REPUBLICA DEL PERU

Decreto Supremo Nº 001-2010-VIVIENDA

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de conformidad con la Ley No. 27792, tiene competencia para formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, a cuyo efecto dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, mediante Decreto Supremo No. 015-2004-VIVIENDA, se aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico - normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, por Decreto Supremo No. 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, a fin que se encargue de analizar y formular las propuestas para su actualización, quedando pendiente de aprobación tres (03) Normas Técnicas, entre ellas, la Norma Técnica CE.010: Aceras y Pavimentos;

Que, con Informe No. 04-2009/VIVIENDA/VMVU-CPARNE, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación del Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones, respecto a la denominación de la Norma Técnica CE.010 Aceras y Pavimentos por CE.010 Pavimentos Urbanos, y de aprobación de la referida Norma Técnica; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme aparece en el Acta de su Vigésima Sexta Sesión;

Que, estando a lo informado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, resulta pertinente disponer la modificación de la denominación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, así como su aprobación, con el objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio;

De conformidad con lo dispuesto en numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley No. 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley No. 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y el Decreto Supremo No. 002-2002-VIVIENDA modificado por Decreto Supremo No. 045-2006-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de denominación de la Norma Técnica CE.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE.

Modifíquese el Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobado por Decreto Supremo No. 015-2004-VIVIENDA, en lo referente a la Norma Técnica CE.010 Aceras y Pavimentos, la misma que en adelante quedará redactada de la siguiente manera: CE.010 Pavimentos Urbanos.

Artículo 2.- Aprobación de la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE.

Apruébese la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, que como Anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Publicación

Publíquese la Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Supremo No. 001-2009-JUS.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los trece días del mes de enero del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

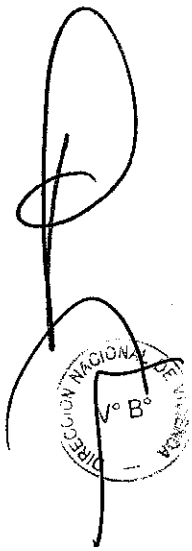
COMITÉ TÉCNICO ESPECIALIZADO DE LA NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

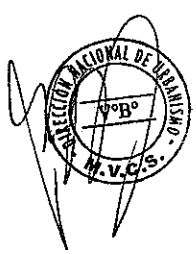
Presidente	:	Ing. Germán Vivar Romero
Secretario Técnico	:	Ing. Pablo Medina Quispe

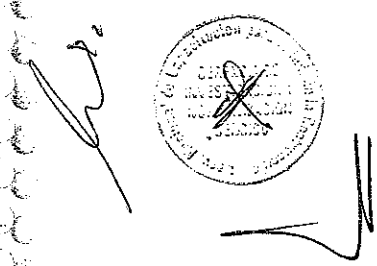
INSTITUCIÓN	REPRESENTANTES
ASOCEM Asociación de Productores del Cemento	Ing. Miguel Atauje Calderón
CAPECO Cámara Peruana de la Construcción	Ing. Alberto Ponce Moza
IDPP Instituto de Desarrollo de Pavimentos del Perú	Ing. Germán Vivar Romero
MVCyS Vice Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Ing. Fernando Franco García
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU Facultad de Ciencias e Ingeniería	Ing. Manuel Olcese Franzero
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Civil	Ing. Mercedes Rodríguez-Prieto Mateo

PRÓLOGO

El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO, en cumplimiento de su función de normalización, pone a disposición de los profesionales ligados al diseño y la construcción, la Norma Técnica de Edificaciones CE.010 PAVIMENTOS URBANOS del Reglamento Nacional de Edificaciones, elaborada por el Comité Especializado.







INDICE

1. CAPITULO 1. GENERALIDADES Y DEFINICIONES

1.1 ORGANIZACIÓN DE LA NORMA 3
1.2 DENOMINACIÓN Y OBJETIVO 4
1.3 AMBITO DE APLICACIÓN, ALCANCES Y LIMITACIONES 4
1.4 OBLIGATORIEDAD DE LOS INFORMES TÉCNICOS 4
1.5 REQUISITOS DE LOS INFORMES TÉCNICOS 4
1.6 RESPONSABILIDAD PROFESIONAL 4
1.7 RESPONSABILIDAD POR LA APLICACIÓN DE LA NORMA 5

2. CAPITULO 2. INFORMACIÓN PREVIA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

2.1 INFORMACIÓN RELATIVA AL TERRENO 6
2.2 INFORMACIÓN RELATIVA AL PROYECTO 6
2.3 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA 6

3. CAPITULO 3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO, ENSAYOS DE LABORATORIO, REQUISITOS DE LOS MATERIALES Y PRUEBAS DE CONTROL

3.1 CONDICIONES GENERALES 7
3.2 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO 7
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 9
3.4 REQUISITOS DE LOS MATERIALES 10
3.5 CONTROL Y TOLERANCIAS 17

4. CAPITULO 4 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS

4.1 MÉTODO DE DISEÑO 24
4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL 24
4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS 24
4.4 PAVIMENTOS ESPECIALES 26

5. CAPITULO 5. ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS

5.1 OBJETO 27
5.2 RESPONSABILIDADES 27
5.3 ROTURA DE PAVIMENTOS 27
5.4 EXCAVACIÓN 27
5.5 RELLENO Y COMPACTACIÓN 28
5.6 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS 28
5.7 CONTROL DE CALIDAD 29

6. CAPITULO 6. MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

6.1 OBJETO 30
6.2 RESPONSABILIDAD POR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO 30
6.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 30
6.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO 30

7. CAPITULO 7: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

7.1 DOCUMENTOS 31
7.2 INFORME TÉCNICO 31
7.3 PLANOS 31
7.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 31

ANEXO A. GLOSARIO DE TÉRMINOS 32

ANEXO B. MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS URBANOS 42

ANEXO C. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS DE ASFALTO 47

ANEXO D. MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND 49

ANEXO E. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND 62

ANEXO F. MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS DE ADOQUINES INTERTRABADOS DE CONCRETO 64

ANEXO G. LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES INTERTRABADOS DE CONCRETO 72

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN CE.010 PAVIMENTOS URBANOS
CAPÍTULO 1
GENERALIDADES Y DEFINICIONES.

1.1 ORGANIZACIÓN DE LA NORMA

1.1.1 La Norma consta de 7 Capítulos y 7 Anexos.

1.1.2 El Capítulo 1 **Generalidades y Definiciones**, trata sobre los aspectos generales relativos a la organización de la Norma, denominación, objetivo, ámbito de aplicación, alcances, obligatoriedad, requisitos de los Informes Técnicos y Responsabilidad Profesional.

1.1.3 En el Capítulo 2 **Información Previa para la Ejecución de los Estudios y Diseños**, se consigna la información mínima previa con la que deberá contar el Profesional Responsable (***PR***)[1] para la ejecución del Estudio de Mecánica de Suelos (***EMS***) y el Diseño Estructural de Pavimentos (***DP***).

1.1.4 En el Capítulo 3 **Técnicas de Investigación de Campo, Ensayos de Laboratorio, Requisitos de los Materiales y Pruebas de Control**, se describen las Técnicas de Exploración e Investigaciones de Campo y Laboratorio, que se deben utilizar en la ejecución de los ***EMS***, así como las Técnicas de Control de Calidad que se deben utilizar antes, durante y después de la ejecución de las Obras de Pavimentación.

1.1.5 En el Capítulo 4 **Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos**, se dan pautas para el diseño de los pavimentos urbanos nuevos, rehabilitaciones y reposiciones.

1.1.6 En el Capítulo 5 **Rotura y Reposición de Pavimentos para Instalación de Servicios Públicos**, se norma la rotura y reposición de pavimentos para el tendido, reparación o rehabilitación de obras de servicios públicos.

1.1.7 En el Capítulo 6 **Mantenimiento de Pavimentos,** se presentan los criterios para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos urbanos.

1.1.8 En el Capítulo 7 **Presentación del Proyecto**, se norma el contenido mínimo de los Informes Técnicos relativos a los ***EMS*** y ***DP***, así como el de los planos y el de las Especificaciones Técnicas Constructivas (***ETC***).

1.1.9 El Anexo A contiene un **Glosario de Términos.**

1.1.10 En el Anexo B **Método sugerido para el 1Diseño Estructural de Pavimentos Asfálticos Urbanos,** se adjunta una metodología referencial para el diseño de estos tipos de pavimentos.

1.1.11 En el Anexo C **Lineamientos Generales para la Elaboración de las Especificaciones Técnicas de Construcción de Pavimentos Urbanos de Asfalto,** se adjuntan las ***ETC*** mínimas para la construcción de pavimentos urbanos de asfalto.

1.1.12 En el Anexo D **Método Sugerido para el Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos de Concreto de Cemento Portland**, se adjunta una metodología referencial para el diseño estos tipos de pavimentos.

1.1.13 El Anexo E **Lineamientos Generales para la Elaboración de las Especificaciones Técnicas de Construcción de Pavimentos Urbanos de Concreto de Cemento Portland.**

1.1.14 En el Anexo F **Método Sugerido para el Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos de Adoquines Intertrabados de Concreto**, se adjunta una metodología referencial para el diseño de estos tipos de pavimentos.

1.1.15 El Anexo G **Lineamientos Generales para la Elaboración de las Especificaciones Técnicas de Construcción de Pavimentos de Adoquines Intertrabados de Concreto.**

[1] Ver Glosario.

1.2 DENOMINACIÓN Y OBJETIVO

1.2.1 La presente se denomina Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos.

1.2.2 Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamientos de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio.

1.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN, ALCANCES Y LIMITACIONES

1.3.1 La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú.

1.3.2 Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario.

1.4 OBLIGATORIEDAD DE LOS INFORMES TÉCNICOS

1.4.1 Para todos los tipos de Habilitaciones Urbanas es obligatorio presentar un Informe Técnico conteniendo la Memoria Descriptiva del ***EMS*** y del ***DP***, sea que se trate de la construcción de pavimentos nuevos, de rehabilitaciones de pavimentos existentes o de la rotura y reposición de pavimentos existentes para tendido, reparación, o rehabilitación de servicios.

1.4.2 Se podrá utilizar la información contenida en un ***EMS*** con fines de cimentación, siempre que el número de puntos de investigación cumpla lo estipulado en la Tabla 2. A la Memoria Descriptiva del ***EMS*** deberá añadírsele en este caso los Certificados de los Ensayos de CBR sobre los Suelos de Fundación y de la Sub-rasante.

1.5 REQUISITOS DE LOS INFORMES TÉCNICOS

Todo Informe de ***EMS*** para el ***DP*** nuevos, rehabilitaciones, o para rotura y reposición de pavimentos existentes con fines de instalación o reemplazo de servicios, deberá sustentar sus conclusiones en:

- Un programa de exploración del suelo basado en ensayos de campo y de laboratorio, según se indica en el Capítulo 3.
- El análisis del tránsito esperado durante el periodo de diseño.
- Las características de los materiales a usar en las diferentes capas del pavimento.
- Los métodos de diseño de pavimentos.

Los Informes Técnicos se presentarán conteniendo las Memorias Descriptivas de los ***EMS*** y del ***DP***, con una descripción detallada de los Trabajos de Campo, Laboratorio y Gabinete llevados a cabo, mas Anexos conteniendo los planos o croquis de Ubicación de las Obras, Distribución de Puntos de Investigación, Registros de la Estratigrafía hasta cubrir la Profundidad Activa de las Cargas Vehiculares, Resultados de los Ensayos de Campo y/o Laboratorio, Salidas de las corridas del(os) Programa(s) de Cómputo utilizado(s) o las respectivas Hojas de Cálculo, Detalles Constructivos de los Pavimentos en forma de Laminas o planos, Fotografías y Especificaciones Técnicas de Construcción.

1.6 RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

Todo Informe Técnico, incluyendo los planos de pavimentos y anexos, deberá estar refrendado por un Ingeniero Civil Colegiado, quien asume la responsabilidad por el contenido y las conclusiones del mismo. En el caso que el propietario suministre parte de la información requerida (topografía, suelos y/o tránsito), esta deberá estar refrendada por su respectivo ***PR***. En este caso el ***PR*** que elabora el Informe Técnico solo es responsable por sus diseños.

1.7 RESPONSABILIDAD POR LA APLICACIÓN DE LA NORMA

Las entidades encargadas de otorgar la ejecución de las obras y la licencia de construcción son las responsables del cumplimiento de esta Norma. Dichas entidades no autorizarán la ejecución de las obras si el Proyecto no cuenta con un ***EMS*** y un ***DP*** para el área y tipo de obra específicos.

