



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL
PRIMARIA DE LA CD. DE MÉXICO Y
SU EQUIPAMIENTO URBANO”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
VICTOR MANUEL BAUTISTA MORALES

DIRECTOR DE TESIS ING. ALFONSO PONCE SERRANO





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.



REPUBLICA NACIONAL
ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/041/00

Señor
CTOR MANUEL BAUTISTA MORALES
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ALEJANDRO PONCE SERRANO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL PRIMARIA DE LA CD. DE MEXICO
Y SU EQUIPAMIENTO URBANO"

- INTRODUCCION
- I. ANTECEDENTES
- II. MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL PRIMARIA
- III. MANTENIMIENTO DE PUENTES VEHICULARES
- IV. EQUIPAMIENTO URBANO
- V. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

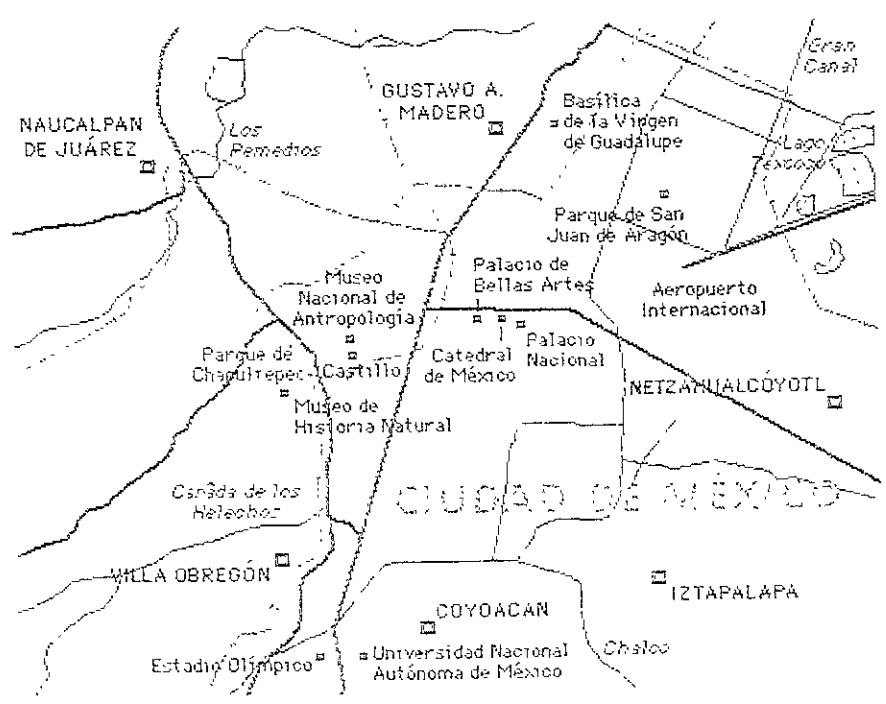
Quedo a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de esta

Asimismo le 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 HABLARA EL ESPIRITU"
d. Universitaria el 11 de abril de 2000
EL DIRECTOR

ALEJANDRO FERRANDO BRAVO
EL CUMPLIENSTE

MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL PRIMARIA DE LA CD. DE MÉXICO Y SU EQUIPAMIENTO URBANO



CE	
título I Antecedentes	página
Históricos	4
Plan rector de vialidad de la CD de México	6
Infraestructura vial	7
Programas de gestión	10
título II Mantenimiento de la red vial primaria.	
Inspección y diagnóstico.	14
1 Condiciones de falla y factores de deterioro.	17
2 Evaluación.	19
2.1 Superficial.	21
2.2 Estructural.	22
Tipos y análisis de falla.	25
Procedimientos de reparación	29
1 Rehabilitación superficial.	30
2 Rehabilitación estructural.	34
3 Uso de aditivos y modificadores.	37
Control de calidad.	41
título III Mantenimiento de puentes vehiculares.	
Diagnóstico.	49
1 Tipos y Procedimientos de inspección.	49
2 Evaluación	51
2 Tipos y análisis de falla.	52
2.1 No estructurales.	52
2.2 Estructurales	54
2.2 1 En elementos de concreto reforzado	55
2.2 2 En elementos de concreto presforzado y postensado	62
2.2 3 En elementos de acero.	64
3 Alternativas de reparación	66
3.1 En elementos de concreto reforzado.	67
3.2 En elementos de concreto presforzado y postensado	75
3.3 En elementos de acero	81
4 Control de calidad.	86
título IV Equipamiento urbano.	95
1 Señalamiento	96

Horizontal.	96
Vertical	99
semaforización.	111
Semáforos para el control de tránsito de vehículos.	111
Semáforos para paso de peatones.	116
Semáforos especiales.	117
Alumbrado.	118
Niveles de alumbrado.	120
Relación de Uniformidad.	121
Alternativas de instalación.	122
Arquitectura.	124
Obras y dispositivos diversos	125
Inclusiones	128
Topografía	125

Capítulo I ANTECEDENTES

HISTÓRICOS

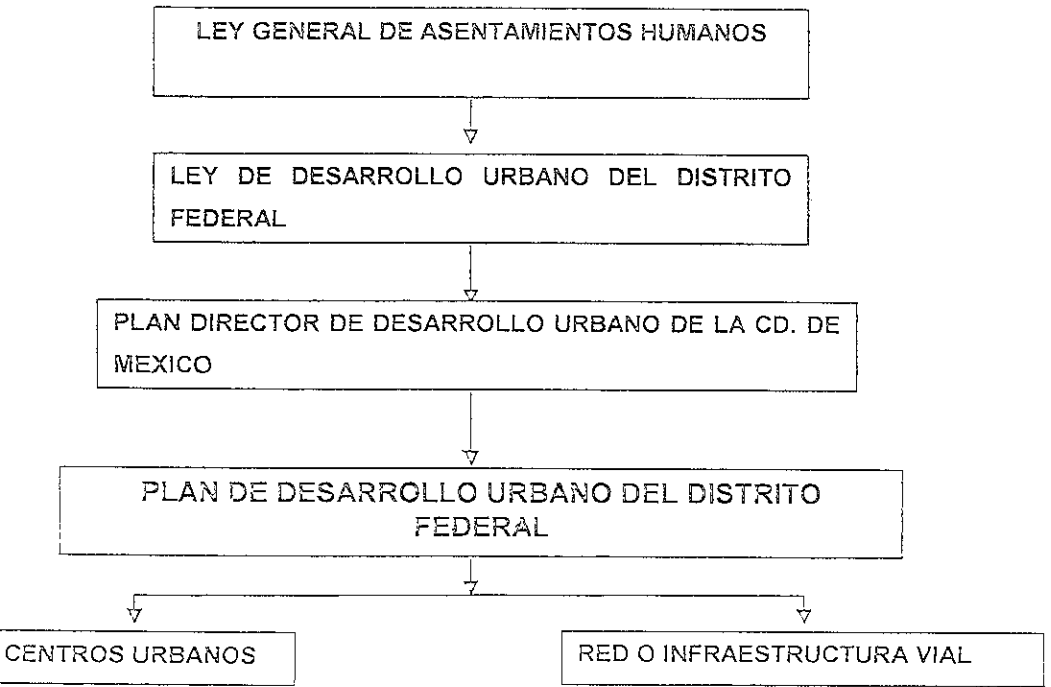
Distrito Federal es una de las ciudades más pobladas del mundo con una tasa de crecimiento cercana al 3% anual. De los 18 millones de personas que habitan la zona metropolitana, el Distrito Federal alberga a una población de 8.5 millones, esto quiere decir que 4 de cada 10 habitantes de la zona metropolitana coexisten en el Distrito Federal y el resto en los 17 municipios conurbados del Estado de México

Las grandes migraciones hacia las ciudades no han sido una solución en la búsqueda de mejores oportunidades de subsistencia, empleo y educación. Hoy padecemos desempleo y subempleo en los centros urbanos y marginación de grandes grupos sociales que han cambiado la pobreza rural por la miseria urbana. Esto ha originado el rápido crecimiento y el acelerado desarrollo de la Ciudad de México en los últimos años, teniendo como consecuencia una gran demanda de insumos, servicios y factores

En esta situación, además de los conflictos de orden económico tienen marcados efectos en el diario vivir de los habitantes de la capital de la República. Adicionalmente, la Ciudad de México padece entre otros problemas, la inseguridad, desempleo, la pobreza extrema y los embates de la contaminación ambiental generada principalmente por la emisión de contaminantes a la atmósfera por el uso masivo de vehículos automotores.

Dentro de las principales demandas de infraestructura generada por la expansión de la mancha urbana y la densidad de la población, es la construcción y el mantenimiento de vialidades primarias y secundarias

Esquema 1



La Ley General de Asentamientos Humanos expedida el 15 de diciembre de 1975 fue creada como instrumento para frenar y corregir las tensiones sociales provocadas por el fenómeno demográfico y la migración interna, mediante la aplicación de planes de desarrollo urbano y la realización de obras y servicios públicos necesarios para el desarrollo urbano. Ver esquema 1.

En apoyo en esta Ley, fue creada la Ley de Desarrollo Urbano del D.F. como una solución a los conflictos urbanos de la Ciudad de México

Derivado de esta Ley, el plan Director para el Desarrollo Urbano de la Cd. de México a través del plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal contempla entre otras determinaciones las relativas a los derechos de vía, los espacios destinados a las áreas públicas, las especificaciones y normas técnicas relativas a su diseño, operación y

ficación, así como las características de los sistemas de transporte de pasajeros y carga que se utilicen en las vías públicas.

plan de Desarrollo Urbano, tiene como objetivos generales:

acionalizar el crecimiento y el desarrollo del área urbana del Distrito Federal.

romover un desarrollo urbano integral y equilibrado.

Propiciar condiciones favorables para que la población tenga acceso a los servicios del desarrollo urbano, en materia de suelo urbano, vivienda, infraestructura, saneamiento y servicios públicos.

Conservar, mejorar y aprovechar el medio ambiente para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

De acuerdo con la estrategia general de este plan, la estructura básica de la ciudad se hará en función de dos componentes genéricos:

Los centros urbanos

La principal función es identificar a los habitantes con su área geográfica; ofrecer un espacio para efectuar actividades cívicas, culturales y recreativas, concentrar la atención pública, induciendo la polarización de la inversión y los servicios generales, como los más especializados, y alojar el transporte privado para facilitar el uso del transporte colectivo, y

la red vial.

tiene como funciones favorecer el desarrollo, consolidar los centros urbanos y garantizar la fluidez de intercomunicación en apoyo a las distintas actividades urbanas.

PLAN RECTOR DE VIALIDAD DE LA CD. DE MÉXICO

El programa de las estrategias antes mencionadas espera ser alcanzado para este sector a través del Plan Rector de Vialidad y Transporte

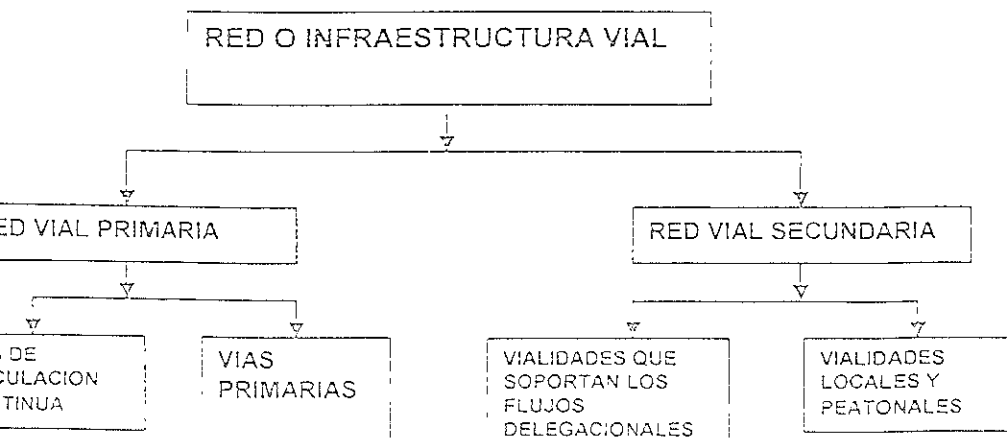
construcción de tramos de vías de acceso controlado con pasos a desnivel y peatonales, y las soluciones a nivel de las intersecciones es una clara muestra de los esfuerzos gubernamentales por mitigar este problema, pues estas obras se realizan para satisfacer la creciente demanda de infraestructura vial.

sin número de estudios, realizados por diferentes autoridades en la rama, han permitido tener una idea exacta tanto de la problemática como de las posibles soluciones a los problemas actuales y futuros. El Plan rector de vialidad de la Ciudad de México (1), incluye un esquema rector para el desarrollo de la red vial primaria además de políticas y estrategias encaminadas a la solución del transporte en la Ciudad de México, se requiere, de acuerdo con el plan, contar con una red vial organizada de la siguiente manera

INFRAESTRUCTURA VIAL

La infraestructura vial de la Ciudad de México esta formada de acuerdo al siguiente esquema.

Esquema 2



Red vial primaria. Esta formada por vías de circulación continua y vías primarias.

vías de circulación continua cuya función es satisfacer la demanda de grandes volúmenes de tránsito de vehículos, a través de vías de acceso controlado con rampas y salidas a los carriles centrales estratégicamente localizados para permitir la comunicación con otras vialidades primarias. Su velocidad de operación de diseño es de 60 km/hr, y en el caso de los ejes viales cuenta con una semaforización programada. El tránsito de carga pesada y transporte público se encuentran separados de los carriles centrales, y están conectadas a las principales carreteras que confluyen en la Ciudad de México

vías primarias. Cruzan la ciudad en tramos largos, teniendo preferencia en su circulación. En la actualidad son 205 Km de vialidades principales en operación, sustituidos por nueve vías rápidas (de acceso controlado), 10 vías principales y 32 ejes viales

De esta manera el esquema de la red vial primaria de la Ciudad de México, es el siguiente

vías anulares Formadas por el Anillo Periférico y el Circuito Interior, Viaductos, como el Viaducto Miguel Alemán y de Tlalpan, **Vías radiales**, como Ignacio Zaragoza, Carlos Cárdenas y Río San Joaquín, **Accesos**, como las carreteras a Toluca, Cuernavaca, Puebla y Pachuca y, **Ejes Viales**, que forman una retícula a todo lo largo y ancho de la ciudad

Resumen, la red vial primaria se encuentra distribuida de acuerdo a la tabla A

Tabla A. Distribución de la red vial primaria de la Ciudad de México.

CATEGORÍA	TOTAL Km	ACCESO CONTROLADO	SIN CONTROLAR	SECCIÓN TRANS.	PAVIMENTO M2
PERIFERICO	92.70	42.70	50	40 m	2,868,000
INTERIOR	43.70	36.98	6.72	41 m	1,690,900
ALZADA DE ALPAN	18.75	18.75	0	30 m	562,500
ADUCTO MIGUEL LEMÁN	13.55	10.15	3.40	33 m	429,600
ADUCTO O BECERRA	1.8	1.8	0	30 m	54,000
ARAGOZA	14.70	10.50	4.20	48 m	680,400
QUILES SERDAN	9.45	3.20	6.25	36 m	290,200
O SAN JOAQUIN	5.40	5.40	0	31 m	167,400
RAN CANAL	10.50	0	2.50	42 m	105,000
ES VIALES	514.20	4.60	509.60	VARIABLE	6,798,210
ALIDADES RINCIPALES	205.00	13.80	191.20	VARIABLE	3,709,115
TOTALES	929.75	147.88	773.87	VARIABLE	17,355,325

red vial secundaria. Esta formada por las vialidades que soportan los principales viales delegacionales, articulando la circulación de la red vial primaria. Se estima en 205.00 Km que equivalen a un aproximado de 60,000,000 de m2

Las vialidades locales y peatonales. Formadas por vías locales que sirven como acceso a las propiedades, además de vías y zonas peatonales que por sus características se consideran terciarias

PROGRAMAS DE GESTIÓN.

En la zona urbana de la Ciudad de México, se realizan 29.5 millones de viajes persona día, de los cuales el 83.70 % utilizan el automóvil particular y el auto transporte concesionado (10.5 y 14.20 millones de viajes persona día respectivamente). Esto significa un tránsito intenso sobre la red vial y por lo tanto un desgaste acelerado de pavimentos de la ciudad.

Usualmente se lleva a cabo un diagnóstico para programar las actividades de mantenimiento de la red vial. Con base en el resultado y en la disponibilidad presupuestal se determinan los tramos a ejecutar y el tipo de tratamiento

De acuerdo con el diagnóstico realizado en la red vial primaria, la cual está constituida por una superficie total de 17,355,325 m², se obtuvieron los siguientes resultados para los años de 1998 (tabla B) y 1999 (tabla C)

Tabla B RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO 1998

OBSERVACIONES	CANTIDAD EN m ²	PORCENTAJE (%)
Calidades en condiciones aceptables	4,911,633	28.30
Requiere mantenimiento preventivo	5,479,076	31.57
Requiere mantenimiento correctivo	6,964,616	40.13
TOTAL	17,355,325	100

Tabla C. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO 1999

OBSERVACIONES	CANTIDAD EN m ²	PORCENTAJE (%)
Calidades en condiciones aceptables	6, 826, 624	39
Requiere mantenimiento preventivo.	5, 337, 215	31
Requiere mantenimiento correctivo	5, 209,135	30
TOTAL	17,355,325	100

Los datos observados en la tabla B. se puede observar que la red vial primaria presentaba un deterioro importante, requiriendo durante el año 1998 un porcentaje elevado de mantenimiento correctivo y un porcentaje menor de mantenimiento preventivo, mientras que para el año de 1999 (Tabla C) las metas de mantenimiento preventivo se incrementaron disminuyendo considerablemente la superficie con necesidad de un mantenimiento correctivo como puede observarse en los resultados diagnósticos para ese año (2)

En base en los resultados del diagnóstico y en los recursos económicos disponibles, se establecen los programas de construcción y mantenimiento de la infraestructura

En los últimos años los tratamientos más utilizados han sido los siguientes.

Rehabilitado total, con mezcla en caliente

Rehabilitado total, con mezcla en frío

Rehabilitado parcial, con una carpeta de graduación abierta como superficie de rodamiento

Rehabilitado parcial, con un tratamiento superficial de mortero asfáltico como superficie de rodamiento.

Rehabilitado mediante reciclados, tanto en sitio como en planta.

parámetros a tomar en cuenta para la programación de las acciones mencionadas los siguientes:

El Tipo de Vialidad. Se define por la planeación de la Ciudad de México la cual se inscribe en las láminas de alineación y números oficiales.

Aforo Vehicular. Esta determinado por los estudios encaminados a estudiar el comportamiento de los flujos vehiculares en intersecciones conflictivas de la ciudad.

Nivel de servicio. En éste, se analizan el grado de saturación vehicular, movimientos direccionales demandados y tiempo de cruce en la intersección, teniendo como resultados. la velocidad de operación, los tiempos de parada, y los tiempos de espera

Costo Beneficio. Determinados los conceptos anteriores, se realizan esquemas de solución que permiten determinar la más óptima para las condiciones físicas y topográficas de la zona, evaluando el impacto social en las zonas más cercanas y su interacción con otras vialidades la población beneficiada y el costo de la solución adoptada, y

Programación Presupuestal. Que finalmente permite la ejecución de la obra de acuerdo a los objetivos metas y previsiones de recursos establecidos en los presupuestos de egresos Considerando las acciones previas, durante y posteriores a la realización de la obra los objetivos y metas a corto y mediano plazo así como los requerimientos de conservación y mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura

Referencias.

- Memorias Técnica de los Ejes Viales en la Ciudad de México. Departamento del Distrito Federal.

- Memorias del segundo seminario de construcción y conservación de pavimentos en la Ciudad de México; México D.F., agosto de 1999.

Capítulo II MANTENIMIENTO DE VIALIDAD PRIMARIA

1 INSPECCIÓN Y DIAGNOSTICO.

El programa de mantenimiento de la red vial de la Ciudad de México requiere un inventario continuo. De esta manera, los problemas que se van presentando pueden detectarse y la acción correctiva puede ser planeada adecuadamente.

La determinación de las condiciones de las vialidades debe extenderse a todo el sistema, tomando en consideración que el trazo y la estructura sean adecuados así como las condiciones de la superficie de rodamiento, a corto y mediano plazo.

El diagnóstico para evaluar el estado que guarda la carpeta asfáltica de la vialidad primaria, como parte de la inspección de vialidades se realiza periódicamente y en él se describen las características principales de la vialidad como son: tipo, geometría, nivel de servicio, y nivel de daño (1)

Las actividades que se realizan para determinar las condiciones estructurales y funcionales en que se encuentra un pavimento, durante su ciclo de vida, son determinadas mediante mediciones periódicas del comportamiento del pavimento, investigando la evolución del deterioro en el tiempo y en el espacio, la capacidad estructural, calidad de rodamiento, seguridad y costos asociados a la conservación y operación del pavimento. Los trabajos de inspección, deben contener lo siguientes Datos históricos.

Estudios previos a la construcción.

Información técnica del proyecto

Bancos de materiales utilizados en la construcción

Calidad de los materiales

Información técnica de bitácora de obra

Resultados de laboratorio durante la construcción

Modificaciones al proyecto original

Trabajos de mantenimiento durante la operación y los resultados obtenidos

Estadísticas de accidentes.

Estadísticas de aforo y composición de tránsito.

Estadísticas de resultados de estudios anteriores y

Costos anuales de mantenimiento.

Inspección física. (Características de la superficie de rodamiento Km a Km)

Características físicas de las zonas laterales.

Obras de drenaje.

Señalamiento horizontal y vertical.

Instalaciones

Servicios.

Obras complementarias.

Estructuras.

Inspección de daños

La evaluación superficial

La evaluación estructural y

La evaluación de costos asociados

De acuerdo con el último diagnóstico realizado por las autoridades responsables del mantenimiento de la red vial en la Ciudad de México (3), en la red vial primaria, se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla D

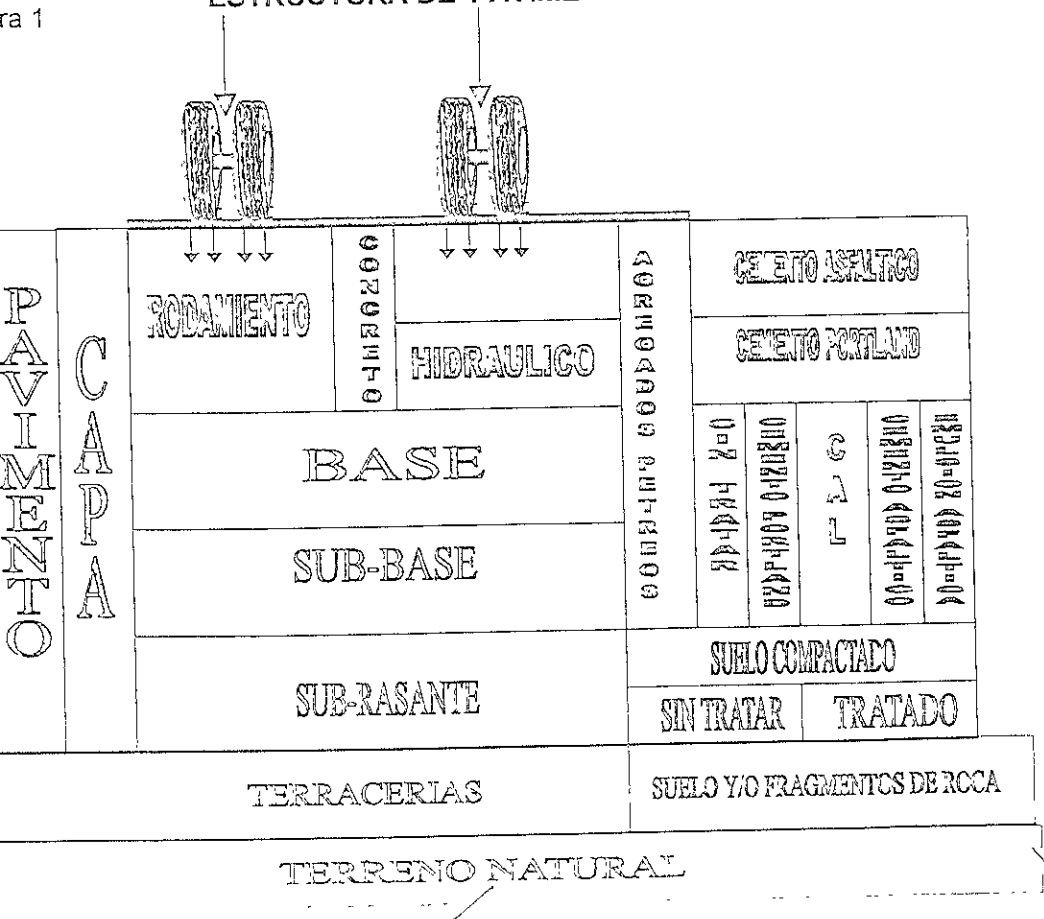
Tabla D. Diagnóstico de las condiciones de la red vial de la Ciudad de México

CONDICIONES	CANTIDAD EN m ²	PORCENTAJE (%)
Vialidades en condiciones aceptables.	4,911,633	28.30
Requiere mantenimiento preventivo	5,479,076	31.57
Requiere mantenimiento correctivo	6,964,616	40.13
TOTAL	17,355,325	100

o puede observarse en la Tabla D, el mantenimiento que requiere la vialidad
 a es en su mayoría de tipo correctivo, las principales fallas corresponden a
 tamientos en la carpeta asfáltica, deformaciones y baches. El 60% de los daños
 sponden a agrietamientos por fatiga en la estructura de pavimento o
 jecimiento, tipo de estructura del pavimento (ver figura 1) y un 30% por
 rmaciones en la superficie de rodamiento, un alto contenido de cemento asfáltico o
 escaso espesor de la carpeta. El 10% restante corresponde a la existencia o
 trucción de instalaciones que utilizan el subsuelo y que ocasionan fallas en la
 ctura del pavimento.

ra 1

ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS



1.1 CONDICIONES DE FALLA Y FACTORES DE DETERIORO

FACTORES DE DETERIORO.

Durante su vida útil, el pavimento está sujeto a:

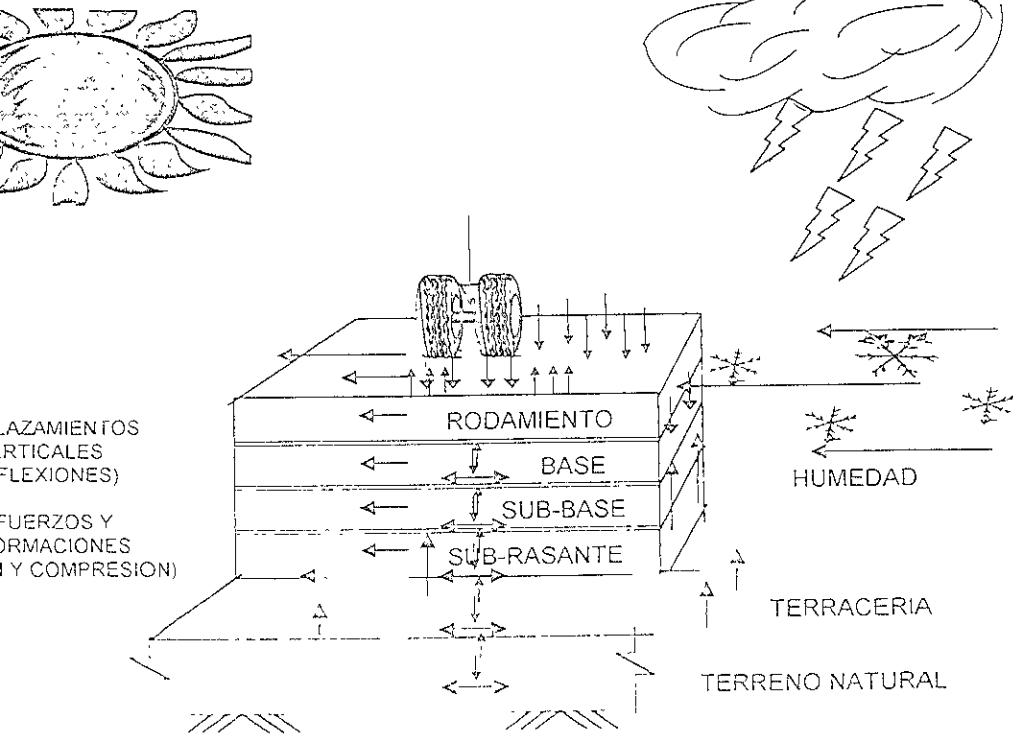
Las condiciones ambientales (sol, lluvia y viento),

El tránsito donde influye la intensidad y frecuencia de cargas; y

La capacidad estructural de las capas, donde es importante la repetición de esfuerzos, las deformaciones y los desplazamientos verticales, entre otros. Ver Figura

Figura 2

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO



Las causas de deterioro del pavimento por efectos del clima, los materiales y el tránsito son:

La inestabilidad volumétrica, generada por las variaciones cíclicas de humedad (por fuertes lluvias e intensa evaporación)

La consolidación irregular, la cual está íntimamente ligada a la heterogeneidad relativa al espesor, la compactación y/o a la humedad iniciales de las capas; cuando se infiltra el agua por las fisuras y/o se tiene un subdrenaje ineficiente, se produce el ablandamiento de los materiales subyacentes, con o sin pérdida de finos, lo cual da lugar al "bombeo" y a la consiguiente ruptura progresiva de las capas superiores.

