajo, ya que van dejando el material de manera que tenga un espesor uniforme, siguiendo los niveles de la sub-rasante y los datos por la topografía.

El esparcidor abarca una faja igual a la mitad del ancho total del cuerpo, por lo que elaboraba franjas de 500 m o más, para después regresar por la siguiente faja, tal

como se muestra en la figura V.11, “Procedimiento de encarpetao”.

FIGURA V.11 “PROCEDIMIENTO DE ENCARPETADO”



El tratamiento posterior es el acabado y la compactación de la capa de sub-base. El proceso de compactación es con el fin de disminuir la relación de vacíos del material, provocando que el material alcance su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM).

Una vez que el esparcidor coloca el material estabilizado en toda la superficie, a la capa sub-base se le proporciona una plancha con rodillo liso, con el objeto de cerrar la estructura y evitar deformaciones en la capa.

La motoconformadora realiza un perfilamiento de la sección, para dejar el acabado deseado de toda la superficie, siguiendo las referencias topográficas. Después al material se le incorporan riegos de agua con pipas provistas de un tren de riego, la cantidad se regula en el campo según las condiciones en las que se encuentre el material.

Cuando el material se encuentra con su humedad óptima, se procede a compactar la capa por medio de rodillos lisos vibratorios. Este tipo de equipo aplica presiones suficientemente considerables, aprovechando el peso muerto de la máquina más la fuerza dinámica proporcionada por el vibrador.

La intensidad de vibración depende del tipo de material. La vibración permite a las partículas, en este caso gravas y arenas, un cambio de orientación, el cual contribuye a la densificación y la reducción de la fricción intergranular.

Se utilizan parejas de compactadores, uno detrás del otro, siguiendo anchos longitudinales de compactación. Estos anchos se traslapan cuando menos $\frac{1}{4}$ del ancho anterior, prosiguiendo hasta terminar con todo el ancho del cuerpo.

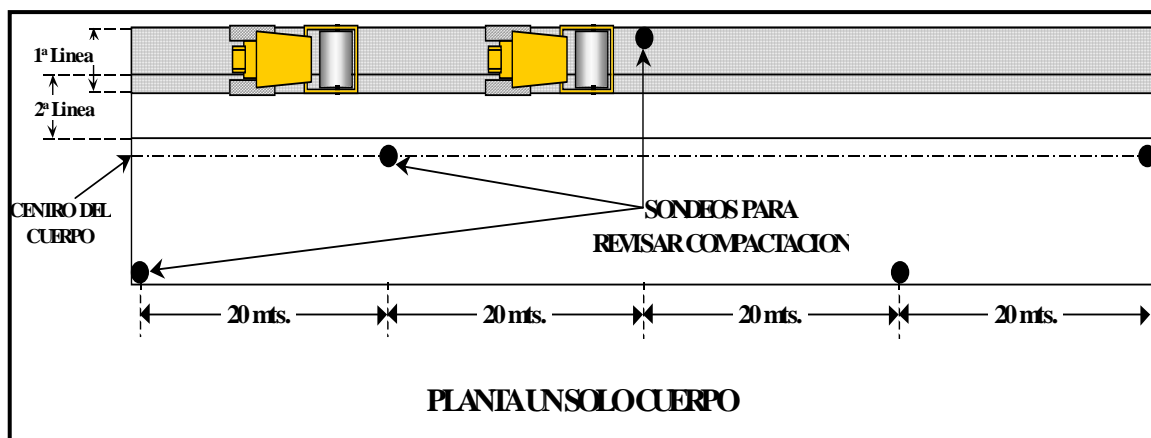
PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

El número de pasadas de las líneas de compactación es de más o menos cuatro. Por último se le proporciona una pasada de plancha con rodillo liso para alcanzar una compactación del 100% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM). Durante el proceso el material tiende a perder agua, por lo que a veces es necesario incorporarle riegos de agua.

Al terminar la compactación, el laboratorio extrae muestras de la capa compactada, siguiendo el procedimiento descrito para la formación de subyacente y sub-rasante. Cuando la compactación en algunos sondeos es inferior a la de proyecto (100%), el equipo de compactación le proporciona mas pasadas a la capa o a los puntos que dieron resultados bajos, hasta alcanzar el grado de compactación especificado.

El procedimiento descrito anteriormente se muestra en la figura V.12 “Planta de un solo cuerpo”

FIGURA V.12 “PLANTA DE UN SOLO CUERPO”



V.2.2.7.2 FORMACIÓN DE BASE HIDRÁULICA

La siguiente capa del pavimento es la base hidráulica en este caso con un espesor de 20 cm, el proceso de construcción es parecido en algunos conceptos al descrito para la sub-base.

- 1) La trituración del material es la misma que la descrita anteriormente, ya que el tamaño del material triturado es el mismo.
- 2) La estabilización de la base hidráulica se realiza con una mezcla de material

triturado del banco con una proporción del 80%, y material fino arenoso traído del mismo banco u otro banco con una proporción del 15%. Esta mezcla se diseña en el laboratorio con el fin de dar un mejoramiento a la capa de base.

El material fino de mejoramiento es acarreado de banco a banco para estabilizarlo junto con el material triturado. El cargador frontal realiza la mezcla en el lugar, con la proporción especificada, para después cargarlo y depositarlo a la tolva del estabilizador. En el estabilizador, al material se le incorpora el agua necesaria y se mezcla perfectamente.

3) El proceso de acarreo, tiro y esparcido del material de base hidráulica se realiza de igual manera al descrito para la capa sub-base.

4) Para los trabajos correspondientes a la alineación, nivelación, espesores, acabado y compactación; su ejecución es similar a el descrito para la sub-base, únicamente se realiza el tratamiento adicional siguiente:

Cuando el material está tendido en todo el ancho del cuerpo y referenciado topográficamente, la motoconformadora realiza el acamellonamiento y homogeneización del material una o dos veces, para después extenderlo, perfilarlo y nivelarlo en toda su superficie, con los anchos, espesores y taludes de proyecto. Este procedimiento se realiza con el fin de que la capa de base quede perfectamente homogénea en su estructura y con la humedad óptima.

El muestreo para las pruebas de compactación en la capa tratada de base, se realiza de manera similar al descrito para la capa de sub-base, a fin de que cumpla con el 100% de compactación de proyecto.

También se verifica el perfil y el seccionamiento de la capa de base por medio de las brigadas de topografía de la supervisión y la compañía constructora. Una vez que la capa este dentro de las tolerancias para este tipo de trabajo, se libera la capa para proseguir con los siguientes trabajos.

V.2.2.7.3 BARRIDO, RIEGO DE IMPREGNACIÓN Y RIEGO DE LIGA

Terminada la base hidráulica y liberada por el laboratorio y la supervisión, se le proporciona un barrido a la superficie con una barredora mecánica provista de un cepillo circular de cerdas de acero. El barrido se realiza en toda la superficie de

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

manera uniforme.

La superficie una vez barrida tendrá una textura porosa para poder recibir el riego de impregnación.

Terminado el barrido se coloca un riego de impregnación a base de asfalto rebajado (producto asfáltico conocido como FM-1). Este riego se realiza con el objetivo de impermeabilizar y/o estabilizar la superficie, así como favorecer la adherencia entre la base hidráulica y la carpeta. Este riego de impregnación según especificaciones se puede colocar de entre 0.5 y 2.3 l/m², para este caso se llevo a cabo en una proporción de 1.4 l/m², a una temperatura de aplicación de entre 30 y 60 °C.

El riego se realiza cuando la superficie de la base está seca, con el uso de una petrolizadora provista con los siguientes implementos:

- a) Quemadores, los cuales sirven para mantener la temperatura del FM-1 para su aplicación.
- b) Tren de riego, a base de espreas perfectamente niveladas para que el producto asfáltico se distribuya en la proporción indicada en el proyecto.

El riego se coloca también en los taludes de la base con una manguera. En este tipo de trabajos, es recomendable que el operador cuente con la suficiente experiencia, y además que la petrolizadora se encuentre en perfectas condiciones. Antes de proceder con el tendido de la carpeta de concreto asfáltico, sobre la base impregnada se aplica un riego de liga en todo el ancho de la sección, con un producto asfáltico conocido como FR-3, según especificaciones se puede colocar de entre 0.25 a 0.75 l/m², para este caso se llevo a razón de 0.50 l/m². Este trabajo se realiza con ayuda de la petrolizadora, de manera parecida a la que se realizo en el riego de impregnación. Este riego se realiza con el fin de proporcionar una buena adherencia entre la capa de base y la carpeta asfáltica

La construcción de la carpeta de rodamiento se hace mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente, en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

El material pétreo necesario para la elaboración de la mezcla asfáltica pasa por el proceso de trituración total y cribado. El proceso de trituración es igual al descrito

anteriormente, únicamente varía el tamaño máximo, que en este caso es menor.

La planta estacionaria dedicada a la elaboración de concreto asfáltico tiene las siguientes características:

- 1) Secador de material pétreo, se encarga de secar el material para que tenga una humedad inferior a 1%, y al salir el material tenga una temperatura de entre 120 °C y 160 °C.
- 2) Cribas para clasificar el material cuando menos en tres tamaños.
- 3) Tolvas y dispositivos que permiten dosificar los materiales pétreos por peso.
- 4) Equipo para calentar el cemento asfáltico número 6.
- 5) Dispositivos para dosificar el cemento asfáltico número 6.
- 6) Mezcladora que permite el control del tiempo de mezclado.

A la mezcla se le incluye el aditivo marca “Adiflex” RC-35 ideal para mezclas en caliente. El contenido en la mezcla es de 8.15% en peso de la mezcla total.

La temperatura de la mezcla al salir de la planta es de entre 120 °C y 150 °C.

El concreto asfáltico es transportado en vehículos fletados, provistos de caja metálica y tapados con lona.

El concreto asfáltico traído de la planta, se tiende con una máquina tipo “Finisher”, regulando la velocidad de manera que siempre sea uniforme en espesor y acabado, la temperatura de tendido será de 100 a 110 °C.

El tendido se hace en 2 fajas con un ancho de 5.25 m cada una, las juntas transversales se recortan a 45 °C y también se impregnan para unir perfectamente la junta de cada capa.

Inmediatamente después del tendido del material, se plancha con la ayuda de un rodillo del tipo “tandem” uniforme y cuidadosamente, haciéndolo pasar longitudinalmente. A continuación se compacta utilizando compactadores de llantas neumáticas, hasta alcanzar el grado de compactación mínimo de proyecto (95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo, PVSM). Por último se le proporciona una plancha de rodillo liso para borrar las huellas que dejan los compactadores de llantas neumáticas.

Para dar por terminada la construcción de la capa de carpeta, se verifica al alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado y el espesor a cargo del laboratorio y de la supervisión.

V.2.2.8 CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

En el caso de nuestro ejemplo se proponen dos tipos de tubería para la ejecución de las obras de drenaje: de lámina galvanizada y de concreto, de diferentes diámetros según lo marca el proyecto.

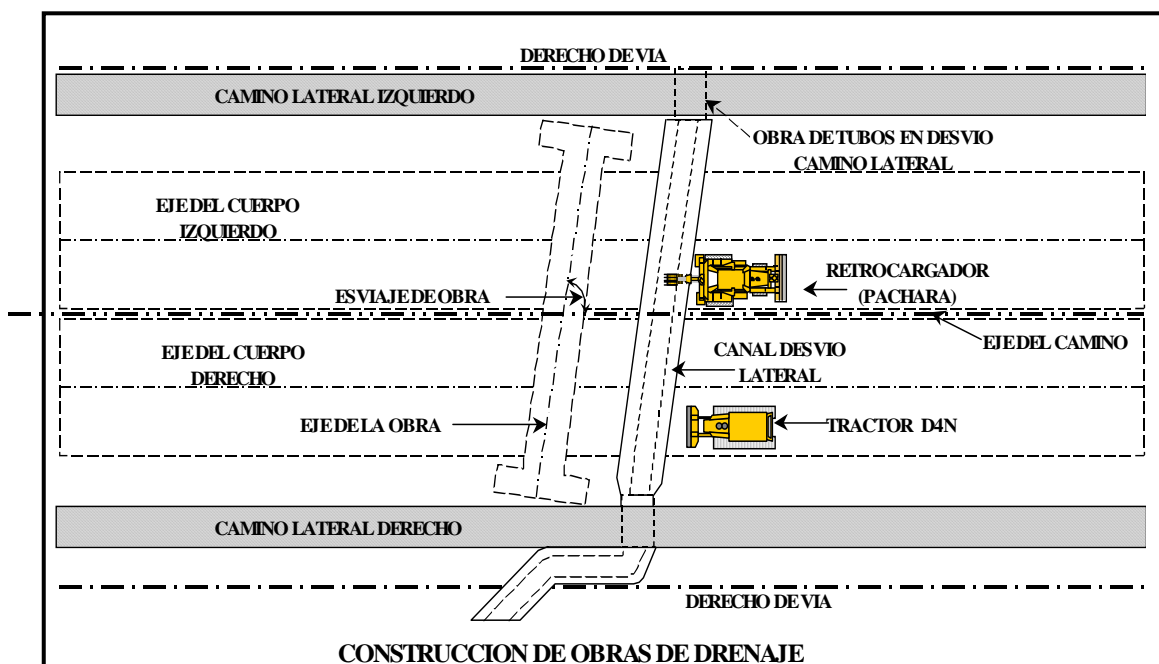
El procedimiento constructivo de las obras de drenaje, comienza considerando las terracerías desde la planeación del programa de construcción de éstas, ya que si no se hace de esta manera, el terraplén no se realiza en forma continua, dejándose la oquedad donde debiera estar alojada la obra de drenaje terminada.

El material (tubería de diferentes diámetros, cemento, arena, piedra, etc.), maquinaria (retrocargador, cargador frontal, rodillos, bailarinas, revolvedoras, etc.) y la mano de obra, se deben requerir conforme al programa de cada uno de estos en forma anticipada a los departamentos encargados para este efecto, de tal manera que el programa de ejecución de las obras no sufra retraso alguno, ya que tal retraso afectaría a los programas de terracerías y pavimentos.

La construcción comienza con el trazo de la obra en el lugar de proyecto, a cargo de la brigada de topografía, la cual tendrá a cargo la colocación de referencias en el inicio, la terminación y el ancho de la obra, además pondrán niveles a lo largo y ancho del eje de la obra, para conocer los espesores de corte y terraplén, necesarios para el desplante de la obra.

Una vez localizada y trazada la zona de trabajo se realizan las obras necesarias para el desvío del flujo de agua de su curso natural, de tal modo que se permita la construcción de la obra en las mejores condiciones posibles, éstas obras pueden ser canales laterales de tierra, caminos laterales, obras de tubos (de acero o concreto); éstos trabajos se realizan con ayuda del retrocargador (pachara); una vez terminados estos trabajos, se procede a realizar la excavación o el terraplenado de la obra con un tractor Caterpillar modelo D4N o similar capacidad y el retrocargador, según convenga en cada caso.

FIGURA V.13 “CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE”



El material producto de la excavación se coloca a uno o ambos lados de la obra, y se analiza el material a fin de proponer su reutilización para el aprovechamiento del mismo.

Al terminar las excavaciones, en caso de presentarse un suelo de características no aptas para el desplante de la obra (inestable o con mucha humedad); se procede a realizar una excavación adicional, hasta encontrar un material con características aceptables. Realizada la excavación adicional se lleva a cabo un relleno con material de banco de preferencia, antes de tomar una decisión el material es analizado por el laboratorio y aceptado por la supervisión.

Cuando se termina la excavación de cualquiera de las obras, en su nivel normal de desplante de plantilla base, se procede a nivelar ésta para la colocación de la tubería, este trabajo se realiza con material producto de préstamo de banco o de alguna excavación de buenas características; la colocación y esparcimiento del material se lleva a cabo con mano de obra, carretilla y pala; la compactación por medio de compactadores manuales (“bailarinas”) y con el compactador de rodillo. La brigada de topografía verifica los niveles de desplante.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

La colocación de la tubería se divide en dos grupos según el tipo.

Tubería de concreto. Una vez puesta la tubería en el lugar se procede a su colocación, lo cual se realiza con la ayuda de un retrocargador, éste levanta el tubo por medio de cable o una cadena y lo deposita sobre la plantilla de la obra, para alinearlo con respecto a el eje de la obra se auxilia de los ayudantes generales. La colocación se comienza conforme a lo especificado, de abajo hacia arriba y con el macho en el sentido aguas abajo. Las juntas se sellan con mortero de cemento arena en proporción 1:2. Cuando se hace el pedido de la tubería se requiere una longitud mayor a la real de manera que la tubería no quede corta.

Tubería de lámina. En el tramo en análisis se tienen dos tipos de tubería, los cuales se describirán a continuación:

1) Alcantarillas anidables circulares con diámetros entre 1.20 y 1.50 m.- El armado se realiza de aguas abajo hacia aguas arriba. Está compuesta por medio tubo de base y medio tubo de cubierta, se unen por medio de ganchos llamados serpiente bastón. Las láminas se colocan de manera que cuando se coloca toda la base de medio tubo se procede a colocar el tubo de cubierta de manera que quede cuatrapeado. Esta colocación se realiza con mano de obra sin la ayuda de alguna maquinaria, ya que las láminas no son muy pesadas, al mismo tiempo se colocan los ganchos de fijación y se aprietan. Finalmente se colocan las medias secciones de tapa en las secciones de la alcantarilla.

Estas alcantarillas son apropiadas tanto en pequeñas obras de drenaje, así como también soportando altos terraplenes. Esto es en función de su diámetro y calibre.

2) Alcantarillas seccionales con diámetros de 2.44 a 6.40 m: Se forman a base de placas de acero corrugado y rolado, con perforaciones longitudinales y transversales para ensamblarse por medio de tornillos.

El armado de las alcantarillas seccionales se realiza con el siguiente procedimiento:

A) Se coloca la distribución de las piezas a cada lado de la obra de acuerdo al plano de armado.

- B) Se hace el armado de la base iniciando en sentido contrario a la corriente del agua (de aguas abajo hacia aguas arriba), se colocaran los tornillos y se aprietan correctamente.
- C) La colocación de las piezas en la parte superior, se realiza con ayuda de una páchara, y en la obra de 6.40 m de diámetro se coloca un andamio, se aprietan los tornillos una vez que estén todos colocados en su lugar.
- D) Para la colocación de los tornillos es necesario que la cabeza quede en los valles y las tuercas sobre las crestas.

Los rellenos se realizaron con material muchas veces producto de las excavaciones y otras de banco, ya sea de banco o de algún corte. los rellenos se realizaron en capas de 20 cm aproximadamente, en forma manual con pala, carretilla, y con el auxilio de una retroexcavadora (“páchara”) para el acercamiento del material, esto con el fin de conseguir un esparcimiento más rápido.

La compactación la verifica el laboratorio. La compactación en el relleno de obras de drenaje deberá ser mayor al 90%.

La compactación en el bordo del tubo se realiza con mucho cuidado, generalmente lo hacen ayudantes con pisón de mano o con bailarinas a por lo menos 40 cm a partir de la costilla del tubo, el ancho restante se compacta con rodillo mecánico de placa.

El relleno, principalmente en las tuberías de lámina, se realiza paralelamente a ambos lados del tubo y a todo lo largo de la obra, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente y hasta alcanzar las dimensiones dadas por el proyecto.

Una vez terminados los trabajos anteriores, se consulta a la supervisión encargada del tramo y el laboratorio para ver si la obra es aceptada, y poder así comenzar con la formación de las terracerías sobre de ella.

Cabezotes o muros de cabeza. para las alcantarillas circulares como es nuestro caso, las dimensiones están dadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Según tipo y diámetro. Se ejecutan de mampostería de tercera clase y de concreto simple de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$.

La construcción se realiza concluidos los trabajos de suministro y colocación de la

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

tubería, así como el reforzamiento de las juntas de los tubos y el relleno del material.

Primeramente se realiza el desalojo del material con ayuda del retrocargador o con ayudantes, esto en caso de que no se haya hecho la excavación de la obra completa. Una vez hecho lo anterior, se procede a colocar una plantilla de mortero o material de características aceptables y de espesor generalmente de 8 cm.

La mampostería se construye de tercera clase de proporción 1:5 cemento arena. Las piedras se recolectaron cerca del lugar de la obra y se utilizaron piedras producto de las voladuras en los cortes.

Las piedras se limpian y se juntean con mortero de cemento arena en proporción 1:5 hecho en el lugar con revolvedora de 1 saco. El muro comienza de su base hasta su coronamiento, realizándolo personal calificado, de manera que quede bien en resistencia y apariencia según normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

El laboratorio extrae las muestras del mortero elaborado, para después hacer las pruebas de resistencia.

En los tubos de diámetros mayores de 1.50 m, se ejecutan aleros con el fin de sostener los taludes de las terracerías. Estos aleros se construyeron de manera simultánea al cabezote con el objeto de evitar separación de cuerpos.

El fin de que el relleno se haya realizado primero, es el de que, si queda algún hueco entre el muro y el talud del relleno, se procederá a rellenar la oquedad con los procedimientos ya descritos y según normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

La apariencia de los muros de cabeza son importantes, por lo tanto se debe procurar darles un chapeo de mortero de las mismas características usadas para el junteo. Así mismo y cuidando la apariencia y resistencia del muro, se construye una corona en la parte superior de la corona del cabezote, elaborada de concreto con resistencia de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, con un espesor de 5 cm.

Dentro del proceso constructivo de las obras de drenaje, se lleva un registro diario del avance de las obras, así como también los costos que generan, tales como; mano de obra, maquinaria, materiales y otros. Este trabajo generalmente lo realiza

personal calificado con experiencia y con conocimientos de campo y oficina, para que el costo - avance sea lo más apegado a la realidad. Con el registro anterior el ingeniero constructor compara el avance y el costo por unidad real de la obra, contra el avance y costo elaborado por la oficina técnica.

V.3 PROGRAMACIÓN

En todo proyecto de Ingeniería, es necesario asegurarse de que el proceso de planeación en cada una de sus etapas se vaya cumpliendo y de que el objetivo del proyecto no se pierda. Es en este punto que el proceso de control de un proyecto toma importancia.

En forma general se puede decir que un proceso de control el objetivo es el de identificar todas las variables en la medida de lo posible que determinan los avances o retardos en el proceso mencionado.

Al identificar las variables que intervienen en el proyecto, se debe estudiar cuidadosamente la relación que guardan entre ellas, analizar su influencia en el proceso, esto es, qué tanto impactan en la consecución del objetivo. Esta revisión de actividades, su cumplimiento y porcentaje de influencia, es un ejercicio constante durante la ejecución del proyecto y sirve para evaluar al momento las desviaciones del objetivo, con el fin de poder plantear acciones correctivas, comparando el avance real de las actividades contra el avance programado. Aparte de tomar decisiones correctivas en un proyecto, éstas se tienen que ejecutar y corregir.

Esta revisión de las actividades y su correspondiente proceso de revisiones y correcciones es lo que conforma un proceso de control administrativo.

Otro tipo de control en un proyecto u obra , es el control de calidad, y se realiza de manera similar al control administrativo, con las siguientes variantes: se deben tener estándares de calidad para comparar y realizar las correcciones correspondientes, de tal modo que durante el proceso de la obra o proyecto, se toman muestras de los trabajos ejecutados y se ensayan en laboratorio o se comparan con algún estándar para su evaluación y si las desviaciones con

respecto a éstos estándares son significativas, entonces se procederá a la corrección.

Estos dos tipos de control: administrativo y de calidad, conforman la totalidad de un proceso y se constituye como un modelo comparativo para monitorear el avance de las actividades y poder detectar desviaciones y correcciones.

Para que el proceso de control de un procedimiento constructivo sea efectivo, es necesario fijar un plan de acción que contenga básicamente los siguientes pasos :

- a) Establecimiento de estándares
- b) Verificación ó comparación de lo real contra el estándar.
- c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.
- d) Mejoramiento de los estándares.

V.3.1 GENERALIDADES

Un trabajo importante en la construcción de las terracerías, es sin lugar a dudas la organización de la obra. La cual se logra manteniendo una coordinación entre la administración y el avance de la misma.

En el avance de la obra, se realiza un control diario de los principales trabajos o actividades de la obra, por ejemplo: desmonte, despalme, excavaciones, terraplenes, prestamos y otros trabajos.

Este control consiste principalmente en tener un avance diario y además de identificar el costo que genera esa actividad específica, dicho en otras palabras, es lo que a la compañía le cuesta realizar cada concepto por unidad de ejecución.

El reporte de avance diario en obra, por ejemplo durante la ejecución de las terracerías, se realiza de varias maneras según el tipo de actividad que se está ejecutando, por ejemplo hay conceptos (despalmes, subyacentes, subrasantes, capas de pavimento) que se pueden calcular su volumen linealmente multiplicando el ancho por el espesor y por la longitud, y otros (principalmente terraplenes, prestamos de banco) en los cuales el volumen se calcula por el número de acarreo de material multiplicando por su capacidad y aplicándoles un coeficiente de abundamiento.

Se presentan casos (excavación de cortes, arropes, abatimientos, bermas y otros)

en el que la cuantificación se hace más difícil, por lo que es necesario la ayuda de la topografía.

El avance se ajusta regularmente, semanalmente por medio de la brigada de topografía, sacando datos para su vaciado en las secciones transversales previamente dibujadas, siguiendo el proceso de determinar sus áreas para el calculo de los volúmenes necesarios. Los costos están determinados principalmente por:

- 1) Mano de obra (cabo de oficios, operadores de maquinaria, ayudantes generales, etc.).
- 2) Maquinaria (tractores, cargadores, pipas, bombas, vehículos y otras).
- 3) Fletes y regalías de bancos, esto es el acarreo del material realizado por camiones de particulares, la regalía que se paga a los dueños de los bancos.
- 4) Equipo de seguridad o trabajo (sogas, cascos, lámparas, guantes, etc.).

Estos costos son o deberán ser identificables para cada uno de los conceptos, como en un frente de trabajo o de ataque en donde existan terraplenes y cortes, diariamente se contará la mano de obra, el número de máquinas trabajando, además se llevará un control diario de horómetros en cada maquina con el objeto de saber el número de horas efectivas de trabajo de cada máquina.

Con el fin de mantener los equipos en condiciones óptimas de operación, lo cual redundará en mejores rendimientos con el consecuente beneficio económico, se debe mantener un control de los mantenimientos que deberán darse a los equipos para que el mantenimiento sea preventivo y no se convierta en un mantenimiento correctivo. Lo anterior supone el contar con las suficientes refacciones que más comúnmente se requieran con el fin de hacer los arreglos pertinentes directamente en campo en la medida de lo posible.

Por otra parte, es vital contar con un formato para determinar el tiempo de uso de los equipos y que en este formato también se mencionen los tiempos perdidos por causa de una reparación o tiempos muertos, así como las fallas mecánicas o anomalías observadas directamente por el operador, tal como se muestra en la tabla V.5.

TABLA V.5 “EJEMPLO DE REPORTE DIARIO DE TRABAJO DE EQUIPO”

REPORTE DIARIO DE TRABAJO DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FECHA: _____ NOMBRE DEL OPERADOR: _____ NUMERO DE TARJETA: ____ TURNO: ____ FRENTE: _____			
TIEMPO TRABAJADO HOROMETRO FINAL: _____ HOROMETRO INICIAL: _____ TOTAL DE HORAS EFECTIVAS: _____		No. ECONOMICO: _____	
DETALLE DE TIEMPOS PERDIDOS REPARACIÓN: OCIOSO:	TIEMPOS DE A HORAS		
FALLAS MECÁNICAS OBSERVADAS :			
FIRMA DEL OPERADOR			

V.3.2 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

Usualmente la programación de una obra se representa mediante un diagrama de barras, en donde en el sentido vertical se enumeran las actividades que intervienen en el proyecto y en el sentido horizontal se representa el tiempo que se estima para cada una de las actividades enumeradas. La formulación de dicho diagrama tiene la ventaja de que también se observan los inicios y términos de las actividades, así como la secuencia que se guarda entre las mismas. Dichas actividades se proponen de manera lógica, de tal modo que la secuencia de ejecución no se contraponga (por ejemplo: para armar una cimentación es necesario tener antes la plantilla y para colar la plantilla, es necesario realizar antes la excavación, etc.)

Un programa de obra puede ser tan extenso como se desee, se pueden desglosar los frentes de trabajo en muchas actividades y en esta medida la precisión en la asignación de tiempos será mayor. En la actualidad existen diferentes paquetes de computadora que elaboran programas de obra detallados, tales como los programas Microsoft Project Planner, Primavera, etc., así como en la elaboración de precios unitarios (Neodata, Opus, Campeón, etc.) Como este trabajo trata de ejemplificar los elementos que intervienen en el proyecto y procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S, se sale del alcance de este trabajo presentar una programación en alguno de estos paquetes, pero no se ignora su existencia y se menciona como una referencia. Para este caso, se muestran ejemplos de cómo se integran los programas de obra.

TABLA V.6 “PROGRAMA GENERAL DE OBRA”

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">DEPENDENCIA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">TIPO DE CONTRATO:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">OBRA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">LUGAR Y FECHA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">PLAZO DE EJECUCIÓN:</td><td></td></tr> </table>	DEPENDENCIA:		TIPO DE CONTRATO:		OBRA:		LUGAR Y FECHA:		PLAZO DE EJECUCIÓN:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">FECHA DE INICIO:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">FECHA DE TERMINACIÓN:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">PLAZO DE EJECUCIÓN:</td><td></td></tr> </table>	FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINACIÓN:		PLAZO DE EJECUCIÓN:		NOMBRE DE LA EMPRESA: REPRESENTANTE LEGAL:
DEPENDENCIA:																		
TIPO DE CONTRATO:																		
OBRA:																		
LUGAR Y FECHA:																		
PLAZO DE EJECUCIÓN:																		
FECHA DE INICIO:																		
FECHA DE TERMINACIÓN:																		
PLAZO DE EJECUCIÓN:																		
PROGRAMA CALENDARIZADO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS																		
NUM.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07	MES 08							
DESMONTE																		
1	Despalme y desmonte a una profundidad de 0.30 metros	122,820	m3															
CORTES																		
	En material A y/o B	1,150,990	m3															
	En material C	504,990	m3															
TERRAPLENES																		
2	Conformación de terraplén bandeado	1,958,060	m3															
3	Conformación de capa subyacente compactada al 95% con material de banco	70,550	m3															
4	Conformación de capa subrasante compactada al 100% con material de banco	39,710	m3															
ACARREOS																		
5	De material de desperdicio primer kilómetro y kilómetros subsecuentes	675,500	m3															
6	Acarreo de material de banco de préstamo de materiales localizado a un kilómetro de la estación 0+000	229,380	m3															
7	Acarreo de material producto de los cortes para conformación de terraplenes primer hectómetro y hectómetros subsecuentes	4,122,880	m3															
DRENAJE																		
8	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro	1,430	m															
9	Recubrimiento de cunetas y contracunetas con concreto simple de f'c = 150 kg/cm2, así como construcción de lavaderos y bordillos	4,350	m3															
PAVIMENTOS																		
10	Sub-base compactada al 100% con material de banco	13,870	m3															
11	Base compactada al 100% con material de banco	8,600	m3															
12	Riego de impregnación	294,000	lt															
13	Riego de liga	105,000	lt															
14	Carpeta de concreto asfáltico	14,000	m3															
SEÑALAMIENTO																		
15	Recubrimiento con pintura amarillo reflejante de 15 cm de ancho en rayas discontinuas separadoras de carriles	17,600	m															
16	Recubrimiento con pintura amarillo reflejante de 15 cm de ancho en rayas continuas en las orillas de la calzada	40,000	m															
17	Señales informativas, preventivas y restrictivas	30	pza															

V.3.3 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE MANO DE OBRA

En la formulación del programa de mano de obra se representa en forma de barras el total de personal técnico y administrativo que se va a requerir durante el proceso de la obra. A continuación se presenta un ejemplo de cómo se expresa la mano de obra en función de un programa general de ejecución de trabajos.