CAPÍTULO 2
INFORMACIÓN PREVIA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS

2.1 INFORMACIÓN RELATIVA AL TERRENO

Previamente a la ejecución del ***EMS*** y al subsiguiente ***DP***, se requiere conocer la ubicación y la topografía del terreno para lo que el Propietario debe proporcionar al ***PR*** un plano topográfico mostrando los linderos, obras existentes, ubicación de las vías a pavimentar, limites de obras de pavimentación vecinas, tipo y estado de los pavimentos existentes, disposición de acequias, postes, buzones, drenajes y toda obra que interfiera con las pistas, veredas y estacionamientos del Proyecto. Asimismo, se requiere contar con los planos de planta y perfil donde se indique el perfil del terreno y el perfil longitudinal a nivel de rasante. También deberá proporcionar la historia del lugar, respecto de zonas bajas rellenadas con desmontes, presencia de estructuras enterradas, antiguas acumulaciones o cursos de agua, tierras de cultivo, etc.

2.2 INFORMACIÓN RELATIVA AL PROYECTO

Se debe disponer de información concerniente a la calidad, espesores y estado de los pavimentos existentes; características del tránsito esperado durante el Periodo de Diseño; y a la disponibilidad de materiales que conformarán las capas del pavimento. Esta información deberá ser proporcionada por el ***PR*** como parte del Proyecto.

2.3 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Complementariamente a todo lo indicado, el ***PR*** podrá, de considerarlo necesario, incluir en su Proyecto, información adicional referente al clima, geología, geomorfología, fotografías aéreas, etc.

CAPÍTULO 3

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO, ENSAYOS DE LABORATORIO, REQUISITOS DE LOS MATERIALES Y PRUEBAS DE CONTROL

3.1. CONDICIONES GENERALES

a) Toda la documentación técnica de Anteproyectos y Proyectos Definitivos de Pavimentos deberá incluir una Memoria Descriptiva, conteniendo un resumen de todos los Trabajos de Campo, Laboratorio y Gabinete efectuados para el ***EMS***, el Estudio de Tránsito y el ***DP***, así como los Anexos Técnicos conteniendo las hojas de cálculo y/o salidas de los programas, planos, especificaciones técnicas y toda la información que sustente los diseños, según se indica en el Capítulo 4.

b) Opcionalmente y de común acuerdo con el Propietario, la documentación técnica podrá incluir los análisis de precios unitarios, metrados, presupuesto, cronograma de ejecución de obra y relación de equipos a utilizar en la obra.

c) En todos los casos se utilizará la última versión de la norma correspondiente.

3.2. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

3.2.1 Las técnicas de investigación en el campo, aplicables al ***EMS*** para ***DP***, son los indicados en la Tabla 1

TABLA 1

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.143:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
NTP 339.144:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelo y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (Profundidad superficial).
NTP 339.250:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio. 1a. ed.
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
NTP 339.161:2001	SUELOS. Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.
NTP 339.169:2002	SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada
NTP 339.172:2002	SUELOS. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad).
NTP 339.175:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado in-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del Valor Soporte) de suelos

NORMA	DENOMINACIÓN
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de Cono en aplicaciones superficiales de pavimentos

3.2.2 El número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la Tabla 2, con un mínimo de tres (03):

TABLA 2

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m^2)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Notas:

a) Cuando no existan los proyectos de lotización y trazado y solamente se ejecutara el proyecto de habilitación urbana, se requiere de 1 punto de investigación por hectárea, con un mínimo de 4.

b) Cuando no existan los proyectos de lotización y trazado y se ejecute el proyecto de habilitación urbana y la construcción simultanea de viviendas, se requiere de un punto de investigación adicional por hectárea. a los requeridos en la Tabla N° 6 de la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

3.2.3 Los puntos de investigación se ubicarán preferentemente en los cruces de vías, pudiendo emplearse puntos intermedios, que permitan establecer la estratigrafía a lo largo de la vía.

3.2.4 En el caso de reposición de pavimentos cortados para instalación o reparación de servicios, se ejecutará un punto de investigación cada 100 metros con un mínimo de tres (03).

3.2.5 La profundidad mínima de investigación será de 1,50 m por debajo de la cota de rasante final de la vía.

Si dentro de la profundidad explorada se encontraran suelos blandos o altamente compresibles, la profundidad de investigación deberá ampliarse a criterio del *PR*.

3.2.6 Donde exista rellenos no controlados se deberá investigar en todo su espesor debiendo profundizarse no menos de 0,50 m dentro del suelo natural.

3.2.7 Donde se encuentren macizos rocosos dentro de la profundidad de investigación, se deberá registrar su profundidad y grado de fracturamiento y estimar su resistencia a la compresión.

3.2.8 Efectuados el registro de la estratigrafía, el muestreo y la toma de fotografía, se deberá rellenar las excavaciones con los materiales extraídos.

3.2.9 Durante la investigación de campo se elaborará un perfil estratigráfico para cada punto de investigación, basado en la clasificación visual manual, según la NTP 339.150:2001.

3.2.10 En caso de encontrar suelos finos no plásticos dentro de la profundidad de investigación, se deberán ejecutar ensayos para determinar su densidad natural.

3.2.11 Se tomará por lo menos una muestra representativa de cada tipo de suelo para su posterior ensayo de laboratorio, según las normas respectivas indicadas en la Tabla 3.

3.2.12 Se determinará un (1) CBR por cada 5 puntos de investigación o menos según lo indicado en la Tabla 2 y por lo menos un (1) CBR por cada tipo de suelo de sub-rasante.

3.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.3.1 Los ensayos de Laboratorio aplicables a los ***EMS*** con fines de pavimentación son las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3

NORMA	DENOMINACIÓN
NTP 339.126:1998	SUELOS. Métodos para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo.
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.131:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
NTP 339.132:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz 75 µm (N°200)
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)
NTP 339.135:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte.
NTP 339.139:1999	SUELOS. Determinación del Peso volumétrico de suelos cohesivo.
NTP 339.140:1999	SUELOS. Determinación de los factores de contracción de suelos mediante el método del mercurio
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m3(56000 pie-lbf/pie3))
NTP 339.142:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar (600 kN-m/m3 (12400 pie-lbf/pie3))
NTP 339.144:1999	SUELOS. Métodos de ensayos estándar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial)
NTP 339.145:1999	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de Califronia) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino

NORMA	DENOMINACIÓN
NTP 339.147:2000	SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante)
NTP 339.152:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas.
NTP 339.177:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.
NTP 339.178:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea
NTP 339.076:1982	HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros en las aguas usadas en la elaboración de concretos y morteros.

3.4. REQUISITOS DE LOS MATERIALES

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos que se dan a continuación. Los materiales que incumplan estos requisitos y sus tolerancias (ver 3.5), serán rechazados por la Supervisión y serán restituidos por el Contratista a su costo, en los plazos que indique la *Supervisión*.

3.4.1 De los Geosintéticos: Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas del INDECOPI, en las Normas de Ensayo de Materiales del MTC, o en ausencia de ellas, en las Normas Técnicas internacionales vigentes.

3.4.2 De la Sub-Base: Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las siguientes Tablas:

TABLA 4

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4,25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: Sección 303 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.

Además, el material también deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

TABLA 5

Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Limite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

* 30% para pavimentos rígidos y de adoquines. 40% para pavimentos flexibles.

3.4.3 De la Base: Estos materiales deberán cumplir los requisitos de gradación establecidos en la siguiente Tabla:

TABLA 6

Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: Sección 305 de las EG-2000 del MTC

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnmm.

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que a continuación se indican:

TABLA 7

Valor Relativo de Soporte, CBR
NTP 339.145:1999

Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80%
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100%

TABLA 8

Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80% mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40% mínimo	50% mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40% máximo	
Sales Solubles	NTP339.152:2002	0,5% máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	---	12% máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	---	18% máximo

TABLA 9

Requerimientos del Agregado Fino de Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3000 msnmm	> 3000 msnmm
Índice Plástico	NTP 339.129:1999	4% máximo	2% máximo
Equivalente de arena	NTP 339.146:2000	35% mínimo	45% mínimo
Sales solubles	NTP 339.152:2002	0,5% máximo	
Índice de durabilidad	MTC E214-2000	35% mínimo	

DIRECCIÓN NACIONAL DE URBANISMO - V°B° - M.V.C.S.

3.4.4 De los pavimentos asfálticos: Estos materiales deberán cumplir los requisitos establecidos en las siguientes Tablas:

TABLA 10
Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	12 % máximo	10 % máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	18 % máximo	15 % máximo
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	35 % máximo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 % mínimo	
Partículas chatas y alargadas *	NTP 400.040:1999	15 % máximo	
Partículas fracturadas	MTC E210-2000	Según Tabla 12	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.021:2002	1,00 %	Según Diseño
Adherencia	MTC E519-2000	+ 95	

* La relación a emplearse para la determinación es: 5/1 (ancho/espesor o longitud/ancho)

TABLA 11
Requerimientos para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	Según Tabla 13	
Angularidad del agregado fino	MTC E222-2000	Según Tabla 14	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E220-2000	4 % mínimo	6 % mínimo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 mínimo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	Máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.022:2002	0,50 %	Según Diseño

TABLA 12

Requerimientos para Caras Fracturadas
MTC E210-2000

Tipos de Vías	Espesor de Capa	
	< 100 mm	> 100 mm
Vías Locales y Colectoras	65/40	50/30
Vías Arteriales y Expresas	85/50	60/40

Nota: La notación "85/50" indica que el 85 % del agregado grueso tiene una cara Fracturada y que el 50 % tiene dos caras fracturadas.

TABLA 13

Requerimientos del Equivalente de Arena
NTP 339.146:2000

Tipos de Vías	Equivalente Arena (%)
Vías Locales y Colectoras	45 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	50 mínimo

TABLA 14

Angularidad del Agregado Fino
MTC E222-2000

Tipos de Vías	Angularidad (%)
Vías Locales y Colectoras	30 mínimo
Vías Arteriales y Expresas	40 mínimo

Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente será establecida por el Contratista y aprobada por el Supervisor. En la Tabla 15 se muestran algunas gradaciones comúnmente usadas.

TABLA 15
Gradaciones de los Agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente

Tamiz	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC – 3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80 - 100	100	-
12,5 mm (1/2")	67 - 85	80 - 100	-
9,5 mm (3/8")	60 - 77	70 - 88	100
4,75 mm (N° 4)	43 - 54	51 - 68	65 – 87
2,00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 – 61
425 µm (N° 40)	14 - 25	17- 28	16 – 29
180 µm (N° 80)	08 - 17	08 - 17	09 - 19
75 µm (N° 200)	04 - 08	04 - 08	05 - 10

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el uno por ciento (1%) de partículas deleznables según el ensayo NTP 400.015:2002. Tampoco deberá contener más de 0,5% en peso de materia orgánica u otros materiales deletéreos según el ensayo NTP 400.023:1979.

3.4.5 De los Pavimentos de Concreto Hidráulico: Estos materiales deberán cumplir los requisitos establecidos en las siguientes Tablas:

TABLA 16

Sustancias Dañinas

Características	Norma	Agregado Fino	Agregado grueso
Partículas deleznables, máximo	NTP 400.015:2002	3 %	3 %
Material más fino que el tamiz normalizado 75 µm (N°200)	NTP 339.132:1999	3 % *	1 %
Carbón y lignito, máximo.	NTP 400.023:1979	0,5 %	0,5 %
Impurezas orgánicas. máximo	NTP 400.024:1999	Placa orgánica N° 1 ó 2 Color Gardner Estándar N° 5 u 8	N.A.**

* En el caso de arena obtenida mediante trituradora de rodillos y si el material está libre de limos y arcillas, este límite podrá ser aumentado a 5%.

** No Aplicable.

TABLA 17

Resistencia Mecánica del Agregado Grueso

Métodos	No mayor que
Abrasión Los Ángeles NTP 400.019:2002	50 %

Los agregados a usarse en la elaboración de Concreto Hidráulico que va a estar sujeto a ciclos de congelación y deshielo, deben cumplir los requisitos de resistencia a la desagregación por medio de ataque de soluciones. indicados en la Tabla 18.

TABLA 18

Pérdida por Ataque de Sulfatos

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio NTP 400.016:1999	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio NTP 400.016:1999	Si se utiliza solución de sulfato de sodio NTP 400.016:1999	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio NTP 400.016:1999
10%	15%	12%	18%

El equivalente de arena del agregado fino NTP 339.146:2000 utilizado en concreto de pavimentos será igual o mayor a 75%.