La incapacidad estructural del pavimento, en función con la insuficiencia en los espesores y las rigideces relativas de las capas, que da lugar al fenómeno de fatiga por la repetición de las cargas del tránsito, sobre todo cuando son de gran intensidad y/o frecuencia.

Los movimientos diferenciales exagerados motivados por los cambios de rigidez en las estructuras u obras inducidas.

El corrimiento de las carpetas asfálticas, debido al exceso de asfalto o a la falta de adherencia entre capas.

En general el deterioro del pavimento se divide en dos grandes grupos:

Primario en el que predominan las deformaciones, los ondulamientos y los asentamientos, y

Secundario, en el que se presentan deficiencias superficiales

En el deterioro primario se deben tomar en cuenta aspectos tales como

La inestabilidad de los taludes en el terraplén

La propagación gradual ascendente de grietas o fisuras

El envejecimiento prematuro del asfalto

El enfriamiento brusco e intenso o calentamiento del concreto (asfáltico o hidráulico)

La inestabilidad volumétrica de los suelos finos arcillosos (expansión/contracción)

la consolidación irregular de las capas del pavimento que, en el caso de capas
 las, podría conducir al efecto del bombeo
 la incapacidad estructural de las capas del pavimento, que pueden inducir a la
 formación de roderas.
 los movimientos diferenciales exagerados.
 El corrimiento de la carpeta asfáltica.

En el caso del deterioro secundario del pavimento se encuentran:
 El alisado, debido al desgaste de los agregados o al exceso del cemento asfáltico.
 El desgranamiento, por la escasez de adherencia entre el agregado y el aglutinante
 o por un bajo contenido de cemento asfáltico y,
 El acuaplaneo, originado por un insuficiente o deficiente desalojo del agua durante
 las lluvias.

1.2 EVALUACIÓN

tiene la finalidad de verificar la eficiencia del pavimento durante toda su vida útil,
 efectuando la planeación y programación de las obras de mantenimiento y
 rehabilitación a futuro, así como la introducción de mejoras tecnológicas en el diseño,
 construcción, control de calidad, operación y mantenimiento, tomando en cuenta los
 aspectos económicos y el servicio brindado al usuario, mediante la aplicación de
 dispositivos de prueba no destructivas, como las presentadas en la tabla E.

Tabla E. Dispositivos para la evaluación de pavimentos mediante pruebas no
 destructivas (NDT)

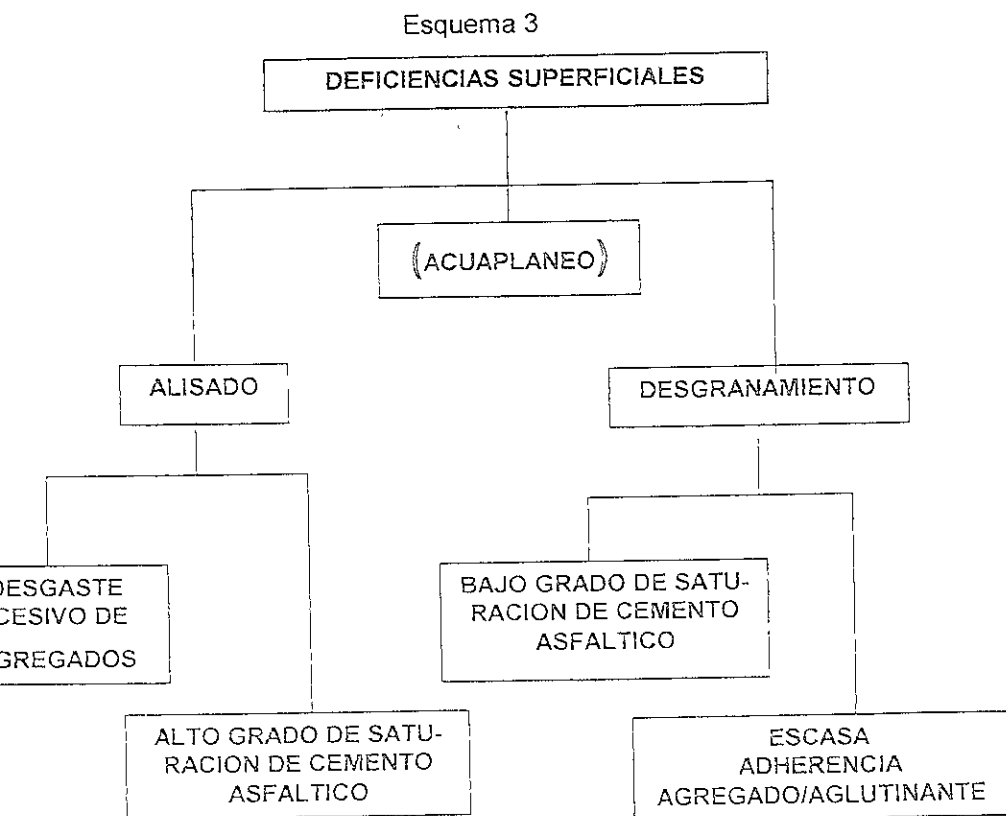
Elemento de evaluación	Dispositivo
Control de compactación, contenido de agua o asfalto	Densímetro nuclear
Resistencia de las capas sub rasante.	CBR in situ

sub base y base, respuesta a la aplicación de cargas estáticas	Prueba de placa Viga Benkelman
Módulos elásticos obtenidos mediante las deformaciones producidas por cargas dinámicas	Dynalect (FWD) deflectómetro de impacto (7)
Espesor de las capas de la estructura del pavimento	Radar de penetración terrestre (RPT)
Estado superficial, determinación de deterioros	Gerpho
Características superficiales.	
Micro textura	Péndulo de fricción
Macro textura	Prueba de la mancha de arena
Resistencia al derrapamiento	Mumeter
Rugosidad	Perfilógrafo de California (2)
Perfil transversal	Mays Rider Meter Road surface Tester (RST) Perfilógrafo LCPC Perfilógrafo Láser

Las características generalmente evaluadas son las deformaciones en coincidencia con las roderas, agrietamientos, rugosidad, resistencia al derrapamiento, así como características físicas y mecánicas de los materiales, incluyendo su respuesta bajo la aplicación de cargas.

2.1 EVALUACION SUPERFICIAL.

Se basa en los resultados obtenidos de la inspección visual periódica y las medicaciones correspondientes (ver esquema 3) por elementos del camino así como en la evaluación general.



La determinación de las condiciones superficiales del pavimento, sirve para juzgar si este es adecuado para el servicio presente, además de

Determinar la necesidad de investigar la estructura

Establecer las causas probables del estado de deterioro incluyendo áreas resbalosas

Determinar la necesidad de establecer prioridades de conservación o correcciones más extensas indicando la rapidez con que cambian las condiciones y aceptabilidad del pavimento, para fijar aproximadamente el tiempo de ejecución del trabajo.

La determinación de la condición superficial debe incluir:

- Una evaluación subjetiva de las condiciones de tránsito hecha mientras se recorre en vehículo a velocidad normal.
- Medidas de la rugosidad del pavimento.
- Medidas del deterioro de la superficie mostrando la localización y extensión de cada detalle observado

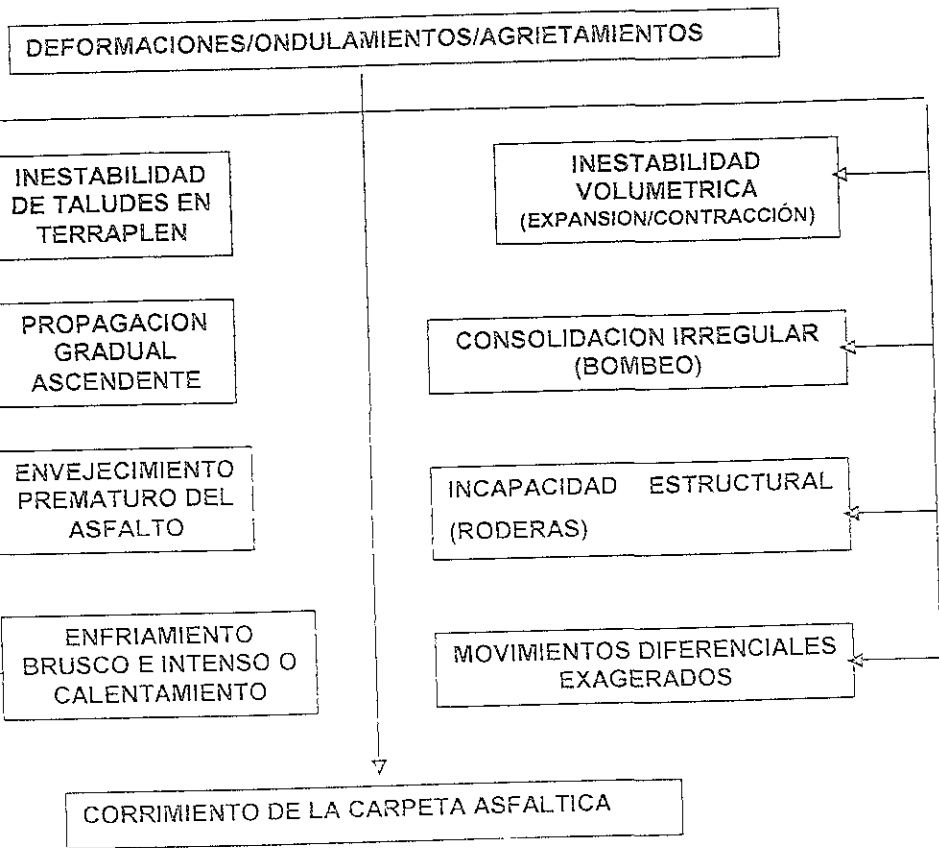
2.2 EVALUACION ESTRUCTURAL.

Para calificar la condición de servicio de una vialidad, estadísticamente se obtiene un índice para medir los resultados de medidas de la rugosidad y deterioro superficial denominado Índice de Servicio Actual (ISA)

El deterioro que se va presentando en las vialidades se le asigna un índice de servicio actual de 1 a 5. De esta manera cuando una de estas obras se pone a funcionar, recién construida, debe tener una calificación de 5 y va disminuyendo conforme a su función del tiempo.

Cuando una vialidad llega a un valor de 3 a 2, es decir de segundo orden, en el que se presentan deformaciones como los mostrados en el esquema 4, el tránsito se realiza con bastantes problemas llegando a un mínimo de comodidad; se dice entonces que en ese momento la vialidad ha llegado a su falla funcional. Si la vialidad sigue en deterioro se llega a la falla estructural que es el momento en que prácticamente ya no puede realizar el tránsito (1)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL



Para que una obra no llegue a la falla estructural es necesario que cuando se alcance la falla funcional, se rehabilite cuando alcance la calificación de 2, para los caminos secundarios o de 3 para los de primer orden y especiales.

INDICE
DE
SERVICIO

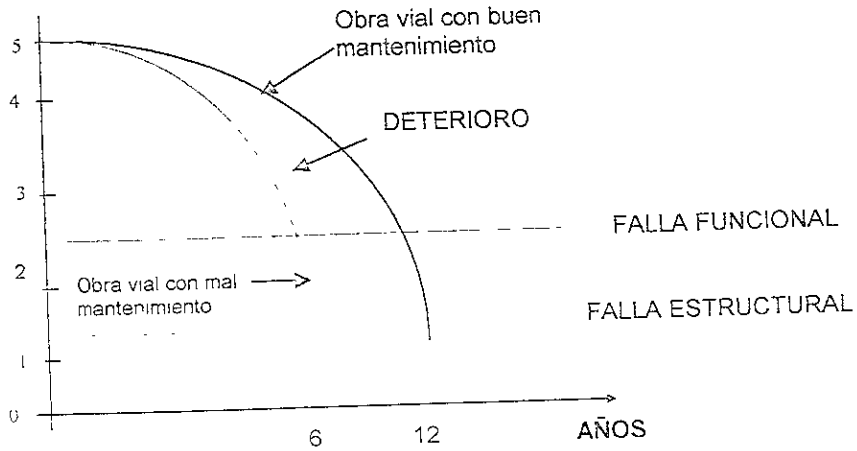


Fig. 3

do se lleva un registro de la vida útil de una vialidad, obteniéndose año con año los índices de servicio se tiene una curva como la mostrada en la figura 3 con la que se puede conocer aproximadamente el tiempo en que llegará a su falla estructural, pero también se pueden planear diferentes rehabilitaciones de tal forma que aumenten su vida útil.

2 TIPOS Y ANALISIS DE FALLA.

Rodera.- Son deformaciones longitudinales que se presentan en la superficie de rodamiento en la zona de mayor incidencia de las ruedas de los vehículos; si son menores a 1 cm se deben a la deformación de la carpeta asfáltica; pero si son mayores se debe a una insuficiencia en la base, o de mala calidad (3). Ver figura 4.

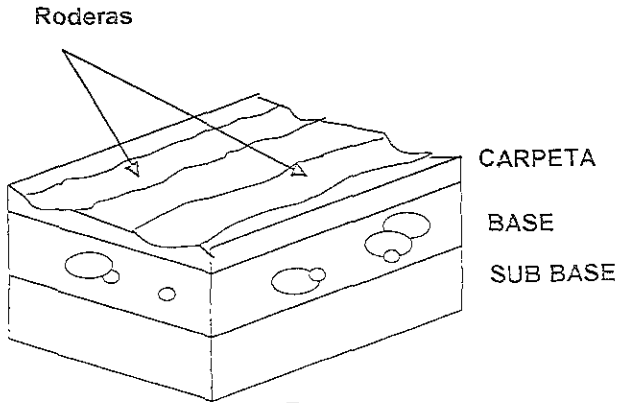


Figura 4

Superficie de rodamiento lisa.- Se debe principalmente a:

Exceso de asfalto en el riego de liga, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello. El exceso de asfalto por acción del tránsito se bombea hacia la superficie de rodamiento, provocando su alizamiento y se puede presentar una capa de asfalto de 1 o 2 mm en forma de nata.

La presencia de una capa de polvo sobre la superficie de rodamiento, presente a menudo en el entronque de las vialidades con calles no revestidas, carpetas sin sello, o sellos elaborados con pétreos suaves como las calizas, que con el tránsito se van desgastando quedando el polvo en la superficie de rodamiento.

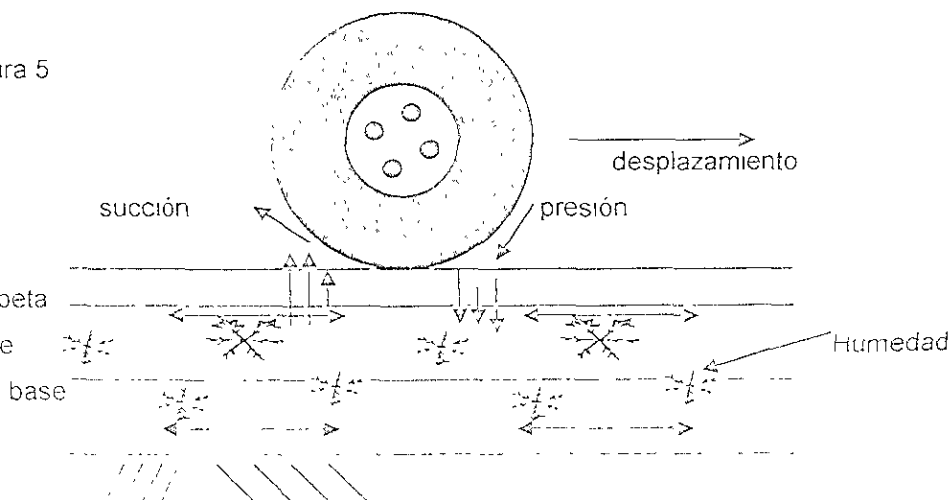
La disminución de la rugosidad de la superficie de rodamiento debido a que los riegos de sello se dan en forma inadecuada, por exceso de asfalto, escasez de pétreos, o mal adherencia de estos con el asfalto.

Peñas deformaciones transversales rítmicas.- Se presenta cuando la base no está adecuadamente cementada, o cuando los materiales no son de la calidad adecuada. Consiste en deformaciones cíclicas transversales debidas a la poca capacidad de carga de esta capa. Se origina por la vibración y esfuerzos tangenciales provocados por los vehículos que se reflejan hacia la superficie de rodamiento.

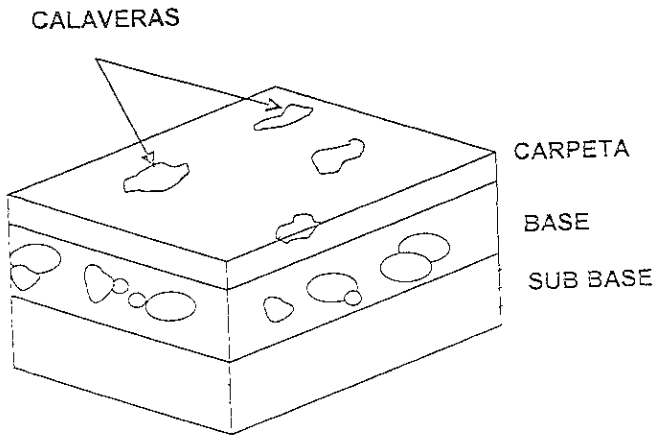
Integración de la carpeta.- Se presenta en carpetas asfálticas antiguas, por oxidación del asfalto o en carpetas relativamente recientes con insuficiente contenido de asfalto, en carpetas elaboradas con material pétreo de muy baja calidad, o por otras causas que no se atienden en forma oportuna.

Desprendimiento.- Se inicia en la parte superior del estrato de asfalto si la base subyacente está mojada o si el agua capilar viene de capas más bajas. El agua trabaja a favor del agua capilar causando desprendimiento. La capacidad de soporte disminuye y al paso del tráfico las grietas aparecen hasta llegar a un avanzado grado en el que el pavimento comienza a desintegrarse. También puede empezar en la superficie de rodamiento cuando está saturada, ya que la acción del tráfico presiona el agua dentro de la superficie frente a las llantas y la succiona hacia atrás de éstas. Esta acción de presión a través de los vacíos por el bombeo de agua inicia el proceso de desprendimiento. Ver figura 5

Figura 5



encia de calaveras.- Son huecos cuyo tamaño no es mayor a 15 cm que se
 entan en la superficie de rodamiento y que pueden llegar a ser muy numerosos.
 eben a una calidad deficiente de la base; carpeta con contenido de asfalto menor
 ptimo; o la colocación de una carpeta sobre otra agrietada y calavereada Ver
 a 6.



ura 6

ches.- Se deben a la desintegración de la carpeta y base, a la mala calidad de los
 materiales inferiores incluyendo las terracerías con alto contenido de agua y a la
 presencia de grietas y calaveras que no fueron tratadas en forma adecuada y
 fortuna Ver figura 7

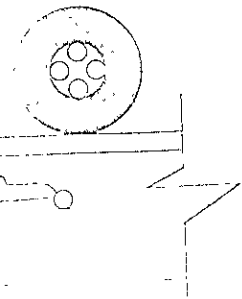
gura 7

carpeta

se

sub base

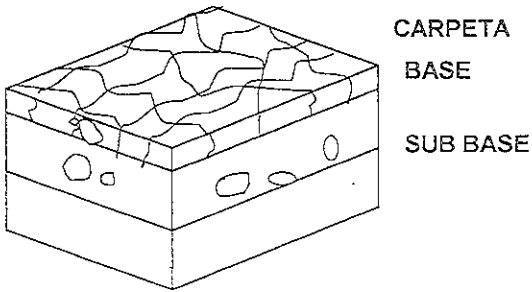
bache



Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo o mapeo.- Se debe a una carpeta de mala calidad, a su colocación sobre una base mal compactada, o no rigidizada adecuadamente y en carpetas con asfalto oxidado. Ver figura 8.

Figura 8

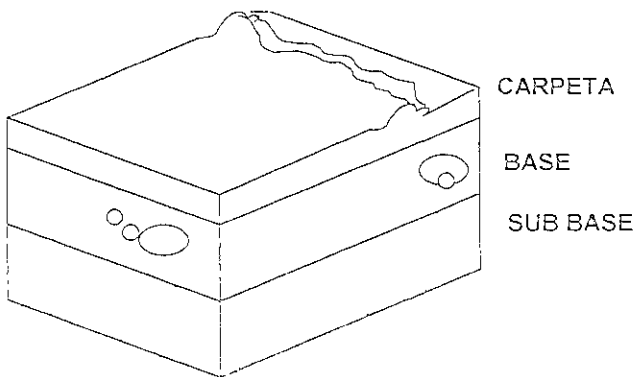
Agrietamiento con patrón de piel de cocodrilo



Corrimiento de la carpeta asfáltica.- Se debe a una baja estabilidad de la mezcla, ya sea por exceso de asfalto o por el uso de asfalto blando en zonas de alta temperatura; también se presenta en los carriles de subida en tramos de fuerte pendiente y en las zonas en las que los esfuerzos de tracción de los vehículos son muy grandes. Ver figura 9.

Figura 9

Corrimiento de la carpeta



Desgaste de la carpeta.- Se presenta en zonas de fuertes esfuerzos horizontales provocados por el tránsito, como en las zonas de arranque y frenado. Consiste en el levantamiento de la carpeta en la parte superficial, debido al incorrecto diseño de las juntas (3).

Deformaciones de la superficie de pavimento.- Se debe a un espesor de la carpeta insuficiente, a la mala calidad de los materiales del pavimento, y a la falta de compactación de las terracerías. Casi siempre se tiene la presencia de una gran cantidad de agua por falta de cunetas, subdrenaje u otras obras para el control del agua. Las deformaciones de la superficie de rodadura de 5 cm, se deben a una mala calidad de la base o a la insuficiencia en el espesor del pavimento.

Accesorios especiales.- Uno de los principales problemas que se presenta en las obras de mantenimiento, es el referente a la renivelación de accesorios de las instalaciones situadas en la superficie de rodadura. Dentro del programa de gestión se debe planear la renivelación eficiente de accesorios, como uno de los puntos a trabajar en el proceso de mantenimiento de las vialidades de la Ciudad de México.

PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN

Es necesario que previo a la determinación del tipo de reparación a utilizarse, se cuente con los estudios de campo y de laboratorio que permitan diagnosticar la condición actual del pavimento. La reparación debe ser producto de un estudio y del análisis de los resultados obtenidos para elegir la rehabilitación más adecuada dependiendo del grado de deterioro presente en la vialidad. De esta forma se pueden definir dos tipos principales de rehabilitación: La Rehabilitación Superficial y la Rehabilitación Estructural (4).

1 REHABILITACIÓN SUPERFICIAL.

El tratamiento de la superficie de rodamiento que se requiere para restituir las condiciones originales de rugosidad y confort de la cinta asfáltica, sin modificar la capacidad de carga de la estructura del pavimento. Los tratamientos superficiales más comunes así como algunas de sus características son:

Patcheo superficial.- Consiste en la reparación de deterioros aislados no generalizados sustituyendo el material dañado sin incluir capas subyacentes.

Nivelaciones.- Es la restitución del perfil longitudinal o transversal para acondicionar el índice de servicio de la superficie de rodamiento.

Sello de carpeta.- Cuando los daños en una vialidad son parciales y el deterioro no es mayor al 50 % del área total de la vialidad, se puede elegir por una rehabilitación parcial en las zonas donde la vialidad lo requiera, con la finalidad de impermeabilizar y reintegrar la rugosidad a la carpeta evitando así el desgaste del material pétreo en la superficie, manteniendo de esta forma el coeficiente de fricción del pavimento. El procedimiento consiste en:

Patcheo y sello de grietas

Riego de liga con emulsión o cemento asfáltico, sobre la superficie de rodamiento deteriorada

Entendido de una carpeta de graduación abierta de espesor variable compuesta de material pétreo producto de la trituración parcial o total con un espesor promedio de 2 a 4 cm

Sello de carpeta premezclado.- A diferencia del sello tradicional el material pétreo se mezcla previamente con la emulsión asfáltica a razón de 3% en peso y posteriormente sigue el mismo procedimiento de construcción del sello tradicional. Este método reduce hasta en un 70% el desperdicio y disminuye la cantidad de material pétreo

aproximadamente en un 20%. Los materiales asfálticos que se emplean en la construcción de riego de sello son: cemento asfáltico o emulsiones asfálticas.

Riego de sello modificado.- Consiste en agregar cemento asfáltico al material pétreo en una proporción de 3 % en peso, posteriormente, modificar el cemento asfáltico con un agente emulsificante para utilizarlo en el riego de liga; con el uso de una petrolizadora especial para el riego de cementos ahulados se dosifican sobre la superficie el cemento asfáltico y posteriormente con el empleo de un esparcidor de sello se aplica el pétreo para proceder a su compactación.

Slurry Seal.- Consiste en una mezcla de arena y emulsión asfáltica de rompimiento que se aplica sobre la superficie de rodamiento con un equipo especial autopropulsado que consta de un tanque para el producto asfáltico, depósitos para la arena, un mezclador y un tren de riego que dosifica la mezcla proporcionando una capa impermeable rugosa a la superficie de rodamiento.

En la tabla F, se muestra la granulometría para la elaboración de Slurry seal recomendada por la A. S. T. M., en la tabla G se muestra la dosificación de materiales que intervienen en la elaboración de Slurry seal dependiendo del grosor de la capa.

Tabla F Granulometría A. S. T. M para SLURRY SEAL

MALLA	TIPO I	TIPO II	TIPO III
3/8	100%	100%	100%
No.4	100	90-100	70-90
8	90-100	60-90	45-70
16	65-90	45-70	28-5
30	40-60	30-50	19-34
50	20-42	18-30	12-25
100	10-30	10-21	7-18
200	10-20	5-15	5-15

Tabla G. Dosificación de materiales para slurry seal

CONCEPTO	ESPESOR	ESPESOR	ESPESOR
	MÍNIMO	MÍNIMO	MÍNIMO
	3mm	4mm	6mm
Material pétreo(kg/cm ²)	2 - 6	7 - 12	10 - 15
% de asfalto con respecto a los agregados	10 - 16	8 - 14	7 - 12
% de agua de mezclado	10 - 20	10 - 20	10 - 20

Rehabilitación parcial, bacheo, tendido de carpeta.- Cuando los daños en una vialidad son parciales y ésta presenta deterioros que en conjunto no sean mayores al 50% del total de la vialidad, se procede a efectuar una rehabilitación parcial de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se inicia con un Bacheo parcial, retirando materiales dañados y sustituyéndolos por materiales sanos

Se aplica un piquete de amarre, con el objeto de evitar deslizamientos entre la carpeta nueva y la existente

Se limpia el área por reparar.

Se aplica el riego de liga

Se aplica el tendido de la sobrecarpeta de 5.0 a 7.5 cm de espesor, y

Se sella la superficie con una lechada de cemento portland y agua en una proporción de 0.75 kg/m²

Carpetas delgadas, " Open Graded ". - Consiste en una carpeta asfáltica fabricada con arena y grava con material pétreo producto de trituración de roca basáltica con agregado fino de 3/8" de diámetro, cuya granulometría tiene como característica principal permitir eficientemente al agua de lluvia evitando que se formen encharcamientos durante lluvias moderadas, además de disminuir el ruido y proveer una superficie firme con buena rugosidad. Representa un tratamiento superficial de alta calidad para largos periodos de vida útil. Si adicionalmente se le adiciona hule molido, se

tiene un producto de alta duración, ya que adquiere mayor resistencia a los esfuerzos de tensión, que prolonga su vida útil hasta por 20 años

Algunas de las características que las distinguen de otras mezclas asfálticas son.

Composición

Tamaño máximo hasta de 20 mm.

Filler de 2.0 a 6.0%.

Cemento asfáltico 4.0 a 7.0%, (varía de acuerdo al tipo de agregado).

Huecos iniciales en la mezcla entre 10 - 30%.

Materiales

Deben poseer características similares a las exigidas en construcción en capas de rodamiento con mezclas asfálticas en caliente.

Agregados limpios procedentes de trituración de piedra de cantera o grava natural

Coefficiente de desgaste de los ángulos menor del 25%

Índice de lajas menor del 25%.

Ventajas.

- Mantiene una elevada resistencia al deslizamiento y a altas velocidades
- Mejora la velocidad con el pavimento mojado.
- Incrementa ligeramente el valor estructural del pavimento.
- Ofrece pavimentos de rodadura cómoda y silenciosa.
- Ofrece un adecuado comportamiento mecánico de la capa de rodamiento

Desventajas.