TABLA V.7 “PROGRAMA DE MANO DE OBRA”

DEPENDENCIA:		FECHA DE INICIO:		NOMBRE DE LA EMPRESA:							
TIPO DE CONTRATO:		FECHA DE TERMINACIÓN:		REPRESENTANTE LEGAL:							
OBRA:		PLAZO DE EJECUCIÓN:									
LUGAR Y FECHA:											
PLAZO DE EJECUCIÓN:											
PROGRAMA CALENDARIZADO DE UTILIZACION DE PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO ENCARGADO DIRECTAMENTE DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS											
NUM.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07	MES 08
PERSONAL TECNICO											
1	DIRECTOR GENERAL			1	1	1	1	1	1	1	1
2	SUPERINTENDENTE			1	1	1	1	1	1	1	1
3	JEFE DE SUPERVISIÓN			1	1	1	1	1	1	1	1
4	RESIDENTE DE OBRA			7	7	7	7	7	7	7	7
5	LABORATORISTA			2	2	2	2	2	2	2	2
6	INGENIERO TOPOGRAFO			2	2	2	2	2	2	2	2
7	AUXILIAR TÉCNICO			2	2	2	2	2	2	2	2
8	AUXILIAR DE LABORATORIO			4	4	4	4	4	4	4	4
9	CABO DE OFICIOS			9	9	9	9	9	9	9	9
10	PEON			20	20	20	20	20	20	20	20
11	ALMACENISTA			3	3	3	3	3	3	3	3
12	CHECADOR			3	3	3	3	3	3	3	3
13	CADENERO			8	8	8	8	8	8	8	8
14	BANDERERO			15	15	15	15	15	15	15	15
15	OPERADOR DE EQUIPO PESADO			8	8	8	8	8	8	8	8
16	MECANICO DE MANTENIMIENTO			4	4	4	4	4	4	4	4
PERSONAL ADMINISTRATIVO											
17	CONTADOR			2	2	2	2	2	2	2	2
18	SECRETARIA			2	2	2	2	2	2	2	2
19	MENSAJERO			1	1	1	1	1	1	1	1
20	VELADOR			3	3	3	3	3	3	3	3

V.3.4 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE EQUIPO

El análisis de una programación de equipo para la construcción de una carretera reviste especial interés dado que se tiene que considerar el tipo de material por atacar, así como la dificultad de ejecución de los trabajos, que se traduce en tiempos y movimientos. En la formulación del programa de equipo intervienen datos como son los rendimientos de cada uno de estos equipos en función del material que se pretende atacar, el número de horas efectivas de trabajo, así como el arreglo de grupos de trabajo que se planee con el fin de atacar uno o

varios frentes al mismo tiempo con el fin de acelerar la terminación de los trabajos para los cuales es necesario cada un de los equipos involucrados.

A continuación se presenta un ejemplo de programación de equipo.

TABLA V.8 “FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE EQUIPO”

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">DEPENDENCIA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">TIPO DE CONTRATO:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">OBRA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">LUGAR Y FECHA:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">PLAZO DE EJECUCIÓN:</td><td></td></tr> </table>	DEPENDENCIA:		TIPO DE CONTRATO:		OBRA:		LUGAR Y FECHA:		PLAZO DE EJECUCIÓN:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">FECHA DE INICIO:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">FECHA DE TERMINACIÓN:</td><td></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">PLAZO DE EJECUCIÓN:</td><td></td></tr> </table>	FECHA DE INICIO:		FECHA DE TERMINACIÓN:		PLAZO DE EJECUCIÓN:		NOMBRE DE LA EMPRESA: REPRESENTANTE LEGAL:
DEPENDENCIA:																		
TIPO DE CONTRATO:																		
OBRA:																		
LUGAR Y FECHA:																		
PLAZO DE EJECUCIÓN:																		
FECHA DE INICIO:																		
FECHA DE TERMINACIÓN:																		
PLAZO DE EJECUCIÓN:																		
PROGRAMA CALENDARIZADO DE UTILIZACION DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCION																		
NUM.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07	MES 08							
1	CAMION PIPA	3,744	hr	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00	468.00							
2	COMPACTADOR METALICO	1,300	hr			260.00	260.00	260.00	260.00	260.00								
3	COMPACTADOR SOBRE NEUMATICOS	920	hr			184.00	184.00	184.00	184.00	184.00								
4	CRIBADORA	780	hr			195.00	195.00	195.00	195.00									
5	ESPARCIDOR DE CEMENTO	730	hr					182.50	182.50	182.50	182.50							
6	EXTENDEDORA	435	hr				87.00	87.00	87.00	87.00	87.00							
7	GENERADOR DE 275 KW	780	hr			130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00							
8	GENERADOR DE 400 KW	780	hr			130.00	130.00	130.00	130.00	130.00	130.00							
9	MOTOCONFORMADORA	720	hr			102.86	102.86	102.86	102.86	102.86	102.86							
10	CARGADOR FRONTAL 966 F	4,900	hr	612.50	612.50	612.50	612.50	612.50	612.50	612.50	612.50							
11	TRACTOR D8N	8,640	hr	1,234.29	1,234.29	1,234.29	1,234.29	1,234.29	1,234.29	1,234.29								
12	PETROLIZADORA	456	hr					114.00	114.00	114.00	114.00							
13	PLANTA DE ASFALTO	780	hr				156.00	156.00	156.00	156.00	156.00							
14	VIBROCOMPACTADOR	845	hr			120.71	120.71	120.71	120.71	120.71	120.71							
15	CAMION DE VOLTEO	4,600	hr	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00	575.00							

V.3.5 FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE MATERIALES

Finalmente es necesario programar la adquisición y llegada a obra de todos y cada uno de los materiales que intervienen en la misma, esto con el fin de no provocar retrasos en el programa general. Cabe hacer hincapié en que los datos de cantidades de materiales a ocupar provienen de un análisis de explosión de insumos que emana de los precios unitarios, en los cuales al tener de cada precio el componente de cada insumo que interviene en la integración de su costo directo, y multiplicado este por la cantidad a utilizar en el o los diversos conceptos que contenga el presupuesto, se generará entonces la cantidad global por surtir, del mismo modo funciona con la mano de obra y los equipos de instalación permanente. Dado que este análisis por su extensión no se incluye en este trabajo, se presentan en los programas cantidades aproximadas para dar un ejemplo de cómo se presentan los programas mencionados.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

A continuación se presenta un ejemplo de un programa de suministro de materiales para una obra del tipo que se trató en este trabajo.

TABLA V.9 “FORMULACIÓN DEL PROGRAM DE MATERIALES”

DEPENDENCIA:		FECHA DE INICIO:		NOMBRE DE LA EMPRESA:							
TIPO DE CONTRATO:		FECHA DE TERMINACIÓN:		REPRESENTANTE LEGAL:							
OBRA:		PLAZO DE EJECUCIÓN:									
LUGAR Y FECHA:											
PLAZO DE EJECUCIÓN:											
PROGRAMA CALENDARIZADO DE ADQUISICION DE MATERIALES Y EQUIPO DE INSTALACIÓN PERMANENTE											
NUM.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06	MES 07	MES 08
1	ACARREO PRIMER KILOMETRO	249,970	m3-km	74991	74991	99988					
2	ACARREO KILOMETRO SUBSECUENTE	540,400	ton	162120	162120	216180					
3	ACARREO PRIMER HECTOMETRO	1,734,800	m3	346960	433700	346960	346960	173480			
4	ACARREO HECTOMETRO SUBSECUENTE	2,388,080	m3-hm		477616	597020	477616	477616	238808		
5	ACARREO COMBUSTOLEO	1,365,000	m3-km	170625	170625	170625	170625	170625	170625	170625	170625
6	ACARREO DE DIESEL	1,600,000	m3	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
7	ACARREO DE ASFALTO	14,000	m3					3500	3500	3500	3500
8	BASE PARA CAPA SUBYACENTE	70,550	m3					17637.5	17637.5	17637.5	17637.5
9	BASE PARA CAPA SUBRASANTE	39,710	m3					9927.5	9927.5	9927.5	9927.5
10	TUBO DE CONCRETO REFORZADO DE 1.5 M DE DIAMETRO	1,430	ml				715	715			
11	MATERIAL PARA BASE Y SUB-BASE	22,470	m3			8988	6741	6741			
12	ASFALTO	14,000	m3					3500	3500	3500	3500
13	CEMENTO PORTLAND	13,600	ton					3400	3400	3400	3400
14	COMBUSTOLEO	1,365,000	lt	170625	170625	170625	170625	170625	170625	170625	170625
15	DIESEL	1,600,000	lt	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
16	RIEGO DE LIGA	294,000	lt					73500	73500	73500	73500
17	RIEGO DE IMPREGNACION	105,000	lt					26250	26250	26250	26250
18	ARENA	700	m3					175	175	175	175

En el siguiente capítulo se trata de la Ingeniería de Costos referente al proyecto y procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S, como ya se ha mencionado, el cuidado de un análisis de precios unitarios conlleva a un buen resultado en cuanto al grado de competitividad de la propuesta económica, siempre y cuando se cuide la calidad de los materiales que se tendrán que usar y se proyecte la cantidad de equipo y mano de obra necesarios para la buena ejecución del proyecto.

CAPÍTULO VI

INGENIERÍA DE COSTOS

Como cualquier otra obra de ingeniería, la construcción de la autopista tipo A4S debe ser *planeada*, entendiéndose por planeación el análisis y establecimiento de estrategias generales de ejecución, con base en las condiciones geográficas, meteorológicas, topográficas y características técnicas, así como *programada*, siendo esto último la representación gráfica del desarrollo de una serie de actividades en forma secuenciada, ordenada y coherente del proceso de ejecución, así mismo la obra debe ser *presupuestada*, entendiéndose por presupuestación la representación monetaria de la programación en relación con el tiempo.

El objetivo de este capítulo es el de analizar los costos directos de la mano de obra, maquinaria y equipo y de los materiales que se van a emplear en la obra, los costos indirectos, cargo por financiamiento y cargo por utilidad, para obtener finalmente el presupuesto de la obra, es decir el dinero necesario para su ejecución.

El presupuesto se obtiene en función de los programas de mano de obra, maquinaria y equipo y de materiales a emplearse Capítulo V “Procedimiento Constructivo”, dichos programas a su vez están en función de los volúmenes de obra y de los rendimientos de la mano de obra, de la maquinaria y equipo y de los materiales, considerando en todo momento las características del sitio donde se desarrollará la obra, como son: topográficas, el tipo de vegetación y de suelos existentes, hidrología, localización de bancos de préstamo de los materiales, accesos, así como las normas de calidad, especificaciones técnicas, alcance de los trabajos y todos aquellos aspectos que pueden influir en forma definitiva en la construcción.

El análisis de costos se realiza con base a precios unitarios, ya que la gran mayoría de las licitaciones de obra pública, como es el caso de la construcción de la autopista, se llevan a cabo por medio de este mecanismo.

Como complemento al análisis de los costos, se describe el procedimiento de licitación de la obra pública, así como de sus excepciones como es el concurso de invitación restringida y adjudicación directa. También se describen los tipos de contratos, incluyendo los contratos por concesión en los que su adjudicación además del análisis de precios unitarios (costo de obra) depende de la estructura tarifaria propuesta para recuperar la inversión, pagar los créditos que hayan sido otorgados por instituciones de crédito, los intereses que generen dichos créditos y los costos relativos a la operación y mantenimiento de la autopista.

Se comenta brevemente aspectos generales de financiamiento como son: fuente de recursos, capital propio y créditos en el financiamiento y ventajas y desventajas, así como las fallas en el esquema de contratación por concesión 1989-1994, problemas que se presentaron y que dieron origen al rescate carretero y las correcciones que se hicieron al viejo esquema para las contrataciones futuras por concesión.

VI.1 GENERALIDADES

En este inciso se definen los diferentes tipos de costos y cargos que intervienen para obtener el precio de venta para la construcción de una obra determinada de acuerdo a lo señalado en la Ley de Obra Pública vigente.

VI.1.1 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a) Costo directo de mano de obra

El costo directo de mano de obra se compone de las erogaciones que efectúe el contratista por el pago de salarios integrados al personal que interviene directamente en la ejecución de los conceptos de trabajo, incluyendo hasta la categoría de cabo o jefe de cuadrilla.

Dentro de este costo no se consideran las percepciones del personal de dirección, administración, supervisión y vigilancia, pues éstos se incluyen en los costos de indirectos:

El costo de mano de obra se obtiene mediante la expresión:

$$Mo = \frac{Si}{R}$$

donde:

Mo = Representa el costo por mano de obra

Si = Representa el salario integrado que interviene en la ejecución de cada concepto por jornada de ocho horas, incluyendo todas las prestaciones derivadas de la Ley Federal del Trabajo, la Ley del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Ley del Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) o de los Contratos Colectivos de Trabajo en vigor.

Para la obtención de este rubro, se deben considerar los salarios base (Sb) de las diferentes categorías y especialidades de acuerdo a la zona o región donde se ejecuten los trabajos, los que deberán afectarse por el factor de salario integrado (Fsi).

R = Representa el rendimiento, es decir, la cantidad de trabajo que desarrolla el personal que interviene en una jornada de ocho horas, considerando siempre las condiciones topográficas y ambientales de la zona donde se ejecuten.

El Factor de Salario Integrado (FSI) es el resultado de dividir el total de los días pagados en un período anual, considerado éste de enero a diciembre, entre los días laborados durante el mismo período de acuerdo con:

El factor de salario integrado permanecerá fijo hasta la terminación de los trabajos contratados, incluidos los convenios que se celebren. Para el ajuste de costos que corresponda, se deberán considerar los ajustes a las prestaciones de la Ley del Seguro Social.

En la conformación del salario integrado no deberán incluirse los conceptos siguientes:

Transportación, instalaciones y servicios de comedor, campamentos, instalaciones deportivas y recreación, así como los que sean para fines sociales de carácter sindical, instrumentos de trabajo tales como: herramientas, ropa, cascos, zapatos,

guantes y otros similares, alimentación y hospedaje que se le proporcione a los trabajadores, viáticos y pasajes de personal especializado y cantidades aportadas para constituir fondos de pensiones establecidos por el patrón o derivados de la contratación colectiva.

Cuando los conceptos anteriores sean procedentes, su importe deberá ser considerado en el análisis de los costos indirectos.

b) Costo directo de maquinaria o equipo

El costo directo de maquinaria o equipo de construcción es el que resulta de las erogaciones que realice el contratista por el uso de las máquinas o equipos apropiados para la ejecución del concepto de trabajo, de acuerdo al programa de ejecución y conforme a lo establecido en las normas de calidad y las especificaciones generales y particulares que la contratante determine.

El costo horario por maquinaria o equipo de construcción resulta de dividir el importe del costo horario de la hora efectiva de trabajo entre el rendimiento de dicha maquinaria o equipo, en la misma unidad de tiempo.

El costo directo por maquinaria o equipo de construcción, se obtiene de la expresión:

$$ME = \frac{Chm}{Rhm}$$

donde:

ME = Representa el costo de la maquinaria o equipo

Chm = Representa el costo directo por hora efectiva de trabajo. Para la determinación de este costo es necesario que la operación y uso de dicho equipo corresponda con sus características de capacidad y especialidad para desarrollar el concepto de trabajo de que se trate. Este costo se integra con costos fijos, consumos y salarios de operación por hora efectiva de trabajo.

Rhm = Representa el rendimiento por hora de la maquinaria o equipo. Es la cantidad de unidades de trabajo que la maquinaria o equipo ejecuta por

hora efectiva de operación, como lo determinan los manuales de los fabricantes.

Cabe señalar que en el análisis de los costos horarios de la maquinaria, el valor de adquisición de ésta, debe ser el correspondiente al de un equipo nuevo de acuerdo a lo señalado en la Ley de Obra Pública en vigor.

Los costos fijos corresponden a la depreciación, inversión, seguros y mantenimiento de la maquinaria o equipo.

El costo por depreciación, es el que resulta por la disminución del valor original de la maquinaria o equipo de construcción como consecuencia de su uso durante su vida útil. Para calcularlo, se considerará una depreciación lineal, es decir, se deprecia en una misma cantidad por unidad de tiempo.

Cuando proceda, al calcular la depreciación deberá deducirse el costo de las llantas y el costo de las piezas especiales del valor de los mismos.

La depreciación se obtendrá mediante la expresión:

$$D = \frac{V_m - V_r}{V_u}$$

donde:

D = Costo horario por depreciación de la maquinaria o equipo

V_m = Valor de la maquinaria o equipo nuevos a la fecha de presentación de la propuesta, descontando en su caso el valor de las llantas y de los equipamientos, accesorios o piezas especiales.

V_r = Representa el valor de rescate de la máquina o equipo por su venta al término de su vida útil.

V_u = La vida útil de la máquina o equipo estimada por el contratista, atendiendo a las especificaciones del fabricante y expresada en horas efectivas de trabajo, es decir, el tiempo en que puede operar y producir trabajo en forma eficiente dándole el mantenimiento adecuado.

El costo por inversión son los intereses del capital invertido en la maquinaria o equipo de construcción y se obtiene mediante:

$$I_m = \frac{(V_m + V_r) i}{2H_e a}$$

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

donde:

I_m = Representa el costo horario de la inversión de la maquinaria o equipo de construcción nuevo.

V_r = Representa el valor de rescate de la máquina o equipo por su venta al término de su vida útil.

V_u = La vida útil de la máquina o equipo estimada por el contratista, atendiendo a las especificaciones del fabricante y expresada en horas efectivas de trabajo, es decir, el tiempo en que puede operar y producir trabajo en forma eficiente dándole el mantenimiento adecuado.

H_{ea} = Es el número de horas efectivas que la maquinaria o equipo trabaja durante el año

i = Representa la tasa de interés anual expresada en fracción decimal.

Para el análisis de los costos horarios, la tasa de interés deberá ser referida a un indicador económico específico, tal como la tasa de interés de los CETES a 28 días, Tasa de equilibrio interbancario (TIIE), etc.

El costo por seguros es el que cubre los riesgos a que está sujeta la maquinaria o equipo por siniestros que sufra. Este costo forma parte del costo horario, sin importar si la maquinaria o equipo está asegurada por una compañía o si la empresa hace frente a los riesgos de uso con recursos propios.

El costo se obtiene de la siguiente expresión:

$$S_m = \frac{(V_m + V_r) s}{2H_{ea}}$$

donde:

S_m = Representa el costo horario por seguros de la maquinaria o equipo de construcción.

V_r = Representa el valor de rescate de la máquina o equipo por su venta al término de su vida útil.

V_u = La vida útil de la máquina o equipo estimada por el contratista, atendiendo a las especificaciones del fabricante y expresada en horas efectivas de

trabajo, es decir, el tiempo en que puede operar y producir trabajo en forma eficiente dándole el mantenimiento adecuado.

Hea = Representa el número de horas efectivas que la maquinaria o equipo trabaja durante el año.

s = Representa el valor de la prima anual promedio de seguros, fijada como porcentaje del valor de la maquinaria o equipo y expresada en fracción decimal.

Para el análisis del costo horario, se considerará la prima anual promedio del seguro, la que deberá estar referida a un indicador específico del mercado de seguros.

El costo de mantenimiento mayor o menor resulta de los gastos para conservar en buenas condiciones de trabajo la maquinaria o equipo de construcción durante toda su vida útil.

El costo de mantenimiento mayor resulta de las reparaciones de la maquinaria o equipo por personal especializado y que requiera trasladarlos fuera de los frentes de trabajo. El costo incluye: la mano de obra, repuestos y renovaciones de partes de a maquinaria o equipo, así como otros materiales que sean necesarios.

El costo de mantenimiento menor resulta del pago de las reparaciones y cambios de repuestos de la maquinaria o equipo que se efectúan en las propias obras; así como los cambios de líquidos para mandos hidráulicos, de transmisión, filtros, grasas y estopa, incluye: el personal y equipo auxiliar que realiza estas operaciones de mantenimiento y los repuestos.

El costo se obtiene mediante la expresión:

$$Mn = Ko \times D$$

donde:

Mn = Representa el costo horario por mantenimiento mayor y menor de la maquinaria o equipo de construcción.

Ko = Es un coeficiente que considera tanto el mantenimiento mayor como el menor. Este coeficiente varía según el tipo de maquinaria o equipo de que se trate y se fija con base a la experiencia estadística.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

D = Representa la depreciación de la maquinaria o equipo, calculada de acuerdo a lo expuesto.

Los costos por consumos resultan del pago de combustibles o de otras fuentes de energía y en su caso lubricantes y llantas.

El costo por combustibles resulta de todas las erogaciones por consumos de gasolina y diesel para el funcionamiento de los motores de combustión interna de la maquinaria o equipo.

El costo se obtiene mediante:

$$Co = Gh \times Pc$$

donde:

Co = Es el costo horario del combustible por hora efectiva de trabajo.

Gh = La cantidad de combustible utilizado por hora efectiva de trabajo. Este coeficiente se obtiene en función de la potencia nominal del motor, de un factor de la maquinaria o equipo y de un coeficiente determinado por la experiencia, el cual varía de acuerdo con el combustible que se use.

Pc = Precio del combustible puesto en la máquina o equipo de construcción.

El costo por otras fuentes de energía es el derivado por los consumos de energía eléctrica o de otros energéticos distintos a los señalados. La determinación de este costo requerirá en cada caso de un estudio especial.

El costo por lubricantes resulta por el consumo y los cambios periódicos de aceites lubricantes de los motores.

El costo se obtiene mediante la expresión:

$$Lb = (Ah + Ga) Pa$$

donde:

Lb = Es el costo horario por consumo de lubricantes

Ah = La cantidad de aceites lubricantes consumidos por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación.

Ga = El consumo de lubricantes entre cambios sucesivos de éstos en las máquinas o equipos determinado por la capacidad del recipiente dentro de la máquina equipo y el número de cambios sucesivos de aceites.

Pa = Representa el precio de los aceites lubricantes puestos en la máquina o equipo.

El costo por llantas se refiere al desgaste de éstas durante la operación de la maquinaria o equipo de construcción.

Su costo se determina mediante la expresión:

$$LI = \frac{PII}{VII}$$

donde:

LI = Representa el costo por consumo de las llantas de la maquinaria o equipo.

PII = Es el valor de las llantas nuevas, de acuerdo con las características indicadas por el fabricante.

VII = Las horas de vida útil de las llantas, tomando en cuenta las condiciones de trabajo. Se determinarán de acuerdo con las tablas de estimaciones de la vida de los neumáticos sustentadas en las experiencias estadísticas de los fabricantes, considerando entre otros: presiones de inflado, velocidad máxima de trabajo, condiciones relativas del camino que transite, pendientes, curvas, superficies de rodamiento, las cargas que soporten y el mantenimiento.

El costo horario por salarios de operación es el pago del o de los salarios del personal encargado de la operación de la maquinaria o equipo por hora efectiva de trabajo.

Este costo se obtiene mediante la expresión:

$$Po = \frac{Si}{Ht}$$

donde:

Po = Es el costo horario por la operación de la maquinaria o equipo.

Si = Representa el salario integrado por jornada del operador y ayudantes en su caso de la maquinaria o equipo.

Ht = Las horas efectivas de trabajo de la maquinaria o equipo dentro del turno.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

El costo por maquinaria o equipo en espera y en reserva corresponde a erogaciones por situaciones no previstas en el contrato.

Para el análisis, cálculo e integración de este costo, se considerará:

Maquinaria o equipo de construcción en espera. Cuando por situaciones no previstas la maquinaria o equipo debe permanecer inactivo en espera de un evento para entrar en operación, se debe considerar el costo del operador.

Maquinaria o equipo de construcción en reserva. Es aquel que está inactivo por orden expresa del contratante para enfrentar eventualidades tales como situaciones de seguridad, urgencia o emergencia y será procedente cuando: sea indispensable para atender una eventualidad debiendo existir la justificación técnica y sean los apropiados en cuanto a capacidad, potencia y otras características.

El costo horario de las máquinas y equipos en espera y en reserva deberá corresponder a las condiciones a que se sujeten y los costos fijos y por consumos deben ser menores a los calculados por hora efectiva en operación.

c) Costo directo de materiales

El costo directo por materiales es el de adquisición o producción de todos los materiales indispensables para la ejecución de los conceptos de los trabajos, cumpliendo con las normas de calidad y especificaciones generales y particulares de construcción solicitadas por el contratante.

Los materiales que se utilicen en la ejecución de una obra podrán ser permanentes o temporales; los primeros son aquellos que se incorporan y forman parte de la obra, mientras que los segundos son los que se utilizan de manera auxiliar y no pasan a formar parte de una obra. Para este último caso, se determinará el costo en proporción al porcentaje de vida útil del material empleado.

El costo unitario por concepto de materiales se obtendrá de la expresión:

$$M = C_b \times C_m$$

donde:

M = Representa el costo por materiales

C_b = Representa el costo básico unitario vigente de mercado, que cumpla con las normas de calidad especificadas para el concepto de trabajo y sea el más económico por unidad de material y puesta en el sitio de los trabajos. El costo básico unitario del material se integrará sumando al precio de adquisición, los costos de acarreos, maniobras, almacenajes y mermas aceptables durante su manejo. Cuando se usen materiales producidos en obra, el costo básico unitario será el de producción en sitio.

C_m = Representa el consumo de materiales por concepto de trabajo expresado en unidad de medida. Para materiales permanentes “C_m” se determinará con la cantidad que deba utilizarse según proyecto, las normas de calidad, especificaciones generales y particulares de construcción más los desperdicios mínimos que la experiencia indique. Para materiales auxiliares “C_m” se determinará considerando las cantidades que deban emplearse y su deterioro según el programa de ejecución, el procedimiento constructivo y la vida útil del material de que se trate, más los desperdicios mínimos que la experiencia indique.

Cuando la descripción del concepto de precio unitario establezca una marca de referencia, se podrá presentar productos de otra marca que cumpla con las especificaciones técnicas: de calidad, duración, garantía y servicio, que las establecidas para la marca de referencia.

También se analizan las cantidades de los materiales a emplear como lo es: agua para compactaciones, pintura, estacas, trompos, monumentos de concreto, varillas, etc.

d) Costo directo total

El costo directo total es la suma de los costos directos de la mano de obra, maquinaria y equipo y de materiales.

e) Costo indirecto

Los rubros que pueden aplicarse a la administración de las oficinas centrales o de campo, son los siguientes:

Gasto de personal:

Honorarios y sueldos:

Personal directivo, personal de supervisión y control y personal administrativo.

Prestaciones del personal:

Además de los ya mencionados se considerarán los correspondientes a pasajes y viáticos del personal señalado en honorarios y sueldos.

Renta o depreciación y mantenimiento:

Edificios y locales

Instalaciones generales

Bodegas

Locales de mantenimiento y guarda

Campamentos

Vehículos (debe considerarse también el gasto de operación)

Equipos, muebles y enseres

Honorarios profesionales:

Consultores, asesores, servicios y laboratorios

Estudios e investigaciones

Fletes y acarreos:

Campamentos

Maquinaria y equipo de construcción

Plantas y elementos para instalaciones

Mobiliario

Gastos de oficina:

- Papelería y útiles de escritorio
- Correo, fax, teléfono, telégrafo y radio
- Equipo de cómputo
- Copiado y duplicación
- Luz, gas y otros consumos
- Gastos del procedimiento de adjudicación

Capacitación y adiestramiento

Seguridad e higiene

Trabajos previos y auxiliares de:

- Construcción y conservación de caminos de acceso
- Montaje y desmantelamiento de equipo
- Construcción de instalaciones generales para:
 - Campamentos
 - Maquinaria y equipo de construcción
 - Plantas y elementos para instalaciones

El costo indirecto se expresará como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo. El porcentaje se calculará dividiendo la suma de los importes de los gastos señalados entre el costo directo total de la obra.

f) Cargo por financiamiento

El cargo por financiamiento es el generado por la inversión de dinero propio o ajeno que realice la contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos. Se representa como un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos.

Para el cálculo del costo por financiamiento se deberá considerar que el porcentaje por costo de financiamiento se obtenga de la diferencia que resulte entre los ingresos y los egresos, afectado por la tasa de interés propuesta por el contratista y dividida entre la suma de los costos directos e indirectos.

Los ingresos están integrados por el importe de los anticipos y de las estimaciones menos la amortización del anticipo.

Los egresos están integrados por los costos directos e indirectos y anticipos para compra de maquinaria o equipo e instrumentos de instalación permanente que en su caso se requieran.

g) Cargo por utilidad

El cargo por utilidad es la ganancia del contratista por la ejecución del concepto de trabajo. Se representa como un porcentaje de la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento. Este cargo considerará las deducciones del impuesto sobre la renta y de la participación de los trabajadores en las utilidades de la empresa.

h) Cargos adicionales

Los cargos adicionales son las erogaciones que el contratista debe realizar de un impuesto o derecho que se cause con motivo de la ejecución de los trabajos y que no forman parte de los costos directos, indirectos, de financiamiento y de utilidad.

Solo podrán considerarse los cargos que provengan de ordenamientos legales o disposiciones administrativas aplicables emitidas por autoridades competentes, como impuestos federales y locales, gastos de inspección y supervisión.