3.4.6 En los Pavimentos de Bloques Intertrabados (Adoquines) de Concreto Hidráulico

Estos materiales deberán cumplir los requisitos indicados en las siguientes Tablas:

TABLA 19

Granulometría de la Arena de Cama

ASTM C33

MALLA	% PASA
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 – 100
2,36 mm (N° 8)	85 – 100
1,18 mm (N° 16)	50 – 85
600 µm (N° 30)	25 – 60
300 µm (N° 50)	10 – 30
150 µm (N° 100)	02 – 10
75 µm (N° 200)	00 – 01

TABLA 20

Granulometría de la Arena de Sello

ASTM C144

MALLA	% PASA
4,75 mm (N° 4)	100
2,36 mm (N° 8)	95 – 100
1,18 mm (N° 16)	70 – 100
600 µm (N° 30)	40 – 75
300 µm (N° 50)	20 – 40
150 µm (N° 100)	10 – 25
75 µm (N° 200)	00 – 10

TABLA 21

Adoquines – Requisitos

NTP 399.611:2003

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

TABLA 22
Resistencia a la Compresión

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO* (MPa)	MINIMO* (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

*Valores correspondientes a una muestra de tres unidades

3.5. CONTROL Y TOLERANCIAS

La *Supervisión* de la Obra es la responsable por la ejecución de las pruebas y por el cumplimiento de las exigencias de esta Norma. Cuando la construcción no tenga *Supervisión* contratada, el Constructor asumirá esta responsabilidad.

3.5.1 En la Sub-rasante:

a) La humedad de compactación no deberá variar en ± 2% del Optimo Contenido de Humedad a fin de lograr los porcentajes de compactación especificados.

b) Se comprobará la compactación según lo indicado en la Tabla 23. El grado de compactación requerido será del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) en suelos granulares y del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Estándar (NTP 339.142:1999) en suelos finos. Se tolerará hasta dos puntos porcentuales menos en cualquier caso aislado, siempre que la media aritmética de 6 puntos de la misma compactación sea igual o superior al especificado.

TABLA 23

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE CONTROLES EN LA SUB-RASANTE POR CADA 100 m DE VÍA PARA GRADO DE COMPACTACIÓN Y CBR IN-SITU
Expresas	4
Arteriales	3
Colectoras	2
Locales	1

c) Se determinará el CBR in-situ según lo indicado en la Tabla 23. Esta información, conjuntamente con la densidad de campo, se usará para verificar el CBR de diseño.

d) Respecto de las cotas del proyecto, se permitirá una tolerancia de ± 20 mm.

e) La tolerancia por exceso en el bombeo será de hasta 20%. No se tolerarán errores por defecto en la flecha del bombeo.

f) Donde se haya estabilizado la sub-rasante, se verificara los valores propuestos por el ***PR*** en el Proyecto para el agente estabilizador utilizado, con un mínimo de tres verificaciones por cada tipo de agente estabilizador.

3.5.2 En la Sub-base y Base Granulares:

a) Se efectuarán los ensayos de control y con las frecuencias indicadas en la Tabla 24.

TABLA 24

Frecuencia de Ensayos de Control para Materiales de Sub Base y Base Granulares

ENSAYO	NORMAS	BASE Y SUB BASE GRANULAR	
GRANULOMETRÍA	NTP 400.012:2001	1 cada 400 m^3	Cantera
LÍMITES DE CONSISTENCIA	NTP 339.129:1998	1 cada 400 m^3	Cantera
EQUIVALENTE DE ARENA	NTP 339.146:2000	1 cada 1000 m^3	Cantera
ABRASIÓN LOS ANGELES	NTP 400.019:2002	1 cada 1000 m^3	Cantera
SALES SOLUBLES	NTP 339.152:2002	1 cada1000 m^3	Cantera
PARTÍCULAS FRACTURADAS	MTC E210-2000	1 cada 1000 m^3	Cantera
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	NTP 400.040:1999	1 cada 1000 m^3	Cantera
PÉRDIDA EN SULFATO DE SODIO/MAGNESIO	NTP 400.016:1999	1 cada 1000 m^3	Cantera
CBR	NTP 339.145:1999	1 cada 1000 m^3	Cantera
RELACIONES DENSIDAD – HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO)	NTP 339.141:1999	1 cada 400 m^2	Pista
DENSIDAD EN EL SITIO (MÉTODO DEL CONO)	NTP 339.143:1999	1 cada 250 m^2 con un mínimo de 3 controles.	Pista
DENSIDAD EN EL SITIO (MÈTODO NUCLEAR)	NTP 339.144:1999		

NOTAS:

(1) La frecuencia de los ensayos puede incrementarse en opinión del Supervisor, dependiendo de la variación de la estratigrafía en cantera. que pueda originar cambios en las propiedades de los materiales.

(2) En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

b) El grado de compactación de Base y Sub-base, será como mínimo del 100 % de la Máxima Densidad Seca obtenida en el ensayo Proctor Modificado (Método C). Se tolerará hasta dos puntos porcentuales menos en cualquier caso aislado, siempre que la media aritmética de 6 puntos de la misma compactación sea igual o superior al especificado. Los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de la densidad.

c) Respecto de las cotas del proyecto, se permitirá una tolerancia de ± 10 mm. La tolerancia por exceso en el bombeo será de hasta 20 %. No se tolerarán errores por defecto en la flecha del bombeo.

En las Mezclas Asfálticas durante la ejecución de las obras:

a) Previamente a la colocación de la mezcla asfáltica el Contratista presentará al Supervisor su Fórmula de Trabajo. El Supervisor deberá definir la antelación con la que se presentará la Fórmula de Trabajo. El *PR* deberá haber definido en su Proyecto la necesidad o no, de ejecutar un Tramo de Prueba.

Una vez aprobada la Fórmula de Trabajo, se hará un control directo de las cantidades de agregados y asfalto que se mezclan, según las siguientes frecuencias y normas de ensayo.

TABLA 25

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Contenido de Asfalto	MTC E502-2000	1 por día	Planta o Pista
Granulometría	NTP 339.128:1998	1 por día	Planta o Pista
Ensayo Marshall	MTC E504-2000	1 por día	Planta o Pista
Temperatura	----	Cada volquete	Planta y Pista

b) Las mezclas en caliente deberán cumplir las siguientes tolerancias:
- Materiales que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4") ..... ± 5 %
- Material comprendido entre los tamices de 9,5mm (3/8") y 75 µm (N° 200) ..... ± 4 %
- Material que pasa el tamiz 75 µm (N° 200) ..... ± 1 %
- Porcentaje de Asfalto..... ± 0,3 %
- Temperatura de la mezcla al salir de la planta..... ± 11 °C
- Temperatura de la mezcla entregada en pista..... ± 11 °C

c) Las mezclas en frío deberán cumplir las siguientes tolerancias:
- Materiales que pasan los tamices 4,75 mm (N° 4), 2,36 mm (N° 8) y 850 µm (N° 20).....± 5 %
- Solventes.....± 2 %
- Asfalto.....± 0,3 %

3.5.4 En la Carpeta Asfáltica Terminada:

La *Supervisión* está obligada a efectuar las siguientes verificaciones:

a) Compactación

a.1) Se realizará según las normas MTC E506-2000 (Gravedad Específica Aparente y Peso Unitario de Mezclas Asfálticas Compactadas Empleando Especimenes Parafinados), MTC E508-2000 (Peso Específico Teórico Máximo de Mezclas Asfálticas para Pavimentos), o MTC E510-2000 [Peso Unitario del Concreto Asfáltico en el Terreno (Método Nuclear)], en una proporción de cuando menos una (1) por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m^2) de cada capa y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de la densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán siguiendo un Proceso Aleatorio.

a.2) La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, cuando menos, el noventa y ocho por ciento (98 %) de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall, cuatro (4) probetas por jornada de trabajo (D_e).

$$D_m \geq 0{,}98\ D_e$$

a.3) Además, la densidad de cada testigo individual (Di) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97 %) de la densidad media de los testigos del tramo (D_m).

$$D_i \geq 0{,}97\ D_m$$

a.4) La toma de muestras se hará de acuerdo con Norma MTC E509-2000 (Determinación del Grado de Compactación de una Mezcla Bituminosa) y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas MTC E506-2000 (Gravedad Específica Aparente y Peso Unitario de Mezclas Asfálticas Compactadas Empleando Especimenes Parafinados), MTC E508-2008 (Peso Específico Teórico Máximo de Mezclas Asfálticas para Pavimentos), o MTC E510-2000 [Peso Unitario del Concreto Asfáltico en el Terreno (Método Nuclear)].

b) Espesor

b.1) La verificación del espesor la efectuará el Contratista cada trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m²) o fracción, debiendo extraerse al menos dos (2) testigos cilíndricos mediante equipos provistos de brocas rotativas.

b.2) Se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m) según la norma MTC E507-2000 (Espesor o Altura de Especimenes Compactados de Mezclas Asfálticas), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

b.3) Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, igual al noventa y cinco por ciento (95 %) del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

b.4) Si el espesor promedio de los dos (2) testigos no cumpliera con estas condiciones, se extraerán cuatro (4) testigos adicionales.

b.5) De persistir la deficiencia, el Supervisor en coordinación con el ***PR*** definirá las acciones a tomar.

c) Lisura

c.1) La superficie acabada no deberá presentar zonas de acumulación de agua (depresiones), ni elevaciones mayores de cinco milímetros (5 mm) en capas de rodadura, ni elevaciones mayores de diez milímetros (10 mm) en bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres (03) metros (MTC E1001-2000, Medida de la Regularidad Superficial de un Pavimento Mediante la Regla de Tres Metros) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía.

d) Regularidad Superficial o Rugosidad

d.1) En el caso de Vías Expresas y donde lo indique el ***PR*** se medirá la Regularidad Superficial de la superficie de rodadura en unidades IRI. La rugosidad tendrá un valor máximo de 2,5 m/km. En el caso de no satisfacer este requerimiento, deberá revisarse los equipos y procedimientos de esparcido y compactación, a fin de tomar las medidas correctivas que conduzcan a un mejoramiento del acabado de la superficie de rodadura.

d.2) Para la determinación de la rugosidad podrá utilizarse cinta métrica y nivel, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método técnicamente aceptable y aprobado por la *Supervisión*.

d.3) La medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas vehiculares, registrando mediciones parciales para cada kilómetro.

d.4) La medición de la rugosidad sobre la carpeta asfáltica terminada, se efectuará al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado y para efectos de recepción de la obra.

e) Medición de Deflexiones sobre la Carpeta Asfáltica Terminada

e.1) En el caso de Vías Expresas y en donde lo indique el ***PR,*** se efectuará mediciones de la deflexión en todos los carriles, en ambos sentidos cada 50 m y en forma alternada (tresbolillo). Se analizará la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida de por lo menos tres valores por punto y se obtendrán indirectamente los módulos de elasticidad de la capa asfáltica. Además, la Deflexión Característica obtenida por sectores homogéneos se comparará con la deflexión admisible para el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño.

e.2) Para efectos de la medición de las deflexiones podrá emplearse la Viga Benkelman (MTC E1002-2000, Medida de la Deflexión y Determinación del Radio de Curvatura de un Pavimento Flexible Empleando la Viga Benkelman), o cualquier otro método técnicamente

aceptable y aprobado por la *Supervisión*. Los puntos de medición estarán referenciados con el estacado del Proyecto.

e.3) La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada, se efectuará al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado y para efectos de recepción de la obra.

3.5.5 En las Mezclas de Concreto Hidráulico durante la ejecución de las obras:

a) Previamente a la colocación de la mezcla de concreto hidráulico, el Contratista presentará al Supervisor su Diseño de Mezcla. La *Supervisión* deberá definir la antelación con la que se presentará el Diseño de Mezcla. El ***PR*** definirá el tipo y cantidad de ensayos necesarios para el Diseño de Mezcla.

b) Una vez aprobado el Diseño de Mezcla se hará un control directo de las cantidades de agregados, agua y cemento Portland que intervienen en la mezcla.

c) Se harán controles directos de la consistencia de la mezcla y de la calidad de los materiales, para cumplir con el Módulo de Rotura (resistencia a la tracción por flexión) especificado en el proyecto, pudiendo hacerse paralelamente ensayos a compresión que permitan correlacionar flexo-tracción y compresión.

d) El control de la mezcla en obra se podrá hacer mediante ensayos de compresión de probetas cilíndricas que deberán cumplir los criterios de aceptación indicados líneas abajo.

e) Se harán los siguientes ensayos sobre los agregados finos:

TABLA 26

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA
Granulometría	NTP 400.012:2001	250 m³
Material que pasa la malla 75 µm (Nº 200)	NTP 400.018:2002	1000 m³
Terrones de Arcillas y partículas deleznables	NTP 400.015:2002	1000 m³
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	1000 m³
Método químico para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados*	NTP 334.099:2001	1000 m³
Cantidad de partículas livianas	NTP 400.023:2001	1000 m³
Contenido de Sulfatos (SO_4^-)	NTP 400.042:2001	1000 m³
Contenido de Cloruros (Cl^-)	NTP 400.042:2001	1000 m³
Durabilidad**	NTP 400.016:1999	1000 m³

Nota: Todos estos ensayos se harán con muestras tomadas en la obra o en planta, según se trate de concreto preparado en obra o en planta de premezclado.