- Su vida de servicio puede ser más corta que la de una mezcla densa.
- Pérdida de la porosidad a través del tiempo
- Su deterioro es acelerado, si no se cuenta con un firme impermeable, estructuralmente adecuado y de buena geometría
- Ofrece poca resistencia a la acción de los solventes
- Es necesario que se apoye en un firme

Reciclado.- Consiste en realizar un corte en las capas superiores del pavimento deteriorado (fresado), su disgregación, calentamiento y mezclado del producto, incorporando nuevos agregados, cemento asfáltico y agentes rejuvenecedores al producto y finalmente su colocación. Este método es posible realizarlo en el sitio o en una planta, dependiendo del espesor a tratar.

Cuando los espesores a tratar son del orden de 5cm, se aplica la técnica de reciclado en caliente en el lugar, esto implica un calentamiento previo de la superficie en la cual se eleva la temperatura a 80° C para eliminar la humedad y ablandar la superficie para realizar el corte. En una segunda etapa, se realiza el mezclado agregando nuevos agregados pétreos, mezcla asfáltica nueva y el producto químico rejuvenecedor del asfalto existente. La temperatura de la mezcla formada, llega a 140° C y se encuentra en condiciones para su tendido y compactación.

En el reciclado en planta, los materiales existentes en el tramo por rehabilitar, se levantan y transportan a la planta para ser mezclados con los nuevos agregados, cementos asfálticos y los agentes rejuvenecedores, su regreso al tramo por rehabilitar, su tendido y compactación se realiza utilizando equipos convencionales para la elaboración y tendido de concretos asfálticos.

3.2 REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

El objetivo es restituir la capacidad de carga de la estructura del pavimento, aumentando la vida útil de la estructura abatiendo costos de reconstrucción. Las técnicas más usuales (7) para el rehabilitado estructural son:

Corte profundo y carpeta.- Consiste en la apertura de caja en las zonas dañadas estructuralmente con el espesor necesario para tratar la base, o en su caso, la sub-base, mejorando o sustituyendo el material y finalmente colocando una carpeta asfáltica de 7.5 a 10 cm de espesor (3).

Fresado y tendido de carpeta con mezcla en caliente.- Cuando una vialidad presenta daños generalizados en toda su superficie, el procedimiento para realizar los trabajos de rehabilitación es:

Fresado de toda la superficie en espesores variables.

Barrido de la superficie eliminando la grava suelta.

Aplicación de riego de liga en una proporción de 0.7 lt/m², el cual se deja reposar al alrededor de 30 minutos

Tendido de la carpeta asfáltica de espesor variable de acuerdo a las características y especificaciones del proyecto. El espesor mínimo debe de ser 2.5 veces el tamaño máximo del agregado. La temperatura de tendido oscila entre 125°C a 135°C

Compactación de la carpeta, al inicio debe de ser ligera para realizar lo que se conoce como el armado de la carpeta con pesos de entre 7 y 8 toneladas posteriormente se utiliza un equipo de compactación más pesado que puede ser un rodillo vibratorio, el cual tiene la función de dar un mejor acomodo a los agregados así como una mayor energía de compactación. Por último mediante un rodillo de neumáticos, se cierra la textura y se compacta de abajo hacia arriba por la forma en que trabajan sus rodillos

Bases asfálticas y carpetas.- Consiste en fresados de 15, 20 ó 30 cm, de espesor que son sustituidos por bases asfálticas fabricadas con agregado pétreo de 1 ½" y recubiertas posteriormente con una carpeta asfáltica

Recuperación de Pavimentos con Cemento Pórtland.- Esta técnica se efectúa con máquinas recuperadoras diseñadas para hacer cortes en frío a profundidades de 10 a 15 cm, según sus características de fabricación y de las condiciones de la estructura paviméntica que se va a cortar

procedimiento tiene la ventaja de que con un solo equipo se realiza el corte, desgano, mezclado y tendido del material, en un solo movimiento quedando listo para la compactación, consiste en: extender sobre la carpeta existente, cemento y agregado de acuerdo a la dosificación de proyecto, posteriormente, el equipo recuperador de pavimentos corta, mezcla, homogeneiza y tiende el material en un solo movimiento de trabajo, afinando con motoconformadora y finalmente, compactando para obtener una superficie adecuada para recibir la carpeta de concreto asfáltico de 5cms, de espesor Este método tiene el inconveniente de que al material recuperado se le debe dar tiempo de fraguado de 24hrs. antes de tender la carpeta, lo que lo hace poco práctico para su uso en la Ciudad de México

Compactación de carpetas asfálticas con geotextil.- La incorporación de una membrana como el geotextil, cuya materia prima es en base a polipropileno o polietileno, proporciona una mayor elasticidad en el plano de tracción ubicado bajo la carpeta asfáltica permitiendo aliviar tensiones producto de la modificación del módulo de elasticidad del material asfáltico. El geotextil no proporciona una mayor resistencia al sistema sino que permite una mayor flexibilidad en la zona de agrietamiento, reduciendo tensiones, originando una menor fuerza de propagación

procedimiento para su colocación es sencillo
1. Se limpia la superficie del pavimento antiguo
2. Se cañafatean grietas y fisuras y se realiza el trabajo de bacheo necesario
3. Se aplica el riego de liga a razón de 1 ó 1.2 lt/m²
4. Se extiende el geotextil libre de arrugas, con traslapes en las juntas 5 a 10 cm
5. Se aplica la nueva carpeta y finalmente,
6. Se compacta la mezcla asfáltica

3.3 USO DE ADITIVOS Y MODIFICADORES

Aditivos.- La adhesión entre el asfalto y el agregado es un factor importante para la vida útil de los pavimentos asfálticos. Normalmente, la causa del deterioro y desgaste de la superficie de las vialidades puede ser atribuida a la falta de adhesión o desprendimiento (5) Existen varios factores que impiden un buen cubrimiento y adhesividad entre asfaltos y agregados pétreos, la presencia de agua en las mezclas asfálticas, se encuentra entre los más comunes, lo cual es debido principalmente a:

Un proceso insuficiente de calentamiento en los agregados pétreos

Humedad residual en los agregados para sello.

Asfaltos rebajados contaminados con agua

Alta humedad ambiental.

Lluvia durante el tendido del producto

Presencia de humedad en bases de impregnación

Los factores que se deben considerar son

La contaminación de los agregados con polvo

La adhesión entre agregado y asfalto

La falta de adhesión o desprendimiento es prevenido con el uso de aditivos. Los aditivos de origen aniónico, actúan como un 'puente de enlace' entre la superficie del agregado y el asfalto, y han probado ser los más adecuados para ser utilizados con el asfalto debido a las siguientes razones

Se asegura una inmediata adhesión o liga entre el asfalto y el agregado,

Se previene el desprendimiento causado por la acción del agua en el transcurso del uso del pavimento

Se previene el desprendimiento en bases asfálticas durante su uso ocasionado por el agua caliente

Se reduce la pérdida de capacidad de soporte y resistencia ocasionada por el desmoronamiento

no deben ser usados con una selección de agregados muy amplia, incluyendo materiales aptos para el desprendimiento, es decir pétreos difíciles de adherencia. También pueden ser usados con agregados húmedos, lo que se conoce como adhesión activa. La cantidad de aditivo que se debe agregar depende principalmente del tipo y viscosidad del asfalto y del tipo y graduación del agregado. Cuando se utiliza asfalto de alta viscosidad y la densidad del agregado es muy alta la dosificación debe ser reducida. Es recomendable una dosificación de 0.5% respecto al peso del asfalto, y en los casos severos de falta de adherencia de 0.5% a 0.8%. En climas húmedos la dosificación en los riegos de sello para conseguir adhesividad activa es alrededor del 1% y en climas secos se puede disminuir hasta un 0.3% para mejorar la adhesividad pasiva.

ventajas sobre el uso de aditivo

mejora la vida útil de los pavimentos

mejora la adhesividad en las mezclas en caliente.

en asfaltos rebajados, promueve la adherencia en las mezclas en frío.

en riegos de impregnación, mejora la penetración del impregnante

en riegos de liga mejora la unión base-carpeta.

puede ser usada una selección de agregados muy amplia, incluyendo materiales pétreos de difícil adherencia

mejora la adhesión en condiciones adversas de humedad ambiental

proporciona mayor poder cubriente.

asegura afinidad con todo tipo de material pétreo incluyendo pétreos de bajo equivalente de arena (materiales sucios)

mejora la afinidad con materiales que contienen humedad

facilita la incorporación de los finos

mejora la mezcla con el material pétreo reduciendo el volumen de asfalto requerido

no: lo tanto reduce el costo

optimiza la utilización de los equipos de mezclado, reduciendo considerablemente las horas máquina.

Modificadores Asfálticos.- Los asfaltos modificados ayudan a mejorar el comportamiento de los pavimentos, mejorando sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, mediante la adición a un cemento asfáltico convencional de refinería (5), de productos poliméricos como son:

Asas de acero, vidrio o asbesto.- En algunos casos mejoran la capacidad estructural de la mezcla, pero no se incrementan la vida útil del asfalto

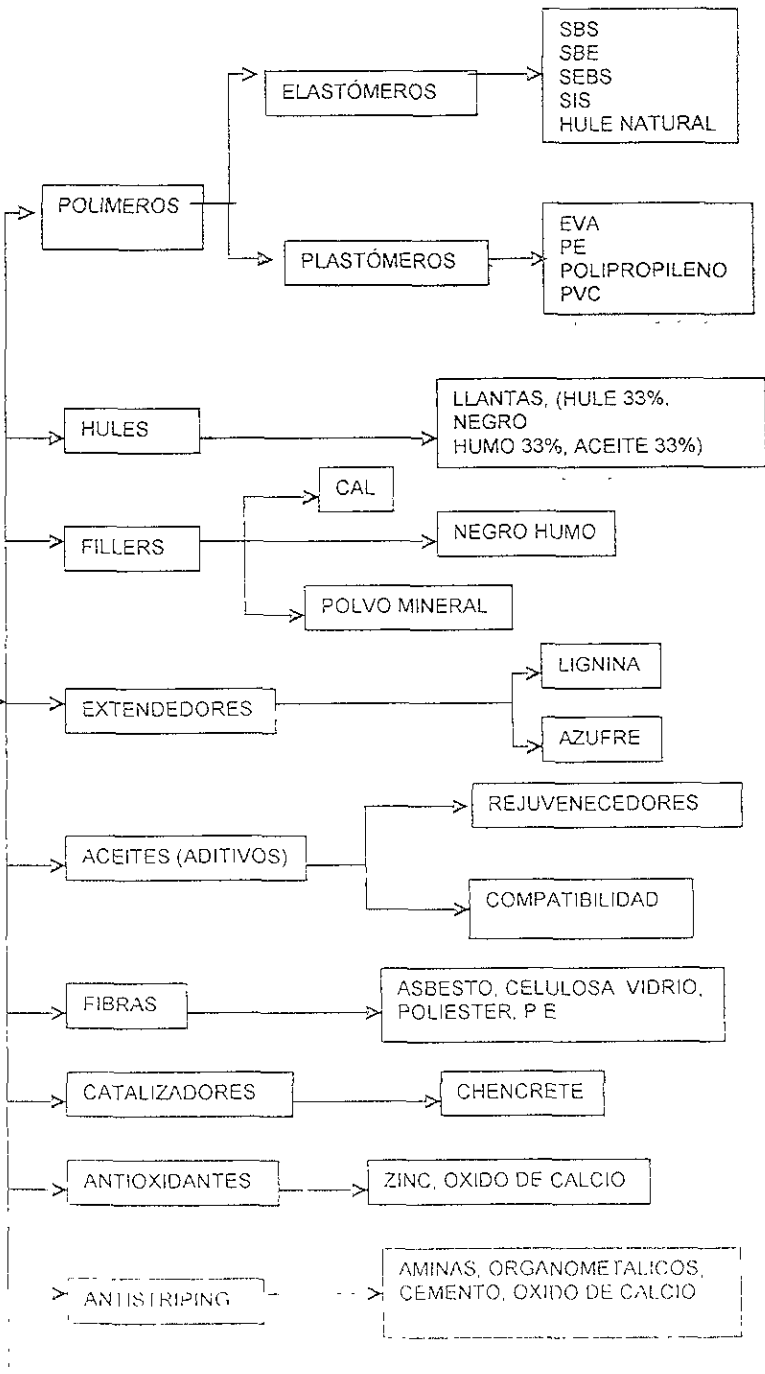
de molido.- Incrementan la vida útil de los asfaltos. se utiliza también en riegos de drenaje, taponamientos y carpetas delgadas con material de tamaño máximo de 6 a 9

hidratada.- Se ha utilizado con materiales de mala calidad con objeto de estabilizar.

Los sistemas de incorporación de los modificadores, son muy variables y van desde los más simples, como es el caso de aceites, asfáltenos y catalizadores, hasta los muy complejos, con sistemas de calentamiento para el asfalto a alta temperatura, molinos especiales, tanques de reacción y bombas de mayor potencia, que se utilizan para incorporar polímeros y hule molido de neumáticos Ver esquema 5.

En los procesos de elaboración de la mezcla y procedimientos constructivos, el equipo empleado es básicamente el tradicional, salvo algunos casos particulares, como compactar a temperaturas más elevadas en las mezclas con polímeros y en el caso de catalizadores no colocar la mezcla hasta una hora después de elaborada, para permitir que se efectúe la reacción en el asfalto

adadores
to



AGENTES
DE CURADO

AGENTES
DE CURADO

CONTROL DE CALIDAD

En la construcción de mezclas asfálticas intervienen diversos aspectos cuya atención es de fundamental importancia para lograr una buena calidad de este material y frecuentemente asegurar un adecuado comportamiento y vida útil del diseño (6).

Estos aspectos se refieren, al conocimiento de las propiedades de los materiales áridos y asfálticos que inciden en el comportamiento de las mezclas y tratamientos constructivos, a fin de seleccionar aquellos materiales disponibles que satisfagan las necesidades de un proyecto específico; a los cuidados que deben observarse durante la producción o tratamiento de esos materiales, así como a su transporte y manejo en el proceso constructivo, para obtener y conservar sus características de calidad debidamente evaluadas y aceptadas: al empleo de maquinaria de construcción, mano de obra especializada y procedimientos constructivos que sean adecuados a los tipos de materiales seleccionados a los trabajos por ejecutar, y a los procedimientos de control de calidad utilizado para detectar y corregir las variaciones del proceso constructivo, de la calidad de materiales y de la obra ejecutada, o bien, para verificar que la construcción de mezclas asfálticas se desarrolle conforme a lo planeado.

El empleo de criterios de muestreo y de evaluación de materiales, que garanticen resultados oportunos y confiables en la etapa de producción de materiales, permitirá corregir o afinar deficiencias de calidad; la valoración de calidad de materiales, basada sólo en unas cuantas propiedades índice básicas bien seleccionadas, permitirá la eficiencia del sistema a costos reducidos.

El transporte y manejo de materiales durante la construcción, requiere de equipos adecuados y cuidados especiales que no provoquen fracturación, heterogeneidad o segregación de partículas y contaminación de otros materiales indeseables.

Los materiales asfálticos generalmente son elaborados en plantas con grandes volúmenes de producción, en las que se tienen sistemas adecuados de dosificación y mezclado, apoyados por los controles de calidad necesarios para proporcionar los diferentes tipos de productos asfálticos con las características requeridas.

Como se mencionó anteriormente, sólo se deberá cuidar que durante su transporte y manejo al lugar donde se utilizarán, no varíen sus características por contaminación, sobreexposición al sol o demoras excesivas. Sin embargo, antes de su utilización en el lugar de la obra, siempre será necesario verificar que la calidad del asfalto sea la esperada, para lo cual también es conveniente que sólo se determinen las propiedades más importantes que permitan inferir cualquier variación que afecte su comportamiento en el campo. La utilización de equipos de aplicación o incorporación apropiados, así como el control de los asfaltos en los rangos recomendados de utilización, permitirán asegurar un óptimo aprovechamiento sin deterioros en la calidad de los trabajos a ejecutar.

Un aspecto importante es definir la temperatura de mezclado tomando en cuenta la viscosidad del cemento asfáltico por utilizar. Posteriormente, durante la producción en planta, será necesario verificar que los valores de diseño se reproduzcan en la obra, haciendo los ajustes o calibración de la dosificación de materiales, temperatura y procedimiento de mezclado.

El control de calidad en la producción de la mezcla asfáltica, debe estar basado en la aplicación de criterios estadísticos de muestreo y de evaluación, estudiando sólo las características esenciales de la mezcla.

En el campo de la obra, su transporte, tendido y compactación debe realizarse aprovechando la máxima temperatura de la mezcla, cuidando que las condiciones ambientales sean favorables y que los equipos de construcción sean los idóneos para estos trabajos, principalmente que los operadores de los mismos y los trabajadores de apoyo

gran preparación, y experiencia en el procedimiento constructivo a ejecutar, ya que estos aspectos depende el asegurar una buena calidad y terminado de la capa de creto asfáltico

otra parte, cuando se decida el empleo de emulsiones asfálticas, es imprescindible previamente se envíen al laboratorio muestras representativas del material pétreo utilizar, a fin de que se defina la más adecuada al pétreo y los cuidados que se drán para asegurar un eficiente mezclado de estos materiales

entro del control de calidad que debe realizarse en la obra debe verificarse el diseño las mezclas asfálticas ya sea en frio o en caliente dependiendo del lugar o planta de provenga el material, obteniendo dos muestras por cada 100 toneladas de zcla colocada. Una vez realizado el muestreo, se envía al laboratorio de control de se efectúan pruebas de granulometría, contenido de cemento asfáltico, estabilidad Marshall, densidad, % de vacíos, e Índice de permeabilidad.

las figuras 10,11 y 12 se pueden observar algunos de los formatos de control usados en el control de calidad de los materiales que intervienen en la elaboración y colocación de las estructuras de pavimentos asfálticos

supervisión en la obra es la responsable de controlar espesores, niveles de defecto, temperatura de tendido temperatura de compactación y que el proceso constructivo sea el adecuado

unas de las características recomendadas para la elaboración de mezclas de pavimentos que deben ser controladas son

estabilidad (Marshall-75 golpes por lado) (Kg)	450 min
fluencia (mm)	4 max
vacíos en mezcla (%)	3 a 5
vacíos llenos de asfalto (%)	75 a 85

Contenido de asfalto (%)	6 a 7
Densidad teórica máxima (Kg/m³)	2,500
Densidad media en campo al término de compactación. (Kg/m³).	2250 mín
Temperatura de elaboración (°C)	135-150
Temperatura de tendido (°C)	100-130
Temperatura de compactación. (°C)	90 mín.
Índice de permeabilidad (%)	10 máx.

10. Reporte de corazones de concreto asfáltico.



CIUDAD DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCIÓN DE MATERIALES
REPORTE DE CORAZONES DE CONCRETO ASFALTICO

TRA No _____ OPERADOR _____ A RESP _____
EDENCIA _____
IZACION _____
IZACION DE LA MUESTRA _____

POSICION DE LA MUESTRA	KM	LADO	ESPESOR DE CARPETA	% DE COMPACTACION	INDICE DE PERMEABILIDAD

LA
A DE MUESTREO
A DE ENSAYO

Observaciones

CIUDAD DE MEXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA
 UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCIÓN DE MATERIALES
 REPORTE DE ENSAYE DE CONCRETO ASFALTICO

MUESTRA No _____ OPERADOR _____ A RESP _____
 PROCEDENCIA _____
 LOCALIZACIÓN _____
 LOCALIZACION DE LA MUESTRA _____

PRUEBA REALIZADA	RESULTADOS			ESPECIFICACIÓN
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
PESO VOLUMETRICO KG/M3				
ESTABILIDAD KG				1 200 MINIMO 2 0 A 4 0
FLUJO				

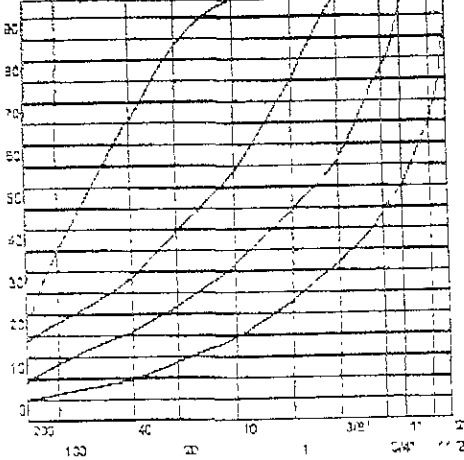
PLANTA _____
 FECHA DE MUESTREO _____
 FECHA DE ENSAYE _____
 CONSTRUCTORA _____
 MUESTRA No _____
 NORMA EMPLEADA _____

Observaciones

CIUDAD DE MÉXICO
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
 DIRECCION TECNICA-SUBDIRECCION DE INGENIERIA
 UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCION DE MATERIALES
 CONTROL DE CALIDAD DE SUB BASE Y BASE

PESO VOL HUMEDO	kgms		
HUMEDAD	%		
PESO VOL SECO	kgms		
PESO VOL APARADO	kgms		
CONTRACCION	%		

GRANULOMETRIA



ANILLO	PANTALLA
2	
11/2	
1"	
3/4"	
3/8"	
No. 4	
10	
20	
40	
75	
150	
300	
600-6	
DESABRIDOS	

ESPECIFICACIONES

CLAS		
GRADACION	%	
TY CEMENTANTE	kgms/2'	
30-ORTE	1	%
	2	%
ANILLO 200-40		

MATERIAL RETENIDO MALLA 20"

ABSORCION	%	
SENSIBILIDAD	grms	

PRUEBA PORTER

PESO VOL SUELTO	kgms	
PESO VOL PORTER	kgms	
HUMEDAD PORTER	%	
EXPANSION	%	
PERFORACION 20 1"	kg	
VALOR REL 30-ORTE	%	

MATERIAL PARA MALLA No. 40

LIMITE LIQUIDO	%
LIMITE PLASTICO	%
INDICE PLASTICO	%
HUMEDAD EN CAMPO	%
CONTRACCION LINEAL	%

PRUEBA PROCTOR

PESO VOL SUELTO	kgms
PESO VOL PROCTOR	kgms
HUMEDAD OPTIMA	%
PENETRACION PROCTOR	kg/cm

VALOR CEMENTANTE

CARGA POTICA PROCTOR	kgms/2'
----------------------	---------

Obra.
 Muestra No.
 Localizacion.
 Planta
 Operador

Control de calidad de los Asfaltos con aditivos

Prácticamente todos los métodos de prueba que se utilizan para medir la eficacia de un aditivo, son cualitativos y están basados en la experiencia visual del laboratorista ya que no se dispone de un medio científico.

Las pruebas para determinar el grado de afinidad entre los materiales pétreos y el asfalto, tienen por objeto determinar el grado de compatibilidad entre el material y la película asfáltica.

Al hacer las pruebas, es importante reproducir hasta donde sea posible las condiciones en que se va a trabajar el pétreo, empleando exactamente el asfalto y los agregados que se vayan a usar, en el caso de tratarse de una mezcla en caliente en planta o en el lugar se deberá calentar el material a la temperatura a la cual se tenga planeado hacer dicha mezcla.

La mayoría de las pruebas están legisladas por la ASTM y algunas de ellas se encuentran aceptadas y descritas en las especificaciones de la SCT publicadas en el artículo 4 de normas de construcción.

Control de calidad de los Asfaltos modificados

Las normas que deben cumplir los asfaltos modificados, están referenciadas a los resultados prácticos obtenidos al utilizarlos, en cuanto a las pruebas de laboratorio, destacan por su importancia las de viscosidad absoluta, cinemática y Brookfield, punto de reblandecimiento, ductilidad, penetración, ensayos de envejecimiento a corto y largo plazo, de película delgada en forma normal o rodada, tensión directa y pruebas físicas.

Se puede resumir que para asegurar una buena calidad y comportamiento de las mezclas asfálticas, es necesario seleccionar y obtener adecuadamente los mejores agregados, contar con mano de obra especializada y maquinaria apropiados a los

os por ejecutar, extremar los cuidados que particularmente requiera cada tipo de
la, y contar con un control de calidad eficiente y confiable que detecte y permita
gir oportunamente desviaciones o deficiencias en la construcción de mezclas
ticas

rencias

Memorias del segundo seminario de construcción y conservación de pavimentos en
Ciudad de México; México D.F., agosto de 1999.

TORRES V. R, 1998, Evaluación superficial de pavimentos con perfilómetro
TER. XIII Reunión Nacional de Vías Terrestres. Oaxtepec. Morelos

ESTEVA M. J, 2000. Situación de los Pavimentos en la Ciudad de México.
Ier Seminario. Diseño, Construcción y Conservación de Pavimentos en la Ciudad
México. México D F

CREMADES II, 2000. Tratamientos Superficiales Tercer Seminario: Diseño,
onstrucción y Conservación de Pavimentos en la Ciudad de México México D.F

LIMON L R y RAMOS F A. 1999. Asfalto Aditivos y Modificadores Segundo
minario Construcción y Conservación de Pavimentos en la Ciudad de México.
xico D F.

GUTIERREZ R G. 1999 Control de Calidad en Materiales Pétreos y Mezclas
álticas. Segundo Seminario Construcción y Conservación de Pavimentos en la
dad de México, Mexico D F

OROZCO S , R V y TORRES V R , 1994, Evaluación de la Capacidad Estructural
Pavimentos a partir de Mediciones de desplazamientos Verticales con el Deformo
etro de Impacto (KUAB) XI Reunión Nacional de Vías Terrestres Morelia
choacan

Capítulo III MANTENIMIENTO DE PUENTES VEHICULARES

1 DIAGNOSTICO

Para el mantenimiento de puentes vehiculares, es importante establecer una evaluación de las condiciones físicas de la estructura del puente, con la finalidad de programar su mantenimiento, su rehabilitación, o bien, el reemplazo de elementos que presenten daños irreparables, estableciendo la justificación de la inversión, las alternativas de reparación y los procesos constructivos para cada caso en particular.

1.1 TIPOS Y PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.

Para fines de análisis y de acuerdo a la importancia de la estructura, se pueden establecer tres categorías (1)

Inspección de rutina

Inspección detallada

Inspección especial

Inspección de rutina.- Es una inspección general realizada en forma rápida y periódica, que no requiere de conocimientos especializados en los detalles o aspectos especiales de la estructura. Tiene como propósito reportar las deficiencias más obvias, que pudieran ocasionar accidentes o reparaciones mayores a futuro. Puede ser realizada mensualmente o en periodos cortos de tiempo.

Inspección detallada.- En este tipo de inspección se elabora un examen detallado de todos los elementos del puente tanto estructurales como no estructurales, cubriendo todos los elementos de la estructura. Esta revisión, debe estar integrada por una inspección visual, apoyada con instrumentos comunes y un reporte escrito que deberá dar una visión clara de las condiciones del puente y sus elementos. Puede realizarse cada 2 o tres años o a intervalos menores dependiendo de la ubicación e importancia del puente.

Inspección especial.- Es una inspección bajo condiciones especiales como. la presencia de un sismo. cargas extraordinarias, alta frecuencia de flujo vehicular con uso de carga, cimentaciones sobre suelos altamente inestables, etc. Debe estar basada por pruebas de laboratorio y, análisis estructurales. Para esta inspección es necesario que el personal cuente con experiencia en el diseño y/o construcción de puentes. Se debe elaborar una lista con las características más importantes de la estructura como son. longitud, ancho, no. de cuerpos, longitud entre ejes, longitud entre columnas, diámetros de columna, peralte de travesaños, localización de las juntas de dilatación. materiales de construcción, condición y situación de los elementos de la estructura. etc

Procedimiento para realizar la inspección especial (3).

Actividad 1

Se realizan inspecciones visuales de cada uno de los elementos de la estructura con la finalidad de detectar cualquier falla o grieta mayor de 0.3 mm de ancho, su longitud, posición en la estructura y cualquier signo de deterioro o discontinuidad.

Se observan signos y manifestaciones de deterioro y esfuerzos debidos a un trabajo normal de la estructura (fatiga de elementos), elaborando un listado de las causas probables que hayan contribuido al deterioro de la estructura.

Se observa la manifestación de esfuerzos mayores a los calculados en el diseño de la estructura. que requieran de un análisis detallado para realizar los trabajos de reparación y/o demolición de elementos.

Se observa la manifestación de esfuerzos en la estructura que impliquen la demolición de elementos

Actividad 2

Se determina que se haya detectado que las fallas observadas representan riesgos mayores y que estas observaciones conduzcan a una solución extrema como la demolición de algún elemento o elementos es necesario realizar los análisis

estructurales pertinentes y las pruebas necesarias, detallando las recomendaciones pertinentes, ofreciendo la técnica más apropiada para la reparación de la estructura, detalles constructivos de reparación, especificaciones, cantidades de obra y costo estimado. Incluyendo de ser el caso, el método más apropiado para la demolición de la estructura, con la posibilidad de reutilizar alguna o algunas de las partes de la estructura, describiendo detalladamente el procedimiento y las precauciones necesarias para su ejecución.