Los cargos adicionales no se afectarán por los porcentajes determinados para los costos indirectos, de financiamiento y del cargo por utilidad.

i) Ajuste de costos

Existe un aspecto importante en la ejecución de las obras que no fue mencionado en el inicio del capítulo y éste es el que corresponde al ajuste de costos, actualización de costos o escalación de costos, ya que éste se puede definir como el reconocimiento oficial de las variaciones de los precios de los insumos que intervienen en el desarrollo de los proyectos de construcción, de no reconocerse las variaciones en los costos, las empresas se verían seriamente afectadas y con falta de liquidez, sobre todo en obras con contratos de obra multianuales, es decir, aquellos que se realizan o se ejecutan en más de un ejercicio fiscal,

provocando que los contratistas abandonen la obra o que la calidad se vea seriamente disminuida.

El ajuste de costos deberá pactarse en el contrato respectivo y realizarse en su caso mediante alguno de los procedimientos siguientes:

- 1) La revisión de cada uno de los precios unitarios del contrato para obtener el ajuste.
- 2) La revisión o grupo de precios que multiplicados por sus correspondientes cantidades de trabajo por ejecutar, representen cuando menos el 80% (ochenta por ciento) del importe del contrato.
- 3) La revisión por insumos, cuando se tenga establecida la proporción en que éstos intervienen en el total del costo directo de los trabajos. El ajuste podrá determinarse mediante la actualización de los costos que participen en dichas proporciones.

La aplicación de los procedimientos señalados, se sujetará a lo siguiente:

- 1) Los ajustes de los trabajos faltantes de ejecutar serán calculados a partir de la fecha en que se haya originado el incremento o decremento superior al 5% (cinco por ciento) del costo de los insumos, de acuerdo al programa de ejecución pactado en el contrato o en caso de no existir atraso no imputable al contratista, respecto al programa que se hubiere convenido.
- 2) Si el atraso es por causa imputable al contratista, únicamente procederá el ajuste para los trabajos faltantes de ejecutar de acuerdo al programa convenido.
- 3) Los incrementos o decrementos de los costos de los insumos serán calculados con base al Índice Nacional de Precios Productor que determine el Banco de México. Cuando los índices que se requieren no se encuentren dentro de los publicados por el Banco de México, el contratante procederá a calcularlos conforme a los precios que

investigue, utilizando los lineamientos y metodología que expida el Banco de México.

- 4) Los precios originales del contrato permanecerán fijos hasta la terminación de los trabajos contratados. El ajuste se aplicará a los costos directos, conservando constantes los porcentajes de indirectos y utilidad originales durante el ejercicio del contrato; el costo por financiamiento estará sujeto a la variaciones de la tasa de interés que el contratista haya considerado en su propuesta.

Los índices que se utilizarán como base para el cálculo de los ajustes de costos serán los correspondientes a la fecha del acto de presentación y apertura de propuestas.

El procedimiento de revisión de cada uno de los precios unitarios del contrato para la determinación de los ajustes de costos deberán precisarse las cantidades que se encuentren pendientes de ejecutar de acuerdo al programa convenido.

VI.1.2 ACTIVIDADES SELECCIONADAS

El presente trabajo considera para su exposición y solo como ejemplo una longitud total de diez kilómetros para la construcción de una autopista tipo A4S, sin embargo y debido a la gran cantidad de conceptos que intervienen en la construcción de una autopista, el análisis de costos se realiza sobre las actividades que se presentan en un kilómetro, (del km 0+000 al km 1+000), dentro de este tramo se tienen contempladas actividades tales como: trazo y nivelación, despalmes, cortes en materiales I, II y III, formación de terraplenes, acarreos de bancos de préstamo y laterales, compactaciones, obras de drenaje, etc., en los que interviene mano de obra, maquinaria y equipo y materiales.

VI.1.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la determinación de los precios unitarios que serán aplicados a los conceptos que integran el catálogo de conceptos, se obtuvo información de costos de mano de obra a noviembre del 2004 de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos

(CNSM), correspondientes a las zonas Geográficas "A", "B" y "C", tomándose como ejemplo para este trabajo los correspondientes a la zona Geográfica "C"; costos de mercado de mano de obra y materiales, costos de adquisición maquinaria pesada en Caterpillar y Komatsu, catálogo de costos horarios de maquinaria 2003 y Catálogo de Costos Directos de Carreteras 2004-2005 de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).

VI.1.4 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS

Como se señaló en anteriores párrafos, la mayoría de las licitaciones de obra pública se realizan o se llevan a cabo bajo el esquema de precios unitarios, ya sean éstas para concursos de construcción de carreteras, infraestructura hidráulica y sanitaria, plantas hidroeléctricas, construcción de presas, proyectos arquitectónicos, vivienda, es decir, en cualquier campo de la ingeniería o arquitectura, se aplica el sistema de presupuestación con base en precios unitarios.

VI. 2 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Como se indicó en el inciso VI.1.2 Actividades Seleccionadas, para el análisis de costos de las actividades a desarrollar, se considera el tramo comprendido entre el km 0+000 y el km 1+000 como representativo de los diez kilómetros que se tomaron como ejemplo para el desarrollo de este trabajo; en el Capítulo IV "Proyecto Ejecutivo" se obtuvo el catálogo de conceptos y se determinaron los volúmenes de obra a ejecutar de acuerdo a lo mostrado en los planos correspondientes a la planta, perfil y curva masa y al de secciones transversales consignados en el Anexo B.

Los conceptos o actividades y los volúmenes que aparecen en la tabla VI.1 Catálogo de conceptos fueron como se indicó, los definidos en el Capítulo IV "Proyecto Ejecutivo", misma que se reproduce a continuación.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

TABLA VI.1 “CATÁLOGO DE CONCEPTOS”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
1	DESMONTE	ha	6
	CORTES		
	Despalmes, desperdiciando el material de excavación		
2	En corte por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	4,571
3	Para desplante de terraplenes por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	7,711
	En cortes y adicionales debajo de la subrasante		
	Cuando el material se utilice para desplante de terraplenes en:		
4	Material A y/o B	m ³	110,157
5	Material C	m ³	50,499
6	Excavación, acamellonado, tendido y compactado para construir la capa subrasante en zona de corte para 95%	m ³	2,963
7	Compactación de la cama de los cortes al 90%	m ³	1,979
	TERRAPLENES		
8	Compactación al 90% del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m ³	80.55
9	Formación y compactación de terraplenes Bandeado	m ³	195,726
10	Formación de capa subyacente compactada al 95% con material de banco	m ³	7,055
11	Formación de capa subrasante compactada al 100% con material de banco	m ³	3,971
	ACARREOS		
12	Del material de desperdicio primer kilómetro	m ³	13,510
13	Del material de desperdicio kilómetros subsecuentes (5 km)	m ³ - km	54,040
14	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 1 km a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante primer kilómetro	m ³	11,469
15	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 250 m a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante kilómetros subsecuentes	m ³ - km	11,469
	Acarreo de material producto de los cortes para formación de terraplenes		
16	Primer hectómetro	m ³	173,480
17	Hectómetros subsecuentes	m ³ - hm	238,808
	DRENAJE		
18	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro en el km 0+180 y km 0+773	m	94
19	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.20 m de diámetro en el km 0+264	m	49
20	Recubrimiento de cunetas y contracunetas con concreto hidráulico simple de 150 kg/cm ²	m ³	390
21	Recubrimiento de lavaderos con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	10
22	Bordillo de 15 cm de base mayor, 14 de base menor y 10 cm de altura con concreto hidráulico de f'c= 150 kg/cm ²	m ³	35
	PAVIMENTOS		
23	Trituración y cribado por tres mallas de materiales obtenidos en depósitos naturales	m ³	2,584
24	Sub-base compactada al 100% con material de banco	m ³	1,387
25	Base compactada al 100% con material de banco	m ³	860
26	Emulsión asfáltica en riego de impregnación	lt	29,400
27	Emulsión asfáltica en riego de liga	lt	10,500
28	Carpeta de concreto asfáltico	m ³	1,400
29	Arena para cubrir la base impregnada	m ³	70
30	Barrido de la base impregnada	ha	1.4
	SEÑALAMIENTO		
31	Recubrimiento con pintura color amarillo reflejante de 10 cm de ancho para raya discontinua separadora de carriles	m	1,760
32	Recubrimiento con pintura color blanco reflejante de 10 cm de ancho para raya continua en las orillas de la calzada (longitud efectiva)	m	4,000
	Señales informativas de destino:		
33	Entronque: de 56 x300 cm (un tablero)	pza	1
	Señales preventivas de:		
34	Velocidad: de 86 x 86 cm	pza	1
	Señales restrictivas:		
35	Alto: de 30 cm por lado	pza	1
	Obras y dispositivos diversos:		

TABLA VI.1 “CATÁLOGO DE CONCEPTOS (continuación)”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
36	Suministro y colocación de Viales con reflejante en (una) cara, color amarillo de 10 x10 cm (cara 2.5 x 8.5 cm mínimo)	pza	792
37	Cercado del derecho de vía con postes de concreto y 4 líneas de alambre de púas	m	2,000

Definidos los conceptos a ejecutar y los volúmenes asociados a éstos, se determinarán los costos directos de mano de obra, equipo y material, así como los relativos a indirectos de campo y oficinas centrales, financiamiento y utilidad.

VI.2.1 COSTO DIRECTO DE LA MANO DE OBRA

La Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CNSM) dependiente de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), tiene dividida a la República Mexicana para efecto de la aplicación de los salarios en tres zonas geográficas denominadas “A”, “B” y “C”, tomándose como ejemplo para el presente trabajo la zona geográfica “C”, para la cual se tienen contemplados los sueldos mínimos para el año del 2004 que se muestran en la Tabla VI.2 Salarios mínimos:

TABLA VI.2 “SALARIOS MÍNIMOS”

NÚM	C A T E G O R I A	SALARIO
1	Operador de Bulldozer	\$ 64.53
2	Operador de Traxcavo sobre neumáticos u orugas	\$ 62.44
3	Chofer de camión de carga	\$ 62.86
4	Oficial de albañilería	\$ 61.39
5	Oficial herrero	\$ 59.04
6	Carpintero de obra negra	\$ 57.11
7	Mecánico de camiones	\$ 63.75
8	Peón	\$ 42.11

Sin embargo, los costos reales de mano de obra están en el mercado muy por arriba de lo que se señala en el cuadro anterior, por lo que para efectos del presente trabajo se aplicarán los salarios indicados en la Tabla VI.3 Salarios Considerados, haciendo la aclaración que el salario para los operadores de las diferentes máquinas pesadas será el mismo, de igual manera, para todo tipo de choferes y oficiales ya sean éstos albañiles, herreros, carpinteros, etc.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

TABLA VI.3 “SALARIOS CONSIDERADOS”

NÚM.	C A T E G O R I A	SALARIO DIARIO
1	Operador de maquinaria pesada	\$ 233.13
2	Chofer	\$ 120.00
3	Cabo	\$ 150.00
4	Oficial	\$ 133.33
5	Peón	\$ 70.00

Para cada una de las categorías indicadas en la tabla VI.3 Salarios considerados se calcularán los factores de salario integrado, considerando para ello el salario base de cotización, el factor resultante entre días pagados y días laborados y pago de cuotas al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) para obtener el salario real, lo anterior se muestra en la Tablas VI.5 Datos básicos del personal a utilizarse y VI. 6 Análisis del factor de salario integrado.

TABLA VI.4

“DATOS BÁSICOS DEL COSTO DE PERSONAL A UTILIZARSE”

(DICAL)	DIAS CALENDARIO					365
(DIAGI)	DIAS DE AGUINALDO					15
(PIVAC)	DIAS POR PRIMA VACACIONAL					1.50
(DIPER)	DIAS DE PERCEPCION PAGADOS AL AÑO					381.50
(SBC)	SALARIO BASE DE COTIZACION					1.04521
(DIDOM)	DIAS DOMINGOS					52.14300
(DIVAC)	DIAS DE VACACIONES					6.00000
(DIFEO)	DIAS FESTIVOS OFICIALES (POR LEY)					7.00000
(DINLA)	DIAS NO LABORADOS AL AÑO					65.14300
(DICLA)	DIAS CALENDARIO LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA)					299.85700
(FACTOR)	DIAS PAGADOS / DIAS LABORADOS					1.27227
				(DIPER)/(DICLA)		
CATEGORIA	SALARIO MENSUAL	FACTOR DE SALARIO INTEGRADO	SALARIO INTEGRADO	IMPORTE CUOTAS IMSS	SALARIO REAL	FACTOR DE SALARIO REAL
CABO	\$ 4,500.00	1.27227	\$ 5,725.23	\$ 1,166.54	\$ 6,891.77	1.53150
OFICIAL	\$ 4,000.00	1.27227	\$ 5,089.09	\$ 1,040.80	\$ 6,129.89	1.53247
PEÓN	\$ 2,100.00	1.27227	\$ 2,671.77	\$ 488.64	\$ 3,160.41	1.50496
OPERADOR MAQUINARIA PESADA	\$ 6,400.00	1.27227	\$ 8,142.55	\$ 1,644.42	\$ 9,786.97	1.52921
CHOFER	\$ 3,600.00	1.27227	\$ 4,580.18	\$ 941.69	\$ 5,521.87	1.53385

**TABLA VI.6
ANÁLISIS DEL FACTOR DE SALARIO INTEGRADO**

FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION		1.04521																	
FACTOR DE SALARIO INTEGRADO		1.27227																	
SALARIO MINIMO ZONA "C"		\$1,263.30																	
CATEGORIA	SALARIO MENSUAL	FACTOR SALARIO BASE DE COTIZACION	SALARIO BASE DE COTIZACION	IMPORTE CUOTAS IMSS.	EXCEDENTE A 3 SIM	PRESTACIONES EN DINERO	GASTOS MEDICOS PENSIONARIOS	INVALIDEZ Y VIDA	GUARDERIAS Y PRESTACIONES SOCIALES	CESANTIA EN EDAD AVANZADA Y VEJEZ	RIESGO DE TRABAJO	FACTOR DE SALARIO INTEGRADO	FACTOR DE SALARIO REAL	SALARIO REAL					
Cabo	\$ 4,500.00	1.04521	\$4,703.45	\$958.35	20.3755%	381.500	77.733	299.857	25.923%	1.27227	1.53150		\$6,891.76						
Oficial	\$ 4,000.00	1.04521	\$4,180.84	\$855.05	20.4517%	381.500	78.023	299.857	26.020%	1.27227	1.53247		\$6,129.89						
Peón	\$ 2,100.00	1.04521	\$2,194.94	\$534.71	24.3612%	381.500	92.938	299.857	30.994%	1.27227	1.58221		\$3,322.65						
Operador de maquinaria pesada	\$ 6,400.00	1.04521	\$6,689.34	\$1,350.94	20.1955%	381.500	77.046	299.857	25.694%	1.27227	1.52921		\$9,786.96						
Chofer de camión de carga	\$ 3,600.00	1.04521	\$3,762.76	\$773.64	20.5605%	381.500	78.438	299.857	26.158%	1.27227	1.53385		\$5,521.87						

HOJA DE CALCULO PARA LAS HOJAS DEL IMSS												
CATEGORIA	SALARIO BASE	FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION	SALARIO BASE DE COTIZACION	CUOTA FUA	EXCEDENTE A 3 SIM	PRESTACIONES EN DINERO	GASTOS MEDICOS PENSIONARIOS	INVALIDEZ Y VIDA	GUARDERIAS Y PRESTACIONES SOCIALES	CESANTIA EN EDAD AVANZADA Y VEJEZ	RIESGO DE TRABAJO	TOTAL DE CUOTAS
Cabo	\$ 4,500.00	1.0452	\$ 4,703.45	\$ 200.23	\$ 41.38	\$ 32.92	\$ 49.39	\$ 82.31	\$ 47.03	\$ 148.16	\$ 356.93	\$958.35
Oficial	\$ 4,000.00	1.0452	\$ 4,180.84	\$ 200.23	\$ 17.71	\$ 29.27	\$ 43.90	\$ 73.16	\$ 41.81	\$ 131.70	\$ 317.27	\$855.05
Peón	\$ 2,100.00	1.0452	\$ 2,194.94	\$ 200.23	\$ -	\$ 15.36	\$ 23.05	\$ 38.41	\$ 21.95	\$ 69.14	\$ 166.57	\$534.71
Operador de maquinaria pesada	\$ 6,400.00	1.0452	\$ 6,689.34	\$ 200.23	\$ 131.34	\$ 46.83	\$ 70.24	\$117.06	\$ 66.89	\$ 210.71	\$ 507.64	\$1,350.94
Chofer de camión de carga	\$ 3,600.00	1.0452	\$ 3,762.76	\$ 200.23	\$ -	\$ 26.34	\$ 39.51	\$ 65.85	\$ 37.63	\$ 118.53	\$ 285.55	\$773.64

El costo diario del personal se obtiene dividiendo el salario integrado entre 30 días; por ejemplo el operador de maquinaria pesada tendrá un salario real de $9,786.96/30 = 326.23$

VI.2.2 COSTOS HORARIOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO

La maquinaria y equipo para realizar cortes, terraplenar, compactar, efectuar acarreo de banco de materiales, asfaltar, etc. es el que se muestra en la tabla VI.7 Maquinaria y equipo, la cual fue seleccionada de acuerdo al proceso constructivo a seguir.

TABLA VI.6 “MAQUINARIA Y EQUIPO”

NÚM	EQUIPO	CONCEPTO EN EL QUE INTERVIENE
1	Tractor D8N sobre orugas	Desmonte, despalme en cortes y terraplén y compactación del terreno natural
2	Tractor D8N sobre orugas	Excavación en material A, B y C
3	Tractor D8N sobre orugas	Compactando o bandeado
4	Cargador 966F sobre neumáticos	Cargando
5	Compactador CP-433-E	Compactar
6	Motoniveladora 120 H	Escarificar, mezclar y nivelar
6	Camión fuera de carretera 769 D de 18 m ³ de capacidad	Acarreo de material de bancos de material o de préstamos laterales
7	Camión de volteo de 7 m ³ de capacidad	Acarreo de materiales
8	Camión de agua de 8,000 litros	Riego de superficies
9	Retroexcavadora	Carga y zanjadora
10	Planta de asfalto	Producción de asfalto
11	Pavimentadora	Colocación de carpeta asfáltica
12	Petrolizadora	Riego de liga, riego de impregnación y riego de sello
13	Compactadora de asfalto	Compactar
14	Revolvedora de 1 saco	Mezclado de agregados para elaboración de concreto
15	Vibrador de gasolina de 8 hp	Mezclado de agregados para concreto
16	Pintarrayas	Pintar líneas separadoras de carriles y de orillas
17	Trituradora y cribadora	Producción de agregados

Debido a la gran cantidad de maquinaria y equipo que interviene en la construcción de una autopista, solo se obtendrán como ejemplo los costos horarios de aquellos que tienen una mayor utilización en la obra, como son: tractor o bulldozer D8N sobre orugas o similar, cargador 966 F sobre neumáticos o similar, camión fuera de carretera 769 D de 18 m³ de capacidad o similar, motoconformadora 120 H o similar; el resto de los costos horarios se obtuvieron

del catálogo de costos horarios de maquinaria de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).

A continuación se dan algunas características del equipo seleccionado, para calcular sus costos horarios:

**TABLA VI.7
“CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA SELECCIONADA”**

CONCEPTO	MAQUINARIA			
	Tractor D8N Sobre orugas	Cargador 966 F sobre ruedas	Motoniveladora 120 H estandar diesel	Camión 769 D de 18 m³ de capacidad
Potencia	305 hp	259 hp	140 hp	-
Tanque combustible	625 litros	380 litros	284 litros	530 litros
Carter	32.5 litros	35.0 litros	27.0 litros	45.0 litros
Sistema de enfriamiento	92.0 litros	80.0 litros	40.0 litros	113.5 litros
Sistema hidráulico	72.0 litros	50.0 litros	73.0 litros	56.0 litros
Ancho de hoja	-	-	12 ft – 3.658 m	-
Velocidad avance 1 ^a	3.5 kph	7.2 kph	3.6 kph	12.6 kph
Velocidad avance 2 ^a	6.2 kph	12.6 kph	4.8 kph	17.2 kph
Velocidad avance 3 ^a	10.8 kph	21.7 kph	7.0 kph	23.3 kph
Velocidad avance 4 ^a	4.7 kph	37.2 kph	9.7 kph	31.4 kph
Velocidad avance 5 ^a	8.1 kph	-	15.3 kph	42.5 kph
Velocidad avance 6 ^a	13.9 kph	-	20.8 kph	57.3 kph
Velocidad avance 7 ^a	-	-	28.7 kph	77.7 kph
Velocidad avance 8 ^a	-	-	41.7 kph	-
Velocidad retroceso 1 ^a	-	8.2 kph	2.8 kph	16.6 kph
Velocidad retroceso 2 ^a	-	14.3 kph	5.3 kph	-
Velocidad retroceso 3 ^a	-	24.6 kph	7.7 kph	-
Velocidad retroceso 4 ^a	-	38.5 kph	12.1 kph	-
Velocidad retroceso 5 ^a	-	-	22.7 kph	-
Velocidad retroceso 6 ^a	-	-	32.9 kph	-
Precio Fecha 16/Nov/04	5'240,872.00	3'613,369.00	1'258,111.50	5'055,243.00

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Con los datos de la capacidad del carter y potencia, consignados en la tabla VI-7 Características de la Maquinaria Seleccionada, se calcularán los costos horarios de los equipos mencionados.

**TABLA VI.8
“COSTO HORARIO DE TRACTOR SOBRE ORUGAS”**

DATOS GENERALES:		TRACTOR SOBRE ORUGAS (CATERPILLAR) D8N O SIMILAR	
TIPO DE COMBUSTIBLE:		GASOLINA	<input checked="" type="checkbox"/> DIESEL
(Pm) Precio de la máquina	\$	5,264,351.40	(HP) Potencia nominal (Hp) 305
(Vn) Precio de las llantas			(Fo) Factor de operación 75%
(Va) Valor de adquisición	\$	5,264,351.40	(Hpop) Potencia de operación (HP X Fo) 228.75
(Vr) Valor de rescate	10% de Va	526,435.14	(CC) Coeficiente de combustible 0.20
(Ve) Vida Económica	Horas	10,000	(Pc) Precio del combustible (\$/litro) 5.13
(IC) Instrumentos de captación			(CT) Capacidad del carter (lt) 32.5
(I) Tasa de interés anual	%	20	(t) Horas entre cambio de lubricantes 100.00
(Ha) Horas efectivas por año		2,000	(CL) Coeficiente de lubricante 0.0035
(s) Prima anual promedio	%	3	(PL) Precio de lubricante (\$/litro) 31.00
(Q) Mantenimiento	%	75	(HV) Vida de las llantas (horas) -
			(H) Horas efectivas por turno 6.40
			(So) Salarios por turno (\$/jornal) 326.23
I.- CARGOS FIJOS			
i.1.- Depreciación	$D = (Va - Vr) / Ve$	$= (5,264,351.40 - 526,435.14) / 10,000$	$= 473.79$
i.2.- inversión	$I = (Va + Vr) i / 2Ha$	$= (5,264,351.40 + 526,435.14) \times 0.20 / 2 \times 2,000$	$= 289.54$
i.3.- Seguros	$S = (Va + Vr) s / 2Ha$	$= (5,264,351.40 + 526,435.14) \times 0.03 / 2 \times 2,000$	$= 43.43$
i.4.- Mantenimiento	$T = Q \times D$	$= (0.75) \times 473.79$	$= 355.34$
		(1) SUMA CARGOS FIJOS	1,162.10
II.- CARGOS POR CONSUMOS			
II.1.- Combustibles	$E = CC \times Hpop \times Pc$		234.70
II.2.- Otras fuentes de energía			
II.3.- Lubricantes	$Al = [(CT/t) + (CL \times Hpop)] \times PL$		34.89
II.4.- Llantas	$N = Vn/Hv$		-
		(2) SUMA CONSUMOS	269.59
III.- CARGOS POR OPERACIÓN			
CATEGORIAS	CANTIDAD	SALARIO REAL	
Operador	1	326.23	
III.1.- OPERACIÓN	$Co = So/H$	$(So) = \$ 326.23$	$= 50.97$
		(3) SUMA OPERACIÓN	50.97
COSTO DIRECTO POR HORA (I)+(II)+(III) =			\$ 1,482.66

**TABLA VI.9
“COSTO HORARIO DE CARGADOR SOBRE RUEDAS”**

DATOS GENERALES:		CARGADOR SOBRE RUEDAS (CARTERPILLAR) 966 F O SIMILAR	
TIPO DE COMBUSTIBLE:	GASOLINA	<input checked="" type="checkbox"/> DIESEL	
(Pm) Precio de la máquina	\$	3,629,079.30	(HP) Potencia nominal (Hp) 259
(Vn) Precio de las llantas		75,200.00	(Fo) Factor de operación 0.75
(Va) Valor de adquisición	\$	3,553,879.30	(Hpop) Potencia de operación (HP X Fo) 194.25
(Vr) Valor de rescate	10% de Va	355,387.93	(CC) Coeficiente de combustible 0.05
(Ve) Vida Económica	Horas	16,000.00	(Pc) Precio del combustible (\$/litro) 5.31
(IC) Instrumentos de captación			(CT) Capacidad del carter (litros) 35.0
(I) Tasa de interés anual	%	20	(t) Horas entre cambio de lubricantes 100.00
(Ha) Horas efectivas por año		1,600	(CL) Coeficiente de lubricante 0.0025
(s) Prima anual promedio	%	3	(PL) Precio de lubricante (\$/litro) 31.00
(Q) Mantenimiento	%	60	(HV) Vida de las llantas (horas) 2,000
			(H) Horas efectivas por turno 6.40
			(So) Salarios por turno (\$/jornal) 326.23
I.- CARGOS FIJOS			
I.1.- DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve = (3,353,879.30 - 355,387.93) / 16,000$	=	199.91
I.2.- INVERSION	$I = (Va + Vr) / 2Ha = (3,353,879.30 + 355,387.93) \times 0.20 / 2 \times 1,600$	=	244.33
I.3.- SEGUROS	$S = (Va + Vr) / 2Ha = (3,353,879.30 + 355,387.93) \times 0.03 / 2 \times 1,600$	=	36.65
I.4.- MANTENIMIENTO	$T = Q \times D = (0.60) \times 199.91$	=	119.94
	(1) SUMA CARGOS FIJOS		600.83
II.- CARGOS POR CONSUMOS			
II.1.- COMBUSTIBLES	$E = CC \times Hpop \times Pc$		51.57
II.2.- OTRAS FUENTES DE ENERGIA			
II.3.- LUBRICANTES	$AI = [(CT/t) + (CL \times Hpop)] \times PL$		25.90
II.4.- LLANTAS	$N = Vn/Hv$		37.60
	(2) SUMA CONSUMOS		115.07
III.- CARGOS POR OPERACIÓN			
CATEGORIAS	CANTIDAD	SALARIO REAL	
OPERADOR	1	326.23	
		(So) = \$	326.23
III.1.- OPERACIÓN	$Co = So/H =$		50.97
	(3) SUMA OPERACIÓN		50.97
COSTO DIRECTO POR HORA (I)+(II)+(III) =			\$ 766.87

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

**TABLA VI.10
“COSTO HORARIO DE MOTONIVELADORA”**

DATOS GENERALES:		MOTONIVELADORA (CATERPILLAR) 120 H ESTANDAR O SIMILAR	
TIPO DE COMBUSTIBLE:	GASOLINA	<input checked="" type="checkbox"/> DIESEL	
(Pm) Precio de la máquina	\$	1,258,111.50	(HP) Potencia nominal (Hp) 100
(Vn) Precio de las llantas		28,000.00	(Fo) Factor de operación 0.75
(Va) Valor de adquisición	\$	1,230,111.50	(Hpop) Potencia de operación (HP X Fo) 75.00
(Vr) Valor de rescate	10% de Va	123,011.15	(CC) Coeficiente de combustible 0.20
(Ve) Vida Económica	Horas	12,000.00	(Pc) Precio del combustible (\$/litro) 5.13
(IC) Instrumentos de captación		-	(C) Capacidad del carter (litros) 27.0
(I) Tasa de interés anual	%	20	(t) Horas entre cambio de lubricantes 100.00
(Ha) Horas efectivas por año		1,500	(CL) Coeficiente de lubricante 0.0025
(s) Prima anual promedio	%	3	(PL) Precio de lubricante (\$/litro) 31.00
(Q) Mantenimiento	%	75	(HV) Vida de las llantas (horas) 1,400
			(H) Horas efectivas por turno 6.40
			(So) Salarios por turno (\$/jornal) 326.23
I.- CARGOS FIJOS			
I.1.- DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve$	$= (1,230,115.50 - 123,011.50) / 12,000$	= 92.26
I.2.- INVERSION	$I = (Va + Vr) / 2Ha$	$= (1,230,115.50 - 123,011.50) \times 0.20 / 2 \times 1,500$	= 90.21
I.3.- SEGUROS	$S = (Va + Vr) \times s / 2Ha$	$= 1,230,115.50 - 123,011.50 \times 0.03 / 2 \times 1,500$	= 13.53
I.4.- MANTENIMIENTO	$T = Q \times D$	$= (0.75) \times 92.26$	= 0.69
		(1) SUMA CARGOS FIJOS	196.69
II.- CARGOS POR CONSUMOS			
II.1.- COMBUSTIBLES	$E = CC \times Hpop \times Pc$		76.95
II.2.- OTRAS FUENTES DE ENERGIA			
II.3.- LUBRICANTES	$AI = [(CT/t) + (CL \times Hpop)] \times PL$		14.18
II.4.- LLANTAS	$N = Vn / Hv$		20.00
		(2) SUMA CONSUMOS	111.13
III.- CARGOS POR OPERACIÓN			
CATEGORIAS	CANTIDAD	SALARIO REAL	
OPERADOR	1	326.23	
III.1.- OPERACIÓN	$Co = So / H$	$(So) = \$$	326.23
		$=$	50.97
		(3) SUMA OPERACIÓN	50.97
COSTO DIRECTO POR HORA (I)+(II)+(III) =			\$ 358.79

TABLA VI.11

“COSTO HORARIO DE CAMIÓN FUERA DE CARRETERA”

DATOS GENERALES:		CAMION (CATERPILLAR) 769 D O SIMILAR DE 18 m ³ DE CAPACIDAD	
TIPO DE COMBUSTIBLE:	GASOLINA	<input checked="" type="checkbox"/> DIESEL	
(Pm) Precio de la máquina	\$ 4,966,960.00	(HP) Potencia nominal (Hp)	485
(Vn) Precio de las llantas	90,000.00	(Fo) Factor de operación	0.75
(Va) Valor de adquisición	\$ 4,966,960.00	(Hpop) Potencia de operación (HP X Fo)	363.75
(Vr) Valor de rescate	10% de Va 496,696.00	(CC) Coeficiente de combustible	0.20
(Ve) Vida Económica	Horas 18,000.00	(Pc) Precio del combustible (\$/litro)	5.13
(IC) Instrumentos de captación	-	(CT) Capacidad del carter (litros)	45.0
(I) Tasa de interés anual	%	20	(t) Horas entre cambio de lubricantes 100.00
(Ha) Horas efectivas por año	2,000	(CL) Coeficiente de lubricante	0.0030
(s) Prima anual promedio	%	3	(PL) Precio de lubricante (\$/litro) 31.00
(Q) Mantenimiento	%	80	(HV) Vida de las llantas (horas) 3,000
		(H) Horas efectivas por turno	6.40
		(So) Salarios por turno (\$/jornal)	326.23
I.- CARGOS FIJOS			
I.1.- DEPRECIACION	$D = (Va - Vr) / Ve = (4,966,960.00 - 496,696.00) / 18,000 =$		248.35
I.2.- INVERSION	$I = (Va + Vr) i / 2Ha = (4,966,960.00 + 496,696.00) \times 0.20 / 2 \times 2,000 =$		273.18
I.3.- SEGUROS	$S = (Va + Vr) s / 2Ha = (4,966,960.00 + 496,696.00) \times 0.03 / 2 \times 2,000 =$		40.98
I.4.- MANTENIMIENTO	$T = Q \times D = (0.80) \times 447.03 =$		198.68
	(1) SUMA CARGOS FIJOS		761.19
II.- CARGOS POR CONSUMOS			
II.1.- COMBUSTIBLES	$E = CC \times Hpop \times Pc$		373.21
II.2.- OTRAS FUENTES DE ENERGIA			
II.3.- LUBRICANTES	$AI = [(CT/t) + (CL \times Hpop)] \times PL$		47.78
II.4.- LLANTAS	$N = Vn/Hv$		30.00
	(2) SUMA CONSUMOS		450.99
III.- CARGOS POR OPERACIÓN			
CATEGORIAS	CANTIDAD	SALARIO REAL	
OPERADOR	1	326.23	
III.1.- OPERACIÓN	$Co = So/H = \frac{326.23}{6.40} =$		50.97
	(3) SUMA OPERACIÓN		50.97
COSTO DIRECTO POR HORA (I)+(II)+(III) =			\$ 1,263.15

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

En la tabla que se muestra a continuación se dan los costos horarios de la maquinaria y equipo para la que se calcularon sus costos horarios, así como de aquellas en que éstos no fueron calculados, para estos últimos se tomaron los contenidos en el catálogo de costos horarios de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) 2003 incrementados en un 7%.