* Según la NTP 334.099 y la ASTM C 289-3 los resultados de este ensayo por si solos no deben ser motivo de rechazo de una cantera sujeta a evaluación por reactividad álcali-sílice, si no que debe ser evaluada en combinación con otros métodos.

** Solo se aplica a Pavimentos sujetos a congelación y deshielo

f) Sólo se permitirá una variación de ± 0,2 % en el Módulo de Fineza del agregado fino.

g) El total de sustancias perjudiciales en los agregados no deberá superar el 4 % en peso.

h) Se harán los siguientes ensayos sobre los agregados gruesos:

TABLA 27

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Granulometría	NTP 400.012:2001	250 m³	Cantera
Desgaste los Ángeles	NTP 400.019:2002	1000 m³	Cantera
Partículas fracturadas	MTC E210-2000	500 m³	Cantera
Terrones de Arcillas y partículas deleznables	NTP 400.015:2002	1000 m³	Cantera
Cantidad de partículas Livianas	NTP 400.023:2001	1000 m³	Cantera
Contenido de Sulfatos ($SO_4^=$)	NTP 400.042:2001	1000 m³	Cantera
Contenido de Cloruros (Cl^-)	NTP 400.042:2001	1000 m³	Cantera
Contenido de carbón y lignito	NTP 400.023:1979	1000 m³	Cantera
Reactividad	NTP 334.099:2001 NTP 334.067:2001	1000 m³	Cantera
Durabilidad*	NTP 400.016:1999	1000 m³	Cantera
Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas (relación largo espesor: 3:1)	NTP 400.040:1999	250 m³	Cantera

*Solo se aplica a Pavimentos sujetos a congelación y deshielo

i) Se harán los siguientes ensayos de consistencia de la mezcla:

TABLA 28

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Consistencia	NTP 339.035:1999	1 por cada 3 m^3	Punto de vaciado

j) Se harán los siguientes ensayos de resistencia del concreto:

TABLA 29

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Ensayo para determinar la resistencia a tracción por flexión o a la compresión	NTP 339.078:2001 NTP 339.034:1999	Una muestra por cada 450 m^2, pero no menos de una por día	Laboratorio

Para que los ensayos de probetas curadas bajo condiciones de laboratorio, se consideren satisfactorios, se deberá cumplir con la Norma E.060 Concreto Armado.

3.5.6 En los Pavimentos de Concreto Hidráulico terminados:

La *Supervisión* está obligada a efectuar las siguientes verificaciones:

a) La superficie acabada no podrá presentar irregularidades mayores de tres milímetros (3 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja la *Supervisión.*

b) La resistencia a flexo-tracción (módulo de rotura) a los 28 días, no será menor que la resistencia de diseño. En probetas prismáticas, se tolerará hasta 3,5 kg/cm^2 por debajo de la resistencia de diseño, siempre que al menos el 80% de los ensayos realizados sean iguales o superiores a la resistencia de diseño.

c) La verificación del espesor la efectuará el Contratista cada trescientos cincuenta metros cuadrados (350 m²) o fracción, debiendo extraerse al menos dos (2) testigos cilíndricos mediante equipos provistos de brocas rotativas. Los testigos se extraerán después de transcurridos siete (7) días desde la colocación del concreto.

d) Si el espesor promedio de los dos (2) testigos resulta inferior al espesor teórico de diseño (e_d) en más de quince milímetros (15 mm), se extraerán cuatro (4) testigos adicionales. De persistir la deficiencia, el Supervisor en coordinación con el ***PR*** definirá las acciones a tomar.

3.5.7 En los Pavimentos con Bloques Intertrabados (Adoquines) de Concreto de Cemento Portland Terminados:

La *Supervisión* está obligada a efectuar las siguientes verificaciones:

a) La superficie acabada no podrá presentar irregularidades mayores de cinco milímetros (5 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja la *Supervisión.*

b) La *Supervisión* puede llevar a cabo la inspección de materiales en la fuente de origen así como en los laboratorios de control de calidad.

c) El Contratista deberá entregar a la Entidad contratante el archivo completo de los ensayos de control de calidad efectuados durante la ejecución de la obra, como un requisito previo para la recepción de la obra.

CAPÍTULO 4
DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS

4.1 MÉTODO DE DISEÑO

4.1.1 Se podrá utilizar cualquier método de diseño estructural sustentado en teorías y experiencias a largo plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, comúnmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión vigente en su país de origen y que al criterio del ***PR***, sea aplicable a la realidad nacional. El uso de cualquier otra metodología de diseño obliga a incluirla como anexo a la Memoria Descriptiva.

4.1.2 Alternativamente se podrán emplear las metodologías sugeridas en los Anexos B, D y F de esta Norma.

4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

4.2.1 En cualquier caso se efectuará el diseño estructural considerando los siguientes factores:

a) Calidad y valor portante del suelo de fundación y de la sub-rasante.
b) Características y volumen del tránsito durante el período de diseño.
c) Vida útil del pavimento.
d) Condiciones climáticas y de drenaje.
e) Características geométricas de la vía.
f) Tipo de pavimento a usarse.

4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

4.3.1 El ***PR*** deberá elaborar las especificaciones técnicas que tomen en cuenta las condiciones particulares de su proyecto. En los Anexos C, E y G se acompañan los lineamientos generales para las especificaciones constructivas de pavimentos asfálticos, de concreto de cemento Portland y con adoquines, respectivamente.

4.3.2 Los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos, son los indicados en la Tabla 30.

TABLA 30

<table>
<tr><th colspan="2">Tipo de Pavimento / Elemento</th><th>Flexible</th><th>Rígido</th><th>Adoquines</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Sub-rasante</td><td colspan="3">95 % de compactación:
Suelos Granulares - Proctor Modificado
Suelos Cohesivos - Proctor Estándar</td></tr>
<tr><td colspan="3">Espesor compactado:
≥ 250 mm – Vías locales y colectoras
≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sub-base</td><td>CBR ≥ 40 %
100% Compactación
Proctor Modificado</td><td colspan="2">CBR ≥ 30 %
100% compactación Proctor Modificado</td></tr>
<tr><td colspan="2">Base</td><td>CBR ≥ 80 %
100% Compactación
Proctor Modificado</td><td>N.A.*</td><td>CBR ≥ 80%
100% compactación
Proctor Modificado</td></tr>
<tr><td colspan="2">Imprimación/capa de apoyo</td><td>Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm</td><td>N.A.*</td><td>Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Espesor de la capa de rodadura</td><td>Vías locales</td><td>≥ 50 mm</td><td rowspan="3">≥ 150 mm</td><td>≥ 60 mm</td></tr>
<tr><td>Vías colectoras</td><td>≥ 60 mm</td><td>≥ 80 mm</td></tr>
<tr><td>Vías arteriales</td><td>≥ 70 mm</td><td>NR**</td></tr>
<tr><td>Vías expresas</td><td>≥ 80 mm</td><td>≥ 200 mm</td><td>NR**</td></tr>
</table>

Material	Vías locales Vías colectoras Vías arteriales Vías expresas	Concreto asfáltico ***	MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm^2)	$f'_c \geq 38$ MPa (380 kg/cm^2)

Notas: * N.A.: No aplicable; ** N.R.: No Recomendable; *** El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

a. En ningún caso la capa de rodadura será la base granular o el afirmado, a menos que sea tratada. Bajo la responsabilidad de la Entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras y del ***PR***, se podrá considerar otras soluciones tales como: Bases tratadas con cemento, con asfalto o cualquier producto químico.

b. En el caso de los pavimentos flexibles y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: micropavimentos, lechadas bituminosas (slurry seal), tratamientos asfálticos superficiales, etc.

c. En el caso de los pavimentos rígidos y bajo responsabilidad de la entidad encargada de otorgar la ejecución de las obras, se podrá considerar otras soluciones tales como: concreto con refuerzo secundario, concreto con refuerzo principal, concreto con fibras, concreto compactado con rodillo, etc.

d. Los estacionamientos adyacentes a las vías de circulación tendrán de preferencia, las mismas características estructurales de estas. Alternativamente se podrán usar otros tipos de pavimentos sustentados con un diseño

TABLA 31

Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas*	Vías locales	Vías Colectoras y Arteriales	Vías Expresas
	EAL < 10^4	$10^4 \leq$ EAL < 10^6	EAL ≥ 10^6
	Tránsito Liviano	Tránsito Mediano	Tránsito Pesado
Números de golpes en cada cara de la probeta	35	50	75
Estabilidad mínima, kN	3,4	5,44	8,16
Flujo, 0,25 mm (min - max)	8 - 18	8 - 16	8 -14
Porcentaje de vacíos llenos de aire**, (min - max)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Porcentaje de vacíos, en el agregado mineral***, VMA (min - max)	Ver Tabla 32		
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto, VFA (min – max)	70 - 80	65 -78	65 -75

Notas:

* Se debe considerar todos los criterios en el diseño de mezclas de pavimentación.

** Por encima de los 3000 m.s.n.m.m., se recomienda un valor de 2%.

*** El porcentaje de vacíos en el agregado mineral se calcula sobre la base de las gravedades específicas bulk ASTM de los agregados.

TABLA 32

MALLA	VMA mínimo, porcentaje		
	Porcentaje de vacíos de diseño *		
	3,0	4,0	5,0
1,18 mm (N° 16)	21,5	22,5	23,5
2,36 mm (N° 8)	19,0	20,0	21,0
4,75 mm (N° 4)	16,0	17,0	18,0
9,50 mm (3/8")	14,0	15,0	16,0
12,5 mm (1/2")	13,0	14,0	15,0
19,0 mm (3/4")	12,0	13,0	14,0
25,0 mm (1.0")	11,0	12,0	13,0
37,5 mm (1.5")	10,0	11,0	12,0
50,0 mm (2.0")	9,50	10,5	11,5
63,0 mm (2.5")	9,00	10,0	11,0

* Interpolar para valores de vacíos llenos de aire comprendidos entre los indicados.

4.4 PAVIMENTOS ESPECIALES

4.4.1 Se consideran como pavimentos especiales a los siguientes:

a) Aceras o Veredas.
b) Pasajes Peatonales.
c) Ciclovías.

4.4.2 Estos pavimentos deberán cumplir los siguientes requisitos:

TABLA 33

Elemento \ Tipo de Pavimento		Aceras o Veredas	Pasajes Peatonales	Ciclovías
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 150 mm		
Base		CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60%
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm		
	Concreto de cemento Portland	≥ 100 mm		
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina , de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)		
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*		
	Concreto de cemento Portland	$f'_c \geq 17,5$ MPa (175 kg/cm^2)		
	Adoquines	$f'_c \geq 32$ MPa (320 kg/cm^2)		N.R. **

* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

** N.R.: No Recomendable.

CAPÍTULO 5
ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS.

5.1 OBJETO

5.1.1 Este Capítulo tiene por objeto regular los aspectos técnicos relacionados con la rotura y reposición de pavimentos, con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, mantener el orden, la circulación y el tránsito, así como uniformizar los criterios de diseño y constructivos de los pavimentos afectados.

5.2 RESPONSABILIDADES

5.2.1 Las empresas de servicios públicos, que realicen obras de envergadura que afecten a cualquiera de los pavimentos considerados en esta Norma, tienen la obligación de presentar en las municipalidades la "Programación Anual de Ejecución de Obras en Áreas de Dominio Público", correspondientes al ejercicio del año siguiente, hasta la fecha que indiquen las respectivas Ordenanzas Municipales y en ausencia de éstas hasta el 31 de diciembre de cada año. Esta exigencia no es aplicable a obras de emergencia y a las obras para atender solicitudes de los clientes. Las municipalidades deberán actualizar esta Programación trimestralmente, comprendiendo las obras de mantenimiento, ampliación o construcción de obras nuevas, incluyendo los estudios básicos, planos, especificaciones técnicas, y los plazos previstos para las intervenciones programadas.