Para el desarrollo de esta actividad es recomendable la utilización de los planos de construcción y de toda la información relevante a la que se tenga acceso.

1.2 EVALUACIÓN.

Una forma de establecer valores de las condiciones de falla en los elementos de un elemento, es la de asignar un rango numérico que permita evaluar en forma relativamente rápida las diferentes fallas observadas un ejemplo de este rango de valores se describe en la tabla H

Tabla H

RANGO	DEFINICIÓN
D	Desconocido Se aplica cuando la información necesaria para la inspección de ciertos elementos no se tiene disponible (por ejemplo cimentaciones bajo el suelo) En este caso deben ser expuestos para poder evaluarlos
N/A	No aplicable Se aplica en elementos incluidos en la forma de inspección y que corresponden a otro tipo de estructura y no a la evaluada en ese momento
7	Nuevo o parecido a nuevo en condiciones, no se presentan signos de esfuerzos o deterioro No es necesario ningún tipo de reparación
6	Buenas condiciones de trabajo (estructuras de obra)

Funciona de acuerdo al diseño	Deterioro insignificante o esfuerzos que no han reducido la capacidad de los elementos.
Adecuaciones mínimas.	Requiere una inmediata reparación del elemento afectado, para mantener su capacidad de carga de diseño.
Mal funcionamiento con respecto al diseño original.	Deterioro serio
Estructuración inadecuada;	para las condiciones de trabajo.
Peligroso.	Peligro inminente de colapso o colapsado.

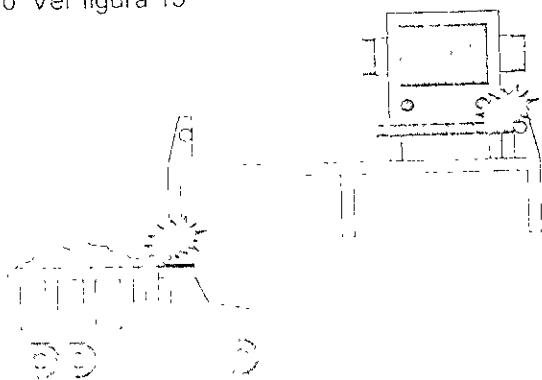
TIPOS Y ANALISIS DE FALLAS

de acuerdo a una inspección realizada en un gran número de los puentes más importantes de la Ciudad de México, se pudo observar dos grupos de fallas: las fallas estructurales y las fallas no estructurales

1. FALLAS NO ESTRUCTURALES.

de este grupo, se pueden mencionar las siguientes .

daños en el parapeto de protección originados por golpes de vehículos
daños en el recubrimiento y acero inferior en trabes generalmente localizadas en puentes del tipo deprimido causados por golpes de vehículos que exceden la altura permitida, o bien que tienen su origen debido a hundimientos regionales que afectan localmente al puente repercutiendo en una disminución del gálibo (altura máxima) de diseño Ver figura 13



Daños en las juntas de dilatación. Son consecuencia de la falta de mantenimiento y a una mala elección de diseño. Este tipo de falla se presenta casi en la totalidad de los puentes y son debidas a la fatiga de los materiales de la junta, falta de mantenimiento, presencia de materiales extraños que se acumulan con frecuencia en los materiales elásticos de la junta.

Humedad en el concreto. Se presenta alrededor de los drenes que desalojan las aguas pluviales.

Crecimiento de vegetación. Se presenta generalmente en las juntas de los puentes y tiene su origen por la falta de mantenimiento.

Daños en las estructuras de aproximación como terraplenes, aireplenes, aireplén-terraplén, y son generalmente originadas por la consolidación de los materiales del terraplén y hundimientos diferenciales por cambios de estructuración.

En cuando estos casos no son dañinos en un periodo corto de tiempo, deben ser atendidos para evita daños estructurales de consideración como consecuencia de la falta de mantenimiento. Algunas de las acciones preventivas para disminuir el riesgo de fallas por la falta de mantenimiento que generen un daño estructural son:

Riego de sello en el pavimento - Si de acuerdo a la revisión, la superficie de pavimento de mezcla asfáltica ha perdido sus características de uniformidad y adherencia, o presenta grietas, deberá aplicarse un riego de sello a base de material asfáltico líquido con objeto de impermeabilizarla, estabilizarla o mejorar su adherencia. Este sello en la mayoría de los casos es a base de un slurry o bien de un asfalto de graduación abierta de 3 a 5 mm de espesor.

Dosazolve de drenajes - Esta actividad debe realizarse anualmente antes del inicio de la temporada de lluvias durante y después de la misma, para evitar la acumulación de materiales extraños que puedan azolver los drenajes y provocar escorrentías no deseables en algunas zonas.

Limpiezas de juntas constructivas.- Deberá procurarse su limpieza dos veces por año, una antes de iniciarse la temporada de lluvias y la otra a la terminación de la misma con objeto de conservarlas libres de basura y tierra que impidan su correcto funcionamiento y causen daño a las estructuras, verificando que los elementos que forman la junta constructiva se encuentren en buen estado, y que los materiales de deshecho no se acumulen en las partes bajas (caballetes, traveses, muros, cabezales) para evitar que la humedad dañe a los elementos de concreto y acero.

Limpieza de articulaciones.- En todos los casos la limpieza de articulaciones debe realizarse mínimo una vez al año antes de la temporada de lluvias, retirando el polvo y basura acumulada en las articulaciones, engrasando la tornillería para evitar su oxidación, quitando el exceso de grasa con estopa y aplicando una mano de diesel sobre la superficie limpia. En caso de que los elementos metálicos presenten oxidación, éste deberá ser retirado con lija de esmeril hasta retirar todo el óxido y pintura suelta, aplicando posteriormente grasa y pintura anticorrosiva, sustituyendo la tornillería que presente un estado avanzado de oxidación o degollados. Las uniones con soldadura, deberán ser revisadas minuciosamente, así como la pintura en general y en caso de presentar daños deberán ser reparados

Limpieza general - Dentro de estos trabajos, deberá incluirse el retiro de todo tipo de vegetación que afecte el buen aspecto de los puentes y que a la larga pueda causar daños a sus diversos elementos

2.2 FALLAS ESTRUCTURALES

Los tipos de fallas que se presentan en este tipo de estructuras dependen del tipo de estructuración y de los materiales que lo forman por lo que es importante conocer los aspectos para determinar el tipo de falla y su importancia respecto a su posición en la estructura de un puente (5)

Los distintos tipos de puentes las vigas principales cuyo objeto principal es el de

trada, en cajón, armaduras, cables colgantes, etc. de acero fabricadas con perfiles comerciales o con placas y de concreto armado común o presforzado. La estructura de puente, sobre todo si es metálico, requiere de un contraventeo longitudinal, y transversal para soportar las fuerzas laterales producidas por viento, vibraciones, impacto, frenaje, etc. Mediante el concreto presforzado se puede aumentar el claro máximo empleado en elementos de concreto reforzado.

Como puede observarse los componentes de un puente son variados y dependen de la estructuración del diseño, así mismo los materiales empleados en su construcción varían substancialmente por lo que no pueden establecerse reglas generales para prevenir una falla. En el presente trabajo se analizarán por separado las principales fallas estructurales que se presentan en los elementos de un puente de acuerdo a tres temas de construcción básicos.

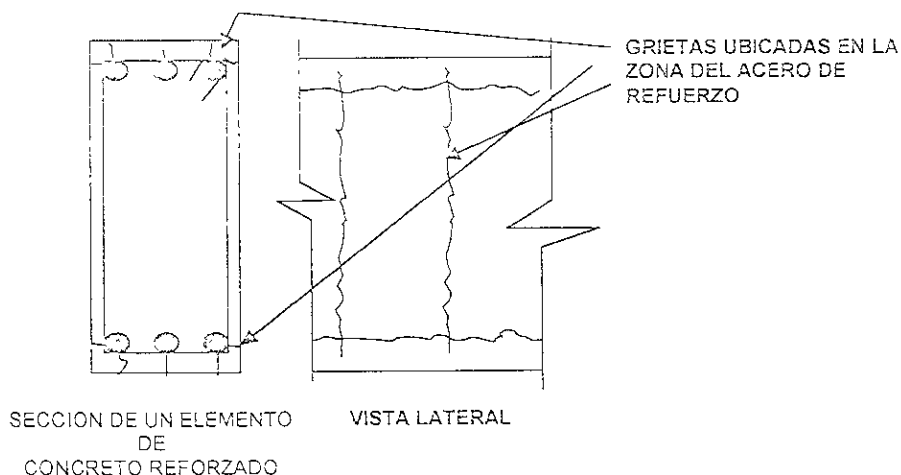
- a) En elementos de concreto reforzado,
- b) En elementos de concreto presforzado y postensado, y
- c) En elementos de acero.

1.2.2.1 EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO.

Las principales fallas que se presentan son

- **Agrietamiento:** Pueden ser de varios tipos y tener su origen debido a varias razones como: el encogimiento plástico, la contracción durante el secado, los asentamientos de la cimentación, las deficiencias en el diseño estructural, la reacción química de los agregados, la corrosión del acero de refuerzo, las variaciones de la temperatura, el ataque de sulfatos, etc. Son las fallas o daños más comunes en puentes donde el concreto forma parte de algún elemento y no siempre son inducidos por la carga(4). Sin embargo, puede ser un parámetro de fallas estructurales más serias, y la manifestación de zonas de tensión (3)

Un ejemplo de grietas debidas a la falta de un adecuado recubrimiento del acero de refuerzo se muestra en la figura 14



Las causas de las condiciones para que se presenten agrietamientos en los diferentes elementos de concreto son las siguientes

1. **Por encogimiento plástico.** Ocurre durante el fraguado del concreto, las grietas son causadas por un secado rápido y una pérdida de agua. Originan la desintegración del concreto de recubrimiento y la consecuente exposición del acero de refuerzo y su posterior oxidación.

2. **Las grietas debidas a variaciones de temperatura.** Ocurren dentro de las primeras semanas después de colado el elemento.

3. **Las grietas por encogimiento durante el secado.** Generalmente se presentan en muros y losas tomando semanas o incluso años en desarrollarse debido a la pérdida en la relación agua cemento y la falta de curado.

4. **Las grietas por corrosión del acero de refuerzo.** Toman varios meses o inclusive años en desarrollarse y lleva al deterioro acelerado del concreto.

La reacción alcalina de los agregados. Puede ser la causa de agrietamientos excesivos a causa de la actuación interna de fuerzas debidas a la reacción expansiva de los agregados.

Las grietas debidas al ataque de sulfatos. Toman de varios meses a años en desarrollarse a causa de sales de sulfato que reaccionan en ambientes húmedos y el cemento creando fuerzas expansivas a causa de la formación de cristales de sulfato de aluminio de gran volumen.

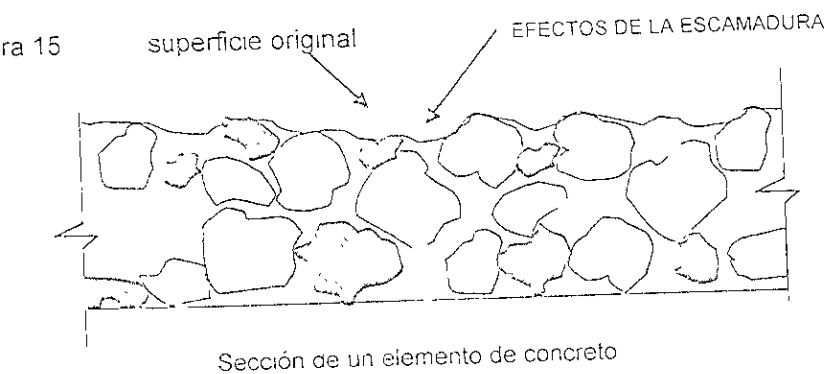
La importancia de las grietas depende del tipo de estructura, su localización, y su origen. El ancho de la grieta, así como su longitud aumentan generalmente con el tiempo y por la carga a la que son sometidos los diferentes elementos.

Criterio de selección de grietas.- La gravedad de la grieta estará en función de su localización, profundidad etc. una grieta puede ser considerada peligrosa, cuando el ancho de la sección que contiene a la grieta, abarca un quinto del área o más. es decir, cuando se disminuye la sección en un 20% como mínimo. lo que impide la transmisión directa de esfuerzos. en segundo lugar, la grieta tiene una longitud igual al 70% o más de peralte lo que indica que la grieta atraviesa y cuando la grieta tiene más de 100 mm. permite el paso de la humedad dentro del elemento del puente originando problemas de oxidación que es crítico en puentes con piezas postensadas y con grietas a 45 grados sobre todo en las zonas de apoyos. Las grietas más comunes que se presentan en las trabes son las causadas por la tensión diagonal en los $\frac{1}{4}$ de los claros y por tensión a los $\frac{1}{2}$ de los claros

El reglamento americano A C I (American Concret Institute) es más estricto y recomienda la siguiente tabla, tanto para dar continuidad al elemento como para protegerlo de ambientes nocivos

ELEMENTO	ESPEJOR DE GRIETA (cm)
estructura en atmósferas secas de cemento a cubierto	0.041
estructuras expuestas a la intemperie	0.031
estructuras expuestas a atmósferas salinas.	0.018
estructuras expuestas en regiones frías.	0.015
estructuras en tanque de agua, etc.	0.01

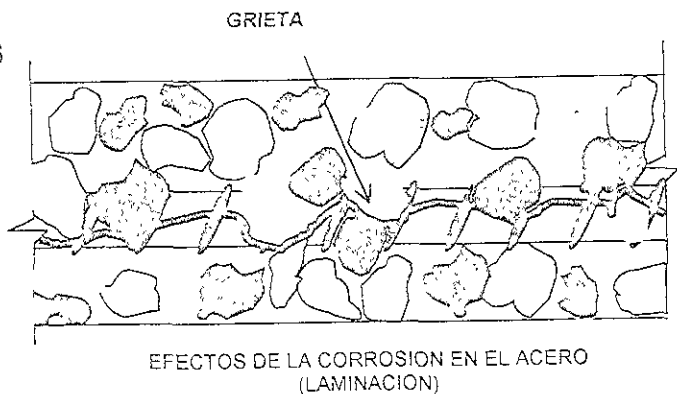
Escamadura: Es la división en hojuelas de la superficie de los elementos de concreto. Es un proceso continuo que expone las partículas del agregado grueso y eventualmente provoca su aflojamiento y su desprendimiento. Se observa este daño, normalmente en zonas expuestas a cambios bruscos de temperatura. Ver figura 15.



Laminación: Es la separación del concreto en capas a lo largo de un plano paralelo a la superficie del elemento. Puede ser causada por la corrosión del acero de refuerzo. La superficie de los elementos de concreto y las aristas vivas son

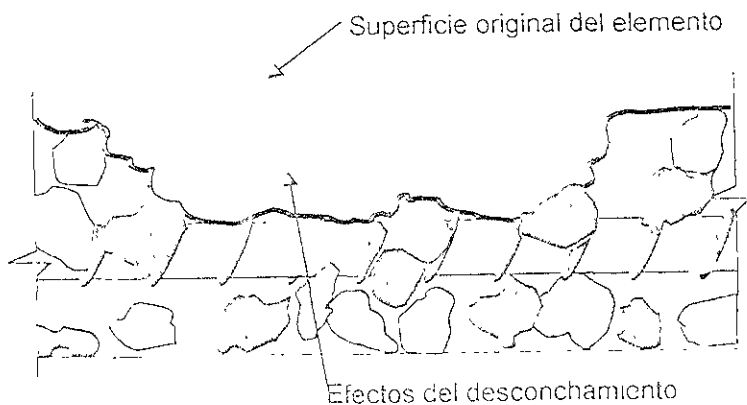
icularmente las zonas más susceptibles a la laminación. Puede causar la pérdida de recubrimiento del acero y finalmente su oxidación. Ver figura 16

ra 16



Desconchamiento: Es una depresión causada por la separación y desintegración de los componentes del concreto. Puede ser un defecto serio ya que puede ser la causa de un debilitado local y la exposición del acero de refuerzo. Puede dañar también la calidad del acabado y con el tiempo puede ser la causa de falla estructural. Ver figura 17

ra 17



Salitre: El contenido de sal en ambientes húmedos puede provocar la acumulación de sales (de color blanco) en la superficie del concreto. Estas pueden ser

servadas bajo las cubiertas de concreto y a lo largo de las grietas en las caras
 cales del muro estribo, en las paredes de traves tipo cajón, aleros, etc (ver figura
 La presencia de estas sales indica porosidad y grietas en el concreto. Se forma
 la reacción del dióxido de carbono atmosférico con el cemento hidratado.

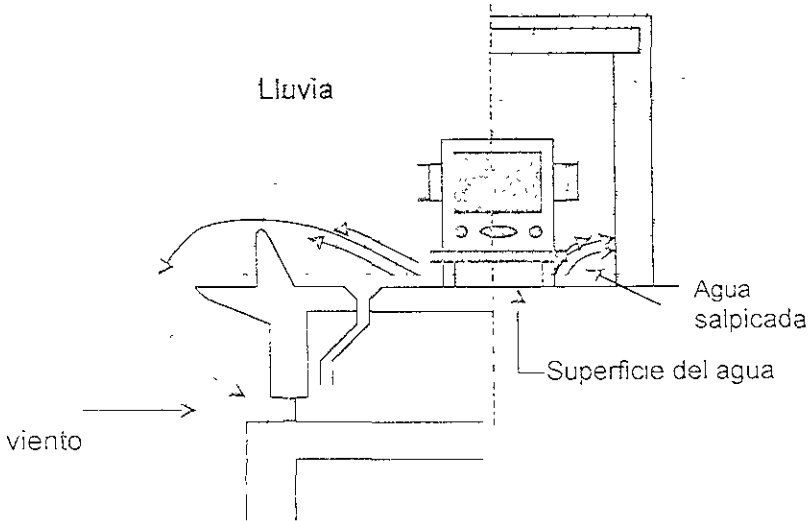
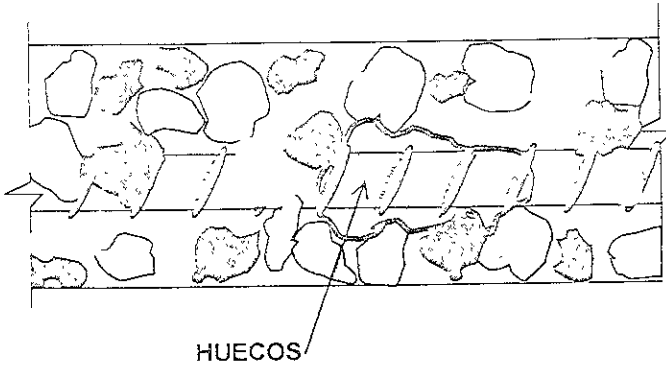


Figura 18 Problemas con cloruro en la losa de un puente, debido al salpicado de los vehículos

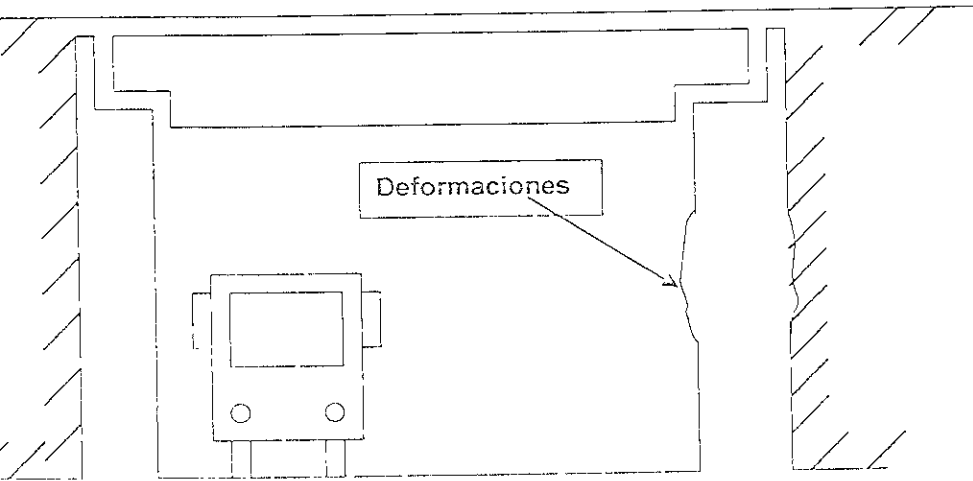
- Manchas: Las manchas más comunes son las debidas al óxido. E indican la
 presencia de corrosión

- Huecos: Es posible identificarlos, si al golpear la superficie de concreto se obtiene
 sonido hueco que indica la existencia de un hueco, una cavidad y/o laminación y
 pueden tener su origen en una falta de vibrado, o a deficiencias durante la
 construcción. Ver figura 19

ra 19



Deformaciones: Son una hinchazón o expansión del concreto y es usualmente la consecuencia de la presencia de materiales reactivos o la falla a compresión del concreto. Ver figura 20



ura 20

- **Deflexión excesiva:** Podría ser debido a la carencia de capacidad estructural de la superestructura, cargas anormales, o bien defectos durante la construcción de los elementos. Ver figura 21

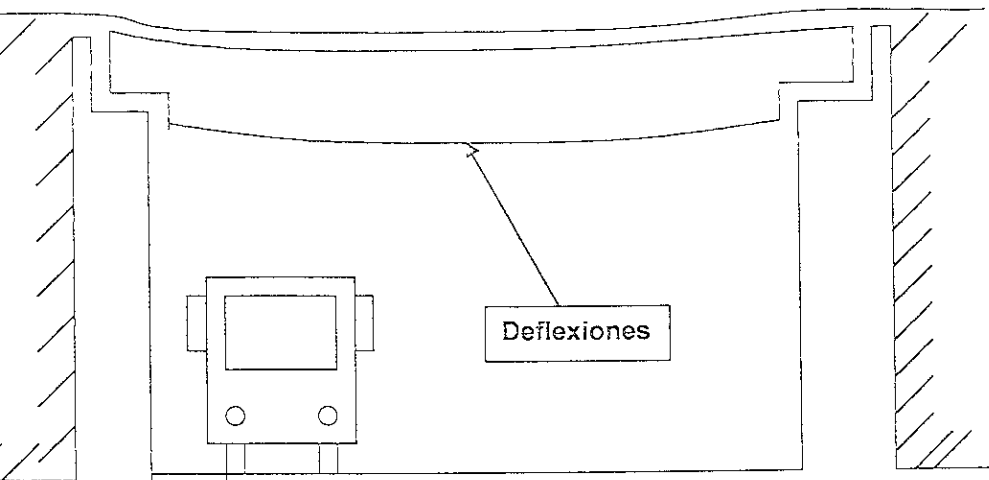


Figura 21

2.2.2 EN ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO Y POSTENSADO.

En este tipo de elementos, se presentan invariablemente los mismos daños mencionados para el caso de los elementos de concreto reforzado, sin embargo algunos por sus efectos en los elementos presforzados y postensados son de una importancia especial (1), por lo que en este capítulo se abundará en algunas de las fallas y en sus efectos sobre estos elementos

Grietamiento.- Como en el concreto reforzado convencional, el concreto presforzado o postensado, es susceptible a agrietarse. Estos agrietamientos pueden ser resultado de muchas de las condiciones anteriormente descritas para un concreto convencional (3). Las principales causas de grietas estructurales en este tipo de elementos pueden deberse además a lo siguiente

- Momentos inadecuados y disminución de capacidad
- Incorrecta asignación para resistir fuerzas térmicas
- Incorrecta asignación de esfuerzos para tensiones curvas

Técnicas deficientes de construcción

Deficientes tolerancias requeridas para la localización de tendones o torones.

Uso de materiales de baja calidad y resistencia

En la figura 22 se puede apreciar una de las zonas en las que más comúnmente se presentan los agrietamientos en elementos estructurales postensados o pretensados.

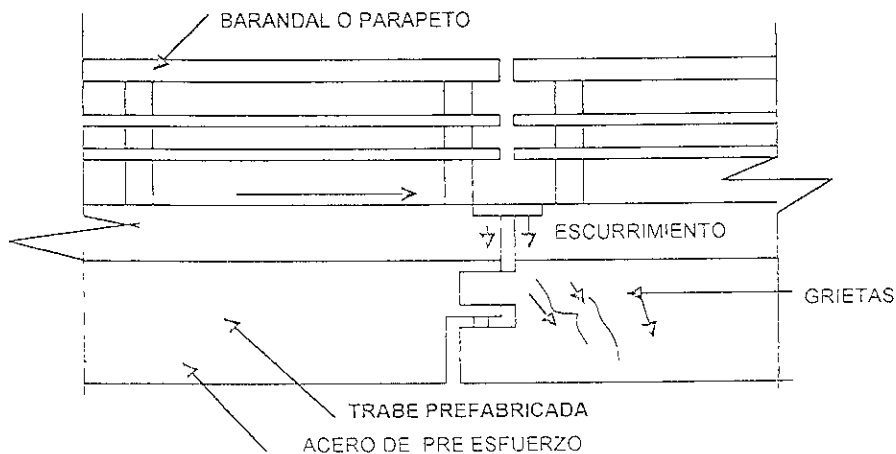


Figura 22

El impacto que estos agrietamientos tienen en la estructura es variado. Algunas grietas pueden ser más severas que otras. Debido a que los fenómenos de encogimiento y deslizamiento son naturales, es imposible eliminar completamente los agrietamientos. Sin embargo, algunos de los agrietamientos descritos anteriormente casi siempre pueden ser limitados durante el diseño y la construcción.

Otras formas de corrosión en el concreto que pueden afectar el funcionamiento de la estructura son:

Descascaramiento y bolsas de aire. Son resultado de deficientes métodos de construcción.

Afloramientos resultado de presiones internas.

depósitos superficiales.

desgaste debido al tráfico.

corrosión.

ataque químico. Es resultado de factores ambientales. El concreto pretensado sufre también la reacción catódica. Esta puede ocasionar daños al acero de refuerzo y al concreto circundante.

Deterioro del acero de preesfuerzo.- Como se mencionó anteriormente, el acero de preesfuerzo está sometido a la acción catódica igual que el acero de refuerzo. La principal diferencia física entre el deterioro de las varillas de acero de refuerzo convencionales y el acero de preesfuerzo es que este último está sujeto a grandes esfuerzos y es más susceptible a la corrosión comparativamente con el acero de refuerzo convencional (6). La principal diferencia entre ambos es que las secuencias de un deterioro excesivo en los tendones del acero de preesfuerzo pueden ser más graves.

La corrosión de los componentes de acero de un elemento pretensado puede ser agravada por la existencia de grietas, que permiten la introducción de agua, cloruros y otros materiales dañinos que penetran la superficie del concreto y consecuentemente llegan en contacto con el acero.

Una fuente de deterioro es el frecuente escurrimiento en las juntas del puente. Esto es de particular interés en los extremos de vigas de concreto pretensado que pueden ser esencialmente afectadas. Cuando el agua penetra por estos extremos, generalmente se mueve a lo largo de los ductos dañando el acero de preesfuerzo y el acero circundante lo que puede llevar a un mal funcionamiento que puede acelerar el proceso de deterioro.

2.2.3 EN ELEMENTOS DE ACERO.

Los principales daños en los elementos de acero son los debidos a los siguientes factores

Corrosión.- Tiene lugar debido a la solución o a otra reacción de la superficie de un componente con su medio ambiente. Como la corrosión del acero de refuerzo en el concreto, la corrosión en el acero es un proceso electroquímico, en la cual el metal entra en solución, es decir, se corroe en el ánodo. Para que el proceso continúe, los electrones que quedaron en el sólido en el punto de solución deben migrar a través de la estructura y consumirse en el cátodo. La reacción más común, que se observa en la oxidación del hierro, es la reacción con agua y oxígeno para producir iones hidroxilo. En muchos casos una pieza fallará debido al efecto combinado de diversos factores. La identificación puede realizarse de muchas formas, pero todas ellas se encuentran estrechamente relacionadas de alguna manera

Corrosión con esfuerzo.- Es la rotura originada por la combinación de efectos de tensiones intensivas y corrosión específica que actúa en el entorno del metal. Generalmente está acompañada de una fractura inter granular en la cual el material no muestra ductilidad aun cuando los resultados del ensayo de tracción puedan indicar una alta capacidad de alargamiento plástico para el material

Corrosión con fatiga.- Las picaduras causadas por la corrosión producen una concentración del esfuerzo en la superficie las cuales se propagan fácilmente como una grieta bajo un esfuerzo cíclico. Este tipo de corrosión es muy destructivo si provoca perforación del metal, el número y la profundidad de los agujeros puede variar por eso la picadura puede ser difícil de evaluar pudiendo ocasionar fallos inesperados

Corrosión por grietas.- Puede presentarse en hendiduras y bajo superficies protegidas debido a poder existir soluciones estancadas más frecuente bajo juntas

achos, pernos, tornillos, bajo depósitos porosos y en muchos lugares similares. Para que ocurra este tipo de corrosión, la grieta ha de ser lo suficientemente ancha para permitir que se introduzca líquido, pero a la vez lo bastante estrecha para mantener estancado el líquido

Corrosión con erosión.- Es una manifestación normal de los efectos de la velocidad de un líquido. Sin embargo, toda la erosión no necesariamente se debe a altas velocidades del líquido. Se sabe que una acción de goteo puede "cavar un hueco".