TABLA VI.12 “RESUMEN DE LOS COSTOS HORARIOS”

NÚM.	MAQUINARIA Y EQUIPO	COSTO HORARIO
1	Tractor D8N sobre orugas o carriles	\$ 1,482.66
2	Cargador 966 F sobre ruedas	\$ 766.87
3	Motoniveladora 120 H estandar	\$ 358.79
4	Camión fuera de carretera 769 D de 18 m ³ de capacidad	\$ 1,263.15
5	Camión de volteo de 7 m ³ de capacidad	\$ 276.22
6	Cargador retroexcavador 436 C	\$ 238.28
7	Compactador de tambor liso vibratorio CS583C	\$ 414.07
8	Planta de asfalto UDM-500	\$ 1,048.28
9	Pavimentadora asfáltica AP-1000	\$ 906.68
10	Compactador de asfalto CB634C	\$ 364.92
11	Petrolizadora de 6,000 lt mod. 6558	\$ 255.55
12	Revolvedora de un saco 10EK 1	\$ 178.96
13	Vibrador de gasolina de 8 hp	\$ 53.64
14	Pintarrayas EZ-LINER ligero	\$ 143.90
15	Planta de trituración de 12" x 36" y cribadora universal 4' x 10'	\$ 38.95

VI.2.3 COSTO DIRECTO DE LOS MATERIALES

Para el caso de la construcción de la autopista tipo A4S en el tramo considerado en el presente trabajo y en general para todo la autopista, se emplearon los materiales cuyos costos están indicados en la tabla VI.13 Costo directo de los materiales:

TABLA VI.13 “COSTO DIRECTO DE LOS MATERIALES”

NÚM.	MATERIAL	UNIDAD	COSTO *
1	Arena	m ³	\$ 172.50
2	Grava	m ³	\$ 172.50
3	Cal	kg	\$ 0.83
4	Agua	m ³	\$ 50.00
5	Suelo limo arenoso	m ³	\$ 160.00
6	Acero de refuerzo	ton	\$ 12,000.00
7	Cemento	ton	\$ 1,650.00
8	Asfalto AC20	ton	\$ 2,200.00
9	Emulsión asfáltica para riego de liga	lt	\$ 2.78
10	Emulsión asfáltica para riego de impregnación	lt	\$ 1.88
11	Grava controlada	m ³	\$ 208.35
12	Tubo de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro (l = 1.02 m)	m	\$ 2,885.70
13	Tubo de concreto reforzado de 1.22 m de diámetro (l = 1.02 m)		\$ 1,820.00
14	Pintura para tránsito	lt	\$ 45.32
15	Microesfera	kg	\$ 18.00
16	Alambre de púas	m	\$ 1.05
17	Cimbra de madera de 2da.	m ²	\$ 91.70

* Costos de mercado del día 24 noviembre del 2004

Determinados los salarios reales de mano de obra, costos horarios de maquinaria y equipo, así como los costos de materiales y rendimientos, se determinarán a continuación y como ejemplo los costos directos de algunas de las actividades indicadas en la tabla VI.1 Catálogo de conceptos, como son: despalme, compactación del terreno natural en el área de desplante de terraplenes, excavación en material A y/o B, excavación en material C y elaboración en obra de concreto de f'c = 150 kg/cm².

TABLA VI.14

**“DESPALME EN CORTES Y EN EL AREA DE TERRAPLENES,
DESPERDICIANDO EL MATERIAL (m³)”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
			SUMA	0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00714	\$ 1,482.66	10.59
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.00909	\$ 766.87	6.97
			SUMA	17.56
COSTO DIRECTO			TOTAL :	17.56

TABLA VI.15

**“COMPACTACIÓN AL (90%) DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE
DESPLANTE DE LOS TERRAPLENES (m³)”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Agua en pipa	m ³	0.1000	\$ 50.00	5.00
			SUMA	5.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Vibrocompactador	hr	0.01000	\$ 205.67	2.06
			SUMA	2.06
COSTO DIRECTO			TOTAL :	7.06

TABLA VI.16 “EXCAVACIÓN EN MATERIAL A y/o B (m³)”

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
			SUMA	0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00714	\$1,482.66	10.59
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.00840	\$ 766.87	6.44
			SUMA	17.03
COSTO DIRECTO			TOTAL :	17.03

TABLA VI.17 “EXCAVACIÓN EN MATERIAL C (m³)”

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
			SUMA	0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00977	\$ 1,482.66	14.49
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.01176	\$ 766.87	9.02
			SUMA	23.51
COSTO DIRECTO			TOTAL :	23.51

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

**TABLA VI.18 “ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO DE
f’c = 150 kg/cm² EN OBRA (m³)”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Cemento	ton	0.350	\$1,650.00	\$577.50
Arena	m ³	0.105	\$ 172.50	\$ 18.03
Grava de 3/4" (19 mm)	m ³	0.124	\$ 172.50	\$ 21.30
Agua	m ³	0.048	\$ 50.00	\$ 2.38
			SUMA	619.21
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
Cabo	jornal	0.6000	\$ 229.73	\$ 137.84
Peón (6)	jornal	0.7500	\$ 110.76	\$ 83.07
			SUMA	220.91
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Camión de volteo de 7 m ³ de capacidad	hr	0.1500	\$ 276.22	\$ 41.43
Cargador sobre neumáticos	hr	0.0070	\$ 761.33	\$ 5.33
Revolvedora de 1 saco, 8 hp	hr	0.5000	\$ 178.96	\$ 89.48
herramienta menor		3.00%	\$ 220.91	\$ 6.63
			SUMA	142.87
COSTO DIRECTO			TOTAL :	982.99

Determinados los costos directos de cada uno de los conceptos señalados en el catálogo, se obtendrá el costo directo de la obra, siendo este el que se muestra en la tabla VI.19 Presupuesto de obra a costo directo.

TABLA VI.19 “PRESUPUESTO DE OBRA A COSTO DIRECTO”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	IMPORTE
1	DESMONTE	ha	6	2,934.66	17,607.96
	CORTES				
	Despalmes, desperdiciando el material de excavación				
2	En corte por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	4,571	17.56	80,266.76
3	Para desplante de terraplenes por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	7,711	17.56	135,405.16
	En cortes y adicionales debajo de la subrasante				
4	Material A y/o B	m ³	110,157	17.03	1,875,973.71
5	Material C	m ³	50,499	23.51	1,187,231.49
6	Excavación, acamellonado, tendido y compactado para construir la capa subrasante en zona de corte para 95%	m ³	2,963	36.37	107,764.31
7	Compactación de la cama de los cortes al 90%	m ³	1,979	7.06	13,971.74

TABLA VI.19 “PRESUPUESTO DE OBRA A COSTO DIRECTO (continuación)”

NUM	CONCEPTO	UNIDA	CANTIDA	COSTO	IMPORTE
	TERRAPLENES				
8	Compactación al 90% del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m ³	80.55	7.06	568.68
9	Formación y compactación de terraplenes Bandeado	m ³	195,726	22.60	4,423,407.60
10	Formación de capa subyacente compactada al 95% con material de banco	m ³	7,055	25.35	178,844.25
11	Formación de capa subrasante compactada al 100% con material de banco	m ³	3,971	29.83	118,454.93
	ACARREOS				
12	Del material de desperdicio primer kilómetro	m ³	13,510	6.09	82,275.90
13	Del material de desperdicio kilómetros subsecuentes (5 km)	m ³ - km	54,040	3.95	213,458.00
14	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 250 m a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante primer kilómetro	m ³	11,469	6.09	69,846.21
15	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 1 km a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante kilómetros subsecuentes	m ³ - km	11,469	3.95	45,302.55
	Acarreo de material producto de los cortes para formación de terraplenes				
16	Primer hectómetro	m ³	173,480	10.50	1,821,540.00
17	Hectómetros subsecuentes	m ³ - hm	238,808	2.14	511,049.12
	DRENAJE				
18	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro en el km 0+180 y km 0+773	m	94	5,931.91	557,599.54
19	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.22 m de diámetro en el km 0+264	m	49	4,761.14	233,295.86
20	Recubrimiento de cunetas y contracunetas con concreto hidráulico simple de 150 kg/cm ²	m ³	390	2,588.51	1,009,518.90
21	Recubrimiento de lavaderos con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	10	1,869.32	18,693.20
22	Bordillo de 15 cm de base mayor, 14 de base menor y 10 cm de altura con concreto hidráulico de f'c= 150 kg/cm ²	m ³	35	2,157.09	75,498.15
	PAVIMENTOS				
23	Trituración y cribado por tres mallas de materiales obtenidos en depósitos naturales	m ³	2,584	94.14	243,262.47
24	Sub-base compactada al 100% con material de banco	m ³	1,387	31.04	43,052.48
25	Base compactada al 100% con material de banco	m ³	860	31.04	26,694.40
26	Emulsión asfáltica en riego de impregnación	lt	29,400	2.47	72,618.00
27	Emulsión asfáltica en riego de liga	lt	10,500	3.32	34,860.00
28	Carpeta asfáltica	m ³	1,400	420.00	588,000.00
29	Arena para cubrir la base impregnada	m ³	70	172.50	12,075.00
30	Barrido de la base impregnada	ha	1.4	1,212.07	1,696.90
	SEÑALAMIENTO				
31	Recubrimiento con pintura color amarillo reflejante de 10 cm de ancho para raya discontinua separadora de carriles	m	1,760	5.61	9,873.60
32	Recubrimiento con pintura color blanco reflejante de 10 cm de ancho para raya continua en las orillas de la calzada (longitud efectiva)	m	4,000	5.52	22,080.00
	Señales informativas de destino:				
33	Entronque: de 56 x300 cm (un tablero)	pza	1	1,238.47	1,238.47
	Señales preventivas de:				
34	Velocidad: de 86 x 86 cm	pza	1	455.26	455.26
	Señales restrictivas:				
35	Alto: de 30 cm por lado	pza	1	250.00	250.00
	Obras y dispositivos diversos:				
36	Suministro y colocación de Viales con reflejante en (una) cara, color amarillo de 10 x10 cm (cara 2.5 x 8.5 cm mínimo)	pza	792	25.00	19,800.00
37	Cercado del derecho de vía con postes de concreto y 4 líneas de alambre de púas	m	2,000	65.97	135,900.00
				TOTAL	13'971,822.64

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Considerando que el costo directo obtenido \$ 13'971,822.64 para el tramo comprendido entre el km 0+000 y el km 1+000, es el mismo para cada uno de los kilómetros restantes, el costo directo total de los diez kilómetros será entonces de **\$139'718,226.40**

VI.2.4 COSTOS INDIRECTOS

A continuación se determinará el porcentaje de costos indirectos que se aplicará a la suma de los costos directos de mano de obra, maquinaria y equipo y material de acuerdo a lo señalado en los primeros párrafos de este capítulo:

Los salarios del personal de oficinas centrales y de campo que no intervienen directamente en la ejecución de los trabajos son los que se muestran en la tabla VI.15 Salarios del personal de indirectos.

TABLA VI.20 “SALARIOS DEL PERSONAL PARA INDIRECTOS”

NÚM.	C A T E G O R I A	SALARIO MENSUAL
1	Director General	\$ 25,000.00
2	Superintendente	\$ 20,000.00
3	Jefe de supervisión	\$ 13,000.00
4	Supervisor	\$ 7,500.00
5	Secretaria	\$ 2,500.00
6	Dibujante	\$ 4,000.00
7	Velador	\$ 2,700.00
8	Contador	\$ 7,500.00
9	Laboratorista	\$ 10,000.00
10	Ayudante de laboratorio	\$ 6,000.00
11	Ingeniero Topógrafo	\$ 7,500.00
12	Estadaletero	\$ 2,700.00
13	Cadenero	\$ 2,700.00
14	Almacenista	\$ 2,700.00

En este caso, también es necesario determinar los salarios reales, para ello se procederá de la misma manera que se hizo para determinar los salarios reales para el personal que interviene directamente en la ejecución de los trabajos, lo anterior se muestra en las Tablas VI.21 Datos básicos del costo de personal de indirectos y VI.22 Factor de salario integrado personal de indirectos.

TABLA VI.21

“DATOS BÁSICOS DEL COSTO DE PERSONAL PARA INDIRECTOS”

(DICAL)	DIAS CALENDARIO	365				
(DIAGI)	DIAS DE AGUINALDO	15				
(PIVAC)	DIAS POR PRIMA VACACIONAL	1.50				
(DIPER)	DIAS DE PERCEPCION PAGADOS AL AÑO	381.50				
(SBC)	SALARIO BASE DE COTIZACION	1.04521				
(DIDOM)	DIAS DOMINGOS	52.14300				
(DIVAC)	DIAS DE VACACIONES	6.00000				
(DIFEO)	DIAS FESTIVOS OFICIALES (POR LEY)	7.00000				
(DINLA)	DIAS NO LABORADOS AL AÑO	65.14300				
(DICLA)	DIAS CALENDARIO LABORADOS AL AÑO (DICAL)-(DINLA)	299.85700				
(FACTOR)	DIAS PAGADOS / DIAS LABORADOS (DIPER)/(DICLA)	1.27227				
CATEGORIA	SALARIO MENSUAL	FACTOR DE SALARIO INTEGRADO	SALARIO INTEGRADO	IMPORTE CUOTAS IMSS	SALARIO REAL	FACTOR DE SALARIO REAL
DIRECTOR GENERAL	\$ 25,000.00	1.27227	\$ 31,806.83	\$ 6,322.50	\$ 38,129.33	1.52517
SUPER INTENDENTE	\$ 20,000.00	1.27227	\$ 25,445.46	\$ 5,065.00	\$ 30,510.45	1.52552
JEFE DE SUPERVISION	\$ 13,000.00	1.27227	\$ 16,539.55	\$ 3,304.47	\$ 19,844.02	1.52646
SUPERVISOR	\$ 7,500.00	1.27227	\$ 9,542.05	\$ 1,921.13	\$ 11,463.18	1.52842
SECRETARIA	\$ 2,500.00	1.27227	\$ 3,180.68	\$ 728.45	\$ 3,909.13	1.56365
DIBUJANTE	\$ 4,000.00	1.27227	\$ 5,089.09	\$ 1,921.13	\$ 7,010.22	1.53247
VELADOR	\$ 2,700.00	1.27227	\$ 3,435.14	\$ 1,040.80	\$ 4,475.94	1.55642
CONTADOR	\$ 7,500.00	1.27227	\$ 9,542.05	\$ 1,921.13	\$ 11,463.18	1.52842
LABORATORISTA	\$ 10,000.00	1.27227	\$ 12,722.73	\$ 2,549.80	\$ 15,272.53	1.52725
AYUDANTE LAB.	\$ 6,000.00	1.27227	\$ 7,633.64	\$ 1,543.86	\$ 9,177.50	1.52958
TOPOGRAFO	\$ 7,500.00	1.27227	\$ 9,542.05	\$ 1,921.13	\$ 11,463.18	1.52842
ESTADALERO	\$ 2,700.00	1.27227	\$ 3,435.14	\$ 1,040.80	\$ 4,475.94	1.55642
CADENERO	\$ 2,700.00	1.27227	\$ 3,435.14	\$ 1,040.80	\$ 4,475.94	1.55642
ALMACENISTA	\$ 2,700.00	1.27227	\$ 3,435.14	\$ 1,040.80	\$ 4,475.94	1.55642

FACTORES DE SALARIO INTEGRADO PERSONAL DE INDIRECTOS
TABLA VI.22

FACTORES DE SALARIO BASE DE COTIZACION		1.04521										
FACTORES DE SALARIO INTEGRADO		1.27227										
SALARIO MINIMO ZONA "C"		\$1,263.30										
CATEGORIA	SALARIO MENSUAL	FACTOR SALARIO BASE DE COTIZACION	SALARIO BASE DE COTIZACION	IMPORTE CUOTAS I.M.S.S.	%	DIAS PAGADOS	DIAS COSTO ANUAL	DIAS TRABAJADOS	FACTOR IMSS	FACTOR DE SALARIO INTEGRADO	FACTOR DE SALARIO REAL	SALARIO REAL
DIRECTOR GENERAL	\$ 25,000.00	1.04521	\$ 26,130.25	\$ 5,194.17	19.8780%	381.500	75.835	299.857	25.290%	1.27227	1.52517	\$38,129.33
SUPER INTENDENTE	\$ 20,000.00	1.04521	\$ 20,904.20	\$ 4,161.04	19.9053%	381.500	75.939	299.857	25.325%	1.27227	1.52552	\$30,510.46
JEFE DE SUPERVISION	\$ 13,000.00	1.04521	\$ 13,587.73	\$ 2,714.67	19.9789%	381.500	76.220	299.857	25.419%	1.27227	1.52646	\$19,844.02
SUPERVISOR	\$ 7,500.00	1.04521	\$ 7,839.08	\$ 1,578.23	20.1329%	381.500	76.807	299.857	25.615%	1.27227	1.52842	\$11,463.17
SECRETARIA	\$ 2,500.00	1.04521	\$ 2,613.03	\$ 598.43	22.9019%	381.500	87.371	299.857	29.138%	1.27227	1.56365	\$3,909.13
DIBUJANTE	\$ 4,000.00	1.04521	\$ 4,180.84	\$ 855.05	20.4517%	381.500	78.023	299.857	26.020%	1.27227	1.53247	\$6,129.89
VELADOR	\$ 2,700.00	1.04521	\$ 2,822.07	\$ 630.28	22.3341%	381.500	85.205	299.857	28.415%	1.27227	1.55642	\$4,202.34
CONTADOR	\$ 7,500.00	1.04521	\$ 7,839.08	\$ 1,578.23	20.1329%	381.500	76.807	299.857	25.615%	1.27227	1.52842	\$11,463.17
LABORATORISTA	\$ 10,000.00	1.04521	\$ 10,452.10	\$ 2,094.79	20.0418%	381.500	76.459	299.857	25.498%	1.27227	1.52725	\$15,272.53
AYUDANTE LAB.	\$ 6,000.00	1.04521	\$ 6,271.26	\$ 1,268.30	20.2241%	381.500	77.155	299.857	25.731%	1.27227	1.52958	\$9,177.50
TOPOGRAFO	\$ 7,500.00	1.04521	\$ 7,839.08	\$ 1,578.23	20.1329%	381.500	76.807	299.857	25.615%	1.27227	1.52842	\$11,463.17
ESTADALERO	\$ 2,700.00	1.04521	\$ 2,822.07	\$ 630.28	22.3341%	381.500	85.205	299.857	28.415%	1.27227	1.55642	\$4,202.34
CADENERO	\$ 2,700.00	1.04521	\$ 2,822.07	\$ 630.28	22.3341%	381.500	85.205	299.857	28.415%	1.27227	1.55642	\$4,202.34

TABLA VI.23
FACTOR DE SALARIO INTEGRADO PERSONAL DE INDIRECTOS

CATEGORIA	SALARIO BASE	FACTOR DE SALARIO BASE DE COTIZACION	SALARIO BASE DE COTIZACION	CUOTA FIJA	EXCEDENTE A 3 SM	PRESTACIONES EN DINERO	GASTOS MEDICOS PENSIONADOS	INVALIDEZ Y VIDA	GUARDERIAS Y PRESTACIONES SOCIALES	CESANTIA EN EDAD AVANZADA Y VEJEZ	RIESGO DE TRABAJO	TOTAL DE CUOTAS
				15.850%	4.530%	0.700%	1.050%	1.750%	1.000%	3.150%	7.58875%	
DIRECTOR GENERAL	\$ 25,000.00	1.0452	\$ 26,130.25	\$ 200.23	\$ 1,012.02	\$ 182.91	\$ 274.37	\$ 457.28	\$ 261.30	\$ 823.10	\$ 1,982.96	\$5,194.17
SUPER INTENDENTE	\$ 20,000.00	1.0452	\$ 20,904.20	\$ 200.23	\$ 775.28	\$ 146.33	\$ 219.49	\$ 365.82	\$ 209.04	\$ 658.48	\$ 1,586.37	\$4,161.04
JEFE DE SUPERVISION	\$ 13,000.00	1.0452	\$ 13,587.73	\$ 200.23	\$ 443.84	\$ 95.11	\$ 142.67	\$ 237.79	\$ 135.88	\$ 428.01	\$ 1,031.14	\$2,714.67
SUPERVISOR	\$ 7,500.00	1.0452	\$ 7,839.08	\$ 200.23	\$ 183.43	\$ 54.87	\$ 82.31	\$ 137.18	\$ 78.39	\$ 246.93	\$ 594.89	\$1,578.23
SECRETARIA	\$ 2,500.00	1.0452	\$ 2,613.03	\$ 200.23	\$ -	\$ 18.29	\$ 27.44	\$ 45.73	\$ 26.13	\$ 82.31	\$ 198.30	\$598.43
DIBUJANTE	\$ 4,000.00	1.0452	\$ 4,180.84	\$ 200.23	\$ 17.71	\$ 29.27	\$ 43.90	\$ 73.16	\$ 41.81	\$ 131.70	\$ 317.27	\$855.05
VELADOR	\$ 2,700.00	1.0452	\$ 2,822.07	\$ 200.23	\$ -	\$ 19.75	\$ 29.63	\$ 49.39	\$ 28.22	\$ 88.90	\$ 214.16	\$630.28
CONTADOR	\$ 7,500.00	1.0452	\$ 7,839.08	\$ 200.23	\$ 183.43	\$ 54.87	\$ 82.31	\$ 137.18	\$ 78.39	\$ 246.93	\$ 594.89	\$1,578.23
LABORATORISTA	\$ 10,000.00	1.0452	\$ 10,452.10	\$ 200.23	\$ 301.80	\$ 73.16	\$ 109.75	\$ 182.91	\$ 104.52	\$ 329.24	\$ 793.18	\$2,094.79
AYUDANTE LAB.	\$ 6,000.00	1.0452	\$ 6,271.26	\$ 200.23	\$ 112.41	\$ 43.90	\$ 65.85	\$ 109.75	\$ 62.71	\$ 197.54	\$ 475.91	\$1,268.30
TOPOGRAFO	\$ 7,500.00	1.0452	\$ 7,839.08	\$ 200.23	\$ 183.43	\$ 54.87	\$ 82.31	\$ 137.18	\$ 78.39	\$ 246.93	\$ 594.89	\$1,578.23
ESTADALERO	\$ 2,700.00	1.0452	\$ 2,822.07	\$ 200.23	\$ -	\$ 19.75	\$ 29.63	\$ 49.39	\$ 28.22	\$ 88.90	\$ 214.16	\$630.28
CADENERO	\$ 2,700.00	1.0452	\$ 2,822.07	\$ 200.23	\$ -	\$ 19.75	\$ 29.63	\$ 49.39	\$ 28.22	\$ 88.90	\$ 214.16	\$630.28

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

La cantidades del personal que intervendrá de manera indirecta en la ejecución de la obra es el mostrado en la Tabla VI.24 Cantidades de personal de indirectos.

TABLA VI.24 “CANTIDADES DE PERSONAL PARA INDIRECTOS”

NÚM	C A T E G O R I A	CANTIDAD
1	Director General	1
2	Superintendente	1
3	Jefe de supervisión	3
4	Supervisor	7
5	Secretaria	2
6	Dibujante	2
7	Velador	3
8	Contador	2
9	Laboratorista	2
10	Ayudante de laboratorio	4
11	Ingeniero Topógrafo	2
12	Estadaleiro	4
13	Cadenero	4
14	Almacenista	3

Con las cantidades de personal que intervendrá de manera indirecta en la ejecución de la obra, los salarios reales y el tiempo que permanecerá de acuerdo al programa de utilización de personal (ocho meses), así como los costos asociados a peajes y viáticos, depreciación, mantenimiento y renta de: oficinas centrales, instalaciones generales, laboratorio de control de calidad, muebles y enseres y de vehículos, etc., se calculará el costo de indirectos

TABLA VI.25 “ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS”

C O N C E P T O	IMPORTES POR ADMINISTRACION.	
	CENTRAL	CAMPO
<u>HONORARIOS, SUELDO Y PRESTACIONES</u>		
1.- Personal directivo	\$ 175,000.00	\$ -
2.- Personal técnico		\$ 1,612,300.00
3.- Personal administrativo	\$ 87,500.00	\$ 7,500.00
4.- Personal en tránsito	\$ -	\$ 80,615.00
5.- Cuota patronal de Seguro Social pagadas para los conceptos 1 a 4	\$ 62,804.56	\$ 346,162.74
6.- Prestaciones que obliga la Ley Federal del Trabajo para los conceptos 1 y 4	\$ 71,583.75	\$ 461,657.92
7.- Pasajes y viáticos	\$ 68,206.65	\$ 409,239.89
SUBTOTAL	\$ 465,094.96	\$ 2,917,475.55
<u>DEPRECIACION, MANTENIMIENTO Y RENTAS</u>		
1.- Edificios y locales	\$ 381,957.23	\$ -
2.- Locales de mantenimiento y guarda	\$ 38,195.72	\$ -
3.- Bodegas	\$ 42,970.19	\$ 204,619.94
4.- Instalaciones generales	\$ -	\$ -
5.- Muebles y enseres	\$ 23,872.33	\$ -
6.- Depreciación o renta y operación de vehículos	\$ 639,778.36	\$ 3,001,092.52
7.- Campamentos	\$ -	\$ 954,893.07
SUBTOTAL	\$ 1,126,773.83	\$ 4,160,605.53
<u>SERVICIOS</u>		
1.- Consultores, asesores y servicios	\$ -	\$ 40,923.99
2.- Estudios de investigaciones	\$ -	\$ 272,826.59
3.- Utilización de equipo de laboratorio y muestreo	\$ -	\$ 1,295,926.31
SUBTOTAL	\$ -	\$ 1,609,676.89
<u>FLETES Y ACARREOS</u>		
1.- De campamentos	\$ -	\$ 266,005.93
2.- De equipo de construcción	\$ -	\$ 545,653.18
3.- De plantas y elementos para instalaciones	\$ -	\$ 641,142.49
4.- De mobiliario	\$ -	\$ 68,206.65
SUBTOTAL	\$ -	\$ 1,521,008.25
<u>GASTOS DE OFICINA</u>		
1.- Papelería y útiles de escritorio	\$ 171,880.75	\$ 381,957.23
2.- Correos, teléfonos, telégrafos, radio	\$ 267,370.06	\$ 113,223.04
3.- Copias y duplicados	\$ 152,782.89	\$ 30,010.93
4.- Luz, gas y otros consumos	\$ 76,391.45	\$ 79,119.71
5.- Gastos de concursos	\$ 12,277.20	\$ -
SUBTOTAL	\$ 680,702.35	\$ 604,310.90
<u>TRABAJOS PREVIOS Y AUXILIARES</u>		
1.- Construcción y conservación de caminos de acceso	\$ -	\$ 630,000.00
2.- Montajes y desmantelamiento de equipo	\$ -	\$ 218,261.27
SUBTOTAL	\$ -	\$ 848,261.27
<u>SEGUROS Y FIANZAS</u>		
1.- Primas por Seguros	\$ 17,733.73	\$ 102,309.97
2.- Primas por Fianzas	\$ 5,456.53	\$ 259,185.26
SUBTOTAL	\$ 23,190.26	
TOTAL	\$ 2,295,761.39	\$ 11,661,338.41
TOTAL	\$	13,957,099.80

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

El costo total de indirectos será la suma de los costos indirectos de la administración central más los costos de la administración de campo, es decir, \$ 2'295,761.39 + \$ 11'661,338.41 lo que arroja un total de \$13'957,099.80, sin embargo y como se había señalado, el costo de indirectos se expresa como un porcentaje del costo directo total, por lo que para obtenerlo deberá dividirse el costo total de indirectos entre el costo directo total, de lo anterior se tiene:

$$\% \text{ indirectos} = \frac{\$ 13'957,099.80}{\$ 139'718,226.40} = 9.984 = \mathbf{9.98\%}$$

VI.2.5 CARGO POR UTILIDAD

El cargo por utilidad es la ganancia del contratista por la ejecución del concepto de trabajo. El porcentaje de utilidad afectará al costo directo, el que a su vez fue afectado por el porcentaje de indirectos y a la suma de éstos afectada por el cargo por financiamiento.