5.2.2 Las empresas de servicios públicos, así como cualquier otra persona natural o jurídica que realicen obras que afecten a cualquiera de los pavimentos considerados en esta Norma, tienen la obligación de presentar en las respectivas municipalidades, los Expedientes Técnicos de las obras por ejecutar conteniendo por lo menos:

- Memoria Descriptiva, incluyendo el Estudio de Suelos, el Diseño de Pavimentos según lo indicado en 1.5, señalización y plan de vías alternas. Este requisito no aplica para obras con longitudes menores de 100 m.
- Especificaciones Técnicas.
- Planos.
- Metrados y Presupuestos.
- Cronograma de Ejecución de Obra.
- Anexos.

5.2.3 Las municipalidades son las encargadas de revisar y aprobar los Expedientes Técnicos, autorizar la ejecución de las obras, velar por el cumplimiento de la presente Norma y además comprobar que las obras han sido ejecutadas de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas del Proyecto aprobado.

5.3 ROTURA DE PAVIMENTOS

5.3.1 Previamente a la rotura de pavimentos, la zona de trabajo debe estar perfectamente señalizada incluyendo a las vías alternas de ser el caso.

5.3.2 La rotura parcial de pavimentos debe hacerse adoptando formas geométricas regulares con ángulos rectos y bordes perpendiculares a la superficie. Para el corte se debe emplear disco diamantado.

5.3.3 Solamente se usará equipo rompe-pavimento en labores de demolición.

5.3.4 Los desmontes provenientes de la rotura de pavimentos deben eliminarse de la zona de trabajo antes de proceder con las excavaciones, con el objeto de evitar la contaminación de los suelos de relleno con desmontes.

5.4 EXCAVACIÓN

5.4.1 No debe excavarse las zanjas con demasiada anticipación a los trabajos motivo del Expediente Técnico.

5.4.2 Para profundidades mayores de 1,50 m, el ***PR*** del ***EMS***, deberá indicar si se requiere o no entibar las paredes de las zanjas con el objeto de evitar que colapsen. El diseño del sistema de sostenimiento debe ser parte del Expediente Técnico.

5.4.3 Las operaciones de excavación no deberán iniciarse mientras no se cuente con un Plan de peroDesvío y Señalización comprobado.

5.4.4 El material excedente de cualquier partida, deberá eliminarse fuera de la obra en un plazo máximo de 48 horas.

5.5 RELLENO Y COMPACTACIÓN

5.5.1 Los fines esenciales de un buen relleno son:

a) Proporcionar un lecho apropiado para el apoyo y confinamiento de los servicios públicos; y
b) Proporcionar por encima de los servicios públicos, un material que sirva para transmitir adecuadamente las cargas vehiculares a las capas inferiores, sin dañar los servicios, ni provocar hundimientos en el pavimento.

5.5.2 El relleno debe seguir a la instalación de los servicios públicos tan cerca como sea posible. En todos los casos debe programarse los trabajos de tal manera que los procesos de excavación, colocación de los servicios públicos y relleno, queden limitados a distancias cortas, que permitan colocarlos con la misma velocidad con que se abren las zanjas.

5.5.3 Los rellenos en general se clasifican en tres grupos. El ***PR*** incluirá en su proyecto las características de cada uno de ellos.

a) Cama de Apoyo: Es aquella que soporta directamente a los servicios públicos (cables, tuberías o ductos) y generalmente es un suelo granular, uniforme, libre de gravas, piedras y materiales vegetales. Se requiere que en operación tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999).

b) Relleno de confinamiento: Es el que va alrededor de los servicios públicos y hasta una altura variable entre 15 cm y 20 cm por encima de ellos. Generalmente es de material seleccionado similar al de la Cama de Apoyo, el que se coloca por capas para permitir su apisonado alrededor de cables, tuberías o ductos. Se requiere que tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999).

c) Relleno masivo: Llegará hasta el nivel de la sub-rasante del pavimento existente. Podrá ser hecho con material propio, es decir con el extraído de la excavación, con o sin selección previa, o con material de préstamo, definido por el ***PR***. Se coloca por capas de espesor compactado a humedad óptima dependiente del tipo de suelo y del equipo empleado en la compactación. Se requiere que tenga una densidad de por lo menos el 90% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) para suelos predominantemente cohesivos y del 95% de su Máxima Densidad Seca Teórica obtenida en el ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141:1999) para los suelos predominantemente granulares.

5.5.4 Todo relleno se controlará por cada capa compactada, a razón de un control por cada 50 m. Excepto en los casos en que el espesor de la capa compactada sea menor de 15 cm, donde el control se hará cada dos o tres capas, según sea el caso. Si la obra tiene menos de 50 m, los controles se harán a razón de dos por cada capa compactada distribuyéndolos en tresbolillo entre dos capas sucesivas cualesquiera. En el caso de suelos arenosos el ***PR*** podrá proponer otros sistemas de control de la compactación.

5.6 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

5.6.1 La reposición de los pavimentos afectados debe efectuarse con materiales de las mismas características que el pavimento original, excepto en el caso de los pavimentos de concreto

hidráulico rehabilitados con una sobre capa asfáltica de superficie, en que a criterio del ***PR*** se podrá hacer la reposición con un pavimento de concreto asfáltico, que tenga el mismo Número Estructural que el pavimento mixto existente.
Se debe tener claro que la reposición del pavimento incluye no solo la carpeta, sino también la base y la sub-base existente.

5.6.2 Las mezclas asfálticas para reposiciones deberán ser preferentemente en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

5.6.3 En cualquier caso, la superficie de la reposición deberá quedar enrasada con la superficie del pavimento existente, sin depresiones ni sobre elevaciones.

5.7 CONTROL DE CALIDAD

5.7.1 Se tomarán las pruebas y se ejecutarán los mismos tipos de ensayos y con las mismas frecuencias indicados en el Capitulo 3 para pavimentos nuevos.

CAPÍTULO 6
MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

6.1 OBJETO

Este Capítulo tiene por objeto regular los aspectos técnicos relacionados con el mantenimiento de los pavimentos, con la finalidad de conservar la infraestructura urbana, manteniendo el orden, la circulación y el tránsito; así como uniformizar los criterios de mantenimiento y rehabilitación.

6.2 RESPONSABILIDAD POR LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Corresponde a las Municipalidades y comprende principalmente cinco responsabilidades:

a) Planeamiento del programa anual, incluyendo la previsión de los recursos y el presupuesto necesarios.
b) Disponer que los fondos sean asignados adecuadamente en toda la Red Vial y decidir las prioridades.
c) Programar y autorizar los trabajos.
d) Responsabilizarse de que las cuadrillas involucradas en el mantenimiento lo hagan de manera adecuada y efectiva.
e) Monitorear la calidad y efectividad de las actividades de mantenimiento.

6.3 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Aparte de la Rehabilitación que es el refuerzo estructural del pavimento cuando ha cumplido su Vida de Servicio, hay cuatro actividades de mantenimiento, que se clasifican en términos de su frecuencia:

a) Mantenimiento rutinario, requerido de manera continúa en todas las vías, independientemente de sus características o volumen del tráfico. Por ejemplo: barrido, corte de grass, limpieza de drenes y cunetas, mantenimiento de alcantarillas y mantenimiento de la señalización.
b) Mantenimiento recurrente, requerido a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo: reparación de baches y bordes, sellado de grietas.
c) Mantenimiento periódico, requerido a intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellado de toda la superficie, recapeos, reemplazo de pavimento asfáltico en áreas pequeñas, reposición de losas aisladas, reparación de bermas y señalización horizontal (pintado) y vertical (señales de tránsito).re-sellado de juntas.
d) Mantenimiento urgente, necesario para hacer frente a emergencias y problemas que requieren acción inmediata, cuando bloquean una vía. Por ejemplo: remoción de obstáculos, colocación de señales de peligro y trabajos diversos.

6.4 TAREAS DE MANTENIMIENTO

Se refiere a la secuencia de trabajos necesarios para las Actividades de Mantenimiento:

a) Inventario. Es el registro de las características básicas de cada sección de la Red Vial.
b) Inspección. Consiste en la auscultación del pavimento y la medición de su Condición.
c) Determinación del tipo de mantenimiento. Es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
d) Estimación de recursos. Es el costeo del programa de mantenimiento para definir el presupuesto.
e) Identificación de prioridades. Etapa en la que se decide el orden de prelación cuando los recursos son limitados.
f) Programa de trabajo y medición del comportamiento. Es la etapa en la que se controla el, trabajo que está siendo ejecutado.
g) Monitoreo. Verificación de la calidad y efectividad del trabajo.

CAPÍTULO 7
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

7.1 DOCUMENTOS

7.1.1 Todo proyecto de pavimentación contendrá los siguientes documentos:

a) Informe Técnico relativo a la Memoria Descriptiva del Estudio de Suelos con fines de Pavimentación, conteniendo un Anexo con planos de ubicación de las obras, registros de las calicatas y perforaciones, resultados de los ensayos de laboratorio y fotografías.
b) Plano de pavimentos mostrando los detalles constructivos en planta; secciones y detalles.
c) Especificaciones Técnicas.

7.2 INFORME TÉCNICO

Comprenderá los siguientes puntos:

7.2.1 Resumen de las condiciones de pavimentación, conteniendo una breve descripción de todos los tópicos del Informe principal:

a) Criterios de Proyecto.
b) Características de la sub-rasante.
c) Características del transito.
d) Estructura del pavimento.
e) Recomendaciones.

7.2.2 Generalidades: conteniendo una descripción de la ubicación de las obras, las características topográficas del terreno, el estado de las vías existentes, los tipos de pavimentos a emplearse en el Proyecto, la climatología, alcances y limitaciones del Informe Técnico.

7.2.3 Exploración de campo: Con la descripción detallada de los trabajos efectuados en el campo.

7.2.4 Ensayos de Laboratorio: Con la descripción detallada de los trabajos efectuados en el Laboratorio.

7.2.5 Interpretación de los Resultados: análisis de los ensayos de campo y laboratorio conjuntamente con la información referencial, para elaborar los perfiles estratigráficos típicos, y caracterizar la sub-rasante y el suelo de fundación.

7.2.6 Diseño estructural de Pavimentos: con una descripción de los parámetros utilizados y la metodología empleada.

7.3 PLANOS

Considerando los detalles constructivos de los pavimentos y de sus obras de protección:

7.3.1 Espesores, detalles de juntas en planta y en sección, encuentro con otras obras existentes.

7.3.2 Otros detalles que el *PR* considere necesarios.

7.3.3 Especificaciones Técnicas relativas a la sub-rasante, cada una de las capas que conforman el pavimento y materiales no convencionales tales como geosintéticos, fibras, aditivos, selladores, etc.

7.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Conteniendo como mínimo lo indicado en los Anexos C, E y G, de acuerdo al tipo de pavimento.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACERA O VEREDA

Parte de la vía urbana ubicada entre la pista y el límite de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simple, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

AFIRMADO

Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la sub-rasante o sub-base de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en vías no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilización.

AGENTE ESTABILIZADOR

Producto adicional diferente al suelo que se le añade con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-mecánicas.

ALAMEDA

Calle amplia con arborización intensa.

AÑO BASE

Es el año para el que se escogen y consideran los datos del tráfico que servirá de base al tráfico de diseño.

APROBACIÓN

Autorización o aceptación escrita del proyecto por parte de la Entidad correspondiente previamente a la ejecución de las obras.

Autorización o aceptación escrita de una actividad por parte de la Supervisión.

BASE

Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, ó de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante.

BERMA CENTRAL

Es un elemento separador a nivel o ligeramente por encima de la vía principal del tránsito. que actúa como confinante y protector de pavimento. Ver sección típica en Figura A1.

BERMA LATERAL

Extensión del nivel de la calzada para el estacionamiento de vehículos. Deberá tener un diseño propio. Ver sección típica en Figura A1.

BOMBEO

Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.

CALLE

En su sentido más genérico es una vía pública en un área urbana entre límites de propiedad, con o sin acera, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos. Ver sección típica en Figura A1

CALZADA O PISTA

Parte de una vía destinada al transito de vehiculos. Ver sección típica en Figura A1

CAMIONES

Vehículos tipo C2 del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones iguales a 2 ejes y 6 llantas. Incluyen ómnibuses y camiones de 4 llantas de base ancha. No incluyen automóviles camionetas, Pick-Ups, ni paneles.

CAMIONES PESADOS

Vehículos del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones de ejes mayores a las de vehículos tipo C2.

CAPA ASFALTICA DE SUPERFICIE

Es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también Capa de Desgaste o Capa de Rodadura.

CAPACIDAD DE LA VIA

Es el máximo número de vehículos de todos los tipos para los que la vía deberá ser diseñada geométricamente.

CAPA DE BASE ASFALTICA

Es una capa estructural de algunos pavimentos flexibles compuesta de agregados minerales unidos con productos asfálticos. También conocida como Base Negra.

CAPA DE SUB-RASANTE

Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas.

CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE A 80 kN (ESAL por sus siglas en inglés)

Es el efecto sobre el pavimento de cualquier combinación de cargas por eje de magnitud variada, expresada en el número de aplicaciones de un eje simple de 80 kN.

CARRIL

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos.

CARRIL DE DISEÑO

Es el carril sobre el que se espera el mayor número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 kN. Normalmente, será cualquiera de los carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido, o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido.

CICLOVIA

Espacio dentro de la vía urbana destinado exclusivamente al tránsito de bicicletas.

COEFICIENTE DE CAPA (a_i)

Número expresado en unidades de 1/pulg, o 1/cm, que representa la resistencia relativa de los materiales de construcción, que forman parte del pavimento. Los valores promedio usados en la Pista de Prueba AASHO son:

- Concreto asfáltico mezcla en caliente para capa de superficie : 0,44/pulg.
- Base granular de piedra chancada : 0,14/pulg
- Sub-base de grava arenosa : 0,11/pulg

COEFICIENTES DE DRENAJE C_d y m_i

Son los parámetros que representan en la metodología AASHTO de 1993 a las características de drenabilidad de un material granular empleado como base o sub-base y se expresan como C_d para pavimentos rígidos y como mi para pavimentos flexibles y cuyo valor

depende del tiempo en que estos materiales se encuentran expuestos a niveles de humedad cercana a la saturación y del tiempo en que drena el agua.

En las Tablas A1 y A2 se presentan los coeficientes recomendados por la AASHTO

TABLA A1

Valores de C_d recomendados por la AASHTO para pavimentos rígidos.

C_d	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
Calificación del drenaje		Menos a 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	2 horas	1,25 - 1,20	1,0 - 1,15	1,15 -1,10	1,10
Bueno	1 día	1,20 -1,15	1,15 -1,10	1,10 -1,00	1,00
Regular	1 semana	1,15 -1,10	1,10 -1,00	1,00 - 0,90	0,90
Pobre	1 mes	1,10 -1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy pobre	Nunca	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

TABLA A2

Valores de m_i recomendados por la AASHTO para pavimentos flexibles

m_i	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
Calificación del drenaje		Menos a 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	2 horas	1,40 - 1,35	1,35 -1,30	1,30 -1,20	1,20
Bueno	1 día	1,35 - 1,25	1,25 -1,15	1,15 -1,00	1,00
Regular	1 semana	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Pobre	1 mes	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy pobre	Nunca	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

CONCRETO ASFALTICO

Es una mezcla compuesta de cemento asfáltico y agregados bien graduados, de alta calidad, completamente compactada en una masa densa y uniforme.

CONSTRUCCION PLANIFICADA POR ETAPAS

Es la construcción de calles y avenidas colocando capas sucesivas de acuerdo a un diseño y cronograma preestablecidos.

CONTRATISTA

Persona natural o jurídica contratada para ejecutar todo o parte del trabajo según los planos y especificaciones del contrato.

CONTRATO

Es un documento o instrumento jurídico suscrito entre dos o mas partes para crear, regular, modificar ó extinguir una relación jurídica patrimonial.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Proceso físico y/o químico por el que se mejoran las propiedades físico- mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables.

ESTACIONAMIENTO

Espacio pavimentado destinado al aparcamiento vehicular.

ENTIBAR

Apuntalar, estabilizar con maderas, metales y tablas las excavaciones con riesgo de falla.

ENTIDAD CONTRATANTE

La que conjuntamente con el ***PR***, el Supervisor y el contratista suscribe el respectivo contrato.

EJE ESTANDAR

Eje simple con ruedas duales con una carga de 80 kN (8,2 t ó 18 kips).

ESALs DE DISEÑO

Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Período de Diseño. El procedimiento usado para convertir un flujo de tráfico con diferentes cargas y configuraciones por eje en un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje esperada sobre la vía durante el período de diseño, en un número de cargas por eje estándar, sumándolas luego.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Parte del expediente técnico en la que se detallan la descripción de los trabajos, los materiales, los equipos y procedimientos de construcción, el control de calidad, la medición y forma de pago. El ***PR***, es el autor y responsable de la emisión de las Especificaciones Técnicas.

ESPESOR DE DISEÑO

Es el espesor de cada capa del pavimento, determinado en el diseño.

ESPESOR EFECTIVO

El espesor efectivo de cada capa de un pavimento existente se calcula multiplicando su espesor real por los correspondientes factores de conversión, según el método de diseño.

ESTACIONAMIENTO

Superficie pavimentada, con o sin techo, destinada exclusivamente al parqueo de vehículos.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO

Pavimento con todas sus capas de mezclas asfálticas, o de una combinación de capas asfálticas y base granulares, colocadas encima de la sub-rasante natural o estabilizada.

ESTUDIO DE CARGAS

Es un estudio para determinar el peso transportado por cada eje y el número de ejes para cada tipo de camiones pesados.

FACTOR CAMIÓN

Es el número de aplicaciones de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN, producidas por una pasada de un vehículo cualquiera del Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Los

Factores Camión pueden aplicarse a vehículos de un solo tipo o clase o a un grupo de vehículos de diferentes tipos.

FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Es un factor utilizado para convertir las aplicaciones de cargas por eje de cualquier magnitud, a un número de cargas por eje simple equivalentes a 80 kN.

IMPRIMACION ASFÁLTICA

Asfalto diluido, aplicado con un rociador de boquilla que permita una distribución uniforme sobre la Base Granular para impermeabilizarla y lograr su adherencia con la Capa Asfáltica de Superficie.

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (p_t)

Se establece como la condición de la superficie del pavimento que no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario y corresponde al valor más bajo antes de que sea necesario rehabilitar o reconstruir un pavimento. En la Tabla A3 se proponen algunos valores para el índice de serviciabilidad final de pavimentos urbanos.

TABLA A3

Índice de Serviciabilidad Final (p_t)

p_t	Tipo de Vía
3,00	Expresas
2,50	Arteriales
2,25	Colectoras
2,00	Locales y estacionamientos

ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (p_o)

Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO'93 estableció (si no se tiene información disponible para diseño) los siguientes valores:

a) Para pavimentos rígidos, un valor inicial deseable p_o de 4,5; y
b) Para pavimentos flexibles un valor inicial deseable p_o de 4,2.

INGENIERO RESIDENTE

Ingeniero Civil Colegiado y habilitado, responsable de la ejecución y dirección de la obra, en representación del Contratista.

INSPECTOR

Ingeniero Civil Colegiado en ejercicio, representante de la Entidad Contratante en quien se ha delegado la responsabilidad de administrar un determinado proyecto.

JUNTAS DE CONTROL

Se denomina así, en un pavimento de concreto de cemento Pórtland, a las juntas formadas o aserradas, para controlar el agrietamiento.

LABORATORIO

Es una organización que mide, examina, ejecuta los ensayos; o de otra forma, determina las características o el comportamiento de materiales o productos.

LOSA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Superficie de rodadura y principal elemento estructural en los pavimentos rígidos.

LOTE

Es una cantidad medida de material o construcción producidos por el mismo proceso.

MÉTODOS DE ENSAYO PARA LA EVALUACION DE MATERIALES

Ensayos normalizados y usados para evaluar los materiales empleados en el proyecto.

MÓDULO DE RESILIENCIA O MÓDULO RESILIENTE (M_r)

Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos.

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Es una medida de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. Se determina mediante el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios.

MUESTRA

Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.

MUESTREO ALEATORIO

Una muestra tomada empleando un plan de muestreo, en el cual cada unidad del lote debe tener la oportunidad de ser elegida.

NIVEL DE SERVICIO PSI

Es un parámetro que califica la serviciabilidad de una vía.

TABLA A4

Valores de PSI y calificación de la serviciabilidad

PSI	Calificación
0,0	Intransitable
0,1 - 1,0	Muy malo
1,1 - 2,0	Malo
2,1 - 3,0	Regular
3,1 - 4,0	Bueno
4,1 - 4,9	Muy bueno
5,0	Excelente

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

Es un número adimensional abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento, requerida para un número de combinaciones de soporte del suelo (M_R), ESALs, ΔPSI, y m_i. El SN requerido puede ser convertido a espesores reales de carpeta de rodadura base y sub-base, por medio de coeficientes de capa apropiados que representan la resistencia relativa de los materiales de construcción

PASAJES PEATONALES

Parte de la vía urbana ubicada entre límites de la propiedad, destinada al uso peatonal. Pueden ser de concreto simple, asfalto, unidades intertrabadas (adoquines), o cualquier otro material apropiado.

PAVIMENTO

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y dentro de un rango de

Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclovías

PAVIMENTOS FLEXIBLES (PAVIMENTOS ASFÁLTICOS)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micropavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth®), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la sub-rasante.

PAVIMENTOS SEMI FLEXIBLES (INTERTRABADOS)

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellenando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible.

PAVIMENTOS RIGIDOS (DE CONCRETO HIDRÁULICO)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.).

PERDIDAD DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)

Es el cambio en la serviciabilidad de una vía durante el periodo de diseño y se define como la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (p_o) y final (p_t).

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

PERIODO DE DISEÑO

Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento.

PISTA

Ver calzada.

PLAN DE MANEJO VIAL

Conjunto de actividades temporales, necesarias para mantener el tránsito fluido mientras duren las obras.

PLAYAS DE ESTACIONAMIENTO

Pavimento, destinado exclusivamente al parqueo de vehículos, con las características estructurales y requisitos de materiales establecidos por el *PR*.

PROPIETARIO

Es la persona natural o jurídica, que acredita ser titular del dominio del predio al que se refiere una obra.

PROYECTO

Información técnica que permite ejecutar una obra de pavimentación.

PROFESIONAL RESPONSABLE *(PR)*

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio que ha elaborado los estudios y diseños del proyecto de pavimentación.

RASANTE

Es el nivel superior del pavimento terminado. La Línea de Rasante se ubica en el eje de la vía.

SERVICIABILIDAD

Habilidad de un pavimento para servir a los tipos de solicitaciones (estáticas o dinámicas) para los que han sido diseñados.

SUB-RASANTE

Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante.

SUPERVISIÓN

Persona natural o jurídica, cuya función es la de verificar que la obra se ejecute conforme a los proyectos aprobados, se sigan procesos constructivos acorde con la naturaleza de la obra, y se cumplan con los plazos y costos previstos en el contrato de la obra.

SUPERVISOR

Ingeniero Civil Colegiado y en ejercicio, representante de la *Supervisión* en la obra.

TIPOS DE VIAS

El sistema vial esta constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes

TRÁFICO

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el período de diseño de proyecto.

Si el número de aplicaciones es menor de 10^4 ESALs se considera Tráfico Ligero.

Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 10^4 ESALs y menor de 10^6 ESALs se considera como Tráfico Medio.

Si el número de aplicaciones es mayor a 10^6 ESALs se considera tráfico alto.

TRÁNSITO

Acción de ir o pasar de un punto a otro por vías públicas

VEREDA

Ver Acera. Ver sección típica en Figura A1

VÍAS URBANAS

Espacio destinado al transito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del limite urbano. Según la función que prestan se clasifican en:

- Vías Expresas;
- Vías Arteriales;
- Vías Colectoras; y
- Vías Locales.

VÍAS EXPRESAS

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez alta. Unen zonas de elevada generación de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. Eventualmente, el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en carriles segregados con paraderos en los intercambios. En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercancías ni el tránsito de peatones.

VÍAS ARTERIALES

Son vías que permiten conexiones interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindantes. Son vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. En su recorrido no es permitida la descarga de mercancías. Se usan para todo tipo de tránsito vehicular. Eventualmente el transporte colectivo de pasajeros se hará mediante buses en vías exclusivas o carriles segregados con paraderos e intercambios.

VÍAS COLECTORAS

Son aquellas que sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y con controles simples con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales. El estacionamiento de vehículos se realiza en áreas adyacentes, destinadas especialmente a este objetivo. Se usan para todo tipo de vehículo.

VÍAS LOCALES

Son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas.

VOLUMEN PROMEDIO DIARIO (V.P.D.)