Corrosión atmosférica.- A diferencia de la corrosión en la que un electrolito líquido es la parte integrante de los mecanismos de corrosión, los metales y las aleaciones también reaccionan con el aire para formar óxidos externos

ALTERNATIVAS DE REPARACION

Antes de cualquier reparación, debe ser considerado un diagnóstico detallado de los daños. Una vez que se han establecido las causas y evaluado el objetivo deberá entonces decidirse en el tipo de reparación que deseamos realizar (5)

Se puede considerar apropiada una demolición, si por ejemplo:

- a) La estructura ha dejado de ser necesaria (lo que es improbable en un puente),
- b) La estructura tiene defectos técnicos serios más allá de una reparación económica,
- c) Existen inconvenientes financieros o influencias políticas para toma de acción preventiva

De acuerdo con lo anterior si la reparación es llevada a cabo, la reparación, y el sistema de protección empleado deben cumplir con lo siguiente

- a) Restaurar la durabilidad

- b) Restaurar la integridad estructural y el comportamiento del resto de la estructura:
- c) Proporcionar una protección agradable y un terminado estético. Considerando que en los métodos para reparación, el primer principio debe ser tal que la reparación de los elementos sea lo más física y químicamente parecida al concreto.

el procedimiento deben ser cuidadosamente examinados:

- Los esfuerzos mecánicos;
- La Protección del acero de refuerzo;
- La adherencia entre la reparación y el concreto original;
- La buena unión entre la reparación y el concreto original,
- La contracción,
- El movimiento térmico,
- La durabilidad,
- La facilidad de aplicación y
- El costo

1.3.1 EN ELEMENTOS DE CONCRETO REFORZADO.

Las categorías de reparación (8) del concreto reforzado incluyen

-) La preparación de la superficie
-) La aplicación de morteros y concretos a mano.
-) El lanzado de concretos y morteros;
-) La reparación de grietas.
-) La rehabilitación, y
-) La impermeabilización

. - Preparación de la superficie.- Independientemente del método de reparación utilizado la preparación de la superficie es de gran importancia para alcanzar una

reparación homogénea con buenas características de unión. El primer paso consiste en eliminar mecánicamente toda materia extraña y concreto suelto identificando las zonas de concreto dañado. Siempre que sea posible, el concreto debe ser removido hasta exponer el diámetro del acero de refuerzo extendiendo la demolición por lo menos 5 cm más allá del punto de corrosión visible procurando definir perfectamente las áreas dañadas mediante el empleo de cortadoras de disco. El acero expuesto debe ser limpiado eliminando impurezas y óxido. El método más efectivo es el chorro de arena. Si la corrosión es considerable o muy severa, de tal manera que necesite un recambio o refuerzo, se debe evaluar el área y la longitud de la reparación requerida considerando las cargas y la capacidad de distribución de cargas de la estructura. Para el acero una reducción del 10% en el diámetro es normalmente considerada como límite de aceptación.

Aplicación de morteros y concretos a mano. El siguiente paso es proteger el refuerzo. El material elegido debe preferentemente ser altamente alcalino, denso, rico en cemento, con adición de un polímero de dispersión e inhibidores de corrosión. Este tipo de tratamiento acelera la pasivación de la superficie del acero y actúa como una barrera a los agentes corrosivos como el agua, oxígeno y la migración de iones de cloro si están presentes en el concreto.

Lanzado de concretos y morteros.- El concreto y mortero lanzados son una mezcla de cemento, agregados y agua con adición de fibras y/o mezclas lanzadas a alta velocidad en el lugar de aplicación, produciendo una masa densa y homogénea. Este sistema de reparación, es particularmente útil en zonas de trabajo extensas (como taludes de terraplenes, muros de contención, etc.) Durante su colocación este procedimiento permite la inclusión de polímeros para enriquecer la mezcla de acuerdo a los requerimientos específicos de la obra.

Reparación de grietas.- Las grietas delgadas o no estructurales son reparadas con lechadas epóxicas de baja viscosidad mediante técnicas de inyección por

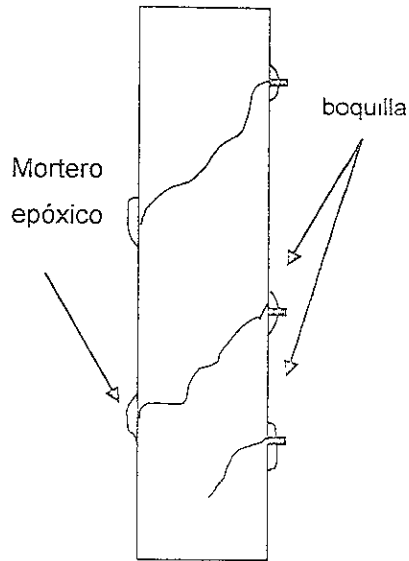
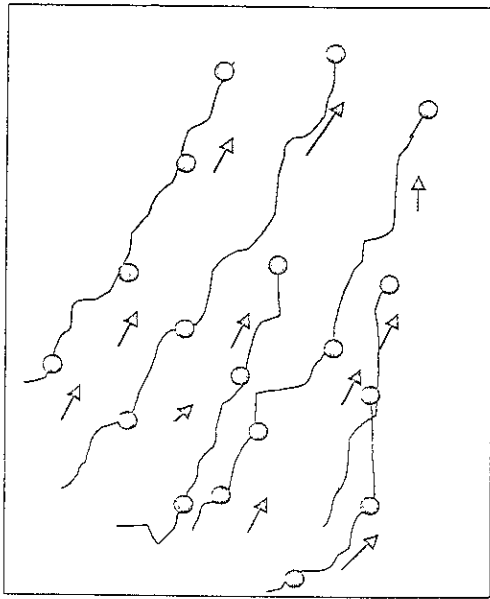
vedad o métodos de presión de vacío. El método consiste en limpiar las grietas eliminando de polvo e impurezas el interior y sus bordes mediante aire a gran presión y cepillo de alambre. Posteriormente se aplica un emplastecido con mortero epóxico, para garantizar el completo sellado de las grietas. Durante el emplastecido, se dejan preparaciones para la colocación de las boquillas de inyección, con una separación de acuerdo al grosor y profundidad de las grietas.

Cuando la grieta tiene bifurcaciones se coloca una boquilla en cada punto de ramificación de las grietas. Cuando la grieta abarca todo el ancho de la pared de un elemento estructural, es recomendable colocar las boquillas en el paramento exterior, cuando con un emplastecido epóxico la cara interior; cuando ambos lados de las grietas del elemento sean accesibles (ver figura 23). La inyección de la resina se hará produciéndola a una presión inicial de 2 kg/cm^2 como mínimo a través de las boquillas.

Cuando se inyecten grietas en superficies verticales, se deberá iniciar la inyección por la boquilla más baja y continuar en forma ascendente hasta que empieza a rebosar la resina por la boquilla inmediata superior, que actúa como rebosadero y purgador de la grieta, a continuación se procede a desmontar el inyector, taponando la boquilla recién inyectada, y colocándolo en la boquilla inmediata superior, repitiendo el proceso hasta el llenado total de la grieta, para asegurar que el llenado de la grieta sea completo, se deberá incrementar la presión de inyección hasta llegar a 4 Kg/cm^2 al pasar a la última boquilla.

Una vez terminada y endurecida la inyección se procede a retirar la capa o costra formada por el sellado de la grieta, procurando obtener nuevamente el acabado existente en el elemento estructural reparado, así como el color y textura original.

Las características mecánicas mínimas de la resina epóxica una vez endurecida para aplicación en este tipo de inyección deberá ser de 600 kg/cm^2 a la compresión y de 10 kg/cm^2 a la tensión, con un fraguado inicial normal de 45 minutos y deberá alcanzar su resistencia máxima en un tiempo no mayor de 36 horas.



o de grietas

echas indican el sentido ascendentes de
sección, los puntos negros indican la posi-
de las boquillas

sección

Rehabilitación.- Un principio básico para la rehabilitación de estructuras de concreto reforzado es que la reparación de sus elementos, debe estar ligada tanto o sea posible a sus características físicas (como: módulo de young, coeficiente de expansión, fuerzas en el concreto) Asegurando que las propiedades de trabajo antes después de la reparación sean similares.

materiales de reparación (3) son englobados en cuatro tipos

base cemento

base resinas

base cemento modificado con resinas y
cemento puzolanico modificado

Materiales base cemento.- Son una gran variedad de cementos, portland normal, portland de endurecimiento rápido y portland resistente a los sulfatos, con ellos se pueden producir lechadas para el relleno de grietas y con adición de agregados porteros para reparación. Cuando estos materiales sean utilizados, es importante asegurarse que los agregados sean lo más similares posible a los empleados en el concreto a reparar y que el curado de la reparación sea cuidadoso para evitar movimientos durante el secado. Ya que estos movimientos inducirían fuerzas portantes en la unión. lo que podría llevar al desprendimiento. Para disminuir estos riesgos, es posible mejorar el material de reparación utilizando aditivos químicos. Estos aditivos son normalmente empleados cuando por las características del trabajo requiere:

- Aumentar la densidad y/o trabajabilidad (así como la capacidad permeable de la mezcla);
- Acelerar el endurecimiento;
- Aumentar en forma importante la trabajabilidad (adicionando gran plasticidad para secciones delgadas de trabajos de reparación).

Materiales base resinas

resinas de poliéster - Son usualmente aplicadas como aditivos o formando morteros. En general tienen una buena adherencia y un rápido curado en concreto seco, sin embargo su colocación es deficientemente bajo condiciones húmedas o mojadas. Su aplicación en capas gruesas no es recomendada debido a la posibilidad de movimiento durante el curado. Debido a que los sistemas a partir de resinas de poliéster son exotérmicos, esto puede verse reflejado en movimientos térmicos portantes, induciendo esfuerzos internos importantes

Resinas epóxicas - Son compuestos orgánicos que tienen propiedades mecánicas excelentes como son: resistencia a la compresión, tensión, fuerza cortante, impacto, tracción, etc., y su gran velocidad para adquirir resistencia, así como la adherencia a otros materiales y resistencia a productos químicos. Las resinas epóxicas pueden ser utilizadas en estructuras que han sufrido una sobrecarga accidental de poca duración que deja a la estructura fisurada, como pudiera ser un sismo, explosión, sobrecarga accidental, impacto, etc.

Algunas de las propiedades físicas que deben cumplir las resinas epóxicas requeridas son:

Resistencia a la tensión.- Varía según el tipo de resina, formulación y temperatura obteniéndose valores entre 100 y 400 kg/cm²

Resistencia a la compresión.- Varía según la formulación y tiene como límites de 500 a 2100 Kg/cm²

Viscosidad de la formulación.- Varía mucho según su uso y puede ser de 250 a 5000 c.p a 25 grados centígrados.

Adherencia al soporte - Es muy grande debido al carácter polar de la resina, sobrepasa la resistencia a la tensión.

Velocidad de endurecido - Esta propiedad dependerá de la formulación y de los agentes externos como es la temperatura o acelerantes puede variar de 3 minutos a 12 horas, obteniendo su máxima resistencia entre los 3 y 8 días.

Retracción.- Es muy pequeña por lo que se considera despreciable, es bastante más pequeña que la del concreto

Resistencia al impacto.- Es muy grande, por lo que es ideal para condiciones duras de trabajo, con cargas.

Modulo de elasticidad - Usualmente varia de 15,000 a 170,000 kg/cm², con carga

Deformación de ruptura.- Varía de 1 al 15% sin aditivos

Resistencia a la abrasion y el desgaste - Es muy grande, siendo muy superior a la del mejor concreto

Materiales base cemento modificado con resinas.

Los polímeros dispersos en un ambiente de cementación son una serie discreta de esferas de plástico en una solución de agua. Las esferas pueden entrar en una gran variedad de grados diferentes de endurecido y plasticidad que imparten propiedades a la pasta modificada. Como el cemento, estas esferas pueden ser muy pequeñas, del orden de $0.1 \mu\text{m}$ de diámetro. Una vez en la mezcla de cemento se unen físicamente para formar películas termoplásticas delgadas. Como las partículas son tan pequeñas permiten taponar los poros y vasos capilares. Con base en lo anterior se puede explicar porque las dispersiones de polímeros pueden mejorar los resultados de las mezclas de cemento, obteniendo de esta forma las siguientes características:

Aumentan la adherencia. La introducción de esferas de plástico "pegajosas" hace al cemento más adhesivo y cohesivo.

Aumentan la resistencia a la flexión. Actúa como refuerzo por su plasticidad y elasticidad permitiendo aumentar la resistencia a la flexión.

Aumentan la resistencia a la abrasión. Una superficie rica en polímeros, tiene esencialmente una capa de plástico que permite mejorar la resistencia a la abrasión.

Reducen la contracción. Las esferas del polímero son tan pequeñas que pueden sellar poros y capilares. Por consiguiente previenen la pérdida de agua, reduciendo de esta forma la contracción.

Mejoran la resistencia a los químicos. La capa de plástico formada en la superficie tiene una mayor y muy buena resistencia al ataque de químicos que un cemento no modificado.

Reducen la permeabilidad. Actúa de igual forma que en el inciso d), bloqueando los poros y reduciendo la permeabilidad.

- Impermeabilización.- La impermeabilización de las superficies de concreto contribuye a prevenir el deterioro de los elementos de un puente al evitar el ingreso de

daños que pueden alterar, modificar y dañar las características físicas y químicas del concreto y el acero por lo que para tal fin existen algunos métodos de impermeabilización como son:

Bloqueadores de superficie.- Generalmente caen en los siguientes grupos.

Superficies de impregnación repelentes al agua.

Endurecedores de superficie y selladores de poro.

Membranas de polímeros elastoméricos especiales.

Superficies de impregnación repelentes al agua. Incluyen: Resinas de silicón y silanos. Después de la impregnación con una de estas sustancias, el fluido aplicado se evapora formándose una capa hidrófoba en los poros y capilares que ejerce una acción repelente al agua. El silano, es más eficiente ya que tiene un mejor comportamiento con los componentes del cemento.

Superficies endurecidas y bloqueadores de poro Están basados en calcio, sodio y potasio. Cuando son usados en solución sobre una superficie húmeda, reaccionan con el hidróxido de calcio creado por la hidratación del cemento Portland, formando hidratos estables de silicato insolubles que incrementan la densidad de la superficie del concreto de la estructura Retardando la penetración de agua y el ingreso de iones de cloro de fuentes externas.

Membranas de polímeros elastoméricos especiales. Deben cumplir con las siguientes características técnicas para proteger al concreto.

Debe permanecer elastomérica en las grietas de puentes y compensar el movimiento normal de la estructura.

Debe tener alta resistencia de difusión contra el dióxido de carbono y gases de dióxido de sulfuro, así esta membrana actuará como una barrera para disminuir o retrasar la carbonización o sulfatación del concreto

Ser a prueba de agua para controlar la entrada de agua en concreto y prevenir la entrada de oxígeno necesario para la reacción de corrosión.

Su permeabilidad al vapor de agua debe ser tal que permita la libre transferencia de vapor de agua fuera de la estructura.

Debe resistir la degradación por luz ultravioleta.

Debe ser resistente a la abrasión.

En caso de que sea necesario un mantenimiento futuro debe ser fácilmente reparable.

Tener valor estético, por ejemplo: permanecer limpio con una baja retención de impurezas y ser atractivo en textura y color

Tener alta resistencia a la difusión de iones de cloro de orígenes externos.

En esta forma podemos concluir que un buen material de reparación, debe ser aquel que combine de mejor manera las siguientes propiedades:

Mejorar las condiciones mecánicas lo más cercano posible al material original

Buena adherencia en condiciones secas, húmedas o mojadas.

Baja contracción (durante el curado y a largo plazo)

Siempre no siempre es posible cumplir con estos criterios por lo que cada situación dará lugar a la selección de los materiales de entre los tres grupos básicos para la solución del problema

3.2 EN ELEMENTOS DE CONCRETO PRESFORZADO Y POSTENSADO.

Los siguientes métodos de reparación son aplicables tanto a elementos de concreto presforzado como postensado, por lo que para efectos de economía me referiré indistintamente a uno o a otro

Corrosión en torones.- Cuando la corrosión de los torones es sospechada, existen métodos para determinar acertadamente las condiciones del acero de preesfuerzo. Un método es perforar huecos en el miembro e inspeccionar visualmente el acero (7). La localización de los huecos se determina por señales de los signos de deterioro como: manchas del óxido, Manchas mojadas, y resultados de prueba que indiquen un alto contenido de cloruro. Tales perforaciones sin embargo, podrían dañar el elemento y agravar el deterioro. A causa de este riesgo es importante que el proceso del perforado sea con el mayor cuidado. Quitando el concreto y exponiendo las hebras de acero, utilizando un martillo eléctrico. En estructuras postensadas se puede hacer un corazón hasta una profundidad aceptable, deteniendo la perforación a una distancia corta del ducto de los torones. El concreto restante puede ser eliminado mediante un martillo eléctrico y finalmente el torón puede ser inspeccionado

Existen además métodos que utilizan técnicas de ultrasonido, eléctricas y radiográficas para localizar posibles daños en el concreto o corrosión en el acero de preesfuerzo. Un candidato obvio para inspecciones regulares son las zonas de anclaje y los extremos de las vigas. Estas áreas son particularmente susceptibles a la filtración de humedad a través de las juntas y la intrusión del agua al anclaje llevando humedad a lo largo del torón debido a la acción capilar, acelerando el deterioro. Adicionalmente, las zonas de anclaje son susceptibles a agrietarse debido a los altos esfuerzos que se localizan en esta zona

Rehabilitación del concreto pretensado.- Existen varios pasos básicos para proteger y reparar una estructura de concreto pretensado. Un paso básico es asegurar un drenaje apropiado de la cubierta del puente y reparar o reemplazar las juntas de construcción (7)

Es inevitable que la estructura de los puentes, en un tiempo o en otro requieran rehabilitación, esta rehabilitación puede ser requerida debido a factores como los daños anteriormente descritos para el concreto convencional, o

Daños accidentales.

Los métodos para la rehabilitación de estructuras de concreto presforzado varían dependiendo de cual de los problemas está presente. Los daños accidentales, como el impacto de grandes camiones, son típicamente localizados en la parte inferior de los miembros y pueden ser reparados de forma sencilla. Algunos de los métodos básicos empleados para la reparación de daños más comunes, en elementos de concreto pretensado son:

Resanes.- Para pequeñas, áreas de deterioro, los resanes ofrecen un remedio rápido a bajo costo. En comparación con los resanes efectuados en elemento de concreto reforzado, el tamaño de los resanes en los de elementos de concreto presforzado es de gran importancia dado que una resane extensa puede tener consecuencias adversas en la resistencia de los miembros, cualquier resane significativo debe estar acompañada por un análisis estructural para determinar el impacto que tendrá el trabajo de reparación en el desempeño del elemento.

Esto tiene un particular interés cuando el resane esta localizado en un área que esta normalmente en compresión. Si tal situación ocurre, el miembro debe ser precargado anulando el efecto de la carga viva en la estructura. Esta carga debe ser mantenida hasta que el resane ha logrado su resistencia de diseño. Si esto no se hace aparecerán grietas, generalmente en la línea de unión entre el concreto existente y el resane debido a que el material del resane es generalmente de una resistencia mayor que la del concreto existente. Una deficiencia de este método, es que cuando las barras deterioradas han sufrido daños por corrosión debido a la intrusión de cloruro, los resanes pueden acelerar el deterioro.

El material para realizar el resane, tiene un contenido de cloruro- oxígeno diferente al área por resanar, puede causar la formación de celdas de la corrosión más fuertes. La solución a este problema es el empleo de materiales dieléctricos como un

terro polimérico. El proceso de aplicación de materiales para resanes en elementos de concreto presforzado es similar al desarrollado en elementos de concreto convencional. La principal diferencia, es que en los resanes de cubiertas de puentes de concreto convencional, es posible (y frecuentemente una necesidad económica) retirar de la reparación algunas secciones adyacentes de concreto que, aún no están contaminados, y son relativamente sanos. Esta misma filosofía no puede ser fácilmente aplicada a elementos de concreto pretensado.

La razón de esto es que es difícil determinar el comportamiento a futuro de los elementos de concreto pretensado una vez que se ha realizado el resane. En el más extremo y desfavorable escenario, la corrosión puede impactar seriamente el comportamiento estructural del puente. Se recomienda por lo tanto que cuando se realizan resanes, se supervise cuidadosamente la calidad de la reparación.

Confinamiento. Cuando las vigas de concreto pretensado han sido sujetas a impactos accidentales que causan la exposición de acero de preesfuerzo, una forma de reparación es el confinamiento de las áreas dañadas. Como un método alternativo, algunas veces se puede revestir el área dañada con concreto nuevo. Sin embargo esto es generalmente adverso

Inyección de grietas. Cuando las vigas son sujetas de una condición de sobrecarga que induce a agrietamientos, la inyección de resinas epóxicas es otro de los métodos de reparación adecuado (8)

Selladores. Son diseñados para prevenir la entrada de humedad al concreto. En este sentido, el sellado es el mejor de los métodos de mantenimiento preventivo, en lugar de la reparación directa. En ocasiones, se aplica un sellado en áreas ya agrietadas en un intento por retardar el deterioro

- **Refuerzo.** En algún momento puede ser necesario mejorar la resistencia de un elemento de concreto presforzado. El refuerzo de una viga presforzada se puede lograr utilizando una gran variedad de métodos, algunos de los más utilizados son.

Adición de un refuerzo externo.- La adición de un refuerzo externo, se construye utilizando placas de acero que se unen con epóxicos a la superficie de vigas que muestran señales de daño. Ver figura 24.

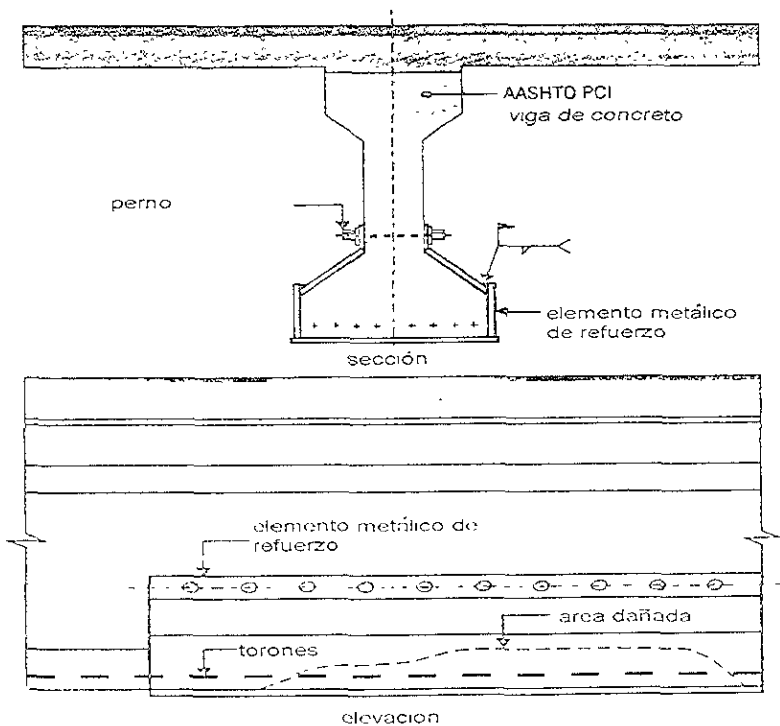


Figura 24

Reemplazando torones - No es un método común para puentes debido a que implica sacar de servicio la construcción y el acceso a los anclajes de los torones es complicado (1).

Agregando elementos postensados externos.- En este método se colocan adicionalmente elementos de concreto postensado en los elementos que se desea reparar. Posteriormente se aplica una fuerza de preesfuerzo a los torones contenidos en estos elementos para proveer la resistencia adicional que requiere el elemento reparado. Ver figura 25.

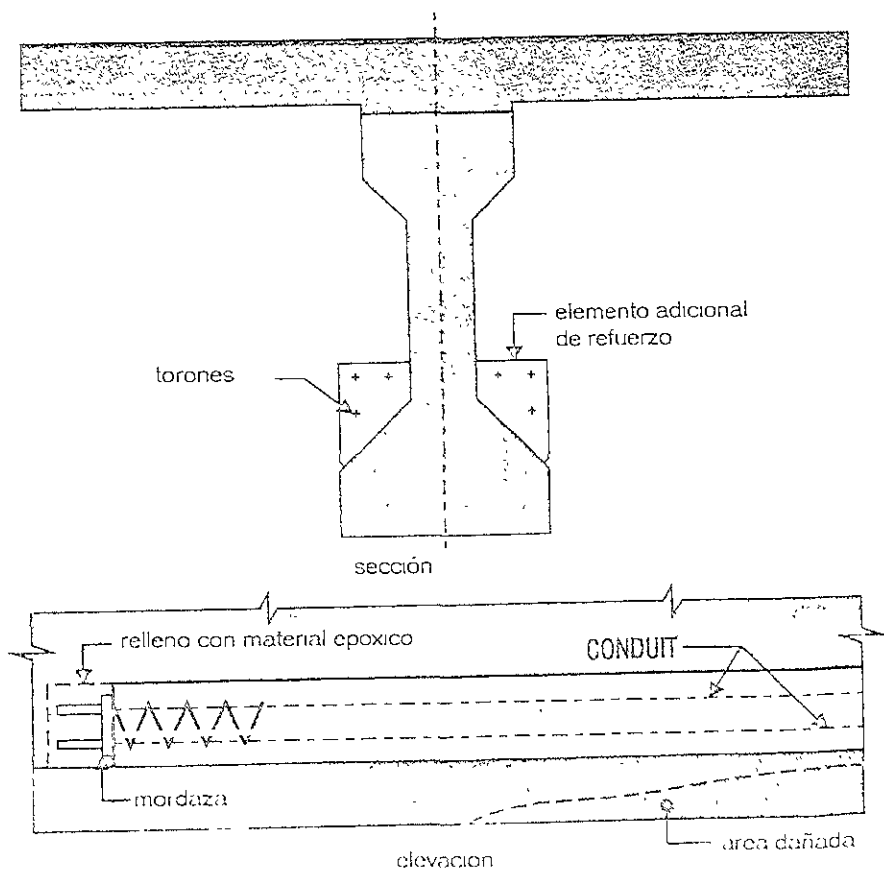


Figura 25

3.3 EN ELEMENTOS DE ACERO.

puentes fabricados con acero o en aquellos en los que el acero esta presente en alguna de sus partes como son: placas de asientos de apoyos, diafragmas, bridas, cables, conexiones mecánicas, etc. Los daños que generalmente se presentan son los debidos principalmente a la corrosión y a la oxidación que pueden causar el adelgazamiento de la sección de los miembros estructurales del puente e impactar en toda su integridad.

Los principales factores considerados al elegir el método de protección contra la oxidación y corrosión son los siguientes:

1) La clase y estado del metal. Su composición química, constitución, estructura, impurezas que contiene, procedimientos de elaboración, tratamientos térmicos a que ha sido sometido, tratamientos mecánicos, etc.

2) Medio en que se encuentra. Sobre el medio es conveniente conocer su naturaleza química, su concentración, el porcentaje de oxígeno disuelto, el índice de acidez (Ph), presión, temperatura, etc.

3) Clase de contacto entre el metal y el medio en el que se encuentra. Forma de la pieza, estado de la superficie, condiciones de inmersión, etc.

4) Su posición con respecto al diseño de la estructura

La protección contra la corrosión y oxidación, en metales que forman parte de la estructura de puentes puede clasificarse como preventivas y correctivas. Las primeras tienen su aplicación previa a la colocación del elemento en su posición definitiva y más aún durante la fabricación de la pieza. Mientras que las segundas son aplicadas una vez que el proceso de corrosión ha iniciado. Los procedimientos generalmente aplicados para la protección contra la oxidación y corrosión tanto preventivos como correctivos, son similares, sin embargo factores de orden económico y técnico limitan algunos de estos procedimientos para su aplicación en labores de mantenimiento

procedimientos más factibles (6) para ser utilizados como protección correctiva de elementos de acero con daños por corrosión son:

- **Protección por el empleo de metales auto protectores.** Consiste en proteger piezas fabricándolas con metales que tengan la suficiente resistencia contra la corrosión, como el cromo, el níquel, el platino, y el oro, entre otros que son muy resistentes a la oxidación y corrosión atmosférica y a la acción de muchos ácidos. Sin embargo es evidente su elevado costo impide su utilización para fines prácticos. Sin embargo se pueden utilizar aleaciones auto protectoras, más económicas que tienen mejores características que los metales puros, para muchas aplicaciones como son los aceros inoxidable utilizados en algunos apoyos móviles de puentes y las aleaciones níquel.