TABLA VI.26 “CARGO POR UTILIDAD”

LA UTILIDAD SE CALCULARA DE ACUERDO A LA SIGUIENTE EXPRESIÓN: UTILIDAD BRUTA X (CD + CI + CF)	8.00% x (139'718,226.40+13'957,099.80+814,479.238) = 8% x 154'489,805.43 = 12'359,184.43
IMPORTE MANO DE OBRA DEL COSTO DIRECTO SIN INCLUIR IMSS	\$ 1'284,053.70
IMPORTE MANO DE OBRA DEL COSTO INDIRECTO SIN INCLUIR IMSS	\$ 2'496,156.67
TOTAL	\$ 3'780,210.37
SE LE DEBERÁ ADICIONAR:	
IMPORTE DE LAS APORTACIONES POR CONCEPTO DEL SAR (2%)	\$ 75,604.21
IMPORTE POR CONCEPTO DE LAS APORTACIONES DEL INFONAVIT (5%)	\$ 189,010.52
IMPORTE DE LAS APORTACIONES POR CONCEPTO DE VIGILANCIA, INSPECCION Y CONTROL (SECODAM) (0.5%)	\$ 836,401.32
TOTAL UTILIDAD	\$ 13' 460,200.48
CARGO POR UTILIDAD (%) = TOTAL X 100/(CD + CI + CF)	
% = 13'460,200.48/154'489,805.43 = 8.713	
% = 8.71	

V.2.6 GENERALIDADES SOBRE EL FINANCIAMIENTO

Esta parte del trabajo tiene como objetivo indicar las fuentes de los recursos financieros necesarios para la ejecución y funcionamiento de un proyecto y describir los mecanismos a través de los cuales fluirán dichos recursos hacia los usos específicos del proyecto.

El estudio del financiamiento deberá tomar en cuenta las fechas en que se requieren los recursos de inversión, de acuerdo con el programa de trabajo y el calendario de inversiones.

a) Fuentes de recursos

Los recursos para el financiamiento de proyectos proviene de dos fuentes generales:

- 1) Las utilidades no distribuidas, las reservas de depreciación o de otro tipo, a las que se engloba bajo el nombre de “fuentes internas” de las empresas y
- 2) El mercado de capitales y los bancos que constituyen las llamadas “fuentes externas”, pues cuando las utilidades no distribuidas y las reservas de depreciación no se reinvierten en la propia empresa, pueden fluir al mercado de capitales y establecer una demanda de otros títulos y valores. Las fuentes internas de ciertas empresas pasan de esta manera a ser fuentes externas de otras. Las principales fuentes externas de financiamiento son los préstamos de diverso tipo y aportes de capitales en forma de acciones ordinarias o preferentes. Puede también establecerse una diferencia entre el acceso a las fuentes externas sin intermediarios financieros (venta directa de acciones o bonos al público) o con ellos (bancos, compañías de seguros, oficinas de banca, corredores de bolsa, etc.). Los préstamos se clasifican en tres grupos, según el plazo de vencimiento de los compromisos: créditos corrientes (hasta un año), intermedios (de 1 a 10 años) y a largo plazo (más de 10 años). Los créditos corrientes (bancarios o entre empresas)

se utilizan para financiar parte del capital de trabajo. Los otros se utilizan para financiar la inversión fija.

b) Capital propio y créditos en el financiamiento

Capital propio de la empresa es el que proviene del aporte de los inversionistas interesados, pudiendo ser uno de ellos el sector público. La forma legal de constituir este aporte dependerá de las circunstancias específicas y de la legislación vigente.

El capital prestado a las empresas a largo plazo puede llegar a ellas de diversas formas, las más frecuentes de las cuales son los créditos directos concedidos por un banco de inversión o por los institutos de fomento y la colocación de obligaciones y bonos en el mercado. Las obligaciones y bonos son instrumentos de crédito que contienen la promesa de pagar una cantidad estipulada de dinero en una fecha fija, generalmente más de 10 años después de la emisión y una promesa adicional de pagar periódicamente intereses a fechas fijas.

En el financiamiento con bonos u obligaciones, el tenedor adquiere prioridad en el servicio de las deudas. Cuando se cumplen los plazos de los créditos o se declara en quiebra la empresa, el capital prestado tiene también prioridad en la repartición de la liquidación de los activos.

C) Ventajas y desventajas del financiamiento con crédito

Las ventajas que presenta el financiamiento con crédito son:

- 1) Mantenimiento del control de la empresa por uno o más empresarios o por el estado, por ejemplo, si se emiten bonos y obligaciones el control permanece inalterado. Esta ventaja es más aparente que real si los acreedores o los banqueros que han adquirido los bonos exigen participar en la administración de la empresa.
- 2) Hay casos que por razones reglamentarias o legales, las instituciones bancos o compañías de seguros no están autorizadas para asociarse con otras empresas y solo pueden participar en el financiamiento de ellas en forma de bonos o posiciones acreedoras.

- 3) Los bonos suponen una obligación de pagar intereses periódicamente y amortizar el capital a los plazos de vencimiento preestablecidos. Estas seguridades pueden hacer que los inversionistas adquieran bonos u obligaciones a una menor tasa de interés que la que se estima producirán las acciones de la empresa. En muchos casos el financiamiento con crédito se traduce en importantes ventajas tributarias. Los intereses que se pagan pueden deducirse de el impuesto sobre la renta, en tanto que los dividendos pagados no se pueden deducir. Si una Sociedad Anónima (S.A.) tiene acciones preferentes que devengan un dividendo fijo, estos dividendos forman parte de las utilidades de la empresa y están sujetos por consiguiente al pago de impuestos. En cambio, si en vez de acciones preferentes se colocan bonos u obligaciones a la misma tasa de interés, los intereses pagados se pueden deducir de impuestos y por lo tanto, serán mayores las utilidades de la empresa después del pago de impuestos.

Las principales desventajas del financiamiento con crédito son:

- 1) Algunas empresas prefieren conservar intacto su poder de endeudamiento como recurso de emergencia para los períodos difíciles, pues si la capacidad crediticia está saturada, será más difícil salvar estos períodos.
 - 2) El interés es una carga fija que hay que pagar aunque las utilidades declinen. Si una empresa pasa por un período de déficit en su actividad, este déficit se agravará con la obligación de pagar intereses. Si en vez de bonos se hubieran colocado acciones, no se pagarían dividendos y no se aumentaría el déficit. El servicio de cargas financieras, intereses y amortizaciones a fecha fija puede debilitar considerablemente la posición financiera de la empresa. Si la rentabilidad estimada para el proyecto es más alta que la tasa de interés que hay que pagar por las deudas contraídas, el financiamiento con créditos será en general conveniente y tanto más cuanto mayor sea la diferencia. Una manera de apreciar el grado de endeudamiento en que puede incurrirse es estudiar
-

la relación entre las utilidades anuales estimadas y las cargas financieras que implicarían los créditos. Mientras mayor sea la relación utilidades a cargas financieras, mayor será la seguridad de pago.

d) Solvencia de la empresa

Cuando los proyectos son llevados adelante por una empresa, las posibilidades de obtención de créditos dependerá mucho de la historia y los antecedentes de la empresa y de su actual situación financiera.

e) Financiamiento en moneda nacional y moneda extranjera

En algunas ocasiones en vez de utilizar créditos, los proyectos se suelen financiar parcialmente con aportes de capital extranjero asociados a la empresa y esto también implica disminuir el esfuerzo de ahorro interno durante el período de inversión. En el caso de estas empresas mixtas de capital extranjero y nacional, habrá que indicar la fuente de financiamiento de la cuota nacional y las condiciones en que se realiza el aporte extranjero, las cuales pueden estar muy ligadas a las cuestiones legales de organización y administración.

f) Cuadro de fuentes y usos en la construcción

Los datos básicos para preparar el cuadro de fuentes y usos de fondos para el período de construcción del proyecto provienen del calendario de inversiones y de la decisión respecto a las fuentes de recursos financieros que se proyecta emplear. Se debe abarcar el período previsto en el calendario de inversiones, mostrando los datos año con año o con arreglo a otros intervalos de tiempo.

g) Cuadro de usos de fondos en la operación

En la etapa de operación, las fuentes de ingresos serán las provenientes de la venta de servicios que se producirán según el proyecto y los egresos serán los gastos de operación y mantenimiento.

h) Financiamiento de proyectos del sector público

Los proyectos del sector público se financian con los saldos positivos de la cuenta corriente de este sector y con los préstamos del sector privado o de fuentes

externas. La asignación de fondos para inversiones específicas será resuelta por decisión gubernamental y dichas inversiones se podrán realizar a través de entidades fiscales..

El mecanismo financiero de proyectos estatales de inversión, considera muy a menudo el aporte de corporaciones de fomento o de instituciones similares, que a su vez reciben aportes directamente del presupuesto fiscal o que se financian con ciertas leyes tributarias especiales.

La solución final que haya que adoptarse respecto a que si es conveniente financiar un proyecto con aportes fiscales provenientes del superávit en cuenta corriente o con préstamos, aumento de tarifas u otros medios, dependerá de las condiciones institucionales vigentes y de la política fiscal que se desee seguir.

Los proyectos que dependen de los ingresos generales del sector público pueden correr serios riesgos de retraso en su calendario de inversiones, sea por error de estimación en cuanto a las futuras disponibilidades generales o bien por deficiencias en los programas de inversión pública.

VI.2.6.1 CARGO POR FINANCIAMIENTO

El cargo por financiamiento afecta únicamente a los costos directos incrementados por el porcentaje de indirectos previamente calculado.

Para determinar el cargo por financiamiento es necesario estimar los períodos en que se generan las estimaciones y los períodos en que éstas son pagadas, así como los egresos. Se debe considerar el porcentaje del anticipo otorgado para el inicio de la construcción de la obra y si éste es deducido o amortizado en cada una de las estimaciones que se generen o bien se amortice en una sola estimación, así como la tasa de interés seleccionada, ya sea ésta la de los CETES a 28 días, la Tasa Interbancaria de Equilibrio (TIIE), etc.

Para efectos de este trabajo la tasa de interés considerada es la correspondiente a los CETES a 28 días, que en el mes de enero del 2005 tuvo un promedio de 9.320%, lo que representa un porcentaje del 0.777 mensual.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Para calcular el cargo por financiamiento en lugar de utilizar montos mensuales se emplearon porcentajes, mismos que corresponden a los ingresos y egresos mensuales.

TABLA VI.27 “CARGO POR FINANCIAMIENTO”

CONCEPTO	MESES								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
INVERSIÓN (100%)	15.00	24.00	23.00	17.00	9.00	7.00	4.00	1.00	-
INVERSIÓN ACUMULADA	15.00	39.00	62.00	79.00	88.00	95.00	99.00	100.00	-
ANTICIPO	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
PAGO ESTIMACIONES		15.00	24.00	23.00	17.00	9.00	7.00	4.00	1.00
PAGO ANTICIPO		1.50	2.40	2.30	1.70	0.09	0.70	0.40	0.10
SUMA PAGOS ACUMULADOS	10.00	23.50	45.10	65.80	81.10	89.20	95.50	99.10	100.00
FINANCIAMIENTO	5.00	15.50	16.90	13.20	6.90	5.80	3.50	0.90	
COSTO DEL FINANCIAMIENTO 0.777%	0.04	0.12	0.13	0.10	0.05	0.05	0.03	0.01	
FINANCIAMIENTO ACUMULADO	0.04	0.16	0.29	0.39	0.44	0.49	0.52	0.53	0.53
Costo del financiamiento =	Financiamiento acumulado/ (costo de la obra – supuesta utilidad neta) Costo Promedio Porcentual CETES a 28 días enero /05; 9.32% $0.53/(100-8.71/100) = 0.0053 = 0.53\%$								

VI.2.7 INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

Con base en los costos directos de: mano de obra, maquinaria y equipo y los correspondientes a materiales, así como los costos indirectos, cargo por financiamiento y cargo por utilidad definidos en incisos anteriores se integrará como ejemplo, el precio unitario para las actividades de trazo y nivelación, despalme, concreto para cunetas; para el resto de las actividades señaladas en el catálogo de conceptos, se considera el precio unitario indicado en el catálogo de precios unitarios de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC).

Para la determinación de los precios unitarios existen en el mercado varios softwares o programas como son: Opus y Neodata entre los más comerciales, que facilitan el cálculo de los mismos, sin embargo, en el presente trabajo se utilizó

Excel para la determinación de los precios unitarios que se seleccionaron como ejemplo.

**TABLA VI.28 “PRECIO UNITARIO DE DESPALME EN CORTES Y EN
DESPLANTE DE TERRAPLENES”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
SUMA				0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
SUMA				0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00714	\$ 1,482.66	10.59
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.00909	\$ 766.87	6.97
SUMA				17.56
COSTO DIRECTO (C.D.)			TOTAL :	17.56
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD			PORCENTAJE	IMPORTE
COSTO INDIRECTO= % C.I.x (C.D.)			9.98%	1.75
COSTO POR FINANCIAMIENTO = % C.F. x (C.D. + C.I.)			0.53%	0.10
CARGO POR UTILIDAD= % C.U.x (C.D. + C.I. + C.F.)			8.71%	1.69
PRECIO UNITARIO (C.D. + C.I. + C.F. + U)		UNIDAD m ³		21.10

**TABLA VI.29 “COMPACTACION AL (90%) DEL TERRENO NATURAL EN EL
 ÁREA DE DESPLANTE DE LOS TERRAPLENES”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Agua en pipa	m ³	0.1000	50.00	5.00
			SUMA	5.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Vibrocompactador	hr	0.01000	205.67	2.06
			SUMA	2.06
COSTO DIRECTO			TOTAL :	7.06
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD			PORCENTAJE	IMPORTE
				7.06
COSTO INDIRECTO= % C.I.x (C.D.)			9.98%	0.70
				7.76
COSTO POR FINANCIAMIENTO = % C.F. x (C.D. + C.I.)			0.53%	0.04
				7.80
CARGO POR UTILIDAD= % C.U.x (C.D. + C.I. + C.F.)			8.71%	0.68
PRECIO UNITARIO (C.D. + C.I. + C.F. + U)		UNIDAD		
		m ³		8.48

TABLA VI.30 “EXCAVACIÓN EN MATERIAL A y/o B”

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
			SUMA	0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00714	\$ 1,482.66	10.59
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.00840	\$ 766.87	6.44
			SUMA	17.03
COSTO DIRECTO			TOTAL :	17.03
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD			PORCENTAJE	IMPORTE
				17.03
COSTO INDIRECTO= % C.I.x (C.D.)			9.98%	1.70
				18.73
COSTO POR FINANCIAMIENTO = % C.F. x (C.D. + C.I.)			0.53%	0.10
				18.83
CARGO POR UTILIDAD= % C.U.x (C.D. + C.I. + C.F.)			8.71%	1.64
PRECIO UNITARIO (C.D. + C.I. + C.F. + U)		UNIDAD m ³		20.47

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

TABLA VI.31 "EXCAVACIÓN EN MATERIAL C"

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
			SUMA	0.00
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
			SUMA	0.00
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Tractor CAT D8N sobre orugas	hr	0.00977	\$ 1,482.66	14.49
Cargador frontal CAT 966 F sobre ruedas	hr	0.01176	\$ 766.87	9.02
			SUMA	23.41
COSTO DIRECTO			TOTAL :	23.41
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD			PORCENTAJE	IMPORTE
				23.41
COSTO INDIRECTO= % C.I.x (C.D.)			9.98%	2.34
				25.75
COSTO POR FINANCIAMIENTO = % C.F. x (C.D. + C.I.)			0.53%	0.14
				25.89
CARGO POR UTILIDAD= % C.U.x (C.D. + C.I. + C.F.)			8.71%	2.26
PRECIO UNITARIO (C.D. + C.I. + C.F. + U)		UNIDAD m ³		28.15

**TABLA VI.32 “ELABORACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO DE $f'c = 150$
kg/cm² EN OBRA”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	IMPORTE
MATERIALES				
Cemento	ton	0.350	\$1,650.00	\$577.50
Arena	m ³	0.105	\$ 172.50	\$ 18.03
Grava de 3/4" (19 mm)	m ³	0.124	\$ 172.50	\$ 21.30
Agua	m ³	0.048	\$ 50.00	\$ 2.38
			SUMA	619.21
MANO DE OBRA				
CATEGORIA				
Cabo	jornal	0.6000	\$ 229.73	\$ 137.84
Peón (6)	jornal	0.7500	\$ 110.76	\$ 83.07
			SUMA	220.91
HERRAMIENTA Y EQUIPO				
Camión de volteo de 7 m ³ de capacidad	hr	0.1500	\$ 276.22	\$ 41.43
Cargador sobre neumáticos	hr	0.0070	\$ 761.33	\$ 5.33
Revolvedora de 1 saco, 8 hp	hr	0.5000	\$ 178.96	\$ 89.48
herramienta menor		3.00%	\$ 220.91	\$ 6.63
			SUMA	142.87
COSTO DIRECTO			TOTAL :	982.99
FACTORES DE INDIRECTOS, FINANCIAMIENTO Y UTILIDAD			PORCENTAJE	IMPORTE
				982.99
COSTO INDIRECTO= % C.I.x (C.D.)			9.98%	98.10
				1,081.09
COSTO POR FINANCIAMIENTO = % C.F. x (C.D. + C.I.)			0.53%	5.73
				1,086.82
CARGO POR UTILIDAD= % C.U.x (C.D. + C.I. + C.F.)			8.71%	94.66
PRECIO UNITARIO (C.D. + C.I. + C.F. + U)		UNIDAD		
		m ³		1,181.48

VI.3 PRESUPUESTO DE OBRA

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el presupuesto de obra es la representación monetaria de la programación en relación con el tiempo. En este apartado, se presenta el costo de obra total, es decir, afectando al costo directo con los cargos por indirectos, financiamiento y por la utilidad del contratista.

TABLA VI.33 “PRESUPUESTO DE OBRA”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
1	DESMONTE	ha	6	3,527.25	21,163.52
	CORTES				
	Despalmes, desperdiciando el material de excavación				
2	En corte por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	4,571	21.10	96,474.96
3	Para desplante de terraplenes por medios mecánicos hasta una profundidad de 0.30 m	m ³	7,711	21.10	162,747.42
	En cortes y adicionales debajo de la subrasante				
4	Material A y/o B	m ³	110,157	20.47	2,254,787.62
5	Material C	m ³	50,499	28.15	1,426,968.22
6	Excavación, acamellonado, tendido y compactado para construir la capa subrasante en zona de corte para 95%	m ³	2,963	43.71	129,525.07
7	Compactación de la cama de los cortes al 90%	m ³	1,979	8.49	16,793.04
	TERRAPLENES				
8	Compactación al 90% del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes	m ³	80.55	8.49	683.52
9	Formación y compactación de terraplenes Bandeado	m ³	195,726	27.16	5,316,622.85
10	Formación de capa subyacente compactada al 95% con material de banco	m ³	7,055	30.47	214,958.13
11	Formación de capa subrasante compactada al 100% con material de banco	m ³	3,971	35.85	142,374.44
	ACARREOS				
12	Del material de desperdicio primer kilómetro	m ³	13,510	7.32	98,889.81
13	Del material de desperdicio kilómetros subsecuentes (5 km)	m ³ - km	54,040	4.75	256,561.41
14	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 1 km a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante primer kilómetro	m ³	11,469	7.32	83,950.20
15	Acarreo del banco de préstamo de materiales localizado a 250 m a la izquierda de la estación 0+000, para formar capas de transición y subrasante kilómetros subsecuentes	m ³ - km	11,469	4.75	54,450.46
	Acarreo de material producto de los cortes para formación de terraplenes				
16	Primer hectómetro	m ³	173,480	12.62	2,189,362.15
17	Hectómetros subsecuentes	m ³ - hm	238,808	2.57	614,244.87
	DRENAJE				
18	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.52 m de diámetro en el km 0+180 y km 0+773	m	94	7,129.74	670,195.18
19	Suministro y colocación de tubería de concreto reforzado de 1.22 m de diámetro en el km 0+264	m	49	5,722.55	280,405.11
20	Recubrimiento de cunetas y contracunetas con concreto hidráulico simple de 150 kg/cm ²	m ³	390	3,111.21	1,213,370.26
21	Recubrimiento de lavaderos con concreto hidráulico de f'c = 150 kg/cm ²	m ³	10	2,247.02	22,470.19
22	Bordillo de 15 cm de base mayor, 14 de base menor y 10 cm de altura con concreto hidráulico de f'c= 150 kg/cm ²	m ³	35	2,592.67	90,743.43

TABLA VI.33 “PRESUPUESTO DE OBRA (continuación)”

NÚM	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
	PAVIMENTOS				
23	Trituración y cribado por tres mallas de materiales obtenidos en depósitos naturales	m ³	2,584	113.15	292,378.61
24	Sub-base compactada al 100% con material de banco	m ³	1,387	37.31	51,746.03
25	Base compactada al 100% con material de banco	m ³	860	37.31	32,084.78
26	Emulsión asfáltica en riego de impregnación	lt	29,400	2.97	87,281.70
27	Emulsión asfáltica en riego de liga	lt	10,500	3.99	41,899.25
28	Carpeta de concreto asfáltico	m ³	1,400	504.81	706,734.38
29	Arena para cubrir la base impregnada	m ³	70	207.33	14,513.30
30	Barrido de la base impregnada	ha	1.4	1,456.82	2,039.55
	SEÑALAMIENTO				
31	Recubrimiento con pintura color amarillo reflejante de 10 cm de ancho para raya discontinua separadora de carriles	m	1,760	6.74	11,867.37
32	Recubrimiento con pintura color blanco reflejante de 10 cm de ancho para raya continua en las orillas de la calzada (longitud efectiva)	m	4,000	6.63	26,538.60
	Señales informativas de destino:				
33	Entronque: de 56 x300 cm (un tablero)	pza	1	1,488.55	1,488.55
	Señales preventivas de:				
34	Velocidad: de 86 x 86 cm	pza	1	547.19	547.19
	Señales restrictivas:				
35	Alto: de 30 cm por lado	pza	1	300.48	300.48
	Obras y dispositivos diversos:				
36	Suministro y colocación de Viales con reflejante en (una) cara, color amarillo de 10 x10 cm (cara 2.5 x 8.5 cm mínimo)	pza	792	30.05	23,798.20
37	Cercado del derecho de vía con postes de concreto y 4 líneas de alambre de púas	m	2,000	79.29	158,582.54
				TOTAL	16,809,542.40

El importe total de los trabajos para los diez kilómetros considerados en el presente trabajo, asciende a la cantidad de **\$168'809,542.40 (Ciento sesenta y ocho millones ochocientos nueve mil quinientos cuarenta y dos pesos 40/100 m.n.)** sin incluir el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

VI.4 LICITACIÓN DE OBRA PÚBLICA

Los concursos para la construcción de la autopistas tipo A4S o de cualquier otro tipo, normalmente se realiza a base de precios unitarios y tiempo definido, conforme a lo señalado en el artículo 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a lo dispuesto en la Ley Federal de Obras Públicas.

A continuación se explicará brevemente el objetivo de las licitaciones de obra pública, su procedimiento y excepciones.

VI.4.1 DEFINICIÓN Y OBJETIVO

La licitación es el procedimiento de adjudicación de una obra pública o de un servicio por convocatoria pública. Tiene por objeto asegurar la participación abierta de todos los interesados en igualdad de condiciones y la selección fundamentada y transparente de la propuesta más conveniente para las dependencias, entidades o municipios.

Solo se podrá convocar a licitación pública cuando se tenga la disponibilidad presupuestal autorizada y el proyecto ejecutivo completo.

VI.4. 2 PROCEDIMIENTO

El procedimiento de licitación inicia con la publicación de la convocatoria y concluye con el fallo y adjudicación. Cubrirá las etapas siguientes:

- 1) La formulación de las bases de licitación
- 2) La publicación de la convocatoria
- 3) La venta de las bases de licitación
- 4) La visita al sitio donde se realizarán los trabajos
- 5) Las juntas de aclaraciones
- 6) La presentación y apertura de propuestas
- 7) La evaluación de propuestas y
- 8) El fallo y adjudicación

El período en que deberá desarrollarse el procedimiento de licitación pública de carácter nacional a partir de la publicación y hasta el fallo y adjudicación será de hasta 15 días hábiles.

La etapa de venta de bases será de cuatro días hábiles, iniciándose el día de la publicación de la convocatoria, un día para visita de obra, en caso necesario un día para la junta de aclaraciones. La presentación y apertura de propuestas se realizará al quinto día hábil posterior a la junta de aclaraciones o a la visita de obra. A la evaluación de propuestas y formulación del dictamen se destinarán tres días hábiles y para el fallo y adjudicación un día hábil.

En las licitaciones de carácter internacional, el período será de hasta 20 días hábiles, la dependencia, entidad o municipio determinará de acuerdo a las características de la obra pública o servicio, el número de días hábiles que se destinarán a cada etapa.

El titular de la dependencia, entidad o presidente municipal podrá posponer por una sola vez la fecha del acto de presentación y apertura de propuestas o la del acto de fallo y adjudicación, dentro de los días naturales siguientes contados a partir de la fecha establecida originalmente. Este acuerdo deberá comunicarse por escrito a todos los licitantes y a la Contraloría.

a) Convocatoria

La convocatoria es el documento mediante el cual se hace pública la licitación y se publicará en por lo menos uno de los diarios de mayor circulación en el Estado y en uno de los diarios de mayor circulación, así como en los medios de electrónicos que para el efecto disponga la Contraloría.

En una convocatoria pública se podrán licitar una o más obras o servicios.

Los interesados que adquieran u obtengan las bases de licitación tendrán derecho a participar en el proceso. La licitación se declarará desierta cuando al concluir el período de venta de bases ningún interesado las adquiera u obtenga.

b) Bases de licitación

Las bases de licitación pública rigen para todos los participantes y precisan a los interesados la información sobre el objeto, alcance, requisitos y términos del proceso de licitación y la documentación que el licitante debe presentar acompañada de su propuesta.

c) Visita al sitio de los trabajos y junta de aclaraciones

La visita al sitio de los trabajos es obligatoria para los interesados y se llevará a cabo al día siguiente al término de la etapa de la venta de bases. Tiene el propósito de que los interesados conozcan las condiciones en que se encuentra el acceso, los servicios de que se dispone, las características físicas y ambientales y en general los aspectos relevantes para la formulación de su propuesta.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

El convocante organizará y guiará la visita al sitio de los trabajos y facilitará el acceso. Acudirán los interesados que cuenten con las bases de licitación, acompañados si lo desean de su personal. Del evento se levantará acta circunstanciada que relacione a las personas que acudieron y en su caso los comentarios que pudieran ser materia de la junta de aclaraciones.

En todos los casos el convocante expedirá una constancia a los interesados que hayan visitado el sitio de los trabajos misma que deberá integrarse a la propuesta.

La junta de aclaraciones podrá realizarse el mismo día de la visita al sitio de los trabajos o el día hábil siguiente. La junta tiene por objeto que los interesados manifiesten sus dudas y planteen sus requerimientos de información. El convocante dará respuesta puntual y precisa en el momento o por escrito hasta dos días hábiles antes de la fecha programada para el acto de presentación y apertura de propuestas.

Cuando las características o complejidad y magnitud de los trabajos lo justifiquen, el convocante podrá efectuar otras juntas de aclaraciones respetando el plazo previo a la presentación de propuestas, debiendo comunicar a los interesados en cada junta, la fecha de la subsecuente.

c) Formulación, presentación y evaluación de propuestas

La propuesta es el conjunto de documentos que presenta el licitante en un proceso de licitación pública. Con la propuesta, el convocante determina: si el licitante cumple con los requisitos establecidos en las bases de licitación y si su opción es la más conveniente para llevar a cabo una obra o servicio.

En la propuesta, el licitante acreditará documentalmente: su existencia legal, su experiencia profesional, su capacidad técnica y financiera para revisar y/o formular los análisis de conceptos, volúmenes, precios unitarios y programas de obra y su compromiso para realizar en tiempo, forma y precio, la obra pública o servicio.

Atendiendo a las características, complejidad y magnitud de los trabajos, el convocante podrá requerir al licitante que en su propuesta incluya la documentación relacionada con su experiencia profesional tales como:

- 1) Relación comprobable de los trabajos realizados por el licitante y su personal que acrediten la experiencia y la capacidad técnica solicitadas.
-

- 2) Currículos de los profesionales al servicio del licitante con experiencia en obras de características técnicas y magnitud similares, identificando a los que se encargarán de la ejecución y administración de la obra.
 - 3) Documento que certifique los conocimientos y habilidades de los responsables de formular precios unitarios y de la superintendencia de construcción.
 - 4) En su caso, escrito en que se señale la parte de los trabajos que subcontratará y la información necesaria que acredita la experiencia y capacidad técnica del o de los subcontratistas.
 - 5) En su caso, manifestación de conocer y haber considerado en su propuesta los materiales y equipos de instalación permanente que le proporcionará el convocante y el programa de suministro permanente.
 - 6) Constancia expedida por el convocante de haber visitado el sitio de los trabajos y manifestación escrita de conocer sus condiciones ambientales.
 - 7) Manifestación de haber considerado las modificaciones que en su caso se hayan efectuado a las bases de licitación.
 - 8) Manifestación de que los precios consignados en su propuesta no se cotizan en condiciones de prácticas desleales de comercio internacional en su modalidad de discriminación de precios o subsidios, en el caso de que requiriesen materiales, maquinaria y equipo de instalación permanente de origen extranjero.
 - 9) Manifestación escrita de que conoce y aplicará, en su caso, las distintas disposiciones en materia de protección ambiental y ecológica.
 - 10) Relación de maquinaria y equipo de construcción, indicando si son de su propiedad o en arrendamiento, con o sin opción a compra, marca, modelo, año y usos actuales, su ubicación física, la fecha que dispondrá de ellos en el sitio de la obra. Para la maquinaria o equipo de construcción en arrendamiento, deberá presentar carta compromiso de arrendamiento y disponibilidad en el caso de que resultare ganador.
-

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

- 11) Manifestación de conocer el contenido del modelo de contrato y su conformidad de ajustarse a sus términos.