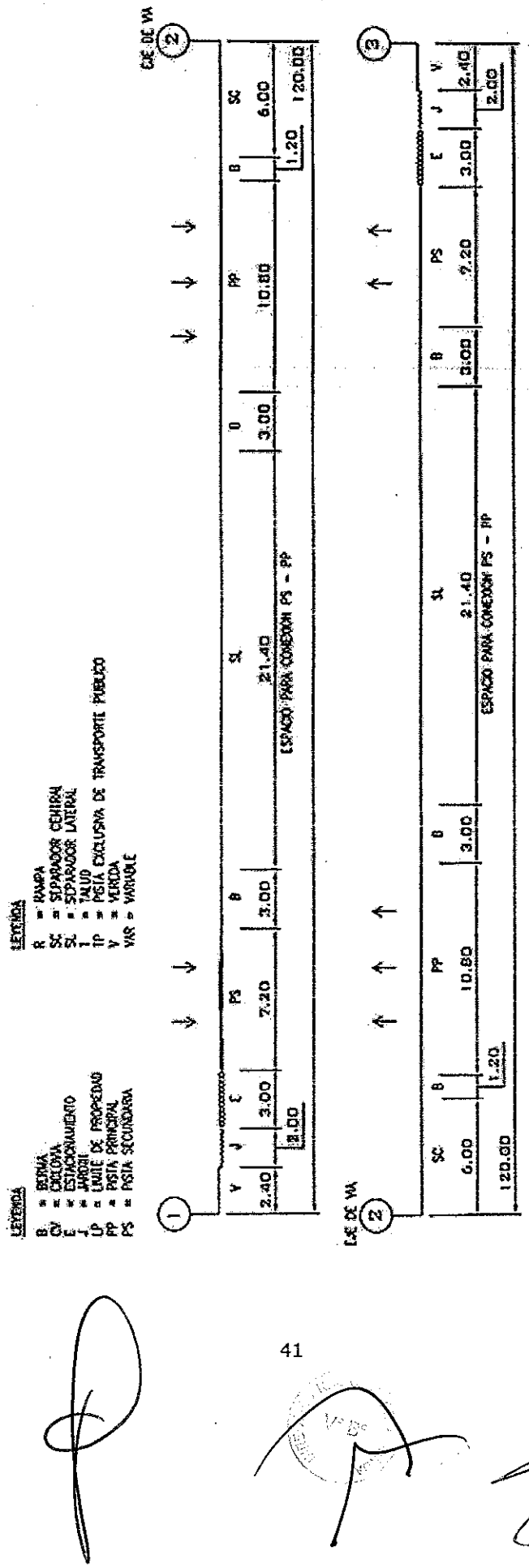
Es el promedio de los vehículos que circulan durante las 24 horas del día.

ZONA DEL PROYECTO

Zonas situadas dentro de las áreas de construcción del proyecto o adyacentes a estas, que son modificadas y/o afectadas por el proyecto.

DIRECCIÓN NACIONAL DE URBANISMO V°B° M.V.C.S.

Figura A1 (Sección Típica Referencial)



ANEXO B
MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS URBANOS[2]

INTRODUCCIÓN

Dentro de los múltiples métodos existentes para el diseño de pavimentos asfálticos urbanos, se encuentra la metodología propuesta por el Instituto de Asfalto para Pavimentos Asfálticos de Espesor–Total (ver Glosario) (IS-91)3, modificada por el Comité Especializado de la NTE CE.010 Pavimentos, para permitir la transformación de espesores de concreto asfálticos a espesores de Bases y Sub–bases Granulares, manteniendo constante el Número Estructural (SN).

GENERALIDADES

Esta metodología es aplicable en vías locales, vías colectoras, playas de estacionamiento, estaciones de servicio y accesos. Para vías arteriales y vías expresas se debe consultar el manual MS-1 del Instituto del Asfalto o similar. Para condiciones excepcionales de carga o tránsito (pavimentos industriales, almacenes y terminales), se debe consultar el manual MS-23 del Instituto del Asfalto o similar. Se consideran condiciones excepcionales de carga las que exceden los límites legales permisibles por el Reglamento Nacional de Pesos y Dimensiones Vehiculares, o las transmitidas por otros tipos de vehículos tales como montacargas, grúas, etc.

FACTORES QUE AFECTAN AL DISEÑO

Los principales factores que afectan el diseño de una estructura de pavimento asfáltico son:

A. El tráfico – peso y número de vehículos
B. El soporte de la sub-rasante
C. Las propiedades de los materiales en la estructura del pavimento
D. El medioambiente

TRÁFICO

La metodología de diseño está basada en dos tipos de tráfico:

(1) Vehículos ligeros y
(2) Camiones.

Los espesores de pavimentos para automóviles mostrados en la Tabla B2, columna A, son adecuados para soportar a los eventuales camiones[4] que ingresan a las vías locales, a los accesos y a las playas de estacionamiento. Sin embargo, en el caso de tránsito de camiones pesados[5], deberán usarse los espesores mostrados en la Tabla B3, columna B.

SUB-RASANTE

Se deberá efectuar ensayos de laboratorio para determinar las características de soporte de carga de los suelos de sub-rasante.

Los suelos de sub-rasante se clasifican como:

1. **Excelente a Bueno.** Los suelos de sub-rasante **Excelentes** no se ven afectados por la humedad o por el congelamiento. Ellos incluyen arenas o gravas limpias y angulosas, particularmente aquellas que son bien graduadas. Propiedades típicas: Módulo Resiliente ≥ 170MPa (25,000 psi), CBR ≥17%. Los suelos de sub-rasante **Buenos** retienen una cantidad sustancial de su capacidad de soportar cargas cuando están

[2] NOTA: Esta publicación se refiere a playas de estacionamiento abiertas y accesos construidos sobre el terreno, no a pavimentaciones sobre cubiertas de estructuras.
[3] Basado en Information Series N° 91 (IS-91) del Asphalt Institute. Quinta edición.
[4] Vehículos tipo C2 del Reglamento Nacional de Vehículos.
[5] Todos los vehículos con peso bruto mayor que C2 del Reglamento Nacional Vehículos.

húmedos. Incluyen las arenas limpias, arenas con gravas y suelos libres de cantidades perjudiciales de materiales plásticos. Propiedades típicas: 80 MPa (12,000 psi) < Módulo Resiliente <170 MPa (25,000 psi); 8%<CBR <17%.

2. **Regular**, los suelos de sub-rasante son moderadamente estables bajo condiciones adversas de humedad. Incluye suelos como arenas eólicas, arenas limosas y arenas gravosas que contienen cantidades moderadas de arcillas y limos. Propiedades típicas: 30 MPa (4,500 psi) < Módulo Resiliente < 80 MPa (12,000 psi) y 3%< CBR <8%

3. **Pobre,** Suelos blandos y plásticos cuando están húmedos. Incluyen suelos con cantidades apreciables de arcillas y limos. Los limos gruesos y arenas eólicas arenosos también pueden mostrar pobres capacidades portantes en áreas donde la penetración por helada dentro de la sub-rasante es un factor. Propiedades típicas: Módulo Resiliente ≤ 30 MPa (4,500 psi), CBR ≤ 3%.

MATERIALES PARA PAVIMENTACIÓN

La metodología de diseño del Instituto del Asfalto (IS-91), considera un solo material para pavimentación, el concreto asfáltico mezcla en caliente. Sin embargo, en esta metodología modificada se ha considerado además a las bases y sub-bases granulares como materiales para pavimentación.

En esta metodología de diseño, para el concreto asfáltico en caliente se considera un tamaño máximo nominal del agregado comprendido entre 37,5 mm y 9,5 mm.

Los materiales de base y sub-base granulares deberán cumplir como mínimo con los requisitos del Anexo C.

MEDIO AMBIENTE

En la Tabla B.1 se dan los grados de asfalto recomendados para diferentes condiciones variadas de temperatura.

TABLA B1

Condición de Temperatura	Grados de Asfalto
Frío, temperatura media anual del aire ≤ 7 °C	PEN 120/150, 85/100
Templado, temperatura media anual del aire entre 7 °C y 24 °C	PEN 85/100, 60/70
Caliente, temperatura media anual del aire ≥ 24 °C	PEN 60/70, 40/50

ESPESORES DE PAVIMENTOS

Las Tablas B.2 y B.3 muestran los espesores de pavimentos "Todo Espesor" (Full-Depth) para vías locales, vías colectoras, playas de estacionamiento, estaciones de servicio y accesos.

Para vías arteriales, vías expresas y en general para condiciones mayores que las mostradas en las Tablas mencionadas o para diseños más precisos, se deberá usar cualesquiera metodología de diseño de pavimentos flexibles, aceptada mundialmente, tales como el

Manual para el Diseño de Espesores (MS-1) del Instituto del Asfalto, o la Guía AASHTO para el Diseño de Espesores de Pavimentos, ambas en su versión vigente al momento de aplicación de esta Norma.

El pavimento puede construirse solo de concreto asfáltico directamente sobre la sub-rasante, o según el procedimiento descrito a continuación.

FACTORES DE EQUIVALENCIA ENTRE MATERIALES

Para convertir los espesores del concreto asfáltico mezcla en caliente a bases y sub-bases granulares, con CBRs de 100% y 30% respectivamente, se utilizan los coeficientes de capa de la Guía AASHTO de 1993: 0,44/pulg para concreto asfáltico, 0,14/pulg para base granular y 0,11/pulg para sub-base granular. Esto significa que 1" de concreto asfáltico equivale a 3,14" (0,44/0,14) de base granular y a 4" (0,44/0,11) de sub-base granular. Por analogía, se deberán emplear los coeficientes de capa de otros tipos de mezclas asfálticas (en frío, mezclas arena-asfalto, etc.), para transformar los espesores de concreto asfáltico mezcla en caliente obtenidos en esta metodología de diseño, a espesores equivalentes de los otros tipos de materiales.

TABLA B2

Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico Mezcla en Caliente para Playas de Estacionamiento, Vías Locales y Accesos para Vehículos Ligeros

Sección A		**Sección B**
- Accesos Residenciales - Vías Locales - Playas de Estacionamiento, hasta 200 espacios		- Playas de Estacionamiento con 200 - 500 espacios
Sub-rasante	**Espesor, T_A**	**Espesor, T_B**
Bueno a excelente	100 mm (4")	100 mm (4")
Mediana	100 mm (4")	100 mm (4")
Pobre	100 mm (4")	115 mm (4 ½")

NOTA: Espesor mínimo de Carpeta Asfáltica = 50 mm. La diferencia con el espesor mínimo indicado, se convertirá a base y sub-base granulares según corresponda, utilizando los factores de conversión indicados.