- **Protección por recubrimientos no metálicos, mediante la aplicación de primers y pinturas.**- Es el procedimiento de protección más común, proporciona una protección más o menos eficaz contra la corrosión a un costo relativamente bajo, lo que hace rentable su utilización en puentes de acero. Las pinturas al aceite no son anticorrosivas y solamente se les asigna, desde el punto de vista de protección contra oxidación y corrosión, una misión impermeabilizante. Las pinturas al aceite, son recubrimientos de óxido férrico, y hierro oligisto micante. Las pinturas a partir de purpurinas recubiertas por aluminio o polvo de aluminio tienen propiedades impermeabilizantes superiores a las pinturas al aceite. Las pinturas cuya base son los alquitranes procedentes de la destilación de la hulla, o los betunes naturales, se emplean también para la protección, sobre todo, de estructuras enterradas. Todas las pinturas de esta clase, tienen el inconveniente de que se cuartean si sufren grandes variaciones de temperatura, y además fluyen en tiempo caluroso y se hacen frágiles en tiempo frío.

Primer inhibidor: El primer es la capa inicial de pintura cuando es aplicado sobre la superficie virgen de los elementos de acero. La calidad del primer es indicada por su capacidad de adherencia con la superficie del acero.

ciona a través de una capa orgánica que detiene la corrosión a través de un proceso químico o por inhibición mecánica. Esta inhibición es diseñada para prevenir deterioro causado por la humedad y el oxígeno.

Primer de sacrificio. Como un ánodo en un sistema de protección catódica, un primer de sacrificio o galvánico protege la superficie debajo del acero para crear una superficie eléctricamente negativa en relación con el acero. El zinc es el material principalmente utilizado para actuar como ánodo. El zinc es dispersado a través de la resina de pintura como pigmento y aplicado directamente sobre la superficie del acero. El primer de sacrificio base zinc comparado con el cromo o con primer inhibidor de plomo, es relativamente menos tóxico. El zinc puede ser mezclado con sustancias inorgánicas semejantes como son silicatos o fosfatos justo antes de su aplicación (por ejemplo la parte líquida de la pintura).

Pinturas de barrera. Un sistema de barrera es el diseñado para prevenir que el agua y el oxígeno entren en contacto con la superficie del acero, un sistema de barrera está típicamente compuesto por múltiples capas de sustancias esencialmente iguales. Los principales tipos de sistemas de barrera son: esmaltes carbón-alquitrán, lacas de vinilo de baja producción y epóxicos.

Protección catódica.

La protección catódica consiste en incluir la pieza que se desea proteger en un circuito eléctrico con fuerza electromotriz exterior aplicada, o sin ella, de manera que el metal actúe como cátodo. Si la resistencia del electrolito, o sea, del medio en el que está el metal (puede ser tierra húmeda, etc) es demasiado grande y la corriente que circula entre los dos metales es demasiado débil para anular las corrientes locales, debe verse un suministro de corriente continua exterior para establecer una corriente eléctrica de intensidad adecuada. Naturalmente, este tipo de protección exige un sacrificio del metal que hace de ánodo ver Figura 26

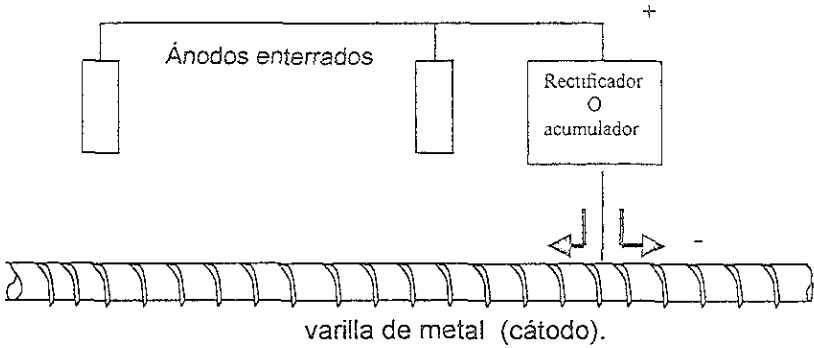
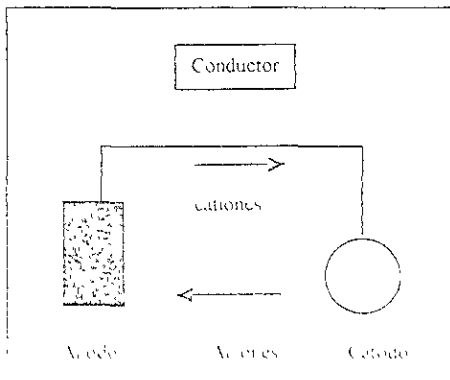


Figura 26

Este método se funda en el hecho de que si se sumergen dos metales de distinto potencial galvánico, por ejemplo, zinc y hierro, unidos o puestos en contacto en una solución salina, se produce una corriente eléctrica a través del electrolito, que va del más anódico (Zinc) al catódico, que es el hierro, que neutraliza las acciones electroquímicas locales entre distintas zonas que habría en cualquiera de los metales de no estar aislado. Para el ejemplo, el hierro resulta protegido a costa de consumirse el zinc, ver Figura 27.

Los ánodos más utilizados, cuando se aplica protección catódica sin suministro de energía eléctrica exterior, son: el zinc, el aluminio, y el magnesio.

Figura 27



Corrosión química

Aunque los materiales empleados para la construcción de puentes urbanos comúnmente pueden estar expuestos a condiciones extremas de este tipo de corrosión, es importante mencionar que el origen de esta corrosión es el contacto con elementos como sulfatos, ácidos orgánicos y otros contaminantes que aceleran la corrosión. El éxito de los métodos de protección contra la corrosión depende de una buena preparación de la superficie, que garantice la adherencia entre la capa protectora y la superficie del acero por esta razón en los siguientes párrafos, se describirán algunos de los métodos más comúnmente empleados para la preparación de la superficie.

Preparación de la superficie.- El método de preparación de la superficie del acero varía dependiendo del tipo de protección elegido. Los principales métodos empleados para la preparación de la superficie del acero son: Limpieza a mano, Limpieza a base de solventes, Limpieza de fuerza y Limpieza de ráfaga.

Cada uno de estos métodos, ofrece diferentes niveles de calidad y son apropiados para ser usados con los sistemas de protección. La preparación de la superficie varía también si se trata de una estructura nueva o una estructura existente repintada.

Para considerar una buena calidad en la preparación de la superficie, se deben tener en cuenta dos propiedades fundamentales.

La apariencia física del acero y

La limpieza química del sustrato

Se entiende por superficie químicamente limpia, una superficie que está químicamente libre de materiales orgánicos que puedan iniciar la reacción catódica

CONTROL DE CALIDAD.

El objetivo de un control de calidad, es elaborar productos y sistemas que cumplan el objetivo para el que fueron proyectados, al menor costo posible que incluyen los costos que corresponden a elaborar, operar y mantener el bien producido.

Para asegurar lo anterior, se requiere implementar acciones programadas y sistemáticas de control de materiales, herramientas, equipos, procesos constructivos o de manufactura y calificación del personal, que la contratista lleva a cabo, para garantizar el cumplimiento de la calidad pactada, con apoyo en los servicios de su laboratorio de pruebas o en el de sus proveedores. Además de los controles de tiempos y de costos, que deben estar muy bien coordinados unos con otros para lograr la meta requerida.

Para el mantenimiento de las vías de comunicación, es necesario llevar a cabo diferentes controles de calidad, a fin de obtener obras y procedimientos de reparación de la calidad necesaria en el tiempo programado y con los costos previstos. El control de calidad de las vías de comunicación, interviene en todas las etapas de la obra; es decir, desde el proyecto y construcción hasta la operación y el mantenimiento.

En la etapa de proyecto, se deben hacer los estudios necesarios para saber con que materiales se cuenta e indicar los tratamientos a los que deben sujetarse para aplicarse en las diferentes partes de la estructura. Cuando la obra está en construcción, se verifica que los materiales que lleguen a los distintos frentes sean los adecuados y tengan aplicados los tratamientos.

Para la conservación de las obras, el control de calidad interviene al verificar el comportamiento que se manifiesta; recomendar las acciones que se deben desarrollar para que haya un funcionamiento adecuado, y al revisar las características

especificadas de la calidad de los materiales empleados. Algunas de las acciones más importantes y herramientas que intervienen para tener un buen control de calidad son:

Laboratorio: es el organismo auxiliar del supervisor que se encargará de verificar, analizar y calificar, antes de la ejecución de una obra, durante su ejecución o al finalizar ésta, el comportamiento de los suelos y materiales, naturales o procesados, que se empleen para dicha obra.

Verificación de calidad: es la comprobación de que los requisitos de calidad solicitados por la supervisión de obra se cumplan, con apoyo en el laboratorio autorizado por la dependencia.

Requisitos de calidad: Son las propiedades y características técnicas que deben cumplir los materiales naturales o elaborados, los equipos y sistemas, incluyendo los métodos de prueba con que se determinarán y las tolerancias aceptables; de ser el caso, así como los requisitos de empaque, almacenamiento, identificación y manejo.

Pruebas de calidad: Son ensayos de pruebas destructivas o no destructivas realizadas a una norma sobre muestras representativas de materiales, equipos, sistemas o sus componentes, para verificar sus características de calidad, incluyendo el registro e interpretación de los resultados.

Pruebas operativas: ensaye normalizado efectuado en la planta del fabricante a las instalaciones, equipos y sistemas o sus componentes, para verificar su correcto funcionamiento, previo a la autorización de su embarque.

Pruebas de montaje: ensaye efectuado a las instalaciones, equipos y sistemas o sus componentes, una vez que estén en su posición final en obra, con sus correspondientes interfases, para verificar de acuerdo a las especificaciones, su correcto funcionamiento.

supervisión de obra: es la responsable de efectuar la verificación técnica, control y supervisión de la ejecución de la obra, con apego al proyecto, en sus aspectos de calidad, costo, estimación, programación y seguridad. Para tal fin entre sus funciones principales se encuentra el llevar a cabo la verificación de calidad de los materiales, equipos, sistemas y procesos constructivos, con apoyo de los servicios de un laboratorio, en consecuencia, la supervisión está autorizada para rechazar los trabajos ejecutados, los materiales y productos que no cumplan con los requisitos de calidad solicitados, la maquinaria y equipos de construcción que estén en mal estado o que no correspondan a las necesidades de los trabajos a ejecutar

Para introducir el control de calidad en la construcción, se adquieren experiencias que deben ser registradas e informadas en forma adecuada a las comisiones de especificaciones y normalización, para efectuar cambios o mejoras y así tenerlas actualizadas

En la definición del programa de control de calidad, es muy importante el conjunto de especificaciones que se manejen, pues fijan de un modo u otro las metas que se deben seguir los procedimientos de construcción, la forma de medición de los volúmenes de obra, las bases de pago y el modo de verificar si se ha alcanzado lo deseado (procedimientos de prueba y normas). Un cuadro completo de especificaciones técnicas es indispensable para manejar con claridad y de un modo razonable todos los aspectos legales de la construcción, la contratación, etc. Las especificaciones o normas de construcción de los materiales resulta de investigaciones, experiencias y estudios minuciosos de correlación, que toman en cuenta todos los datos recabados durante la construcción y operación de las obras, como las condiciones de clima, geología, tránsito, etc., que pudieran afectarles

Tipos de especificaciones:

Normas de construcción: Es el conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por las Dependencias, que deben aplicarse para la ejecución, equipamiento y puesta en servicio de las obras.

Normas de supervisión: Es el conjunto de requisitos generales establecidos por las Dependencias, que deben aplicarse a la realización de actividades de verificación técnica, control y revisión de la ejecución de la obra.

Norma oficial mexicana: Es aquella que establece las características que debe satisfacer un material, artículo o producto para garantizar la aptitud para el uso al que está destinado, emitida por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Especificaciones particulares.- Es el conjunto de disposiciones, requisitos e instrucciones para una obra determinada, que modifican, adicionan o complementan las normas correspondientes y que deben aplicarse para la ejecución, equipamiento y puesta en servicio de la obra, comprendiendo la medición y la base de pago de los conceptos de trabajo.

Especificaciones complementarias.- Son indicadas en el proyecto ejecutivo de una obra particular y son el conjunto de documentos técnicos aprobados por la Dependencia que integran la información que servirá para llevar a cabo la construcción de la obra. Por su importancia, las especificaciones complementarias tienen un mayor valor en su aplicación, después siguen las particulares y por último las normas, cuando hay conceptos donde se contrapongan.

Las figuras 28, 29, 30 y 31 muestran algunos de los formatos que son utilizados para el control de calidad de materiales empleados en la reparación de puentes.

CIUDAD DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS

DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA

UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCIÓN DE MATERIALES

VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO DEL CONCRETO



Muestra No.: _____ Fecha: _____
 Marca: _____ Obra: _____
 Diámetro comercial: _____ Operador: _____
 Lote: _____ Clase: _____
 Muestreo: _____ Procedencia: _____

Número		Especificaciones
Dimensiones		
Diámetro Nominal	mm	
Diámetro Efectivo	mm	
Área Nominal	cm ²	
Área Efectiva	cm ²	
Peso Unit Nominal	kg/m	
Peso Unit Efectivo	kg/m	
Variación	%	
Perímetro	mm	
RESULTADOS		

PRUEBA TENSION

Carga Máxima	kg	
Esfuerzo Máximo	kg/cm ²	
Carga Crítica	kg	
Límite de Fluencia	kg/cm ²	
Alarg en 20 cms	%	
Reduccion alargamiento	%	
RESULTADO		

PRUEBA DE DOBLADO

Angulo	Grados	
Mandril	cm	
Diámetro		
RESULTADO		

CORRUGACIONES

Separacion	mm	
Altura	mm	
Ancho Costilla	mm	
RESULTADO		

Figura 28. Resultados de ensayos en varillas de acero de refuerzo

CIUDAD DE MÉXICO

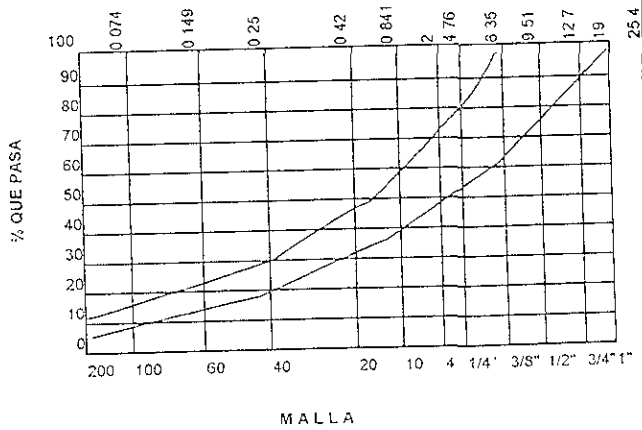
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA
 UNIDAD DEPARTAMENTAL DE INSPECCION DE MATERIALES
 REPORTE GRANULOMETRICO DE CONCRETO HIDRÁULICO



MUESTRA No _____ OPERADOR _____ A. RESP _____
 PROCEDENCIA _____
 ENTRE _____ Y _____
 PASO _____ ARROLLO _____
 LOCALIZACION DE LA MUESTRA _____
 NORMA EMPLEADA SCT 1981 TOMO VIII-4

ABERTURA EN MILIMETROS

NUMERO DE MALLA	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO
1"	
3/4"	
1/2"	
3/8"	
1/4"	
4	
10	
20	
40	
60	
100	
200	



PLANTA _____
 FECHA DE MUESTREO _____
 FECHA DE ENSAYE _____

OBSERVACIONES

30. Resultados de pruebas de compactación.



CIUDAD DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA
UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCIÓN DE MATERIALES
RESULTADOS DE PRUEBAS DE COMPACTACIÓN

PROYECTO _____ A RESP. _____
LOCALIZACIÓN _____ Y _____
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL _____ ESPESOR DE LA CAPA _____

PROFUNDIDAD	ESPESOR SONDEO	% COMPACTACIÓN	LOCALIZACIÓN	HUMEDAD OPTIMA	P.V.M. KG/M3	OBSERVACIONES

FECHA DE ELABORACIÓN _____
NOMBRE DEL ELABORADOR _____

ra 31. Resultados de resistencia a la compresión de concreto hidráulico.



CIUDAD DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN TÉCNICA-SUBDIRECCIÓN DE INGENIERÍA
 UNIDAD DEPARTAMENTAL DE LABORATORIOS E INSPECCIÓN DE MATERIALES
 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO

No. _____ OPERADOR _____ A. RESP. _____
 NCIA _____ Y _____
 ARROLLO _____ FECHA DE COLADO _____
 URA _____
 CION DE LA MUESTRA _____

C D	DATOS CILINDROS				COMPRESIÓN			EDAD DIAS	REV Cm
	DIAMETRO cm	DIAMETRO cm	DIAMETRO prom cm	LARGO cm	AREA cm	RUPTURA kg	ESFUERZO kg/cm ²		

PROMEDIO _____
 OBSERVACIONES _____

NTISTA _____
 URA _____
 NCIA DE PROYECTO _____ HORA _____
 RCION _____ Kg/cm²
 DEL CEMENTO _____ TIPO _____

Referencias
 - Federation International de la Précontrainte, Inspection and maintenance of
 reinforced and prestressed concrete structures Thomas Telford Ltd. London (1986)

Samarin, A. and Dhir, R.K., Determination of in situ concrete strength by means of destructive testing, SP 82, American Concrete Institute, Detroit, 77-94 (1984)

Wppdward, R J., Inspecting concrete bridges, J. Inst. Phys., 149-51 (1984)

Turton, C.D. et al., Non-Structural Cracks in Concrete, Tech. Rep. 22, Concrete Society, London (1982)

Higgins, D.D. Diagnosing the causes of defects or deterioration in concrete structures, CP sheet 69, concrete, (1981)

Concrete Society, Repair of concrete damage by reinforcement corrosion, Technical Report No. 26, October 1984.

British Standards Institution, BS 5400 1978, Recommendations for materials and workmanship: Concrete reinforcement and prestressing tendons.
Concrete Society, Non-structural cracks in concrete, Technical Report No. 22

Bridge Engineering, Design, Rehabilitation, and, Maintenance of Modern Highway Bridges Demetrios E. Tonias, P E. Mc. Graw-Hill, inc.1995.

Capítulo IV EQUIPAMIENTO URBANO

El equipamiento urbano está compuesto por todos aquellos accesorios que permiten ordenar la vida urbana de la ciudad, brindar información de diversa índole a los usuarios, así como proporcionar seguridad a peatones y automovilistas, a través de dispositivos para el control del tránsito como: señales, marcas, semáforos y otros dispositivos, que se colocan en las vialidades con el objeto de indicar a los usuarios las precauciones que deben tener en cuenta, las restricciones que gobiernan la vía de circulación y las guías informativas necesarias de la vialidad.

Para que un dispositivo de control de tránsito sea efectivo, debe llenar los siguientes requisitos:

- Satisfacer una necesidad.
- Llamar la atención.
- Transmitir un mensaje simple y claro
- Imponer respeto a los usuarios de las vialidades
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar

Para asegurar lo anterior, los dispositivos de control deben observar las siguientes consideraciones básicas

- Un buen proyecto:** que obtenga la atención del usuario y transmita un mensaje simple y claro a través de la combinación de características como forma, tamaño, color, contraste, composición, iluminación o efecto reflejante
- Ubicación:** debe estar ubicado dentro del cono visual del conductor, para llamar su atención, facilitar su lectura e interpretación, de acuerdo con la velocidad del vehículo y dar el tiempo adecuado para una respuesta apropiada
- Uniformidad:** los dispositivos deben aplicarse de manera consistente, con el fin de conseguir igual interpretación de los problemas de tránsito
- Conservación:** deben mantenerse física y funcionalmente conservados

Los dispositivos para el control del tránsito se clasifican en

7.1 SEÑALAMIENTO.

7.1.1 HORIZONTAL.- Son las indicaciones que se pintan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, dentro o adyacentes a las vías de circulación con el fin de regular o canalizar el tránsito sin distraer la atención del conductor. Complementan las indicaciones de otras señales e indican la presencia de obstáculos como guarniciones, arapetos, aleros, pilas y estribos, postes, cabezales, defensas, muros de contención y postes (1). Para obtener la calidad deseada en una obra de señalización horizontal es preciso definir con claridad los requisitos de todas y cada una de las fases del proceso, los cuales podrían resumirse de la siguiente manera:

Requisitos finales de la obra Los requisitos de la señalización horizontal deberán definirse en tres aspectos:

Ópticos: Visibilidad diurna, Visibilidad nocturna

Superficiales: Resistencia al deslizamiento y

Geométricos formas, medidas y ubicación

Selección de los materiales. Para ello es necesario fijar criterios de selección que tengan en cuenta selectiva y ponderadamente todos aquellos factores que tengan una apreciable influencia sobre el comportamiento de las marcas viales. Estos factores dependen tanto de las características de la vialidad como del tráfico que soporta, de los materiales existentes, de las condiciones climatológicas y de la propia situación de la marca.

Requisitos de los materiales seleccionados La sola definición del tipo de material no garantiza que ese material vaya a cumplir con sus especificaciones, por lo que es preciso tomar precauciones adicionales. Como son la exigencia de materiales con mercado (no marca) y la solicitud de marca de calidad

Requisitos de la maquinaria a emplear La influencia de la maquinaria en el resultado final, puede considerarse del mismo rango que la de los materiales, pues

es la que garantiza que se aplican las dosificaciones requeridas bajo control y en las condiciones especificadas por el fabricante, además de ser la principal responsable de la calidad sobre la geometría obtenida.

Condiciones de ejecución. Una vez que se dispone de los materiales, minuciosamente seleccionados, así como de la maquinaria capaz de aplicarlos correctamente, es necesario que se respeten las condiciones de aplicación:

1. - Control sobre las dosificaciones aplicadas. Es de fundamental importancia, pues la eficacia de las marcas viales sólo se logra cuando se aplican los productos en las cantidades y condiciones en que se ha comprobado su durabilidad.

2. - Respecto a las condiciones meteorológicas y limpieza de la superficie. Son básicamente que la superficie esté seca y limpia y a una temperatura superior, al menos, en tres grados al punto de rocío, para evitar pintar sobre zonas condensadas y viento inferior a 25 Km/hr. También es conveniente para la mayoría de las aplicaciones que la temperatura del pavimento no sobrepase el rango de 5-40 °C.

Control de calidad. Durante. El suministro de materiales, el suministro de maquinaria, la ejecución, la entrega de la obra y su mantenimiento.

Mantenimiento. Finalmente es necesario comprobar el estado de los requisitos solicitados mediante un control de calidad de comportamiento en uso.

señalamiento horizontal o marcas, se identifican con el código M y pueden ser

Raya doble continua.

Rayas separadoras de carril, discontinuas pintadas en tramos alternos de 5 0 m.

Raya continua en las orillas de la superficie de rodamiento, empleada para.

- a) Guiar a los conductores dentro de su carril durante la noche, o en condiciones de visibilidad deficientes

b) Para indicar condiciones especiales, como: obstáculos en la superficie de rodamiento.

Rayas de alto o parada vehicular.

Rayas, letras y símbolos para el cruce de peatones

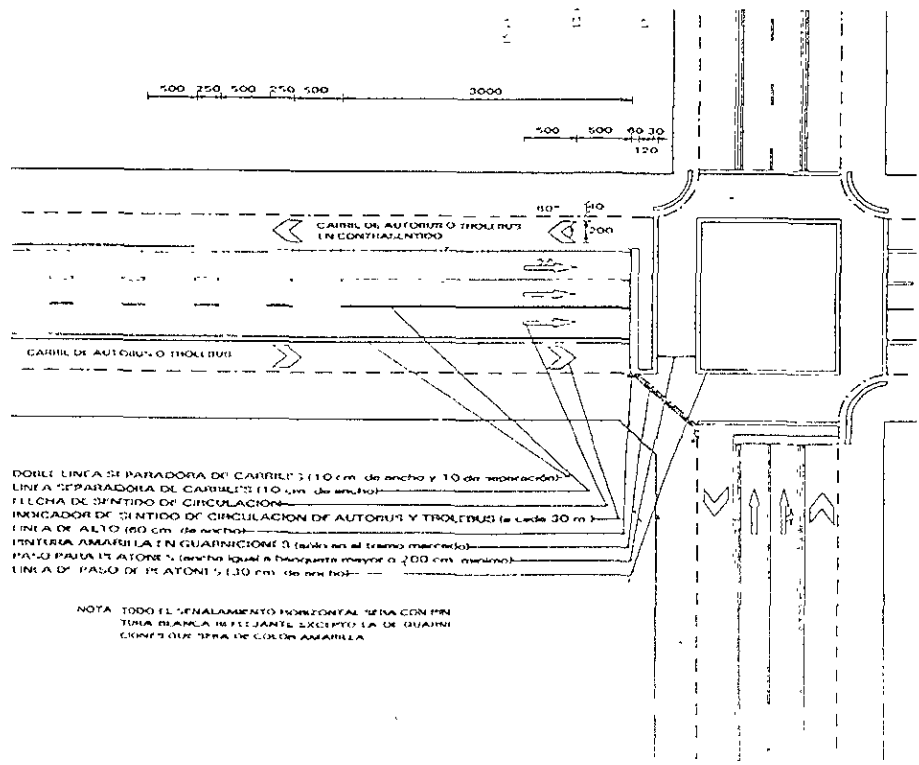
Rayas, letras y símbolos para el cruce de FFCC.

Rayas indicadoras de reducción de carriles.

Marcas en obstáculos laterales. En guarniciones, en pilas de puentes, en parapetos de puentes.

Los colores de las rayas, marcas, letras y símbolos son blanco o amarillo en color brillante, y en algunos casos negro como guía en pavimentos de color claro. La Figura 32 muestra un ejemplo de diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento.

Figura 32



1.1.2 VERTICAL

se clasifica (1) en:

Señales preventivas.- Identificadas con el código P, tienen como función prevenir al usuario de un peligro potencial sobre o a un lado de la vialidad, así como su naturaleza como son:

Cambios en la alineación horizontal y vertical por la presencia de curvas.

Presencia de intersecciones con otras vialidades, y pasos a nivel con vías de ferrocarril.

Reducción o aumento del número de carriles.

Pendientes peligrosas.

Proximidad de un cruce donde existe un semáforo o donde se debe hacer alto

Pasos peatonales y cruces escolares.

Deficiencias en la superficie de la vialidad, como baches y protuberancias.

Presencia de derrumbes, grava suelta, etc.

Obras de construcción o mantenimiento, etc.

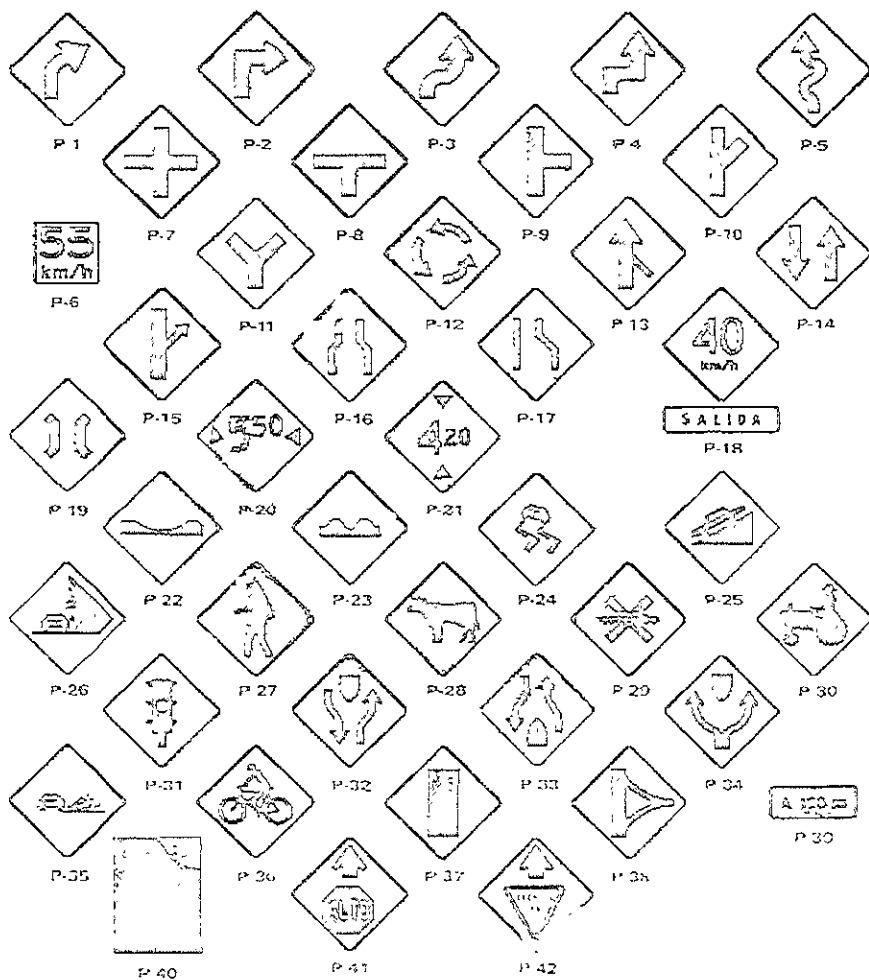
El objetivo es que el conductor adopte medidas de precaución, llamando su atención para que reduzca su velocidad o efectúe las maniobras necesarias para su seguridad y de terceros. Los colores de las señales preventivas son: amarillo para el fondo, y negro para el símbolo, leyendas caracteres y filetes en acabado reflejante o mate. La Figura A ilustra los diferentes tipos de señales preventivas, así como su forma y tamaño.