En el caso de las obras contratados sobre la *base de precios unitarios*, el convocante podrá requerir al licitante que en su propuesta incluya la documentación técnica y económica siguiente:

- 1) Por cada concepto de trabajo la descripción del proyecto, unidad de medida, cantidad, relación de los materiales y sus consumos, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción, con sus rendimientos e integración del precio.
- 2) Listado de insumos: descripciones y especificaciones técnicas de los materiales, equipo de instalación permanente, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción, unidades de medida, cantidades a utilizar y costos básicos.
- 3) Análisis del costo de mano de obra, incluyendo tabulador de salarios base, por jornada de ocho horas, factores de salario integrado y salarios integrados.
- 4) Análisis, cálculo e integración de los costos horarios de la maquinaria y equipo de construcción, debiendo considerar para efectos de evaluación, los costos y rendimientos de maquinaria y equipos nuevos.
- 5) Análisis, cálculo e integración de los costos indirectos, identificando los de administración de oficinas de campo y de oficinas centrales.
- 6) Análisis, cálculo e integración del costo de financiamiento.
- 7) Utilidad propuesta por el licitante.
- 8) Programa de ejecución general de los trabajos dividido en partidas y subpartidas, indicando las cantidades de trabajo por realizar y sus importes.
- 9) Programa de suministros y utilización, dividido en partidas y subpartidas y conceptos de los rubros siguientes:
 - 9.1) De materiales y equipos de instalación permanente, expresados en unidades convencionales, sus volúmenes requeridos e importes

- 9.2) De la mano de obra, expresada en jornadas e identificando categorías e importes.
- 9.3) De la maquinaria y equipo de construcción, expresado en horas efectivas de trabajo, identificando su tipo, características e importes.
- 9.4) De personal profesional, técnico, administrativo y de servicio, responsables de la dirección, supervisión y administración de los trabajos y sus importes.

El convocante en el caso de las *obras a precio alzado*, podrá solicitar además, de lo señalado en los puntos 1 a 11 los siguientes documentos.

- 1) Listado de los insumos, agrupando los materiales, equipo de instalación permanente, mano de obra, maquinaria y equipo de construcción, con la descripción e importe de cada uno de ellos.
 - 2) Normas de calidad y especificaciones técnicas propuestas por el licitante, tratándose de proyectos integrales o llave en mano.
 - 3) Programa y presupuesto de ejecución general de los trabajos, por actividad y en su caso subactividad, indicando el avance en porcentajes.
 - 4) Programa y presupuesto de suministros y utilización por actividades y subactividades de los siguientes rubros:
 - a) Materiales y equipo de instalación permanente, en unidades convencionales y volúmenes requeridos.
 - b) Mano de obra en jornales, identificando categorías
 - c) Maquinaria y equipo de construcción, en horas efectivas de trabajo, identificando su tipo y características.
 - d) Personal profesional, técnico, administrativo y de servicio, encargado de la dirección, supervisión y administración de los trabajos.
 - 5) Red de actividades, indicando la duración de las actividades y la ruta crítica.
 - 6) Cédula de avances y pagos programados, cuantificados mensualmente por actividades a ejecutar.
-

- 7) Fechas claves a que se ajustarán los programas de ejecución. Las fechas claves deberán ser congruentes con la red de actividades, la cédula de avances y pagos programados y en general, con los programas de ejecución pactados.

d) Evaluación de las propuestas

La evaluación de las propuestas de los licitantes deberá considerar mínimo:

- 1) La verificación de que los documentos cumplen, sin excepción, con los requisitos y contienen toda la información.
- 2) La suficiente experiencia y capacidad de los profesionistas y técnicos para la adecuada dirección y administración de los trabajos.

Al realizar la evaluación, se tomará en cuenta:

- a) El grado académico y las certificaciones necesarias
 - b) La experiencia en obras similares
 - c) La capacidad profesional o técnica de las personas físicas responsables de la ejecución de los trabajos.
- 3) Lo suficiente y adecuado de la maquinaria y equipo de construcción para desarrollar los trabajos que se convocan, sea arrendado o propiedad del licitante.
 - 4) La congruencia entre la planeación propuesta por el licitante para el desarrollo y organización de los trabajos y las características, complejidad y magnitud de los mismos.
 - 5) La adecuada selección del procedimiento constructivo y su congruencia con el programa de ejecución considerado en su propuesta.
 - 6) La evaluación de la capacidad financiera del licitante. Al revisar la declaración fiscal anual o estados financieros auditados por un contador público independiente, se verificará entre otros:
 - a) La suficiencia del capital de trabajo para sustentar los requerimientos financieros de los trabajos a realizar.
 - b) La capacidad para cumplir sus obligaciones de pago.
 - c) La rentabilidad financiera de la empresa.

En el caso de las obras contratadas sobre la *base de precios unitarios*, el convocante deberá verificar que:

- A) De la mano de obra que:
 - A.1) El personal profesional, técnico y de obra sea el adecuado y suficiente para ejecutar los trabajos.
 - A.2) Los rendimientos sean razonables de acuerdo con el proceso constructivo propuesto, considerando los rendimientos de experiencias anteriores, así como las condiciones ambientales de la zona y características particulares bajo las cuales se deben realizar los trabajos.
 - A.3) La especialidad de los trabajos sea la requerida para la ejecución de los conceptos más significativos.
- B) De la maquinaria y equipo que:
 - B.1) Las características y la capacidad de la maquinaria y equipo de construcción sean congruentes con el procedimiento de construcción propuesto, coincidan con el listado presentado, sean suficientes, necesarios y adecuados a las condiciones de ejecución de los trabajos y respeten los procedimientos y restricciones que indique el convocante.
 - B.2) Los rendimientos sean de maquinaria y equipo nuevos, se basen en los rendimientos señalados por los fabricantes y tomen en cuenta las características ambientales de la zona donde se realizarán los trabajos.
- C) De los materiales que:
 - C.1) El consumo por unidad de medida, determinado por el licitante para el concepto de trabajo en el que intervienen, considere los desperdicio, mermas y en su caso los usos de acuerdo con la vida útil del material de que se trate.
 - C.2) Las características, especificaciones y calidad de los materiales, equipos de instalación permanente sean las requeridas en las normas

de calidad y especificaciones generales y particulares de construcción establecidas en la bases.

D) De los programas que:

D.1) El programa general de ejecución de los trabajos cumpla con el plazo establecido por el convocante.

D.2) Los programas específicos de suministro y utilización sean congruentes con el programa general de ejecución de los trabajos.

D.3) El programa de suministro de equipo de instalación permanente en su caso sea congruente con el programa general de ejecución.

D.4) Los programas de suministro y utilización de materiales, mano de obra y maquinaria y equipo de construcción sean congruentes con los consumos y rendimientos y con el procedimiento constructivo.

VI.4.3 EXCEPCIONES A LA LICITACIÓN PÚBLICA

Cuando las dependencias, entidades y municipios determinen optar por las modalidades de invitación restringida o adjudicación directa, deberán respaldar su determinación en un estudio que fundamente su conveniencia por ofrecer mejores condiciones, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- 1) Economía, que signifique un menor costo de la obra o servicio
- 2) Oportunidad, que permita satisfacer la necesidad que se atiende en el menor lapso posible.
- 3) Eficiencia, que se dé el máximo aprovechamiento de los recursos que la dependencia, entidad o municipio asigne a la obra o servicio.
- 4) Eficacia, que la obra o servicio satisfaga la necesidad que la origina.
- 5) Honradez, que garantice una justa prestación para las partes involucradas.
- 6) Transparencia, que se respeten escrupulosamente en la adjudicación de la obra o servicio los procedimientos establecidos en la Ley de Obra Pública vigente.

Las dependencias, entidades y municipios podrán contratar obra pública y servicios mediante los procedimientos de invitación restringida o adjudicación

directa cuando éstos no rebasen los montos establecidos en el Presupuesto de Egresos.

Conforme al presupuesto que le sea autorizado y a las disposiciones aplicables, cada unidad ejecutora de obra pública o servicios determinará sus montos máximos de contratación en las modalidades de invitación restringida o adjudicación directa.

En ningún caso se podrá dividir el importe total de una obra para que quede dentro de los montos máximos. Cada obra deberá considerarse individualmente.

VI.4.3.1 INVITACIÓN RESTRINGIDA

En caso de declararse desierto un procedimiento de licitación, la dependencia, entidad o municipio que cuente con Comité Interno de Obra Pública solicitará el dictamen de procedencia del procedimiento de restricción restringida a ese órgano colegiado, para ello, la unidad ejecutora de obra pública integrará y presentará el caso que contendrá:

- 1) Descripción general de la obra o servicio
- 2) Informe del procedimiento de licitación pública que fue declarado desierto.
- 3) La fecha probable de inicio de los trabajos y el plazo de ejecución de los mismos.
- 4) El presupuesto base.
- 5) La autorización presupuestal
- 6) El nombre y firma del titular del área responsable de la ejecución de los trabajos y
- 7) El formato de caso para el dictamen de procedencia o excepción.

En función de las características de los trabajos a realizar y a sus requerimientos de ejecución, las dependencias, entidades o municipios determinarán las características de experiencia, capacidad técnica y solvencia que deben reunir las personas que se invitarán al procedimiento de adjudicación.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

Las dependencias, entidades o municipios, seleccionarán del catálogo que opere la Secretaría del Ramo a cuando menos tres personas que serán invitadas a presentar sus propuestas.

El procedimiento de invitación restringida seguirá los mismos pasos que el de licitación pública salvo la publicación de la convocatoria, misma que se sustituye por la invitación señalada en el párrafo anterior.

VI.4.3.2 ADJUDICACIÓN DIRECTA

Si la dependencia, entidad o municipio necesita llevar a cabo un procedimiento de adjudicación directa, salvo que las obras o servicios a contratar no rebasen los montos establecidos por el Presupuesto de Egresos del ejercicio correspondiente y cuente con Comité Interno de Obra Pública, se solicitará a ese órgano colegiado el dictamen de procedencia del procedimiento de adjudicación directa, para ello la unidad ejecutora de obra pública o servicio integrará y presentará el caso conforme se señaló en el procedimiento de invitación restringida.

El titular de la dependencia, entidad o municipio emitirá un acuerdo en el que autorice el procedimiento de adjudicación directa.

En función de las características de los trabajos a realizar y a sus requerimientos de ejecución, las dependencias, entidades o municipios determinarán las características de experiencia, capacidad técnica y solvencia que debe reunir la persona que se invitará al procedimiento de adjudicación.

Las dependencias, entidades o municipios, seleccionarán del catálogo que opere la Secretaría del Ramo, a la persona que serán invitadas a presentar su propuesta.

El convocante recibirá de la persona invitada la documentación de su propuesta para su evaluación, la revisará y en su caso procederá a formular el contrato correspondiente.

VI.5 CONTRATOS MÁS USUALES EN LA CONSTRUCCIÓN

A continuación se describen de manera breve los contratos más usuales en el campo de la construcción, así como los contratos por concesión, éstos últimos enfocados a la construcción de carreteras de altas especificaciones.

VI.5.1. CONTRATOS TÍPICOS

Existen diferentes formas de contratación: contratos sobre la base de precios unitarios, contratos a precio alzado y contratos mixtos.

En los contratos sobre la base de precios unitarios se considerará como precio unitario al importe de la retribución que debe cubrirse al contratista por unidad de concepto de trabajo terminado, ejecutado de acuerdo con lo establecido en el proyecto, en las especificaciones de construcción y en las normas de calidad.

El precio unitario esta compuesto por los costos directos del concepto de trabajo, los costos indirectos, el costo por financiamiento, el cargo por utilidad del contratista y los cargos adicionales en su caso.

En los contratos a precio alzado, el contratante podrá dividir los trabajos en actividades principales de obra para efectos de medición y pago, en cuyo caso la responsabilidad del contratista subsistirá hasta la terminación de los trabajos. Esta disposición no será aplicable a los proyectos de infraestructura productiva de largo plazo.

Se entenderá por actividad principal de obra al conjunto de acciones que deben ser ejecutadas totalmente en un período y por un monto establecido por el licitante en su propuesta, en congruencia con las bases de licitación y determinadas por unidades de medida definidas en las propias bases y en el contrato.

Las actividades a desarrollar en los contratos a precio alzado deberán referirse a acciones generales, debiendo ser coincidentes entre sí y congruentes con la red de actividades, con la cédula de avance y el programa de ejecución, principalmente en lo que se refiere a la duración, holguras, plazo de inicio y término de cada actividad. La red de actividades es la representación gráfica del proceso constructivo que seguirá el contratista para realizar los trabajos.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Los contratos de obra pública y servicios deberán contener como mínimo:

- 1) La autorización presupuestal para cubrir el compromiso derivado del contrato y sus anexos.
- 2) La indicación del procedimiento conforme al cual se adjudicó el contrato.
- 3) La descripción pormenorizada de los trabajos que deban ejecutar, debiendo acompañar los proyectos, planos, especificaciones, programas y presupuestos como parte integrante del contrato en el caso de obras; tratándose de servicios, los términos de referencia.
- 4) El plazo de ejecución de los trabajos determinado en días naturales, indicando la fecha de inicio y término de los mismos, así como el plazo para la recepción física de los trabajos y la elaboración del finiquito, los cuales deben ser establecidos de acuerdo con las características, complejidad y magnitud de los trabajos.
- 5) Porcentajes, número y fechas de las exhibiciones y amortización de los anticipos que se otorguen.
- 6) Forma y términos de garantizar la correcta inversión de los anticipos y el cumplimiento del contrato.
- 7) Plazos, forma y lugar de pago de las estimaciones de trabajos ejecutados y cuando corresponda de los ajustes de costos.
- 8) Penas convencionales por atraso en la ejecución de los trabajos por causas imputables al contratista, determinadas únicamente en función del incumplimiento al programa convenido, las que en ningún caso podrán ser superiores, en su conjunto, al monto de la garantía de cumplimiento. El contratante deberá establecer los términos, forma y porcentajes para aplicar las penas convencionales.
- 9) Términos en que el contratista, en su caso, reintegrará las cantidades que hubiere recibido en exceso por la contratación o durante la ejecución de los trabajos, para lo cual se utilizará el procedimiento que se establezca.

- 10) Procedimiento de ajuste de costos que deberá ser determinado desde las bases de la licitación por el convocante, el cual deberá regir durante la vigencia del contrato.
- 11) Causales y procedimiento mediante los cuales el contratante podrá dar por rescindido el contrato.
- 12) Los procedimientos mediante los cuales las partes resolverán, entre sí, las discrepancias futuras y previsibles sobre problemas específicos de carácter técnico y administrativo.
- 13) Señalamiento del domicilio para oír y recibir notificaciones.

El contrato deberá firmarse dentro de los diez días hábiles siguientes a la notificación del fallo. Se deberá entregar al contratista una copia del contrato firmado.

VI.5.2 CONTRATOS POR CONCESIÓN

La adjudicación se realiza mediante un proceso de licitación pública, ponderando la oferta económica más conveniente de acuerdo con los factores establecidos en la ley para la adjudicación, tales como la estructura tarifaria, los pagos ofrecidos al Estado, el subsidio solicitado, el plazo de concesión, el grado de compromiso de riesgo que asume el oferente y la calificación técnica.

Los contratos por concesión para la construcción de carreteras de altas especificaciones, fue el resultado de un fuerte deterioro de la red carretera existente, la falta de inversión para el mantenimiento y ampliación de la red, por lo que en aquel momento existía un consenso sobre las ventajas de incorporar a la iniciativa privada a tareas que habían sido tradicionalmente públicas.

A partir de 1989, dentro de la orientación de una mayor apertura para la participación de la iniciativa privada, se adopta una política de concesiones carreteras a grupos privados para que las construyan, conserven y operen a cambio de una tarifa que garantice una ganancia adecuada. El esquema (1989-1994) despertó interés entre algunos grupos de inversionistas e incluso en los

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

gobiernos estatales, construyéndose algunas autopistas de altas especificaciones bajo dicho esquema, tales como: México-Morelia-Guadalajara, México-Acapulco (carretera del Sol), etc..

El esquema presentaba algunas deficiencias siendo algunas de ellas:

No contar en muchos casos con el proyecto ejecutivo completo.

No existía una definición clara de los límites de los riesgos que asumía el constructor y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) realizó los estudios y garantizó tránsitos y tasas de crecimiento, comprometiéndose a extender los plazos de concesión en caso de no cumplirse la previsiones.

La mayor parte de los derechos de vía se liberaron durante los trabajos de construcción.

El plazo de concesión fue variable, según la oferta del licitante ganador.

El período de ejecución de las obras debía ser en un plazo fijo, bajo la responsabilidad del concesionario, en muchos casos se concedieron ampliaciones por considerar que los retrasos no eran imputables al concesionario.

Los permisos ante Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional del Agua (CNA), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), etc., en general se tramitaban después de adjudicada la concesión.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) llevaba a cabo la supervisión general del proyecto; la concesionaria y el fiduciario contrataban con terceros la supervisión de la calidad, del avance físico y de estimaciones y pagos.

En casos fortuitos y de fuerza mayor, los títulos de concesión no contenían previsiones para regularlos, por lo que se aplicaron disposiciones del derecho común.

Respecto a los gastos de reembolso a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), el licitante ganador debería aportar un porcentaje

preestablecido del monto de la inversión, para estudios, proyectos, derechos de vía y supervisión, el cual no necesariamente coincidió con el gasto realizado.

Las obras se financiaron con créditos y con capital proveniente de estimaciones no pagadas en su totalidad. Los sobrecostos se financiaron con créditos corporativos que se registraron como capital. En algunos casos los proyectos recibieron fondos públicos para asegurar la terminación de las obras.

Las garantías solicitadas cubrían los compromisos del concesionario pero no podían utilizarse para completar los proyectos en caso de incumplimiento.

Las tarifas eran las resultantes de las ofertas que presentaban los licitantes.

El esquema financiero al apoyarse en obras de altas especificaciones con un elevado costo por kilómetro que deberían redituar ganancias atractivas en plazos considerados prudentes para los inversionistas, implicó tarifas poco atractivas para los usuarios, dando como resultando un escaso aforo vehicular de las carreteras concesionadas, lo anterior aunado a altas tasas de interés pactadas con los Bancos acreedores de las empresas constructoras y a la crisis económica iniciada por la devaluación del peso en diciembre de 1994, dio origen a situaciones adversas sobre las empresas y sobre las concesiones carreteras.

Como resultado de lo anterior, el Gobierno Federal publicó un decreto en el diario oficial de la federación el 27 de agosto de 1997, instituyendo un programa de rescate financiero para las carreteras construidas a través de concesiones previamente otorgadas, con ello fue creado el Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC) cuyo fiduciario (ejecutor de las acciones tendientes a la consecución de los objetivos del fideicomiso) es el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, SNC (BANOBRAS).

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

Para la implementación del rescate, los Bancos acreedores, principalmente Serfin, recibieron del Gobierno Federal "Bonos Carreteros", los cuales serán amortizados con base en los ingresos que perciban las autopistas.

Este programa de rescate carretero fue constituido con la finalidad de indemnizar a los concesionarios de carreteras con motivo de la nacionalización de carreteras mexicanas concesionadas. Derivado del rescate carretero en 1997 las empresas reconocieron dicha indemnización como cuentas por cobrar, para posteriormente cambiarlas por promesas de cobro, las cuales fueron referidas como "Pagarés de Indemnización Carretera" (PICs). Los pagarés de Indemnización Carretera (PICs) instrumentos de deuda con propósito especial, garantizados por el Gobierno Federal Mexicano denominados en Unidades de Inversión, las cuales representan unidades contabilizadas con un valor en pesos mexicanos que son indexadas diariamente por la inflación determinada por el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). Los PICs son cotizados diariamente en el Mercado de Capitales reconociendo las fluctuaciones en las tasas de descuentos derivadas de la inflación. Estos instrumentos tienen vencimientos de 5, 10 y 15 años y generan anualmente intereses del 5.62% aproximadamente.

Con base en la experiencia obtenida del esquema planteado para el lapso 1998-1994, para la construcción de las nuevas carreteras que se darán en concesión, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) planteó un nuevo esquema, siendo los principales cambios los que se señalan a continuación:

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) elabora y entrega una versión completa del proyecto ejecutivo, el cual deberá ser revisado en forma exhaustiva por los licitantes antes de elaborar sus propuestas, los licitantes asumen el riesgo del proyecto y todos los costos asociados a él.

Los estudios de aforo que tiene la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) los entregará a los licitantes. Cada licitante podrá o no podrá utilizar los estudios suministrados bajo su propio riesgo, dado que la Secretaría no asumirá responsabilidad alguna respecto a ellos.

Con relación a los derechos de vía, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) los deberá tener liberados antes de adjudicar la concesión.

Antes de presentar sus ofertas, los participantes asumen la obligación de constituir una sociedad anónima mexicana de propósito específico que será titular de la concesión. Los socios de esa empresa deberán acreditar capacidad financiera, constructiva, operativa y administrativa para manejar la concesión.

El plazo de la concesión será hasta el máximo legal de 30 años.

El financiamiento de la construcción será mediante la aportación inicial del Gobierno Federal, créditos bancarios y capital de riesgo.

El Gobierno Federal a través de Fondo de Inversión para Infraestructura (FINFRA) asumirá el compromiso de que en caso de que los ingresos generados por el proyecto sean insuficientes para cubrir el servicio de la deuda, aportará las cantidades que el licitante hubiera solicitado en su propuesta para este concepto. Estas aportaciones incluidos los intereses, deberán ser reembolsados.

El licitante ganador reembolsará a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) los gastos erogados por la preparación del proyecto ejecutivo, la realización de estudios, la liberación de derechos de vía y la obtención de permisos, a menos que las bases de licitación establezcan otra cosa.

La construcción del proyecto deberá ser en un plazo fijo, bajo la total responsabilidad del licitante ganador. Los ajustes al proyecto deberán ser autorizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y serán por cuenta del licitante ganador. Las obras adicionales ordenadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) deberán ser pagadas por ésta con cargo a su presupuesto.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) supervisará las obligaciones del concesionario, quién establecerá el sistema de control de calidad de las obras. El fiduciario, a través de un ingeniero independiente supervisará los

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

volúmenes de obra, avance de los trabajos, precios y fundamentación de estimaciones y pagos a los contratistas.

En un caso fortuito y fuerza mayor, da lugar a una extensión de la concesión, el concesionario deberá asegurarse contra eventos no deseados, si éstos se llegaran a prolongarse, el concesionario puede terminar la concesión con pérdida del capital; la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) reconocerá el derecho de los acreedores de los créditos a que éstos les sean pagados con cargo a los flujos de la carretera.

Garantías: El licitante entregará una carta de crédito como garantía de seriedad de la oferta; fianza por el 3% de la inversión a favor de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); fianza por el 17% de la inversión a favor del Fondo de Inversión para Infraestructura (FINFRA); seguro contra todo riesgo asegurable.

La concesionaria se compromete a contar con los recursos necesarios para pagar el mantenimiento mayor, cuando éste se requiera.

Tarifas: La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) establecerá una tarifa promedio máxima dejando en libertad al concesionario para fijar las tarifas individuales de cada tipo de vehículo. Esta tarifa será actualizada anualmente con base al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).

Recuperación anticipada: Si el desempeño de la concesión mejora las previsiones, los excedentes económicos que se generen serán compartidos por el concesionario y el Fondo de Inversión para Infraestructura (FINFRA).

Soluciones de controversias: Si se trata de actos de autoridad, mediante los recursos de legislación federal, si se trata de controversias de naturaleza técnica o económica a través de un comité de expertos, si no se llega a un acuerdo, las partes podrán acudir al arbitraje bajo las reglas del Código de Comercio.

Para el concesionamiento de carreteras, es fundamental revisar los métodos de evaluación de proyectos y los mecanismos de análisis y proyecciones de demanda debido a que estas son las que conducen la vida de las concesiones, y también para desestimular las conductas oportunistas de las partes, sean estas del sector constructor o transportista. La estructura de financiamiento del programa de concesiones viales es otro elemento a reconsiderar, en particular la distribución de riesgos y las garantías explícitas o implícitas por los estados, de manera de no estimular las inversiones en exceso o en defecto.

También es recomendable que los gobiernos planifiquen financieramente en el largo plazo los pasivos eventuales que surgen de las licitaciones realizadas. Finalmente, los mecanismos de revisión de precios deben ser preacordados, evitando grandes cambios en las condiciones generales de la concesión y mayores costos de transacción.

A continuación se señalan las conclusiones que se desprenden de este trabajo, así como las recomendaciones.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo solo se dan, de forma resumida las conclusiones y las recomendaciones pertinentes, correspondientes a cada capítulo.

El análisis de las principales consideraciones que se deben tener en cuenta para la justificación del desarrollo de un proyecto carretero, como son el político social administrativo y el económico, que permiten dar el consentimiento del tipo de camino y las características, con que debe contar es de suma importancia ya que proporciona los elementos de juicio necesarios para esta justificación y así mismo su clasificación.

La importancia de un camino, esta en función de la capacidad que este tenga para dar los beneficios y mantener la mejor relación entre los centros productores y consumidores de las regiones y/o ciudades que comunica.

Actualmente es muy importante cuidar los recursos públicos del país, por lo cual el financiamiento de los proyectos deben incorporar criterios y previsiones cuya finalidad es lograr un manejo óptimo de los recursos y los riesgos, de manera que se preserve en todo momento el interés público.

Las características del terreno sobre el que se asientan las infraestructuras carreteras, son datos fundamentales para su planificación, diseño y construcción. Sus condiciones topográficas, geológicas, geotécnicas, de mecánica de suelos e hidrológicos inciden de forma directa en cada una de esas fases, afectando a la solución definitiva.

Los estudios necesarios para conseguir un conocimiento adecuado de los terrenos deben utilizar técnicas y medios especializados. Su elaboración se realiza sobre la base de una metodología secuencial que cubre, en fases sucesivas, aspectos que van de lo general a lo particular.

Por tanto, los objetivos de los estudios, para proyectos de carreteras, deberán ser proporcionar al proyectista los elementos necesarios para tener en cuenta todos los aspectos al proyectar y posteriormente al construir, determinando la naturaleza en general y estado de los suelos y estratos.

A los ingenieros les atañe directamente la responsabilidad de tomar en cuenta esto, minimizando o excluyendo los impactos ambientales negativos que pueden producirse en el desarrollo de obras de Infraestructura como es el caso del proyecto de la autopista tipo A4S. Por lo que se deben de cumplir las condiciones anteriormente descritas, es maximizar los beneficios y minimizar los efectos adversos que se puedan producir.

Para esto es necesario empezar por la concientización del Sector Comunicaciones y Transportes, con la capacitación y actualización de conocimientos, la formación de equipos interdisciplinarios con biólogos, sociólogos, etc., para poder continuar con un desarrollo sustentable, logrando un mayor beneficio para nuestra población y del país en general.

Una ayuda práctica en la planeación de proyectos carreteros, es hacer uso de los procedimientos recomendados para las evaluaciones ambientales, ya que éstos posibilitan tratar anticipadamente las consideraciones ambientales, reduciendo las necesidades subsecuentes de imponer limitaciones al proyecto y evitando los costos y demoras en la implantación que podrían surgir a raíz de los problemas no anticipados. Se enfatiza que las evaluaciones ambientales requieren de análisis interdisciplinarios.

Las alternativas para la construcción de nuevos caminos, bajo la perspectiva del medio ambiente, deben considerar en la planeación incluir mejoras en el manejo del tránsito y transporte público por las carreteras existentes.

Las alternativas que deben ser investigadas en la planeación y diseño de un proyecto, deben incluir rutas que evadan afectar los recursos valiosos o frágiles y las que no brinden acceso a las tierras silvestres.

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

Resulta imprescindible la intervención durante las fases de planeación, proyecto y construcción, de equipos multidisciplinarios que permitan visualizar con claridad la magnitud de los impactos ambientales que se generarán con el proyecto, así como para establecer las medidas de mitigación por incluir y su correspondiente seguimiento.

De acuerdo a lo expuesto en el capítulo IV, se puede concluir que el proyecto ejecutivo es la parte medular de una obra, ya que en este se involucran los cálculos y estudios los cuales llevan a la obtención de volúmenes, planos, que al no obtenerlos de la manera correcta se tiene como consecuencia un mal presupuesto y de tal forma impactar la economía de la obra, lo cual es un punto estratégico en la ingeniería civil.

Es por eso que el proyecto ejecutivo debe ser un estudio minucioso y detallado de los conceptos que involucra la obra en cuestión, en este caso para una autopista tipo A4S, o una obra de edificación, drenaje, en fin cualquier tipo. Otro punto importante es el apego a las normas que nos rijan según sea el caso, esto para que durante la ejecución del proyecto no se tengan problemas con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la cual aplica en este caso, o bien la autoridad que este al tanto, además estos lineamientos son un apoyo y una base para la construcción.

En cuanto al planteamiento de un procedimiento constructivo para una autopista tipo A4S o de cualquier proyecto en general, se puede concluir que la creatividad y la innovación al momento de estudiar un proyecto y la proposición de su procedimiento constructivo, adquieren importancia en la medida que se busque optimizar la obra.

El objetivo permanente de un Ingeniero Civil que planea los procedimientos constructivos es buscar el mejor tiempo de ejecución aunado al menor costo posible, cumpliendo siempre con las especificaciones establecidas para no arriesgar ni la calidad ni la seguridad del proyecto.

Lo anterior conlleva a la búsqueda constante de nuevos procedimientos y nuevos equipos para acoplarlos al desarrollo de un procedimiento constructivo, así como también es importante el trabajo de retroalimentación, es decir, la labor de revisar los avances reales contra los avances programados con el fin de detectar a tiempo las posibles desviaciones y actuar en consecuencia, haciendo un resumen de los eventos ocurridos durante la construcción del proyecto con el fin de obtener una experiencia que pueda ser útil para proyectos posteriores y para que de este modo se contribuya al mejoramiento del estudio de los procedimientos constructivos.

Para que las obras cualesquiera que sean éstas, se terminen en los tiempos y con los costos previstos, éstos últimos obtenidos de acuerdo a los volúmenes de obra estimados y a los rendimientos de mano de obra, maquinaria y equipo, así como los correspondientes a la utilización de materiales, afectados por los costos de indirectos y por los cargos de financiamiento y de utilidad, es decir, lo que se conoce como el precio de venta, es necesario que se cumplan ciertas condiciones tales como:

- 1) Se cuente en obra con la cantidad de personal calificado, maquinaria y equipo y materiales que hayan sido establecidos en el procedimiento constructivo.
- 2) Los tiempos de suministro de materiales e insumos, se realicen dentro de los períodos contemplados.
- 3) Se cumpla con los rendimientos contemplados en el procedimiento constructivo.
- 4) Que los trabajos ejecutados se realicen con apego a las normas de calidad establecidas y a las indicaciones contenidas en el proyecto.
- 5) Las estimaciones deberán ser pagadas o cobradas en los tiempos que se establezcan en el contrato correspondiente.

De no cumplirse los puntos anteriores, seguramente se incurrirá en atrasos que se traducen en aumento en los costos de obra y con ello una reducción en las

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

utilidades de la contratista, e incluso el presentarse pérdidas, que no es la finalidad.

Por lo anterior es necesario que se verifiquen constantemente los rendimientos, del personal, de la maquinaria y del equipo propuesto con la finalidad de corregir cualquier desviación que se presente, siempre y cuando los atrasos sean imputables al personal, a la utilización de la propia maquinaria o equipo y a la adquisición o suministro de materiales, insumos y refacciones y no a otras circunstancias como pueden ser: un cambio en la dureza de los materiales excavados o a mayores volúmenes de obra de los contemplados originalmente que obviamente incrementarían el plazo de ejecución, así mismo, la obra deberá ser ejecutada con las normas de calidad e indicaciones contenidas en el proyecto ejecutivo, para evitar: demoliciones, recompactaciones, etc.

Otro punto importante es el cobro de estimaciones en el tiempo establecido, ya que de cobrarse éstas en tiempos mayores a los contemplados, se corre el riesgo de que la contratista se descapitalice y optar por detener la obra por falta de recursos o bien no pueda cumplir con los compromisos adquiridos con proveedores pudiéndose dar el caso de que estos no continúen con los suministro programados, o que se recurra a recortes de personal, evidentemente todo ello en perjuicio de la obra.

En general el trabajo desarrollado tiene como objetivo complementar los conocimientos de los Ingenieros que cuentan con tiempo de ejercicio en esta u otra área y desean incurrir más en las vías terrestres y/o dar las bases a los nuevos Ingenieros que comienzan su ejercicio profesional.

ANEXO A

TRABAJOS DE EXCAVACION DE CORTES EN MATERIAL TIPO “C” CORRESPONDIENTE AL CAPITULO V “PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO”.

El equipo para realizar este trabajo lo componen: track-drills VL-140, compresores, tractores D8N o similar y accesorios para barrenación (zancos, brocas de cruz, barras de extensión, etc.).

El empleo de explosivos en cortes de material “C” depende de los siguientes factores:

- 1) En primer lugar se debe determinar que definitivamente no existe otra alternativa viable para ejecutar las excavaciones, esto es, cuando ya no se puede ejecutar el trabajo con el equipo o maquinaria convencional. Aún cuando se puede ejecutar la excavación con dicho equipo, siempre es importante el empleo de explosivos en los taludes de los cortes, con la finalidad de asegurar que éstos queden bien perfilados, ya que dicho perfilado en un corte de material tipo “C” es difícil de ejecutar adecuadamente con una máquina convencional para excavar, llámese bulldozer, retroexcavadora, etc.
- 2) Una vez que se ha determinado el empleo de explosivos como única salida viable, se debe proceder al diseño de la voladura. En el empleo de explosivos no existe ninguna regla o norma para diseñar una voladura, ya que son diversos factores los que intervienen, dichos factores combinados entre sí, dan una gama interminable de alternativas para el diseño de una voladura. Estos factores son los siguientes:
 - a) Tipo de roca o material. La consistencia o resistencia del material a atacar nos va a definir en cierta medida la separación de nuestra cuadrícula de barrenación, ya que es completamente diferente atacar una roca maciza completamente sana, con la cual se puede hacer prácticamente lo que se

desee con ella, a otro tipo de material, por ejemplo, un boleado empacado en arcilla al cual es difícil predecir su comportamiento ya que debido a la presencia de la arcilla entre ellas, provoca la fuga de los gases al momento de la detonación, provocando con esto que la roca no se fracture sino únicamente se desprenda, obteniendo como resultado rocas de gran dimensión, que en ocasiones no se pueden remover aún con el equipo de mayor capacidad con que se cuente.

- b) Tipo de trabajo a ejecutar. Dependiendo de la finalidad para la que se ejecuta, ésta puede ser como una excavación para formación de terraplén, en la cual las especificaciones de construcción marcan determinados tamaños máximos del material, y dichos tamaños son los que se deben de obtener al ejecutar una voladura. Puede también tener como finalidad obtener material para alimentar alguna trituradora, y ésta también debe alimentarse de acuerdo al tipo de triturado que se va a ejecutar, procurando con esto desperdiciar lo menos que sea posible.
- c) Equipo para rezaga. De acuerdo con el equipo con que se cuente para efectuar la rezaga, es otro de los factores a considerar en el diseño de una voladura, esto debido a que no es posible efectuar una voladura en la cual el producto sea un material con un tamaño en dimensiones y peso mayores que la capacidad del equipo, así mismo resulta incosteable efectuar una voladura en la cual el producto sea un material completamente triturado, ya que esto implica mayor cantidad de barrenación y explosivo, siendo completamente innecesario si los requerimientos de construcción no requieren o no exigen un material con estas características.

Características y propiedades de los explosivos

Un explosivo se puede definir como una mezcla de sólidos y líquidos que al ser iniciados dan como resultado una ignición violenta (explosión) que genera un gran volumen de gases.

Los explosivos tienen características individuales que requieren ser evaluadas

para determinar la utilidad potencial de un tipo de explosivo para una aplicación específica, estas características son las siguientes:

- a) **Densidad o Gravedad Específica.** Es el peso por unidad de volumen, expresada generalmente en gr/cm^3 , para que el explosivo funcione de acuerdo a sus características es necesario que tenga esta densidad en el barreno.
 - b) **Velocidad de Detonación.** Es la velocidad a la que la reacción de detonación se extiende a través de una columna de explosivo, ya sea en el cartucho o en el barreno.
 - c) **Presión de Detonación.** Se considera como la presión en la zona de choque adelante de la zona de reacción, esta presión repentina fragmenta en lugar de desplazar, se considera que esta propiedad es la que origina el 85% de la fracturación.
 - d) **Presión de Explosión.** Es la presión que ejercen los gases producto de la explosión inicial, estos gases pasan a través de las grietas impulsando las rocas. Esta propiedad produce el 15% de la fracturación.
 - e) **Balance de Oxígeno.** Un explosivo con balance de oxígeno adecuado, producirá una concentración mínima de gases nocivos, y ocasionará la liberación máxima de energía.
 - f) **Energía y Potencia.** La energía es la particularidad del potencial del explosivo para realizar un trabajo; la fuerza del explosivo puede ser expresada en unidades absolutas o comparándola con la energía del ANFO. La potencia es el trabajo útil que realiza un explosivo comparándolo con el trabajo útil que realiza el ANFO.
 - g) **Sensibilidad.** Es la propiedad de la onda explosiva de propagarse de cartucho a cartucho o de comunicarse a través de una columna, es decir que entre cartucho y cartucho, entre cartucho y ANFO o entre ANFO y ANFO haya continuidad para asegurar la reacción.
-

- h) **Diámetro Crítico.** Es el diámetro mínimo al cual un explosivo detona.

- i) **Sensitividad.** Propiedad que poseen los explosivos para ser detonados por los iniciadores convencionales como: cordón detonante, fulminante, estopín eléctrico, nonel.

- j) **Gases.** Cuando un explosivo detona, la mayoría de los productos resultantes son vapor o gases; los principales elementos del total de los vapores o gases son: óxido de carbono, monóxido de carbono, oxígeno, óxidos de nitrógeno e hidrógeno sulfurado.

- k) **Estabilidad.** Es la propiedad que poseen los explosivos de conservar sus características físico-químicas en condiciones normales de almacenamiento en un periodo determinado.

- l) **Resistencia al agua.** Propiedad de los explosivos de mantener sus características físico-químicas sumergidos en agua durante un periodo determinado.

- m) **Flamabilidad.** Es la propiedad de los explosivos de incendiarse por temperatura, fricción, golpe, contacto directo con flama, reacción química, etc.

- n) **Eficiencia.** Es la energía que genera un explosivo en el momento de su detonación.

Factores de carga recomendables para algunos tipos de roca

El factor de carga a emplear, depende como ya se mencionó anteriormente, de la geología del lugar y de la utilidad que se le va a dar al producto.

En las tablas A.1, A.2 y A.3 se relacionan distintos tipos de roca, agrupadas en familias por su origen, con su correspondiente factor de carga.

TABLA A.1 "ROCAS IGNEAS"

TIPO DE ROCA	FACTOR DE CARGA EN (kg/cm ²)
Riolita y dacita	0.530 a 0.715
Granodiolita	0.590 a 0.800
Andesita	0.530 a 0.715
Diorita	0.530 a 0.770
Basalto	0.530 a 0.770
Gabro, dolerita o diabasa	0.530 a 0.715

TABLA A.2 "ROCAS METAMÓRFICAS"

TIPO DE ROCA	FACTOR DE CARGA EN (kg/cm ²)
ROCA NO FOLIADA	
Mármol	0.475 a 0.770
Hornfeis	0.475 a 0.715
Taconita	0.475 a 0.770
Gneiss	0.475 a 0.715
ROCA FOLIADA	
Pizarra	0.290 a 0.475
Esquisto de clorita	0.350 a 0.600
Micaesquisto	0.350 a 0.600

TABLA A.3 "ROCAS SEDIMENTARIAS"

TIPO DE ROCA	FACTOR DE CARGA EN (kg/cm ²)
ROCA NO FOLIADA	
Conglomerado	0.350 a 0.660
Brecha	0.350 a 0.600
Arenisca	0.475 a 0.770
Caliza	0.230 a 0.475
Dolomita	0.290 a 0.475

Para el caso de estimar la carga por metro lineal de barreno, se presenta la siguiente tabla A.4, que se estimó para un explosivo con una densidad igual a 1.0 gr/cm³.

TABLA A.4 "CARGA Y BARRENO"

DIAMETRO DEL BARRENO		CARGA
(pulg)	(mm)	(kg/m)
1"	25.40	0.51
1 1/2"	38.10	1.14
2"	50.80	2.03
2 1/2"	63.50	3.17
3"	76.20	4.56
3 1/2"	88.90	6.21
4"	101.60	8.11
4 1/2"	114.30	10.26
5"	127.00	12.67
5 1/2"	139.70	15.33
6"	152.40	18.24
6 1/2"	165.10	21.41
7"	177.80	24.83
7 1/2"	190.50	28.50
8"	203.20	32.43
8 1/2"	215.90	36.61
9"	228.60	41.04
9 1/2"	241.30	45.73
10"	254.00	50.67
10 1/2"	266.70	55.86
11"	279.40	61.31
11 1/2"	292.10	67.01
12"	304.80	72.97

Elementos a considerar en el diseño de una voladura

El diseño de una voladura no es posible ejecutarlo al vapor, ya que por lo general se efectúa una primera voladura con un diseño aproximado con la finalidad de ver el resultado, y con base en éste resultado ir mejorándolo. En muchas ocasiones se encuentra que la estratigrafía del terreno varía constantemente, por lo cuál no es posible aplicar el mismo diseño para un mismo corte.

A continuación se presentan en la figura A.1 de manera gráfica los elementos que componen el diseño de una voladura y se describen los elementos de dicho diseño.

FIGURA A.1 "PLANTILLAS DE BARRENO"

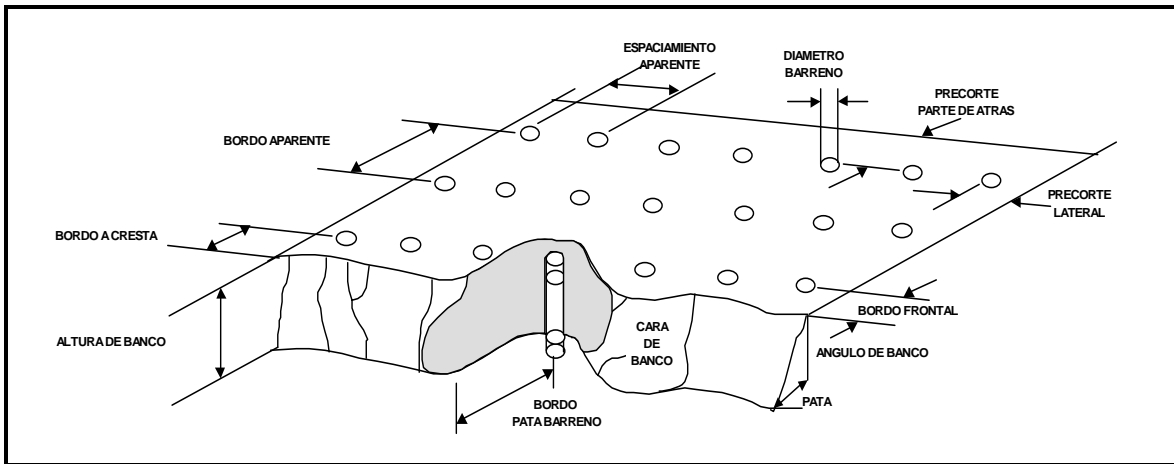
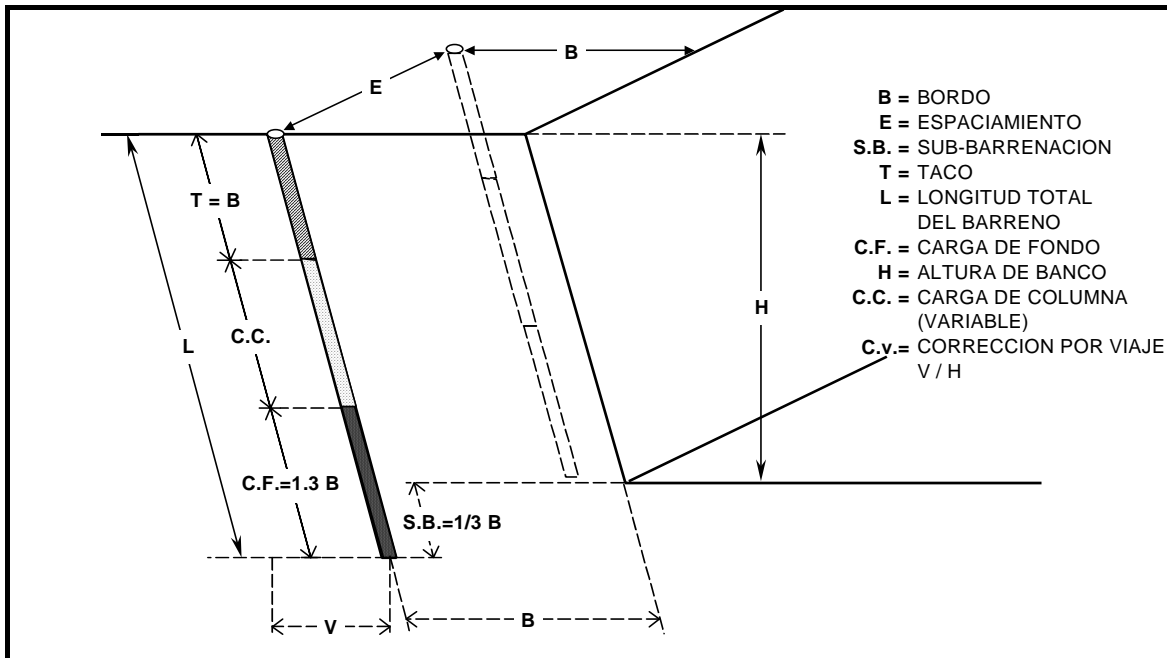


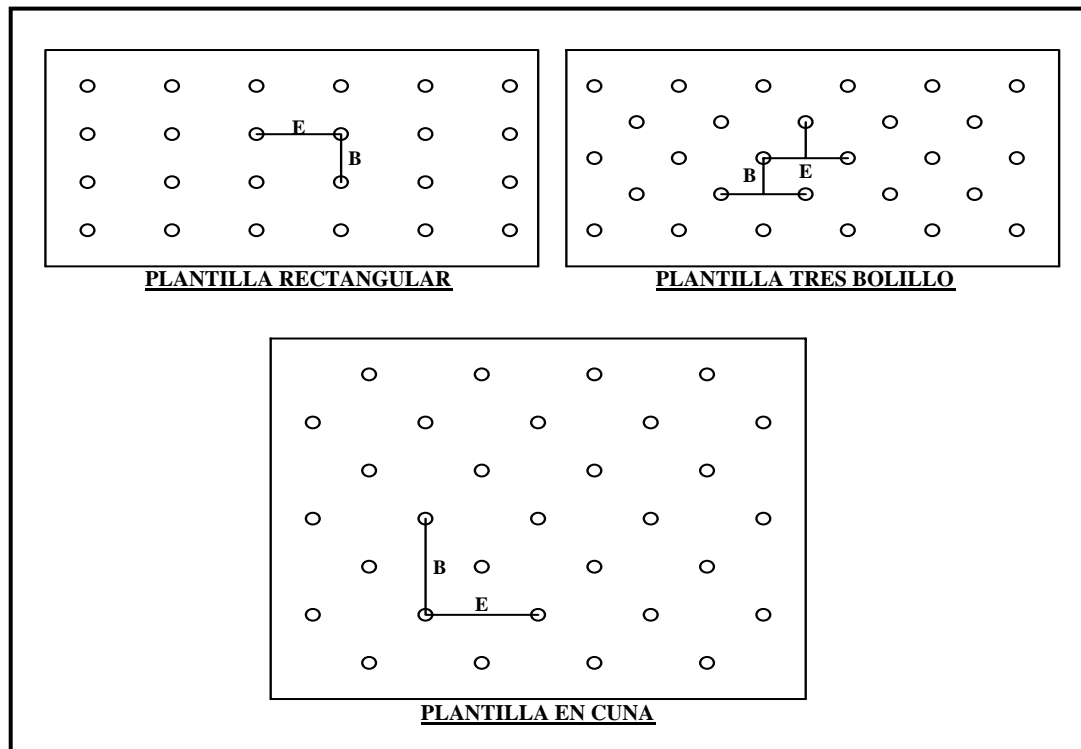
FIGURA A.2 "ESQUEMA DE BARRENO"



BARRENO. El objeto de hacer un barreno, es formar en la roca una cavidad tal que al llenarla de explosivos debidamente colocados y detonados, fracturen la roca según las necesidades.

PLANTILLA. Se le llama plantilla de barrenación al patrón dado por la dimensión del borde y la del espaciamiento. Las plantillas más comúnmente utilizadas en excavaciones a cielo abierto son:

FIGURA A.3 “TIPOS DE PLANTILLAS”



- 1) **Plantilla rectangular.** Puede ser cuadrada, recomendable por su facilidad de ubicación en campo y supervisión y por incrementar el rendimiento del equipo de perforación.
- 2) **Plantilla tres bolillo.** Los barrenos tienen el mismo espaciamiento, pero entre línea y línea se encuentran alternados justo a la mitad, generalmente el viaje se da en diferentes direcciones obteniéndose una fragmentación irregular.
- 3) **Plantilla en cuna.** También se le conoce como cinco de oros; es cuando en una plantilla cuadrada se coloca un barreno auxiliar en medio de cada cuatro barrenos, esta se recomienda en cortes máximo de 3 m pues para una altura mayor no hay capacidad para el material abundado.

Tanto en las plantillas rectangulares como en las de tres bolillo con frente abierto, es conveniente no detonar más de cuatro líneas, ya que si el factor de carga y la barrenación así como la secuencia de rotura han sido bien efectuadas, el producto será desalojado y el equipo de excavación o carga podrá trabajar eficientemente.

La plantilla en cuna tiene la ventaja que se pueden tronar tramos de gran longitud y la desventaja que produce vibración excesiva.

BORDO (B). Es la distancia entre barrenos, normal al frente; está jamás debe de ser mayor que el espaciamiento.

ESPACIAMIENTO (E). Es la distancia entre barrenos, paralela al frente.

ALTURA DE BANCO. Es la altura de la sección del corte que se está atacando, y por lo general no es recomendable que sea mayor de 16 m para obtener resultados aceptables.

TACO. Es la parte superior del barreno, la cuál se rellena con tierra o material fino, tiene la finalidad de confinar al explosivo para que este obtenga su grado de confinamiento adecuado y evitar el vuelo de roca; la profundidad de éste depende principalmente del riesgo que exista en las zonas aledañas, por lo general es igual a 36 veces el diámetro del barreno ó igual al bordo (B).

CARGA DE COLUMNA. Es la parte intermedia del barreno, la cual contiene y confina al explosivo de baja densidad (de menor energía), esta columna es variable y depende de la carga de fondo.

CARGA DE FONDO. Es la parte inferior del barreno, esta contiene y confina al explosivo de alta densidad (de mayor energía), esta columna es igual a 1.3 veces el valor del bordo (B).

SUB-BARRENACION. Es la profundidad excedente que se le da al barreno y se hace con la finalidad de evitar que queden salientes sobre la cara del banco o el piso, dejando una superficie irregular y un grado de dificultad mayor en la cara del banco en la próxima voladura. Dicha sub-barrenación está en función del bordo y es igual a 1/3 del bordo, ésta a su vez forma parte de la columna de la carga de fondo.

VIAJE. Es la inclinación que se le da al barreno en la dirección que se requiera, esta inclinación provoca un aumento en la longitud del barreno.

LONGITUD DE BARRENO. Es la longitud total de barreno, es igual a la altura de banco más la sub-barrenación y la corrección por viaje del barreno.

DIÁMETRO DEL BARRENO. El diámetro del barreno depende del equipo con que se cuente para este fin, y de acuerdo a la producción que se desee obtener. Obviamente a medida que se disminuye o aumenta dicho diámetro, aumentan o disminuyen las dimensiones de la plantilla de barrenación así como la cantidad de líneas a detonar y el tipo de explosivo a emplear.

PRECORTE. El precorte lateral es el talud del corte en sí y recibe éste nombre debido a que en el momento de la voladura, es la primera parte que enciende antes que el resto de la voladura, dicho precorte se carga con un explosivo de menor potencia o intensidad con la finalidad de que no se dañe el talud, así mismo los barrenos deben realizarse con una separación mucho menor que la de la barrenación de producción, dicha separación de barrenación depende del tipo de material que se tenga, por lo general varía hasta una separación máxima de 1.5 metros.

Un precorte bien trabajado es aquél en el cual se puede observar perfectamente marcada la media caña de los barrenos en el talud del corte. El precorte de la parte de atrás es el que va a dejar la cara del siguiente banco en la siguiente voladura.

ALTO EXPLOSIVO. Es el explosivo de mayor densidad (mayor energía), y con el cual se hace la carga de fondo.

BAJO EXPLOSIVO. También conocido como ANFO; es una combinación de Nitrato de Amonio (fertilizante) y diesel, es de mucho menor densidad que el alto explosivo, y se le utiliza en la carga de columna acompañado del alto explosivo, con la finalidad de evitar una detonación demasiado fuerte, haciendo más costable una voladura debido a su economía.

INICIADOR. El iniciador puede ser mecha blanca o cañuela si se va a ejecutar una voladura que no implique mucho volumen, o por dispositivos eléctricos como en el caso de voladuras de gran precisión y volumen.

FULMINANTE. Se utiliza cuando la voladura se realiza por medio de mecha; Se coloca en el extremo de ésta, y es el responsable de iniciar la detonación.

PRIMACORD. Es el cordón que conduce la llama de la ignición. Por medio de éste se carga el barreno de la siguiente forma; se corta la salchicha de alto explosivo a una cuarta parte, se introduce el cordón en la parte de mayor tamaño y se realiza un nudo con el mismo cordón, después se introduce en el barreno hasta el fondo, se deja una pequeña parte de cordón suficiente para unir por medio de un nudo al cordón de la línea que unirá los barrenos.

RETARDADORES O TIEMPOS. Estos se utilizan entre línea y línea por volar y tiene la finalidad de retardar el tiempo de detonación; esto para evitar que toda la voladura se realice al mismo tiempo, provocando con esto que el material no fracture, ni que despegue debido a que el material de enfrente del banco impide su salida libre. El tiempo de estos retardadores se mide en milisegundos, permiten que al realizarse la ignición truenen una por una las líneas y se eviten al máximo las vibraciones y el golpe de aire que pudieran provocar daños a construcciones aledañas. Estos retardadores pueden ser noneles, estopines o el retardador normal, graduados en tiempos de 10, 25, 35, 50, 75 ó 100 milisegundos entre los más utilizados.

Las actividades previas al iniciar una barrenación son:

- 1) Marcar en el terreno la plantilla.
 - 2) Limpiar el sitio donde se romperá cada barreno.
 - 2) Marcar en cada punto, la longitud del barreno por ejecutar.
 - 4) Colocar el equipo de perforación en el sitio indicado.
-

5) Realizar una alineación en el sentido del espaciamiento.

6) Realizar una alineación en el sentido del viaje.

Hecho lo anterior se está en condiciones para iniciar los trabajos de barrenación.

Se puede cambiar el espaciamiento E y el bordo B manteniendo el área de la plantilla constante siempre y cuando el E sea mayor que el B.

Se pueden aplicar los datos del cálculo y únicamente al marcar los barrenos, los del centro quedaran un poco más juntos.

Se debe limpiar el sitio donde se realizará el barreno para evitar que al estarlo ejecutando caiga alguna piedra y dificulte la extracción de la broca.

En cada punto se debe marcar la longitud total del barreno por ejecutar de preferencia con pintura y en la roca, la longitud debe ser igual a $L = H + S.b. + C.v.$, en donde L es la longitud total del barreno, H es la altura del banco, S.b. representa la sub-barrenación y C.v. representa la corrección por viaje.

Al colocar el equipo de perforación en el sitio debe quedar bien apoyado y con la pluma libre para poder moverla a donde sea necesario.

Si se obtiene una buena alineación de los barrenos tanto en el sentido del corte como del espaciamiento, se lograra una buena distribución de los explosivos y por lo tanto una fragmentación uniforme.

Secuencia de rotura

Otra actividad que es determinante en el resultado de una voladura como ya se mencionó, es la secuencia de rotura , ya que si no se ha puesto atención en la barrenación y carga, difícilmente esta actividad tendría por sí sola resultados satisfactorios, de tal manera que un descuido en este aspecto podría demeritar todo el cuidado que se haya puesto en las actividades anteriores.

Se hizo mención del objetivo de utilizar los retardadores en el encendido de las voladuras, a continuación se hacen las siguientes recomendaciones para su manejo y empleo:

Para un terreno fragmentado se deben usar los retardadores de menor tiempo.

Cuando se tienen varias hileras de barrenos por detonar, a medida que se van alejando del frente, se va aumentando el tiempo de los retardadores.

Cuando se conectan los barrenos con primacord, se debe planear la conexión en forma tal, que cada barreno le llegue la iniciación en dos direcciones diferentes.