Instalación.- Deben instalarse en posición vertical y orientadas a 90° con respecto al sentido del tránsito. Las fijas que se instalen a un lado de la superficie de rodadura deberán tener una altura mínima de 2.0 m., de la parte inferior de la lámina a la superficie de la acera o de la faja separadora. Las montadas en caballetes móviles (para trabajos de conservación y mantenimiento), podrán tener una altura de 1.0 m, de la parte superior de la lámina a la superficie de rodadura. En zonas urbanas la colocación longitudinal será a 30m como mínimo, antes del área de trabajo, para calles

ales y colectoras; para arterias y arterias principales de 60m y de 80m para
 opistas. Algunas de estas señales se indican en la figura 33.

Figura 33

Señales Preventivas



Señales para Protección de Obras



PO-1



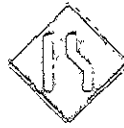
PO-2



PO-3



PO-4



PO-5



GRAVA
SUELTA

PO-7



CONSERVAR
PRÓX 3 km

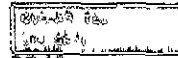
PO-8



PO-10



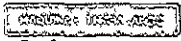
PO-10



PO-10



PO-10



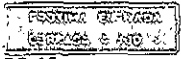
PO-10



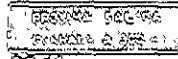
PO-10



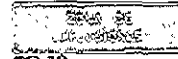
PO-10



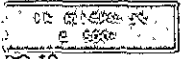
PO-10



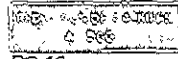
PO-10



PO-10



PO-10



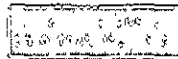
PO-10



PO-11



PO-111



PO-11

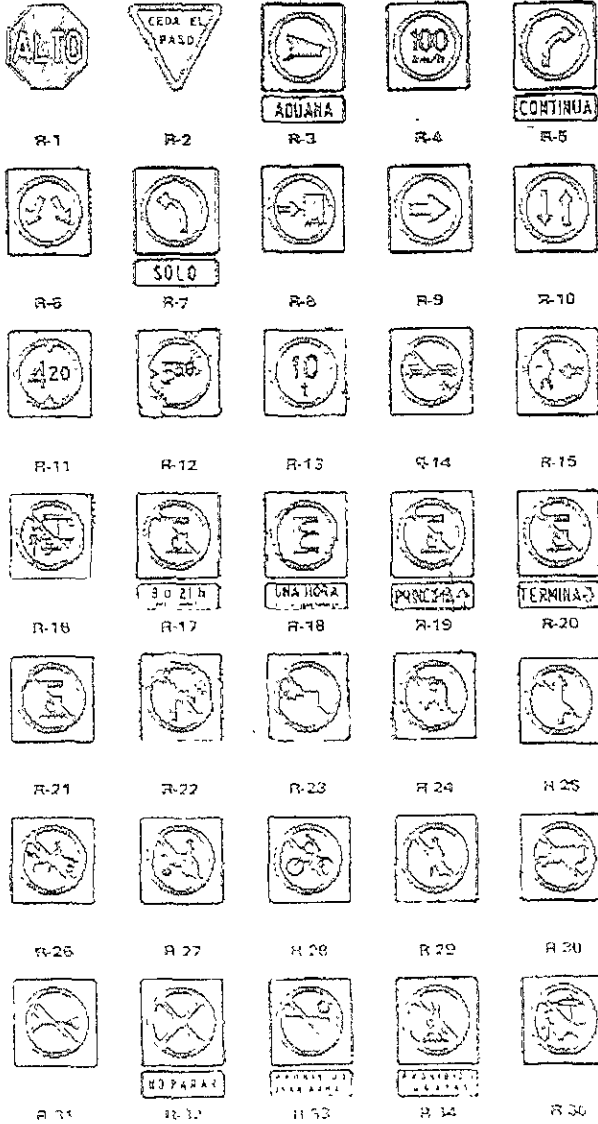


R-14

- Señales restrictivas.- Se identifican con el código R, y tienen como función expresar en la vialidad alguna fase del Reglamento de Tránsito para su cumplimiento. En general, tiende a restringir movimientos, recordando al usuario la existencia de alguna prohibición o limitación que regula el uso de las vías de circulación. La figura 34 ilustra los diferentes tipos de señales restrictivas así como su forma y tamaño.

Figura 34

Señales Restrictivas



Señales Restrictivas



R-1



R-2



ADUANA

R-3



R-4



CONTINUA

R-5



R-6



SOLO

R-7



R-8



R-9



R-10



R-11



R-12



R-13



R-14



R-15



R-16



R-17



R-18



R-19



R-20



R-21



R-22



R-23



R-24



R-25



R-26



R-27



R-28



R-29



R-30



R-31



R-32



R-33



R-34



R-35

De acuerdo a su uso se clasifican en

- De derecho de paso o de vía
- De inspección.
- De velocidad máxima o mínima.
- De movimientos o circulación.
- De mandato por restricciones y prohibiciones
- De estacionamiento.

El color del fondo de las señales restrictivas es blanco en acabado reflejante o mate. El borde superior y la franja diagonal en rojo, y el símbolo, letras y filete en negro, excepto las señales de "ALTO" y "CEDA EL PASO"

Ubicación.- La ubicación longitudinal de las señales restrictivas es el punto donde existe la restricción o prohibición. En el sentido lateral las señales se fijan regularmente al mobiliario urbano colocado sobre la banqueta de la vialidad, deben instalarse en posición vertical y orientadas a 90° con respecto al sentido del tránsito. Cuando son fijas deben colocarse a una altura mínima de 2.0 m con respecto a la superficie de la acera y a 30 cm del paño de la guarnición. Cuando se utilizan para trabajos de conservación o mantenimiento regularmente se colocan sobre barreras con una altura mínima de 1.0 m, entre la parte superior de la lámina y la superficie de pavimento.

Figura 35, muestra algunas de las señales restrictivas especiales

Figura 35

Señales Especiales

Señales Reglamentarias



RE-1



RE-2



RE-3



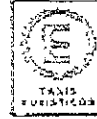
RE-4



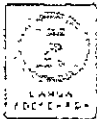
RE-5



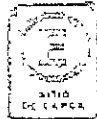
RE-6



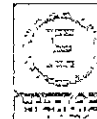
RE-7



RE-8



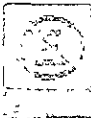
RE-9



RE-14

Señales Especiales Centro Histórico

Señales Reglamentarias



RE-10



RE-11



RE-12



RE-13

Señales Especiales

Señales Informativas



IE-1



IE-2



IE-3



IE-4

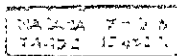


IE-7

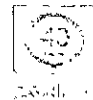
Señales de Tránsito para Zonas Escolares



ES-1



ES-2



ES-3

3. - **Señales informativas.**- Su función, es guiar a los conductores y peatones en forma ordenada y segura a través de algún tramo en construcción o conservación, de acuerdo con los cambios temporales originados por las obras o a lo largo de su itinerario por las distintas vialidades e informarles sobre vialidades alternas y recomendaciones que deben observar. Se identifican con el código **S1** y se clasifican en:

- Señales de identificación **S11**

Sirven para identificar las calles y avenidas según su nombre y nomenclatura, son de forma rectangular y con la leyenda en ambas caras. El color de fondo de las señales de identificación es blanco reflejante, y las letras, números, flechas y filete en negro.

- Señales informativas de destino **ID**

Informan a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de un recorrido. Pueden ser señales bajas, diagramáticas o elevadas. Son primordiales en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado. Su empleo debe ser secuencial de tal forma que permita a los conductores preparar con anticipación sus maniobras de desvío, ejecutándolas en el lugar preciso, y confirmar la correcta selección del destino. El color de fondo de las señales de destino es verde mate y las letras, números, flechas, escudos y filete en color blanco reflejante, excepto la señal diagramática en zona urbana, que es de fondo blanco con caracteres, flecha alargada y filete en color negro. De acuerdo con su ubicación longitudinal, se clasifican en: previas, decisivas y confirmativas. Las señales previas deben colocarse con anticipación a la intersección.

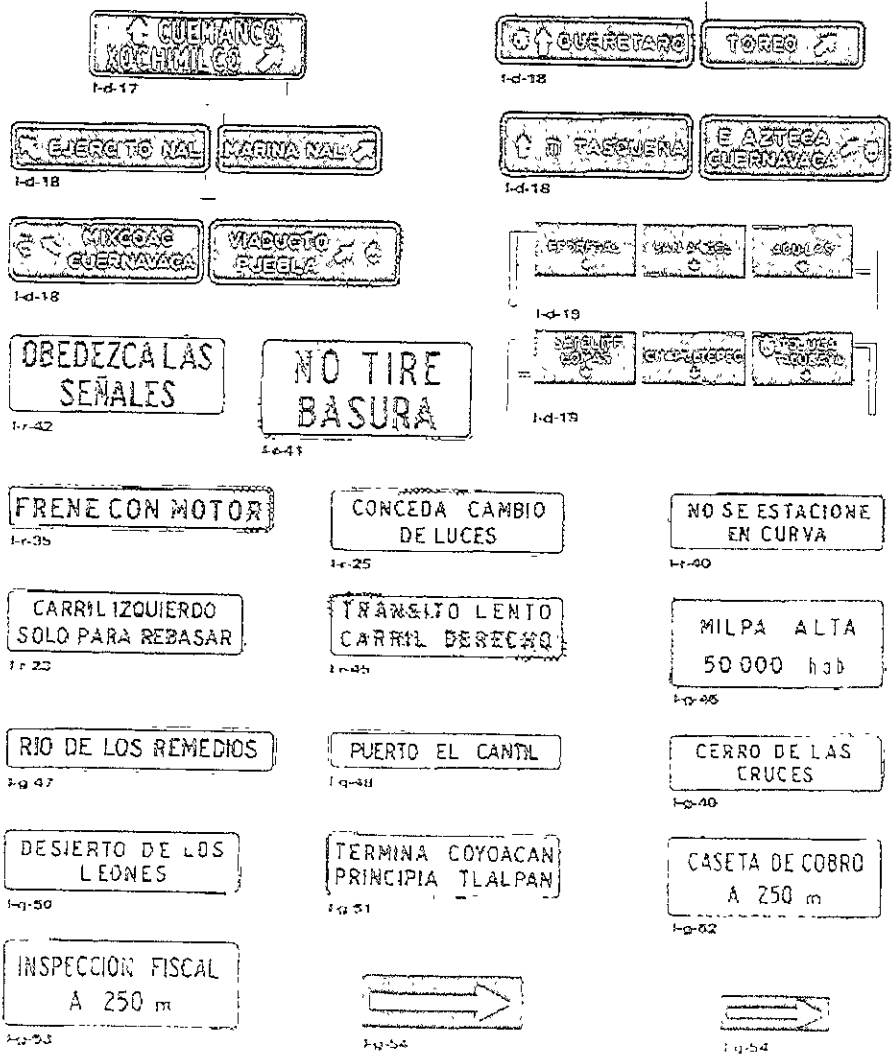
- Las señales decisivas se colocan donde el usuario pueda optar por la ruta que le convenga

- Las señales confirmativas se colocan después de la intersección, a una distancia donde no exista el efecto de los movimientos direccionales

La figura 36 ilustra los diferentes tipos de señales informativas de destino

Figura 36

Señales Informativas



- De recomendación SIR y de información general SIG

Las señales de recomendación, tienen como función recordar a los usuarios determinadas recomendaciones o disposiciones que conviene observar durante su recorrido. El color del fondo de las señales de recomendación es blanco mate, con letras y filete en negro.

Las señales de información general proporcionan, información general de carácter poblacional y geográfico, así como nombres de obras importantes en la carretera, límites políticos, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección y sentidos de circulación del tránsito. El color de fondo de las señales de información general es blanco mate con letras y filete en negro. A excepción de las que indican sentido de circulación del tránsito con fondo negro y flecha en blanco reflejante.

- De servicios SIS y turísticas SIT

Forman a los usuarios de la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo. Su forma es la de un tablero cuadrado. Con un tablero adicional rectangular donde se indica la dirección o la distancia del sitio. El color de fondo de las señales es azul mate con símbolos, letras, flechas y filete en blanco reflejante.

Ubicación.- Todas las señales informativas deben instalarse en posición vertical y orientadas a 90° con respecto al sentido del tránsito. Deben ser colocadas a una altura de 2.0 m con respecto a la superficie de la acera y a una distancia mínima de 30 cm con respecto a la guarnición.

Se colocan en el lugar donde existe el servicio y a un kilómetro del mismo. En la figura 37 se ilustran las señales informativas de servicios

La figura 38 ilustra las señales informativas de servicios turísticos

Figura 37

Señales Informativas

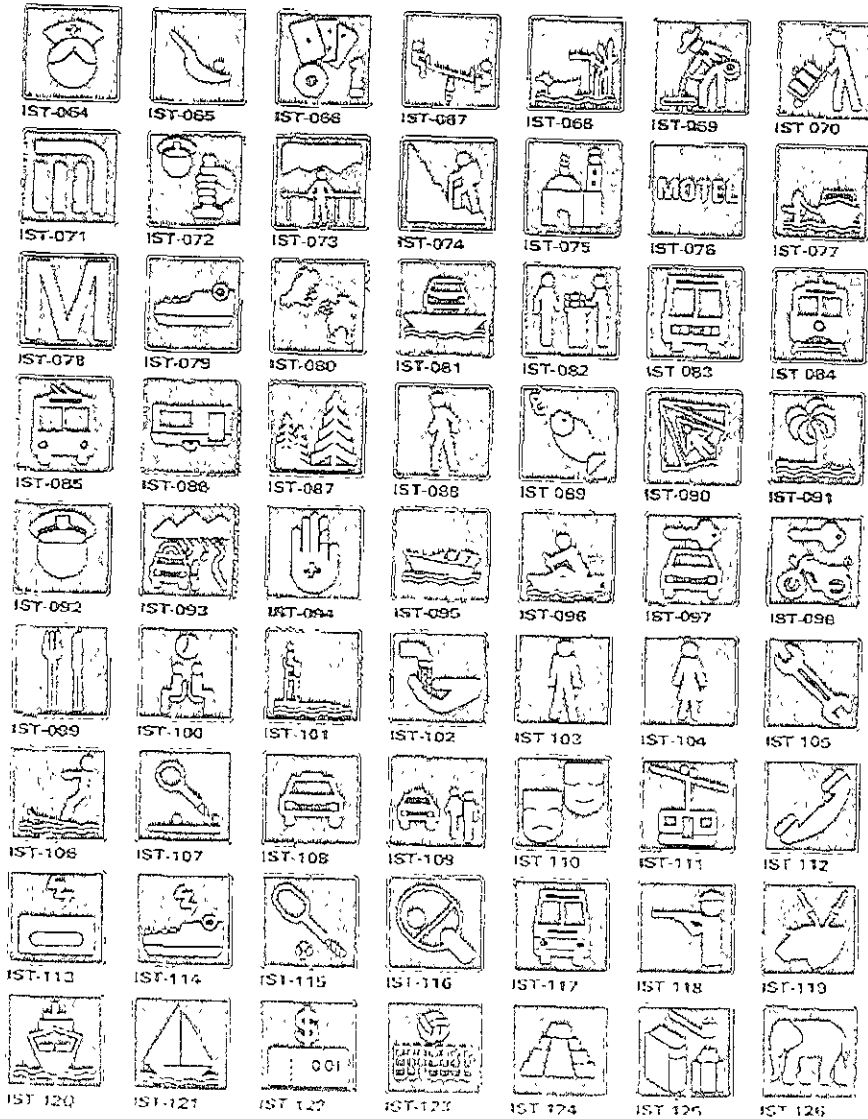
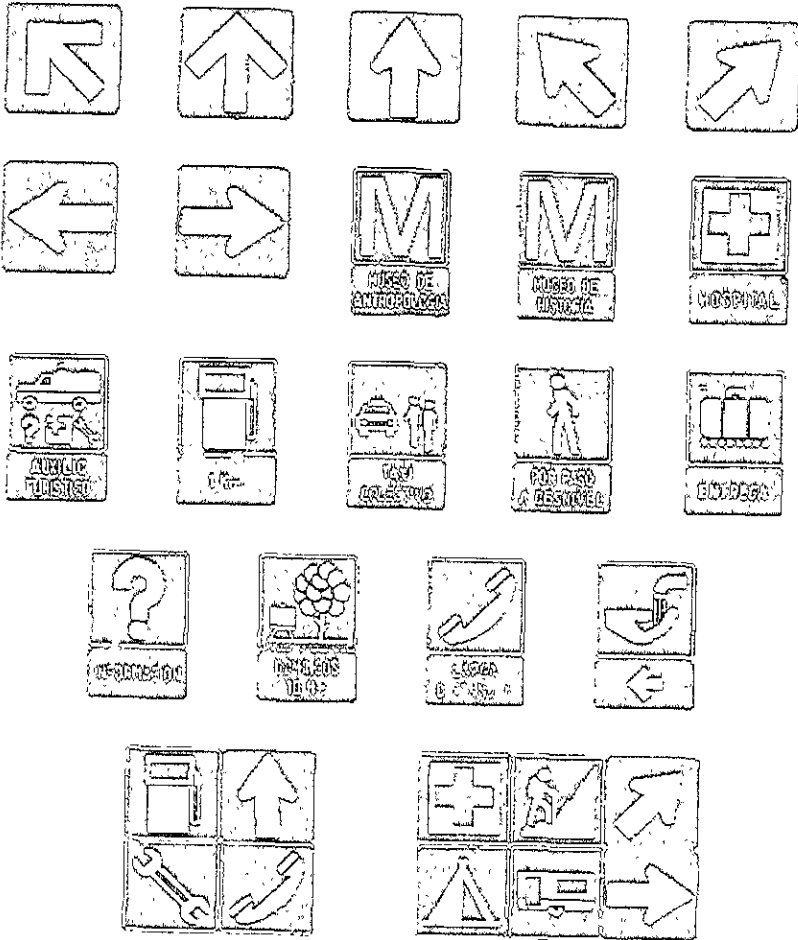


Figura 38

Señales Informativas



V.2 SEMAFORIZACIÓN

Los semáforos, tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones por medio de luces que generalmente son de color rojo, amarillo y verde. Existen en el distrito federal un total 19,526 semáforos que funcionan en 2,888 intersecciones, de los cuales el 57% son electromecánicos, 41% computarizados y el 2% electrónicos.

V.2.1 SEMÁFOROS PARA EL CONTROL DE TRÁNSITO DE VEHICULOS.

Los dispositivos que controlan el tránsito por medio de luces de color verde, amarillo y rojo, fijando principalmente el paso de vehículos en calles, avenidas y caminos (2).

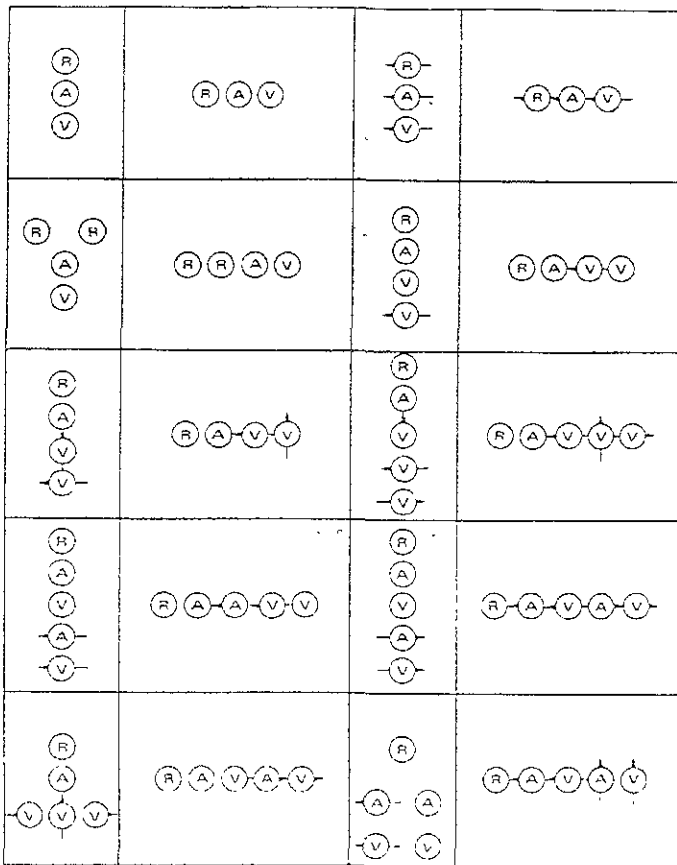
La instalación y funcionamiento adecuado de los semáforos, ofrecen las siguientes ventajas:

- Interrumpir periódicamente el tránsito intenso en una vía, para permitir el paso de vehículos y peatones en la otra
- Regular el tránsito en una ruta determinada y, en ciertos casos, aumentar la capacidad de los carriles de circulación
- Disminuir la frecuencia de cierto tipo de accidentes, especialmente en ángulo recto.
- Mantener la circulación continua o casi continua a una velocidad determinada en la ruta específica

Cuando el sistema haya comenzado a funcionar, deberá comprobarse que la instalación efectuada y la subdivisión de los tiempos de las diversas fases, satisfagan eficazmente las necesidades del tránsito y, en su caso, efectuar los ajustes que procedan

La figura 39 muestra las disposiciones usuales de las lentes en las caras de un semáforo (5)

Figura 39. Disposiciones usuales de las lentes de un semáforo.



Indispensable que haya uniformidad en la preferencia, instalación y funcionamiento de los semáforos. Ubicación, secuencia de operación y visibilidad. Las indicaciones, en algún caso, deberán dar lugar a dudas de interpretación.

Las indicaciones básicas utilizadas en la operación de los semáforos y sus combinaciones son las siguientes:

- Rojo fijo. Los conductores de los vehículos se detendrán antes de la raya de parada. Los peatones no cruzarán la vía, a menos que algún semáforo dé la indicación de paso.

-Amarillo fijo. Advierte a los conductores de los vehículos que está a punto de aparecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse. De la misma manera avisa a los peatones que no disponen del tiempo suficiente para cruzar, excepto cuando exista algún semáforo indicándoles que pueden realizar el cruce. Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.

- Verde fijo. Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba dichas vueltas. Los peatones que avancen hacia el semáforo podrán cruzar, a menos que algún semáforo les indique lo contrario.

- Rojo intermitente. Cuando se ilumine una lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. Se empleará en la vía que tenga la preferencia.

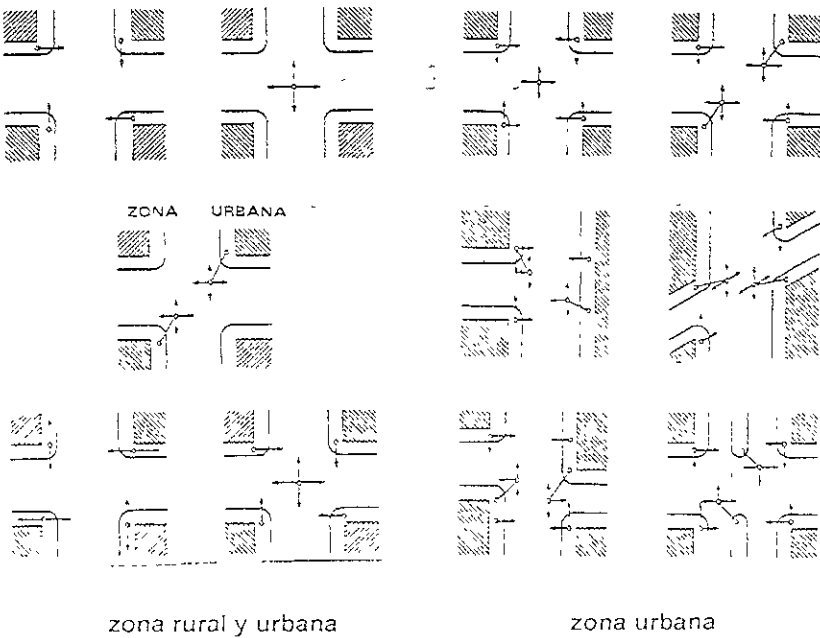
- Amarillo intermitente. Cuando se ilumine una lente amarilla con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. Se empleará en la vía que tenga la preferencia.

- Verde intermitente. Cuando una lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final del tiempo de luz verde.

El proyecto deberá permitir que los conductores de vehículos que se aproximen a un semáforo con flecha direccional puedan distinguir la indicación desde una distancia mínima de 50m. Las caras de los semáforos se orientarán en el ángulo de mayor

actividad para el tránsito que se aproxima, colocando los semáforos a una distancia que permita al conductor ver las indicaciones, reaccionar y detenerse, partiendo de la velocidad normal de operación.

Figura 40. Ubicación de semáforos y número de caras en crucesos.



En los crucesos de geometría irregular, podrán necesitarse varios semáforos orientados en posiciones diversas y, en ese caso, las caras de los semáforos deberán cubrirse con viseras, aletas o persianas verticales, a fin de que el conductor que se aproxima sólo vea la indicación que le corresponda. La Figura 40 muestra la ubicación y el número de caras en crucesos de zona urbana y zona rural

La visibilidad, ubicación y número de caras del semáforo para cada acceso a la intersección o cruce para peatones a mitad de la cuadra, deberán realizarse como se

indica en el artículo 100.

- a) Los semáforos deberán ser visibles continuamente, por lo menos desde un punto situado en las distancias indicadas en la tabla I, antes de y con respecto a la línea de ALTO, a menos que exista una obstrucción física de su visibilidad.

Tabla I

85% de la velocidad (Km/h)	Distancia de visibilidad mínima (m)
30	30
40	55
50	75
55	100
65	120
70	145
80	170
90	190
95	215

- b) Deberán emplearse caras de semáforo diferentes cuando los movimientos para dar vuelta estén controlados exclusivamente por flechas verdes
- c) Cuando las condiciones físicas impidan que los conductores puedan tener a la vista por lo menos dos indicaciones del semáforo, deberá colocarse una señal apropiada para prevenir al tránsito que se está aproximando. Puede ser complementado con un semáforo de destello
- d) Se deberá usar un semáforo con una sola cara, para el control del carril exclusivo para dar vuelta. Dicha cara deberá ser adicional al mínimo de las caras del semáforo para el tránsito de frente. Las indicaciones de cara o caras de semáforos separados que controlen solamente el carril exclusivo para dar vuelta, deberán ser visibles también al tránsito con otros movimientos permitidos por lo que debería

colocarse una señal de vuelta izquierda (o de derecha). adyacente a cada cara de dicho semáforo

1.2.2 SEMÁFOROS PARA PASOS PEATONALES.

Los semáforos para peatones son dispositivos especiales de señales luminosas, que tienen el propósito exclusivo de controlar el tránsito de personas en los cruces (4). Estas señales consisten en elementos luminosos con leyendas de PASE y ALTO, o símbolos luminosos de una persona que está caminando (que simboliza PASE) y una persona que está parada (que simboliza ALTO). Generalmente son colocados en:

En zonas de alto volumen peatonal y

En zonas escolares

Los semáforos para peatones se deben instalar cuando satisfagan uno o más de los siguientes requisitos

Cuando el semáforo de tránsito vehicular se encuentra instalado a consecuencia del alto volumen peatonal

Cuando un intervalo o fase exclusiva debe ser proporcionada para el movimiento peatonal, en una o más direcciones, estando detenidos todos los movimientos de vehículos

Cuando cualquier volumen de flujo peatonal requiere del uso de un intervalo libre para los peatones

Cuando los peatones cruzan una parte de la calle desde o hacia un camellón o zona de seguridad

Cuando la circulación de vehículos pesados demandan una fase semi exclusiva, para la protección de los peatones

Cuando el cruce es demasiado amplio o complicado

Cuando en las zonas donde los controles de tiempo de los semáforos para el paso de vehículos impliquen o confundan el paso de los peatones

Los semáforos para peatones deben ser colocados en coordinación con los semáforos para vehículos e instalados con el límite inferior a una altura no menor de 2.00m, ni mayor de 3.00m sobre el nivel de la acera, de manera que la indicación quede en la visual del peatón

Existen cuatro combinaciones básicas para la operación de los semáforos peatonales: Fase combinada para peatones y vehículos, fase semi exclusiva para peatones y vehículos, fase con prioridad para peatones y fase exclusiva para peatones. En condiciones normales, el intervalo mínimo de PASE no debe ser menor de 7 segundos. La duración debe ser suficiente para permitir al peatón bajarse de la acera y llegar hasta el centro del carril más lejano, antes de que los vehículos que interfieren con su paso reciban la indicación de SIGA

El semáforo de peatones deberá estar ubicado y regulado de manera que proporcione la máxima visibilidad en todo el cruce controlado

IV.2.3 SEMÁFOROS ESPECIALES

1. - **De destello.** Tienen una o varias lentes de color amarillo y/o rojo, que se iluminan intermitentemente, son útiles en lugares donde el tránsito o las condiciones locales no justifican la operación de un semáforo convencional para el control del tránsito de vehículos, y sirven además para llamar la atención de los conductores en ciertas zonas de peligro

Para indicar peligro.- Sus aplicaciones comunes son:

- Para obstrucciones que existan en la superficie de rodamiento o que se encuentren indebidamente adyacentes a la misma
- Como complemento anticipado a las señales preventivas
- Para pasos de peatones situados a mitad de la calle
- En intersecciones donde se requiere cruzar con precaución
- Como complemento de algunas señales restrictivas

Para regular la velocidad de los vehículos. Se emplean junto con una señal que marque la velocidad (fija o variable). Cuando el semáforo está operando, señala que la velocidad marcada es la vigente.

Para intersecciones. Son útiles en donde el tránsito o las condiciones físicas no justifican la operación de un semáforo convencional para el control del tránsito de vehículos, pero en donde los índices de accidentes indican que es un sitio peligroso.

De alto.

2. - **Para regular el uso de carriles.** Son empleados en carriles individuales de una calle o camino. Las instalaciones se distinguen por tener semáforos sobre cada uno de los carriles y, generalmente, se usan señales complementarias para explicar su finalidad y funcionamiento. El uso más común de estos semáforos es en carriles con circulación reversible

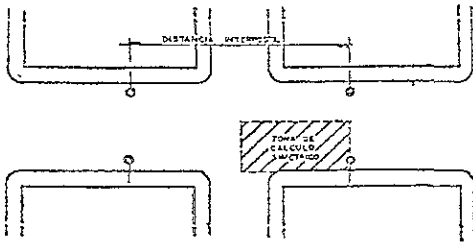
3. - **Para maniobras de vehículos de emergencia.** Es una adaptación especial de un semáforo convencional, para dar el derecho de paso a un vehículo de emergencia. Podrá instalarse en un lugar que no llene los requisitos de otro tipo de semáforos de tránsito. Podrá instalarse en intersecciones o en otros lugares donde hay acceso directo al cierre de este tipo de vehículos

IV.3 ALUMBRADO

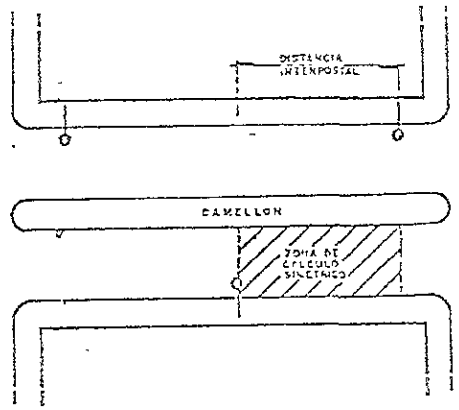
El diseño de un sistema de alumbrado implica la intervención de factores como: visibilidad, estética, confort y economía. El alumbrado de calles contribuye a reducir el nivel de accidentes nocturnos, facilita el flujo de tráfico y da seguridad al peatón (5)

Las figuras 41 y 42 muestran la disposición en la que deben ser colocadas las luminarias para el alumbrado de calles y avenidas.

Figura 41

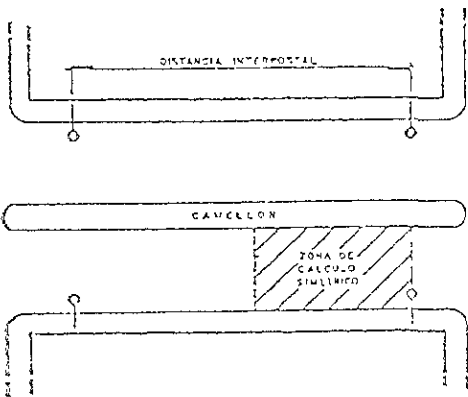


Sistema de alumbrado. doble hilera
 Sin poste en cada acera con un poste frente a otro.

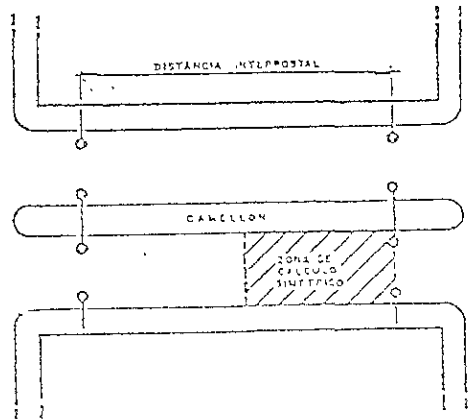


Sistema de alumbrado. tresbolillo
 Sin poste sobre camellón.

Figura 42



Sistema de alumbrado doble hilera
 Sin instalar poste, sobre el camellon



Sistema de alumbrado doble hilera
 Con poste sobre el camellon

NIVELES DE ALUMBRADO

El nivel de alumbrado o de iluminación, es la relación cuantitativa del cociente entre la intensidad de flujo luminoso o incidente sobre una superficie y el área de la superficie sobre la que el flujo incide. Esta relación, es tan variable como los factores que intervienen en la ecuación dimensional, mismos que influyen para que al caer la noche se evite la disminución de visibilidad y la fatiga del conductor nocturno, aplicando a la vía de tráfico un adecuado nivel de iluminación. Por esta razón es muy importante la clasificación de las vías de tráfico y áreas adyacentes que determinarán la cantidad de luz horizontal que en promedio debe ser aplicada de acuerdo con el trazo geométrico de la vía, el tipo de las banquetas, tipo de pavimento y capacidad para admitir un determinado volumen de vehículos en tránsito en horas normales y en horas críticas cuando la actividad comienza a empezar y el índice de tráfico se incrementa notablemente (5)

El nivel de iluminación mínimo en luxes recomendado para banquetas y zonas peatonales depende del área considerada y del horario de uso nocturno que cada una requiere dentro de su clasificación necesita. En la tabla J se definen algunos de los niveles mínimos de iluminación para algunas vías vehiculares de la ciudad

Tabla J Niveles mínimos de iluminación.

Clasificación por vía de tráfico o zona	Nivel de iluminación por vía de tráfico o zona (en luxes)		
	Comercial	Intermedia	Residencial
Vía rápida	18	10-20	18-20
Viaducto	15	15	11-15
Boulevard	22	15-20	11-15
Calzada	10	8-10	8-10
Avenida	13	10-12	6-8
Calle secundaria	8	6-8	6-4
Banquetas	10	10	5
Zona peatonal	20	15	3

2 RELACIÓN DE UNIFORMIDAD

valores de los niveles de iluminación son suficientes y proporcionan la visibilidad necesaria únicamente cuando se combina este valor de iluminación con una relación de uniformidad. La uniformidad se puede considerar de varias formas:

Uno de los métodos es conocer la relación de nivel promedio mantenido entre el valor de un punto de menor nivel. El valor del cociente resultante, no debe exceder de 3 a 1 en cualquier vía de tráfico considerada para zona comercial e intermedia. Debido a que la velocidad promedio en zona residencial y la densidad peatonal son bajas, la uniformidad puede permitir una relación promedio mínima de 6 a 1.

Este método considera que la posición transversal de un luminario, su distancia al poste, su altura de montaje, y su ángulo de inclinación con respecto al eje vertical afectan el resultado de la iluminación y por lo tanto su uniformidad (5). Estos factores también pueden ser considerados como relación espaciamiento sobre altura de montaje. Con estas relaciones se tiene establecida la base de cálculo fotométrico, ya que una lámpara de ciertas características operando con determinado tipo de lámpara y potencia en watts proporciona en conjunto una distribución de luz uniforme o semi-uniforme.

De esta manera, si el mismo luminario utiliza un tipo diferente de lámpara en potencia y clase, la distribución será también totalmente diferente, y con este cambio se tiene también una uniformidad diversa que dependerá de la información fotométrica que de cada equipo se disponga por diseño de fabricante.

La información fotométrica, es la medida de la intensidad luminosa de una fuente de luz o de la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Los instrumentos empleados para la fotometría se denominan fotómetros.

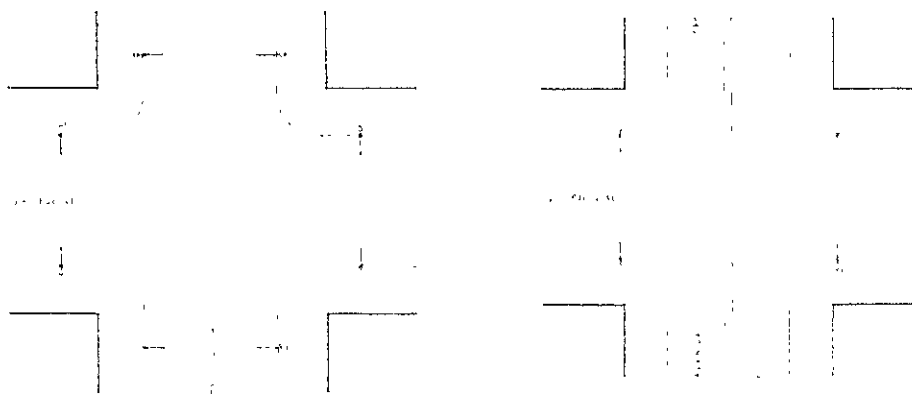
La intensidad de una fuente de luz se mide en candelas, generalmente comparándola con una fuente patrón. Se iluminan zonas adyacentes de una ventana con las fuentes conocida y desconocida y se ajusta la distancia de las fuentes hasta que la iluminación de ambas zonas sea la misma. La intensidad relativa se calcula entonces sabiendo que la iluminación decrece con el cuadrado de la distancia.

V.3.3 ALTERNATIVAS DE INSTALACIÓN

La solución aplicada a cada una de las vialidades, es fotométricamente diferente en función de su trazo geométrico, de su diseño arquitectónico y de su entorno urbano. Cada solución vial debe corresponder a los niveles de iluminación, uniformidad y confort recomendados en las normas internacionales para el bienestar de los usuarios.

Las figuras 43 y 44 muestran las alternativas de dosificación del alumbrado en algunos de los cruces de avenidas importantes y ejes viales (5).

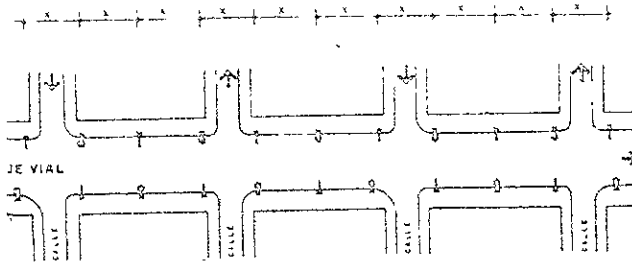
Figura 43



Distribución de alumbrado en el cruce de dos ejes viales

Distribución de alumbrado en el cruce de avenidas importantes

ESTANCIA ENTRE LAS VAS VARIABLE SEGUN NECESIDADES DE PROYECTO PERO NO MAYOR DE 30M



PLANTA

Figura 44 Dosificación de alumbrado a lo largo de una avenida o eje vial

De acuerdo a las normas internacionales, son aplicables los diagramas de la tabla K donde se indican las alternativas para distribución de equipo a lo largo de las vías de tráfico tipo

Tabla K. Alternativas de instalación

Una hilera o tresbolillo	Doble hilera opuesta o tresbolillo	Intersección o cruzamiento	localización
Ancho de la vía mayor de 1.5 MH	Ancho de la vía menor de 1.5 MH	Ancho de la vía mayor de 1.5 MH	En laterales
Tipos II-III-IV	Tipos II-IV	Tipo II (4 vías)	
Ancho de la vía mayor de 2.0 MH	Ancho de la vía menor de 1.5 MH, en cada carril	Ancho de la vía mayor de 2.0 MH	En el centro del camellón
Tipo I	Tipos II-III	Tipos I, 4 vías, y V	

IV.4 JARDINERÍA

Un jardín de nueva construcción requiere una serie de trabajos que son diferentes a los de su mantenimiento posterior. Lo primero que se lleva a cabo es un proyecto que tenga en cuenta el tipo de jardín que se va a construir, la disponibilidad de agua, el clima de la zona, el tipo de suelo, la distribución de los espacios y los tipos de plantas que se van a utilizar. En la elección de las plantas es fundamental tener en cuenta las plantas vivaces, porque son las que van a permanecer muchos años en el jardín, especialmente los árboles y arbustos. Después se realizan las obras de infraestructura, que consisten en todas aquellas labores de movimiento de tierras y ubicación de los elementos que van a formar parte de la construcción, como fuentes, jardineras fijas, caminos de piedra o instalación de las bocas o sistema de riego. Además hay que limpiar el terreno de escombros y de plantas no deseadas. Finalmente, se procede a la plantación y siembra prevista. Las plantas y muchos de los materiales que sirven para adornar el jardín se obtienen en los viveros.

El mantenimiento de un jardín consiste en realizar todas aquellas labores que tienen como finalidad cuidar, conservar y mejorar el jardín. Las más importantes son la reposición de plantas anuales y bienales, el riego, la poda, el abonado, la eliminación de malas hierbas, el tratamiento de las enfermedades y plagas, y la limpieza. Para ello se utilizan herramientas manuales, como la manguera, tijeras de podar, la azada, la pala jardinera, el rastrillo y la carretilla. En superficies grandes o para labores de cierta envergadura se emplean máquinas apropiadas, como motocultores, tractores, remolques y motosierras. Además, es necesario tener herramientas y útiles específicos para determinadas partes del jardín, como son el césped, los setos, las jardineras y las plantas trepadoras. Para ello se utilizan la segadora, el rastrillo de airear el césped, la tijera de dos manos o la perfiladora mecánica, paletines, plantadores y escaleras. El tratamiento de plagas y enfermedades también requiere herramientas apropiadas como la mochila de fumigar.

Las obras de jardinería se efectúan principalmente en banquetas, camellones y en los remanentes producto de afectaciones. El propósito de establecer áreas verdes es entre otras: generar "pulmones" con aire más puro, reducir la contaminación, por su valor estético, y como protección al peatón. Las condicionantes que rigen el diseño de las áreas verdes son elegir plantas que no requieran grandes cuidados de plantación o de mantenimiento, que sean resistentes a la contaminación y la determinación del espacio que ocupa la planta en estado adulto con objeto de no sobre dosificar la zona (5).

IV.5 OBRAS Y DISPOSITIVOS DIVERSOS

Son obras que se construyen y/o dispositivos que se colocan dentro de una calle o carretera o en sus inmediaciones y que tiene como finalidad mejorar el nivel de confort, seguridad, buen funcionamiento y mejoramiento estético de las vialidades en beneficio de los usuarios (4)

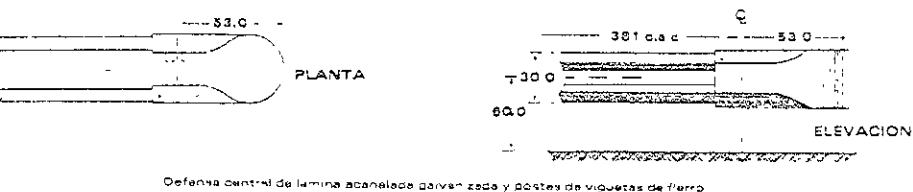
Algunas de estas obras y dispositivos son:

Los dispositivos de canalización - Son elementos delimitadores de la superficie de rodamiento a lo largo de un tramo o zona de obra, de tal manera que los conductores, peatones o trabajadores puedan circular con seguridad y fluidez, a través de la misma. Previenen y alertan a los conductores y peatones de los riesgos inherentes a las operaciones de construcción o conservación que se llevan a cabo en la vía pública (1)

En cuanto a su función, las obras y dispositivos diversos se clasifican en:

- a) Cercas
- b) Defensas (ver figura 45)
- c) Indicadores de obstáculos
- d) Indicadores de alineación
- e) Reglas y tubos guía para vado
- f) Avales

Vibradores.
Guardaganados



Defensa central de lamina acanalada galvanizada y postes de viguetas de hierro

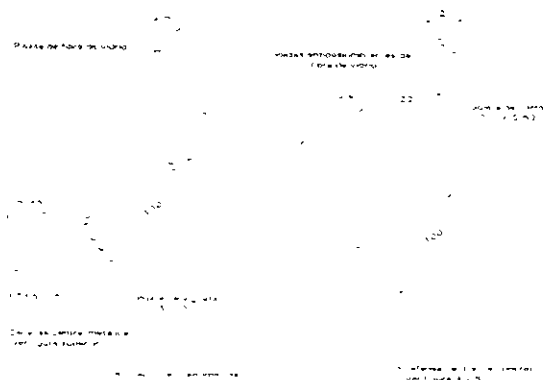


Figura 45. Defensas centrales metálicas y de concreto con piezas antideslumbrantes

Existen además obras complementarias que contribuyen al confort de los usuarios como son

-Paraderos.-Son instalaciones que permiten la transferencia de pasajeros entre los diversos modos de transporte que confluyen en ellas, proporcionando un mejor servicio a los usuarios del transporte colectivo

- Cobertizos y pasos peatonales - Los cobertizos cumplen tres objetivos fundamentales que son los siguientes

Identificar las zonas de ascenso y descenso mejorando la operación de las rutas de transporte

Proteger al usuario de los fenómenos atmosféricos y

Dar al usuario información útil sobre la ubicación de rutas de transporte y el entorno geográfico en general.

- Pasos peatonales.- Son aquellos que son motivados por las siguientes causas:

Uso necesario por existir mallas que impiden el cruce de la arteria, o por impedimentos físicos como construcciones en la faja separadora central, o por ser arterias con cuerpos de circulación separados totalmente por carriles centrales contruidos a diferente nivel y corresponde a éstos vías rápidas de acceso controlado.

Por existir tránsito intenso que pone en peligro obvio el cruce de peatones.

Por no existir semáforos en la intersección, haciendo el cruce a nivel, de gran riesgo

Referencias

1.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura. Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en calles y Carreteras. Quinta edición, Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1986

2 - ADALPE C RODOLFO, JALLE A., JOSÉ, JULIO; DOMÍNGUEZ P., LUIS, MARTÍNEZ M., ALEJANDRO Y RAMÍREZ C., JOSÉ LUIS, Los semáforos y el control Dinámico del Tránsito. Primera edición, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S A., México, 1976.

3 - Seguridad vial y equipamiento de la carretera. Traffic 97. Madrid. 21-24 de octubre de 1997.

4 -Manual de Dispositivos para el control de tránsito en zonas urbanas y suburbanas. Vol. I, Comisión General de Transporte

5 -Memorias Técnica de los Ejes Viales en la CD de México. Departamento del Distrito Federal

Capítulo V CONCLUSIONES

Las técnicas presentadas en el presente trabajo, son sólo algunas de las alternativas para rehabilitar pavimentos asfálticos en la ciudad de México la rehabilitación mediante un fresado y el posterior tendido de sobre carpetas asfálticas, es de los más comunes aunque no siempre el más óptimo, ya que la solución del problema a resolver debe estar dictada por los resultados de una evaluación completa de la estructura del pavimento y su superficie, cualquiera de las técnicas de rehabilitación puede ser mejorada o combinada con el objeto de proporcionar al pavimento las características que requiera para responder a las solicitudes del tráfico al que esté expuesto.

La red vial primaria de la ciudad de México requiere mantenimiento tanto preventivo como correctivo en un 60 % del área total. lo anterior, es resultado de la falta de atención durante muchos años. La administración de gobierno actual ha "intentado" a través de un programa intensivo de mantenimiento, atender este rezago en un periodo aproximado de 6 años, este programa ha sido encaminado principalmente a la atención correctiva de daños en la infraestructura de pavimentos y en menor grado al resto de la infraestructura vial.

De acuerdo a las cifras manejadas por la administración de gobierno actual, se ha determinado que actualmente el mantenimiento correctivo ha disminuido respecto del preventivo. En el diagnóstico presentado por esta administración de gobierno, para el programa 1999, se presentan porcentajes similares de mantenimiento preventivo, mientras que para el año 2000, se tuvo un porcentaje mayor de mantenimiento preventivo con respecto al correctivo, logrando que el 50 % de la red vial se encuentre en buenas condiciones.

Sin embargo a pesar de que las cifras presentadas por la administración de gobierno actual manifiestan claramente una tendencia satisfactoria en la conservación y mantenimiento de la infraestructura de los pavimentos de la ciudad también es

evidente que los trabajos desarrollados para alcanzar tal situación han sido desarrollados con una calidad deficiente en un gran porcentaje, este inconveniente, evidentemente repercutirá enormemente en los logros alcanzados en un periodo corto de tiempo revirtiendo los logros así obtenidos.

Lo anterior obedece como ya mencioné a la falta de controles de calidad, tanto en las plantas de elaboración de los asfaltos utilizados, procedimientos de transporte, tendido y compactado, además de la falta de equipos adecuados a las condiciones de trabajo

La falta de calidad de los métodos de elaboración de los asfaltos utilizados en los trabajos de mantenimiento correctivo, se pone en evidencia en vialidades recién trabajadas en las que se pueden observar disgregación del material o la presencia de poros, debido entre otros factores, a la falta de homogeneidad en las mezclas, falta de asfalto, falta de finos, segregación de los materiales en los silos de dosificación, etc

La falta de equipos adecuados tanto para el transporte como para el tendido del material asfáltico, es evidente cuando existen zonas en las que aún cuando el material cumple con las características especificadas, existe la presencia de poros debido a la diferencia de temperatura con las que es manejado el material durante los procesos de transporte, tendido y compactado. Es importante destacar que, como es común en la mayoría de las obras de ingeniería civil, el equipo utilizado para la ejecución de estos trabajos es equipo cuya vida útil ha sido explotada varias veces, por lo que su rendimiento y adecuado funcionamiento está muy por debajo de las expectativas, lo que evidentemente repercute en los procesos de colocación del asfalto al existir constantemente paros no programados por fallas en estos equipos

Combinado lo anterior, da como resultado pavimentos deficientes que a mediano plazo requieren nuevamente mantenimiento correctivo, debido a los defectos arriba señalados, además de defectos producto de una colocación deficiente como juntas frescas no tratadas adecuadamente, discontinuidades en la compactación, abresacos no

renivelados correctamente como brocales de pozos de visita, registros, coladeras, etc , por citar sólo algunos

Como es evidente a pesar del esfuerzo realizado en los últimos años, aún falta mucho por hacer en el control de calidad de estos trabajos. Entre las acciones principales que deberán ser implementadas, se encuentra el llevar a cabo un eficiente diagnóstico de los pavimentos con equipos especializados que permitan una correcta evaluación de las condiciones estructurales, obteniendo las mejores alternativas de solución. Continuar con los trabajos de investigación en lo referente a calidad de mezclas, diseño de pavimentos, y aplicación de nuevos productos, además del desarrollo de nuevas tecnologías para su elaboración y en mayor medida, el desarrollo y utilización de mejores y más eficientes equipos para la elaboración, transporte y tendido del material

El mantenimiento de la infraestructura vial de la ciudad de México comprende no sólo mantener en buenas condiciones el asfalto de sus principales vías, requiere además la implementación de programas debidamente planeados para el mantenimiento de toda la infraestructura que interactúa con estas vías como son, puentes vehiculares puentes peatonales, alumbrado, señalamiento horizontal y vertical, mobiliario urbano (cobertizos, muros deflectores, parabuses, alumbrado, jardinería etc)

Como es evidente el mantenimiento de la infraestructura vial de la Ciudad de México requiere de planes económicos y técnicos que permitan un adecuado programa de mantenimiento acorde no solo con las necesidades inmediatas de la infraestructura sino de prevención mediante procedimientos adecuados de diagnóstico, evaluación y conservación Sin embargo, el principal problema que enfrentan las autoridades responsables de implementar este tipo de planes es la falta de continuidad ya que con cada cambio de Gobierno de la Ciudad se establecen y crean nuevas prioridades en las metas de cada administración de gobierno lo que consecuentemente repercute en la mayoría de los planes y metas fijados con anterioridad

En el mantenimiento de puentes vehiculares, el principal problema a solucionar, es la falta de una planeación económica y técnica que permita un mantenimiento acorde con los problemas presentes en la mayoría de estas estructuras. Actualmente el mantenimiento efectuado en este tipo de estructuras, se limita a la atención inmediata de problemas que son reportadas por los usuarios o que son manifestación clara de su estado de deterioro y que consecuentemente afecta la circulación de la vía en la cual se encuentra inmersa.

El principal problema que se manifiesta en los puentes de la Ciudad de México, se presenta básicamente en las juntas móviles o de dilatación, así como en las estructuras de aproximación, lo cual puede deber su origen a las distintas estructuraciones con que es diseñada la cimentación de los elementos que constituyen las estructuras de apoyo de los puentes, además de la diversidad de suelos presentes en la ciudad de México.

Sin embargo, el problema se acentúa debido a la falta de un mantenimiento preventivo que permita a lo largo de la vida útil de las estructuras un adecuado funcionamiento de las juntas móviles de los puentes evitando la intrusión de agua y de agentes externos causantes de muchos de los problemas y daños presentes en los materiales que forman los elementos de un puente y que fueron tratados en el capítulo correspondiente al mantenimiento de puentes.

La reparación o mantenimiento de los puentes vehiculares no siempre es una tarea fácil en la Ciudad de México, el 100% de las reparaciones o trabajos de mantenimiento, se desarrollan en horarios nocturnos que inician regularmente a las 23:00 hrs. y concluyen a las 5:00am del día siguiente, lo que obliga a horarios efectivos de trabajo de 6:00 hrs.

Tomando en cuenta que las vialidades deben ser abiertas al tráfico vehicular, Lo anterior, tiene repercusiones en los métodos de trabajo desarrollados con materiales tradicionales" (base cemento), debido al tiempo necesario para el fraguado y más aún para alcanzar la resistencia esperada del material, aún con el empleo de aditivos acelerantes.

Por esta razón, el empleo de materiales que permiten alcanzar objetivos de resistencia a edades tempranas y que además sean susceptibles de desarrollar trabajo a esta edad es cada vez más frecuente.

Para seleccionar los materiales y métodos de reparación más adecuados es importantes determinar la causa de la falla antes de hacer cualquier inversión en la reparación, evaluando todas las influencias que causan el deterioro del concreto como son. cargas mecánicas, físicas, químicas y biológicas. lo que permite entender todas las condiciones de exposición y diseñar una reparación adecuada que permita restablecer el equilibrio para soportar las cargas actuales y las previstas en el futuro

Una reparación exitosa dependerá de una correcta selección de materiales después de haber establecido una evaluación completa de los requisitos de la reparación y de haber determinado la estrategia de reparación

Existen para la solución de problemas en las estructuras de puentes muy diversos métodos de reparación, sin embargo, la calidad de estos trabajos depende básicamente de los materiales empleados para su ejecución y dado que éstos en los últimos años han tenido desarrollo abundante, el dilema del diseñador o estructurista es elegir entre todos ellos aquél que reúna los requisitos que el trabajo requiere.

Otro de los componentes que directamente influye en el buen funcionamiento de las vialidades, es el señalamiento

Generalmente instalado durante la construcción de una obra vial, difícilmente es sujeto a ser incluido en los programas de mantenimiento por lo que constantemente es víctima del vandalismo y nunca más es repuesto en detrimento de la seguridad y buen funcionamiento de la vía a la que pertenece

Igual situación ocurre con el alumbrado público, aunque éste al tener un impacto más directo en el confort y seguridad de los usuarios, es atendido con mayor frecuencia por las entidades encargadas de su mantenimiento, dado que a falta de éste, se incrementa notoriamente la inseguridad en la zona de afectación.

Bibliografía

- Seguridad vial y equipamiento de la carretera. Trafic 97, Madrid, 21-24 de octubre de 1997
- Manual de Dispositivos para el control de tránsito en zonas urbanas y suburbanas, Vol. I, Comisión General de Transporte.
- Memorias del segundo seminario de construcción y conservación de pavimentos en la CD De México; agosto de 1999
- Memorias del tercer seminario de construcción y conservación de Pavimentos en la CD. de México; Agosto de 2000.
- Bridge Engineering, Design, Rehabilitation, and, Maintenance of Modern Highway Bridges Demetriós E. Tonias, P.E Mc. Graw-Hill inc 1995.
- Memorias Técnica de los Ejes Viales en la CD de Mexico. Departamento del Distrito Federal.

MIL CONFIDO