A continuación se muestran algunas formas de conexión de una voladura:

FIGURA A.4 "FORMAS DE CONEXIÓN DE UNA VOLADURA"

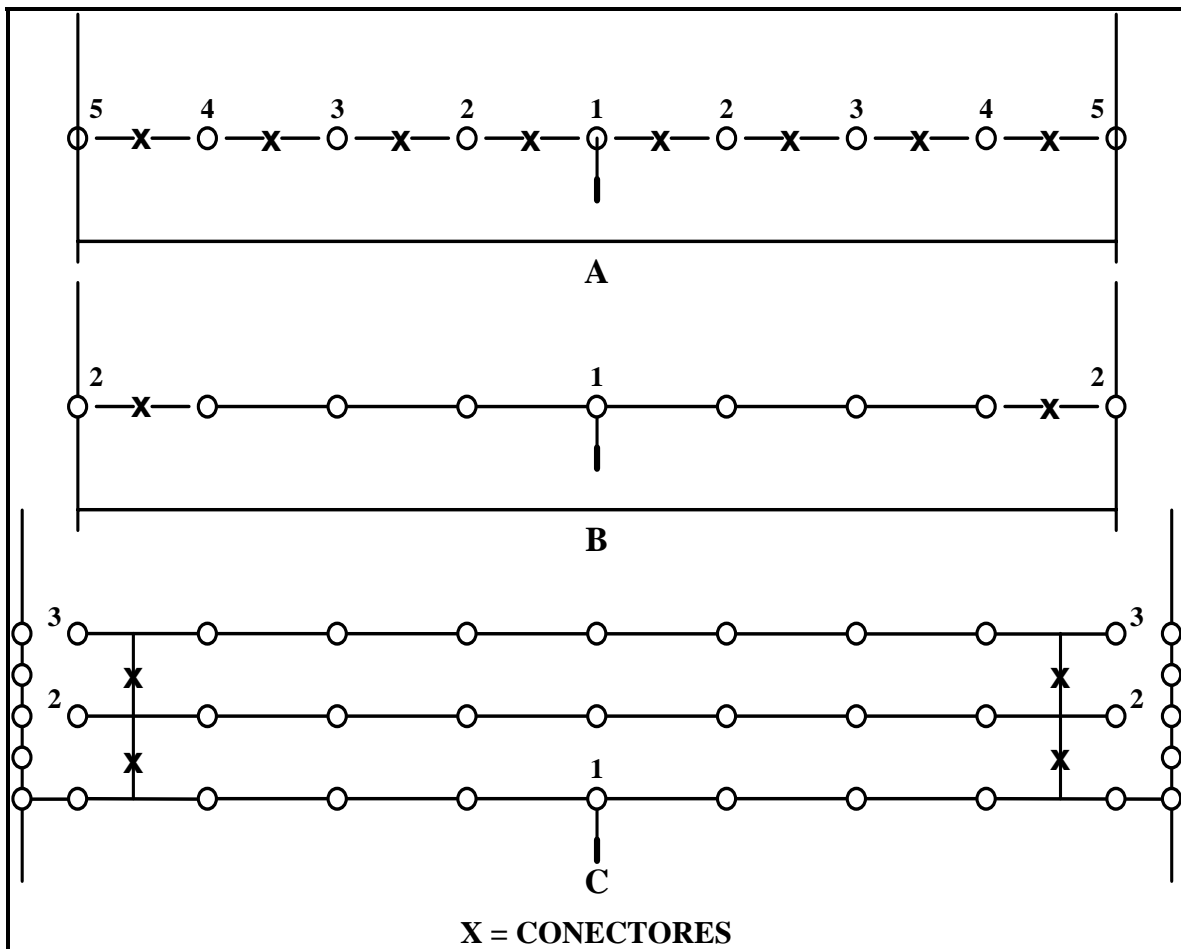
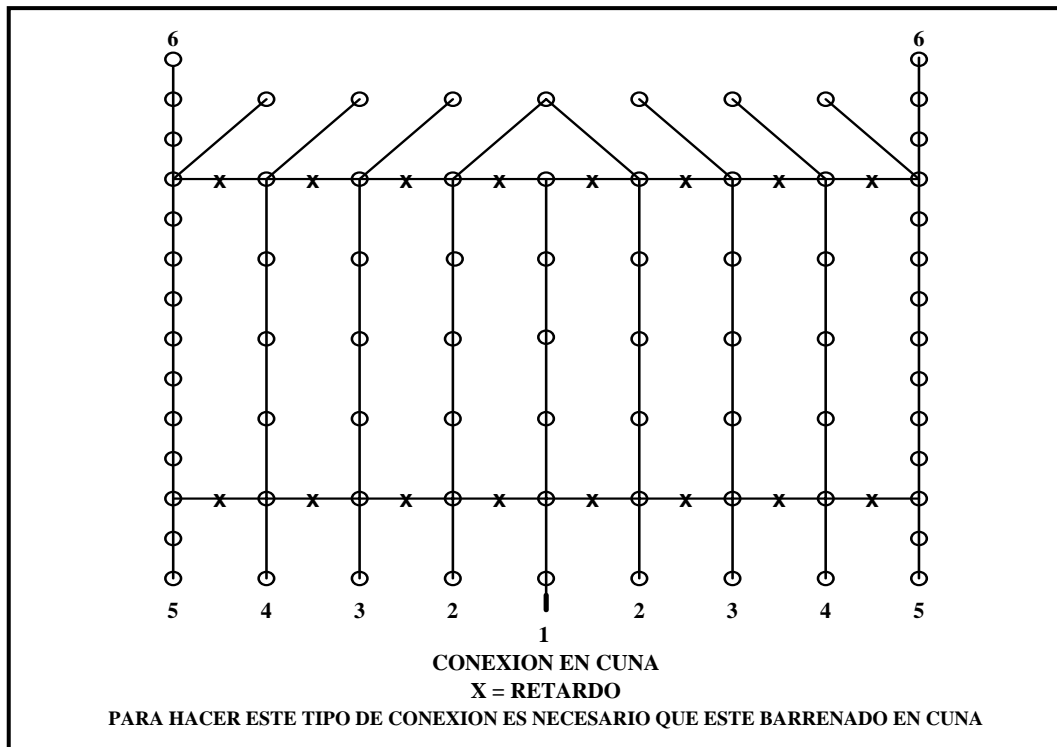


FIGURA A.5 “FORMAS DE CONEXIÓN DE UNA VOLADURA”

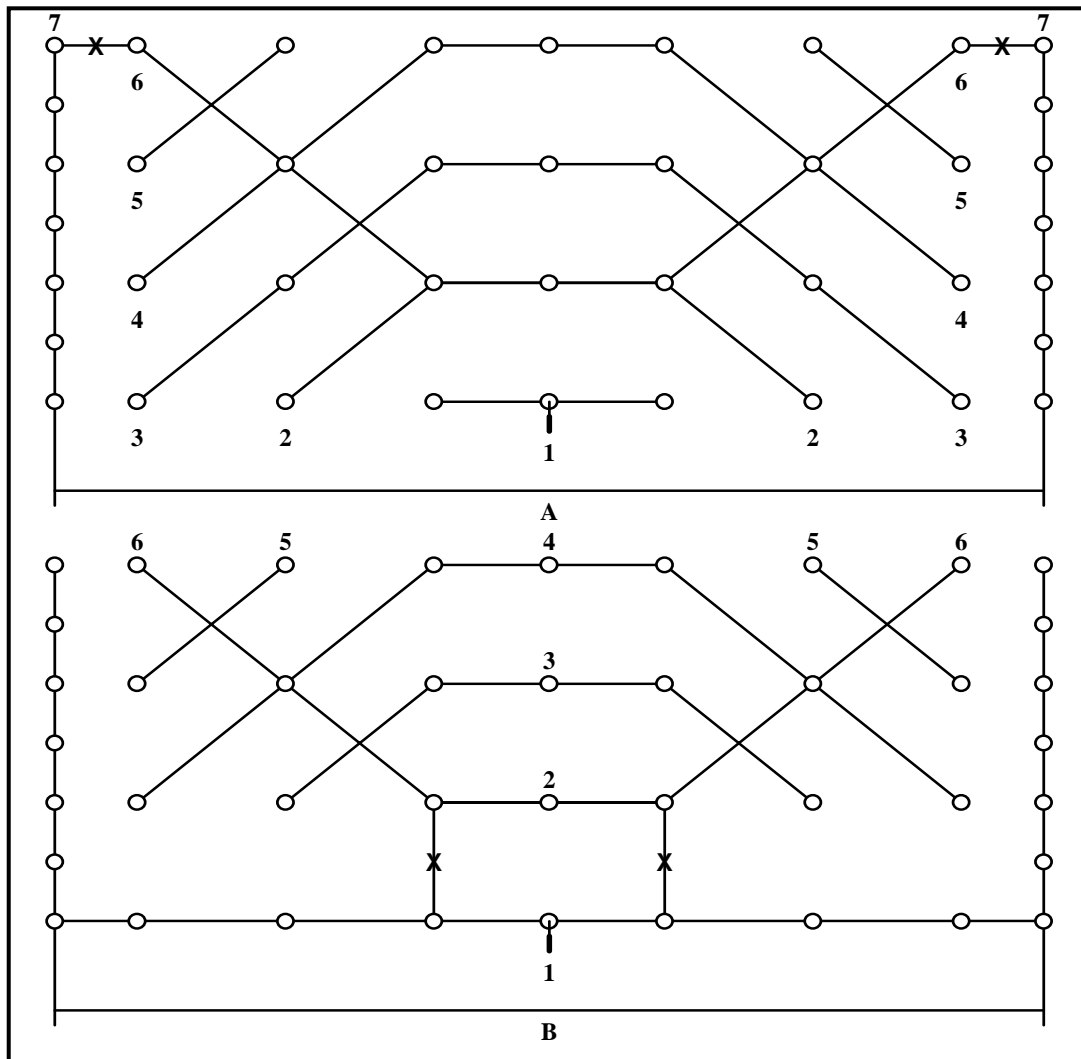


A continuación se da el ejemplo del calculo de una voladura, el tipo de material es toba riolítica y roca ígnea extrusiva medianamente fracturada, los datos son los siguientes:

TABLA A.5 “DATOS PARA CALCULO DE VOLADURA”

1) ALTURA DE BANCO	9.0 m
2) DIÁMETRO DE BROCA	3" (0.0762 m)
3) TACO (36 DIAMETROS O IGUAL A B)	2.74 m
4) SUB-BARRENACIÓN (1/3 DE B ó 1/3 DE T)	0.91 m
5) VIAJE	0.25 m/m
6) FACTOR DE CARGA	0.53 kg/m ³
7) DENSIDAD ALTO EXPLOSIVO (EMULSION)	1.20 kg/lt
8) DENSIDAD BAJO EXPLOSIVO (ANFOMEX)	0.85 kg/lt

FIGURA ANEXO A.5 "FORMAS DE CONEXIÓN DE UNA VOLADURA"



- 1) Cálculo de la densidad promedio: el cálculo se hace para 100 kg de mezcla, se considera un 20 % de emulsión y 80 % de agente explosivo (ANFO).

$$\text{Emulsión } 20 \text{ kg}/1.20 \text{ kg/ Lt} = 16.67 \text{ Lt}$$

$$\text{Anfomex } 80 \text{ kg}/0.85 \text{ kg/ Lt} = \underline{94.12 \text{ Lt}}$$

$$\text{Total} = 110.79 \text{ Lt}$$

$$D_p = 100 \text{ kg}/110.79 \text{ Lt} = 0.903 \text{ kg/Lt}$$

- 2) Cálculo del volumen por metro lineal de barreno.

$$V_m = \pi \times R^2 \times 1.00 = 3.141593 \times 0.0381^2 \times 1.00 = 0.00456 \text{ m}^3/\text{m.} = 4.56 \text{ dm}^3/\text{m.}$$

- 3) Corrección por viaje del barreno.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

$$C.v. = \text{SQR}(H^2+V^2)-H = \text{SQR}(9^2+(0.25 \times 9)^2)-9 = 9.28-9= 0.28 \text{ m}$$

- 4) Longitud total del barreno.

$$L=H+C.v.+S.b= 9+0.28+0.91= 10.19 \text{ m}$$

- 5) Longitud del barreno cargable.

$$L_c = L - T = 10.19 - 2.74 = 7.45 \text{ m}$$

- 6) Carga total que admite el barreno.

$$C_t = L_c \times V_m \times D_p = 7.45 \times 4.56 \times 0.903 = 30.68 \text{ kg}$$

- 7) Volumen productivo por barreno según el explosivo que admite; se obtiene dividiendo la carga total que admite el barreno entre el factor de carga.

$$V_p = C_t/F_c = 30.68/0.53 = 57.88 \text{ m}^3$$

- 8) Longitud de barreno productivo.

$$L_p = L - S.b = 10.19 - 0.91 = 9.28 \text{ m}$$

- 9) Area de la plantilla de barrenación; se obtiene al dividir el volumen que se puede mover por barreno según el explosivo cargado, entre la longitud del barreno productivo.

$$A = V_p/L_p = 57.88/9.28 = 6.24 \text{ m}^2$$

- 10) Cálculo del bordo y el espaciamiento de la plantilla: el bordo se considerará un 80 % del espaciamiento, esto debido a que se considera un 80 % de carga de columna y un 20 % de carga de fondo.

$$A = B \times E$$

$$B = 0.80 E$$

$$E = 1.25 B$$

$$A = B \times 1.25 B$$

$$A = 1.25 B^2$$

$$B = \text{SQR}(A / 1.25) = \text{SQR}(6.24 / 1.25) = \text{SQR}(4.99) = 2.23 \text{ m}$$

$$E = 1.25 B = 1.25 \times 2.23 = 2.80 \text{ m}$$

- 11) Carga de explosivo de alta densidad, porcentaje programado de la carga total que admite el barreno.
-

$$30.68 \times 0.20 = 6.14 \text{ kg}$$

12) Carga de agente explosivo (ANFO), porcentaje programado de la carga total que admite el barreno.

$$30.68 \times 0.80 = 24.54 \text{ kg}$$

13) Factor de barrenación.

$$F_b = L/V_p = 10.19/57.88 = 0.176 \text{ m/m}^3$$

14) Altura de carga de fondo del alto explosivo.

$$H_f = 6.14 / (4.56 \times 1.20) = 1.12 \text{ m}$$

15) Altura de carga de columna del bajo explosivo.

$$H_c = 24.54 / (4.56 \times 0.85) = 6.33 \text{ m}$$

16) Costo por barrenación; 19.00 \$/m

$$\text{Barrenación} = 10.19 \text{ m} \times 19.00 \text{ \$/m} = \$ 193.61$$

17) Costo por alto explosivo (emulsión); 9.50 \$/kg

$$\text{Emulsión} = 6.14 \text{ kg} \times 9.50 \text{ \$/Kg} = \$ 58.33$$

18) Costo por bajo explosivo (ANFOMEX); 1.9 \$/kg

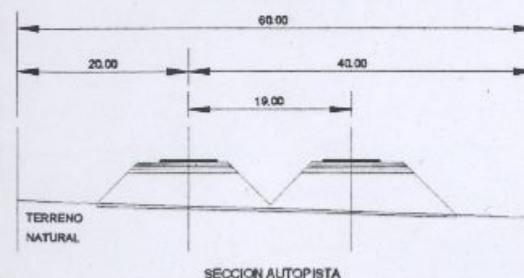
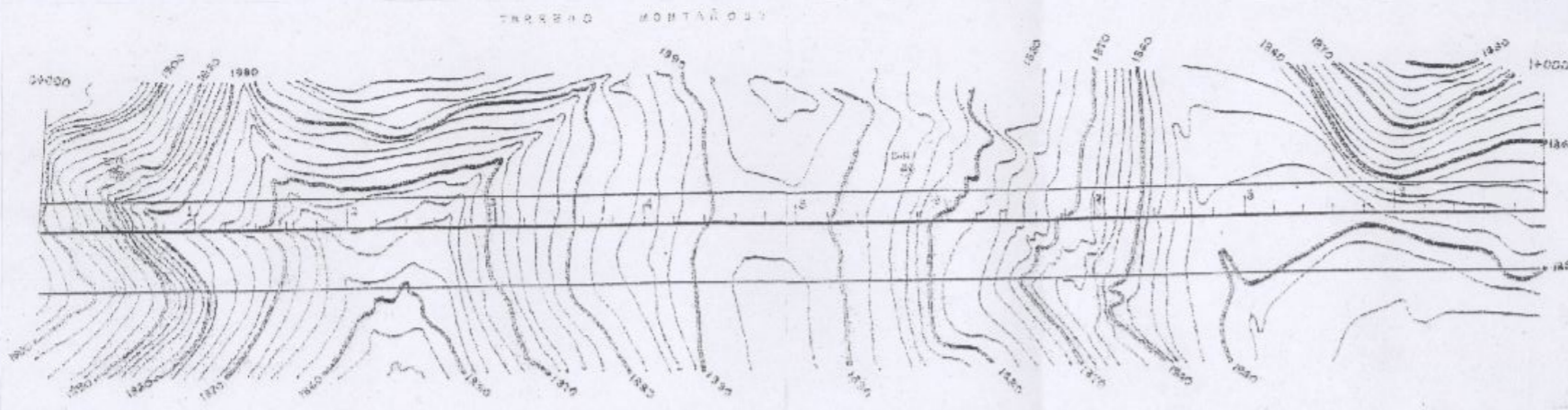
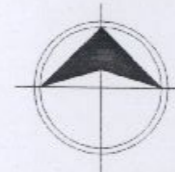
$$\text{Anfo} = 24.54 \text{ kg} \times 1.9 \text{ \$/kg.} = \$ 46.63$$

19) Costo por metro cúbico.

$$(\text{Barrenación} + \text{Emulsión} + \text{Anfo}) / V_p = (193.61 + 58.33 + 46.63) / 57.88 = 298.57 / 57.88 = 5.16 \text{ \$/m}^3$$

Una vez realizada la voladura, un tractor D8N o similar acarrea y arrima el material producto de esta en una zona de depósito para que se lleve a cabo el desalojo del material. Este desalojo lo realiza el cargador 966-F, el cual carga el equipo de acarreo formado por los tractocamiones y los camiones fleteros, llevando el material a la zona de formación de terraplenes.

PLANTA ESCALA 1:2000



SIMBOLOGIA

CURVA DE NIVEL	
EJE DE LA CARRETERA	
LIMITE DEL DERECHO DE VIA	
BANCO DE NIVEL (B.N.)	

PERFIL DE TERRENO NATURAL Y SUBRASANTE

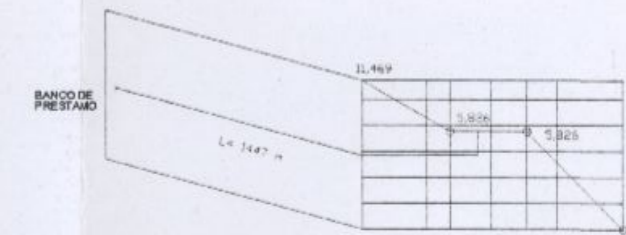
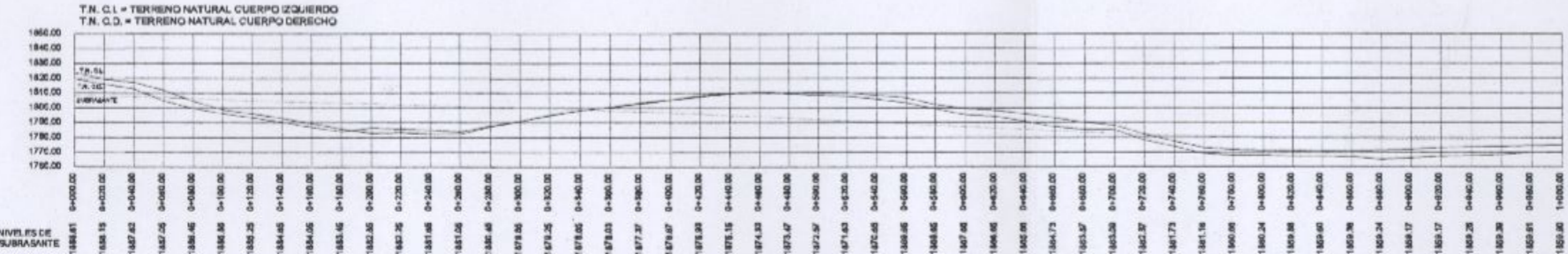
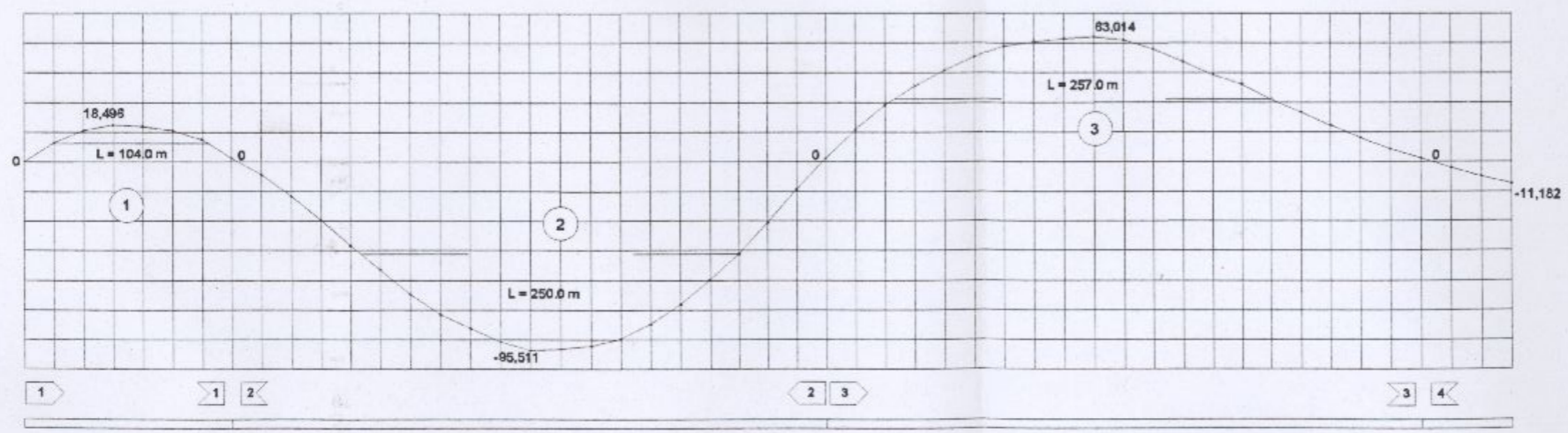


DIAGRAMA PARA CAPAS SUBYACENTE Y SUBRASANTE
HOR: 1 cm = 20 m; VER: 1 cm = 2,000 m³

CURVA MASA



HOR: 1 cm = 20 m; VER: 1 cm = 15,000 m³

MOVIMIENTO No	VOLUMEN GEOMETRICO (M ³)	DISTANCIA DE SOBRECARRERO	DISTANCIA DE PAGO		VOLUMEN x DISTANCIA	
			CANTIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
1	18,125	104.00	1.00	hm	18,125	m ³ x 1.0 hm
2	93,600	250.00	1.00	hm	93,600	m ³ x 1.0 hm
3	61,755	257.00	1.50	hm	140,000	m ³ hm + 1
			1.00	hm	61,755	m ³ x 1.0 hm
5 (BANCO)	11,469	1,447.00	1.00	hm	96,808	m ³ hm + 1
			1.00	km	11,469	m ³ x 1.0 km

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

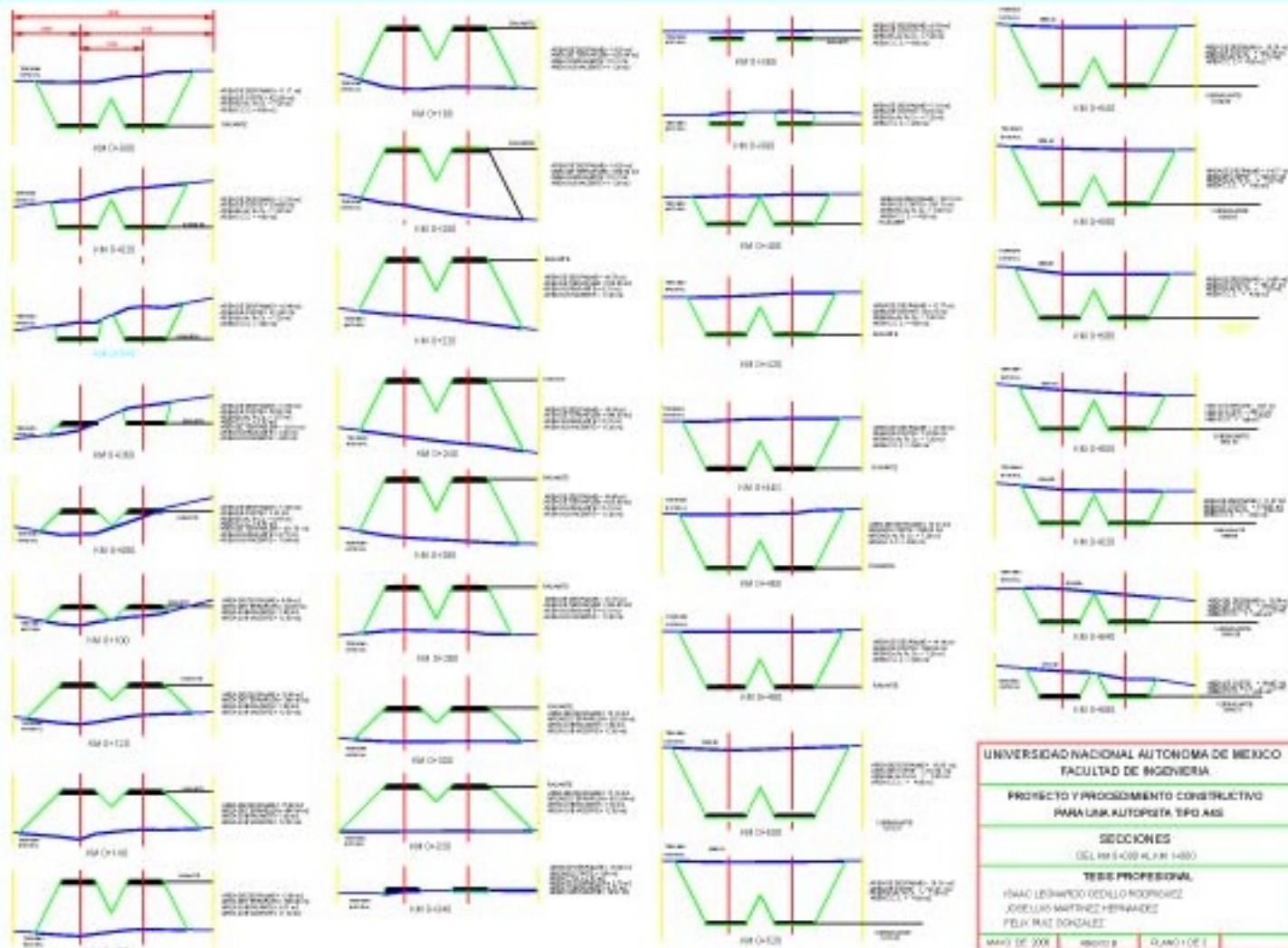
PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S

PLANTA, PERFIL Y CURVA MASA
DEL KM 0+000 AL KM 1+000

TESIS PROFESIONAL

JOSE LUIS MARTINEZ HERNANDEZ
LEONARDO ISAAC CEDILLO RODRIGUEZ
FELIX RUIZ GONZALEZ

ENERO DE 2005	ANEXO B	PLANO UNICO
---------------	---------	-------------



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
 PARA UNA AUTOPISTA TIPO AAS

SECCIONES
 DEL KM 0+00 AL KM 1+00

TRABAJO PROFESIONAL

ING. AARON OCHOA RODRIGUEZ
 JOSELUIS MARTINEZ HERNANDEZ
 FELIX MAZ DONALEZ

MARZO DE 2008 SEMESTRE B GRANO I DE I

AREAS Y VOLUMENES

K+0+00	K+0+50	K+1+00	SECCION A-A				SECCION B-B				SECCION C-C				SECCION D-D			
			AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL		
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	

AREAS Y VOLUMENES

K+0+00	K+0+50	K+1+00	SECCION A-A				SECCION B-B				SECCION C-C				SECCION D-D			
			AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL	AREA	VOL		
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	

RESUMEN DE VOLUMENES

SECCION	AREA	VOLUMEN
COLUMNA SUPERIOR DE SUPERFICIE	60	11,957.20
COLUMNA SUPERIOR	60	10,750.50
COLUMNA CARRETERA	60	2,982.45
COLUMNA C.C.C.	60	1,978.85
COLUMNA SUPERIOR	60	16,730.75
COLUMNA SUPERIOR Y	60	1,684.24
COLUMNA SUPERIOR	60	2,517.42
COLUMNA SUPERIOR	60	1,817.15
COLUMNA SUPERIOR	60	2,622.24
COLUMNA SUPERIOR	60	14,022.22

Se ha Puesto en Operación el Proyecto de Construcción de la
 C.C.C. - CONSTRUCCION DE SUPERFICIE DE CARRETERA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA

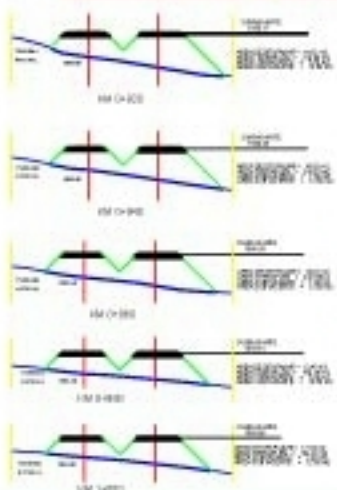
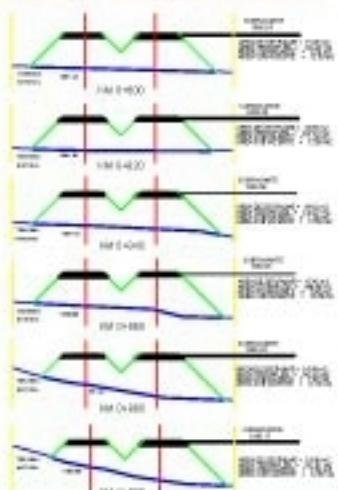
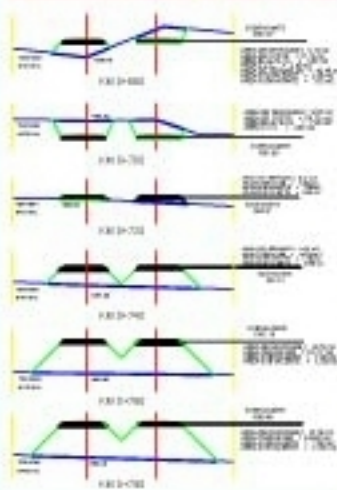
PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
 PARA UNA AUTOPISTA TIPO AAS

SECCIONES
 DEL KM 5+000 AL KM 1+000

TESES PROFESIONALES

INGENIERO OCELO RODRIGUEZ
 JOSE LUIS MARTINEZ HERNANDEZ
 FELIX RAJ DONDALEZ

MARZO DE 2008 MODULO B PLANO (C) 1



BIBLIOGRAFÍA

Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)
México, 1980.

Asociación Público Privada para el Desarrollo de Infraestructura Carretera en México
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) y Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, SNC (BANOBRAS)
México, 2003.

Introducción a la Ingeniería de Caminos
Suárez Mier, José Alfonso
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)
México, 1982.

Trazo y Construcción de una Carretera (Tesis)
Castelán Sayazo, Eduardo
Instituto Politécnico Nacional (IPN)
México, 1985

Topografía General
Bentancourt Arce, Roberto
CECSA
México, 1991.

Normatividad para la Infraestructura del Transporte
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)
México, 2004.

Mecánica de Suelos Tomo I
Juárez Badillo Eulalio, Rico Rodríguez, Alfonso
Limusa
México, 1992.

Normas para Construcción e Instalaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para Carreteras y Autopistas
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
México, 1996.

Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras
Secretaría de Obras Públicas
México, 1971.

**PROYECTO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
PARA UNA AUTOPISTA TIPO A4S**

Reglamento del Libro Décimo Segundo del Código Administrativo del Estado de México.

Estado México, 2003.

Manual de Proyectos de Desarrollo Económico, Organización de las Naciones Unidas (ONU)

Estados Unidos de América, 1986.

Grupo de Desarrollo Mexicano S.A. de C.V.

<http://www.gdm.mx>

Fecha consulta: Diciembre 2004

Instituto Mexicano del Transporte (IMT)

<http://www.imt.mx>

Fecha de consulta: Febrero 2005

Breve Descripción del Equipo Usual en Construcción (Tesis)

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Departamento de Construcción.

México, 1971.

Métodos, Planeamiento y Equipo de Construcción

Peurifoy, Robert

Editorial Diana

México, 1982.

Apuntes de Introducción al Procedimiento Constructivo

Mendoza Sánchez, Ernesto

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Departamento de Construcción

México, 1984.

Apuntes de Movimiento de Tierras

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Departamento de Construcción

México, 1970.

Consideraciones sobre el Medio Ambiente en la Planeación de Carreteras

Damián Hernández Sergio Alberto, Téllez Gutiérrez, Rodolfo

Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Publicación Técnica No. 102

México, 1998.

Catálogo de Impactos Ambientales Generados por las Carreteras y sus Medidas de Mitigación

Martínez Soto América, Damián Hernández, Sergio Alberto

Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Publicación Técnica No. 133

México, 1999.

Impacto Ambiental de Proyectos Carreteros, Efectos por la Construcción y Conservación de Superficies de Rodamiento: pavimentos flexibles
Hernández Michaca José Luis, Sánchez Granados Víctor Manuel, Castillo Chaires Irene, Damián Hernández Sergio Alberto, Téllez Gutiérrez Rodolfo
Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Publicación Técnica No. 163
México, 2001.

Guía para la Presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental del Sector Modalidad: particular, Vías Generales de Comunicación
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
México, 2002.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEPA)
Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Diario Oficial de la Federación
México, 1988.

Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes, 1995 - 2000
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
México, 1995.

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
<http://www.imt.mx/Espanol/Publicaciones>
Fecha de consulta: Enero 2005

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
<http://normas.imt.mx>
Fecha de consulta: Enero 2005

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
<http://portal.sct.gob.mx/SctPortal>
Fecha de consulta: Enero 2005

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
<http://www.semarnat.gob.mx/wps/portal>
Fecha de consulta: Febrero 2005