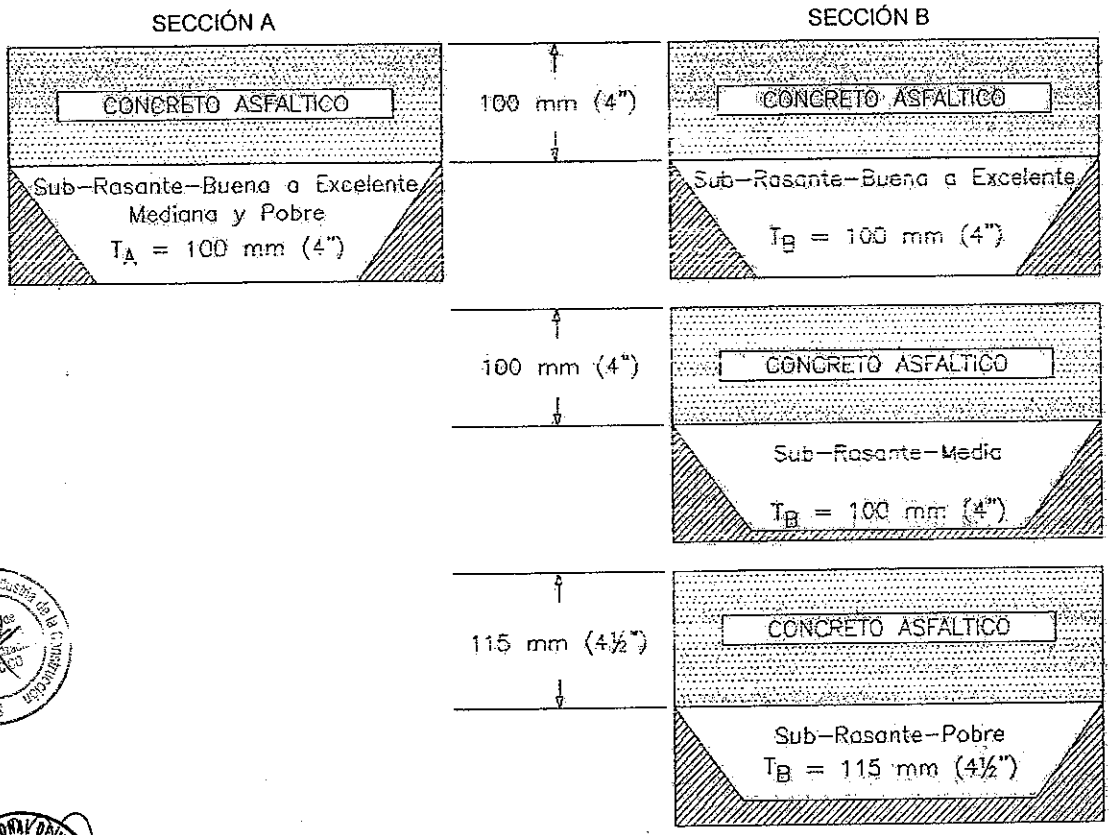


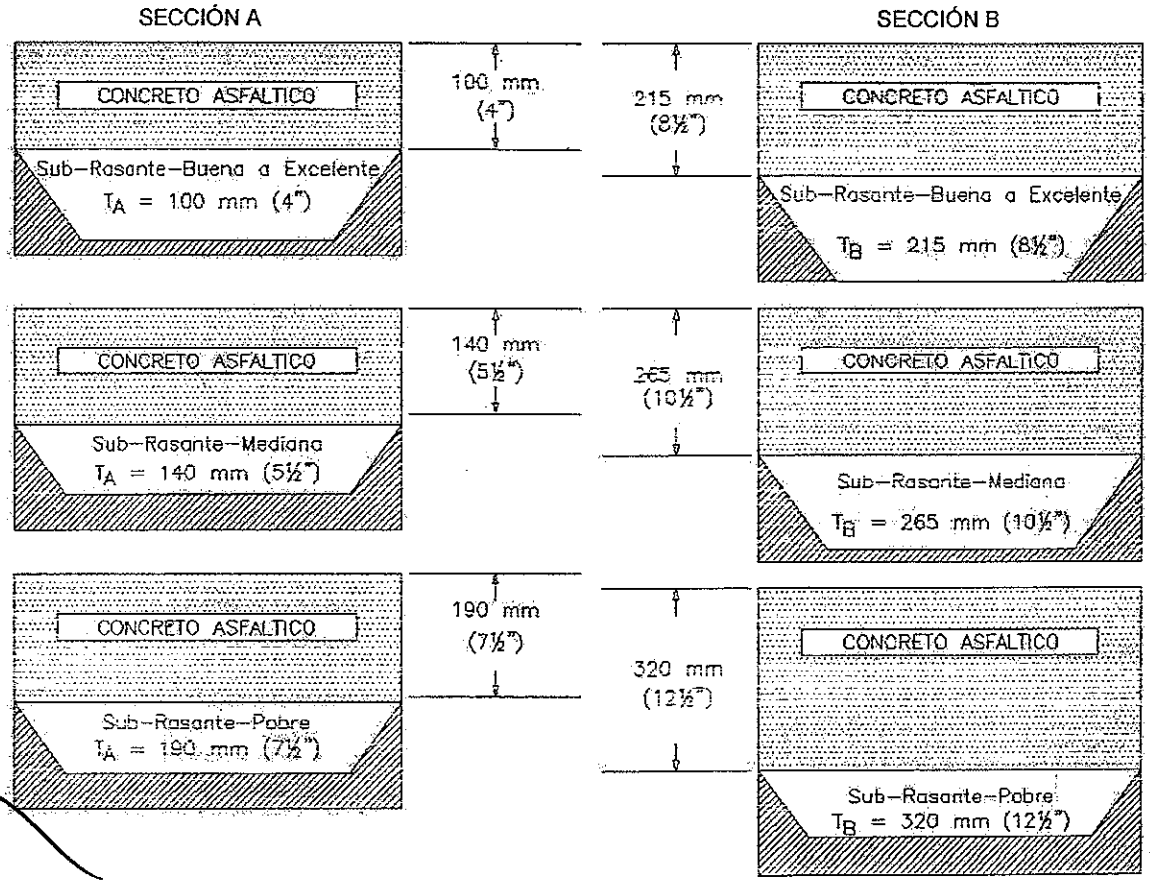
TABLA B3

Espesores Mínimos de Concreto Asfáltico Mezcla en Caliente para Playas de Estacionamiento, Estaciones de Servicio, Vías Colectoras y Accesos para Camiones

Sección A **Hasta 20 camiones pesados* por día**		**Sección B** **De 21 a 400 camiones pesados* por día**
- Playas de estacionamiento - Estaciones de Servicio - Vías Colectoras - Entradas y carriles de tráfico usadas por camiones pesados*		- Playas de estacionamiento (incluyendo paraderos de camiones) - Entradas y carriles de tráfico usadas por camiones pesados* - Vías Colectoras
Sub-rasante	**Espesor, T_A**	**Espesor, T_B**
Bueno a excelente	100 mm (4")	215 mm (8 ½")
Mediana	140 mm (5 ½")	265 mm (10 ½")
Pobre	190 mm (7 ½")	320 mm (12 ½")

* Ver Anexo A

NOTA: Espesor mínimo de Carpeta Asfáltica = 60 mm. La diferencia con el espesor mínimo indicado, se convertirá a base y sub-base granulares según corresponda, utilizando los factores de conversión indicados.



NOTA: Espesor mínimo de Carpeta Asfáltica = 60 mm.

CONSTRUCCIÓN PLANIFICADA POR ETAPAS

En muchas situaciones, la construcción por etapas de los pavimentos tiene un buen sentido económico. Los pavimentos asfálticos se prestan para este tipo de construcción. La construcción por etapas tiene la ventaja de proporcionar un pavimento totalmente adecuado, a todos los climas para el desarrollo inicial de un área. Cualquier daño al pavimento de la Etapa 1 causado por tráfico, asentamientos, o roturas de los servicios, puede ser reparado antes de la colocación de la superficie final. Con un riego de liga asfáltico apropiado, donde se necesite, la Etapa 2 del pavimento se une a la superficie vieja y se vuelve una parte integral de la estructura final del pavimento.

DRENAJE

Vías y Accesos

Las vías y accesos asfálticos deben tener un buen drenaje longitudinal y transversal. El drenaje longitudinal depende del diseño geométrico de la vía. El drenaje transversal se resuelve con un bombeo no menor de 1,5%. De ser necesario, las aguas recolectadas deben conducirse mediante tuberías, cunetas o sub-drenajes fuera de las vías y accesos.

Playas de Estacionamiento

En este caso también se debe proporcionar un escurrimiento rápido del agua superficial hacia los límites exteriores del área pavimentada, hacia una cuneta poco profunda a lo largo del centro o hacia sumideros con espaciamiento apropiado para que no quede agua sobre la superficie del pavimento.

Para proporcionar un drenaje superficial rápido, la pendiente de todas las entradas hacia los sumideros o cunetas no debe ser menos de 1,5%. Se pueden instalar sumideros y/o drenes interceptores a lo largo del perímetro de la playa de estacionamiento cuando las condiciones requieran la remoción del agua superficial o subterránea fuera del área pavimentada.

ANEXO C

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS DE ASFALTO

Las especificaciones técnicas de pavimentos asfálticos comprenderán como mínimo los siguientes puntos:

1. GENERALIDADES

Donde se describen las partidas del proceso constructivo de los pavimentos de concreto asfáltico.

2. TRABAJOS PRELIMINARES

Donde se describen las actividades previas a la construcción de los pavimentos asfálticos tales como: demolición, limpieza, roce y desbroce, etc.

3. SUB-RASANTE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para alcanzar el nivel de sub-rasante, el *PR* podrá considerar el uso de materiales geosintéticos y estabilizadores en caso lo considere conveniente.

4. PAVIMENTO

SUB-BASE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar la capa de sub-base, si esta existe en el proyecto.

BASE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar la capa de base.

RIEGO DE IMPRIMACIÓN

Donde se describen las calidades de los materiales asfálticos, equipos y procedimientos constructivos para el riego asfáltico y los controles a seguir para ejecutar el riego de imprimación asfáltica sobre una base granular.

CAPA DE SUPERFICIE ASFÁLTICA

Donde se describen las calidades de los materiales asfálticos, equipos, procedimientos constructivos y controles a seguir para la construcción de la capa de superficie asfáltica.

El *PR* debe incluir en sus Especificaciones Técnicas Particulares, los componentes de la Fórmula de Trabajo que el Contratista tiene la obligación de presentar a la *Supervisión* antes de empezar los trabajos correspondientes a esta partida, así como las características y ubicación del Tramo de Prueba si estuviera especificado en el proyecto.

CAPA DE BASE ASFÁLTICA

Si estuviera especificada en el proyecto, contendrá la descripción de las calidades de los materiales asfálticos, equipos, procedimientos constructivos y controles a seguir para la construcción de la capa de base asfáltica.

El *PR* debe incluir en sus Especificaciones Técnicas Particulares, los componentes de la Fórmula de Trabajo que el Contratista tiene la obligación de presentar a la *Supervisión* antes de empezar los trabajos correspondientes a esta partida, así como las características y ubicación del Tramo de Prueba si estuviera especificado en el proyecto.

RIEGO ASFÁLTICO DE LIGA

Donde se describen las calidades de los materiales asfálticos, equipos y procedimientos constructivos para el riego asfáltico y los controles a seguir para ejecutar el riego asfáltico de liga sobre una superficie asfáltica existente.

5. CONTROLES

Además de los controles especificados sobre los materiales y procedimientos para cada capa del pavimento, el ***PR*** esta obligado a incluir en sus especificaciones particulares los controles de producto terminado, tolerancias y criterios de aceptación de cada una de ellas, con el objeto de alcanzar los requisitos de resistencia y durabilidad del proyecto.

6. MÉTODOS DE MEDICIÓN

Donde se describe la forma de calcular el trabajo ejecutado y las unidades de medida para cada partida.

7. FORMAS DE PAGO

Donde se describe la forma de pago de las partidas ejecutadas, las que deben incluir: Mano de Obra, Materiales, Equipos y Herramientas y cualquier otro elemento que el ***PR*** considere necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

ANEXO D.

MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Esta metodología es referencial y esta basada en la publicación IS108.02P de la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto. En otras tres publicaciones de la PCA (Portland Cement Association), *Sub-rasantes y Sub-bases para Pavimentos de Concreto; Diseño y Construcción de Juntas para Calles de Concreto*; y *Especificaciones Sugeridas para la Construcción de Calles de Concreto*, se presentan estos aspectos con mucho más detalle. El ***PR*** podrá emplear otros métodos de diseño, siempre y cuando utilice la última versión vigente en su país de origen.

Los factores que se deberán tomar en cuenta para el diseño de pavimentos urbanos de concreto son:

1. Diseño Estructural
2. Resistencia a Flexión (MR)
3. Resistencia de la Sub-rasante o sub-base (Módulo *K*)
4. Clasificación de las Calles Urbanas
5. Trafico Diario Promedio de Camiones (ADTT) y distribuciones de Cargas
6. Período de Diseño
7. Sardineles Integrales
8. Juntas

DISEÑO ESTRUCTURAL

El procedimiento de diseño contenido en este Anexo utiliza el método y las teorías descritas en la publicación de la Portland Cement Association, *Diseño de Espesores de Pavimentos de Concreto para Calles y Carreteras* y en software para computadoras personales *PCAPAV*[4]. El ***PR*** podrá utilizar cualquier otra metodología racional, siempre que sea la última versión vigente en su país de origen.

Este método de diseño determina el espesor de pavimentos de concreto simple y reforzado. Por definición, los pavimentos de concreto simple se construyen sin ningún tipo de refuerzo de acero y sin pasajuntas (dowels) de acero en las juntas de control. Las juntas de control normalmente están espaciadas a intervalos de 4,60 m o menos (ver Tabla D5), con la transferencia de carga dada por la trabazón de agregados. Los pavimentos de concreto simple sometidos a tráfico pesado, pueden utilizar dowels de acero para lograr una transferencia de carga adicional en las juntas de control. Los pavimentos de concreto reforzado con mallas o fibras metálicas, tienen mayores espaciamientos entre juntas de control – hasta un máximo de 9,0 m – con el refuerzo de malla de alambre colocado entre juntas de control, con el objeto de mantener unidas a las grietas que se espera se desarrollen. Debido a que tiene mayores espaciamientos que los pavimentos de concreto simple, los pavimentos de concreto reforzado siempre requieren dowels de acero en las juntas de control para proporcionar una adecuada transferencia de carga. Los pavimentos pueden diseñarse con o sin bermas o sardineles y cunetas de concreto

El método considera dos criterios límite para el diseño de pavimentos. El primero es un criterio de erosión, donde los pavimentos con altos volúmenes de tráfico muestran fallas por bombeo y erosión de la sub-rasante o sub-base, debido al elevado número de cargas pesadas en o cerca de las juntas o bordes del pavimento. El segundo criterio es el criterio de fatiga por flexión del pavimento. Esta falla ocurre donde las cargas repetidas producen esfuerzos de pandeo en el pavimento, resultando eventualmente en el agrietamiento por fatiga. Este último criterio, es el que controla el diseño de pavimentos en esta metodología.

Los factores que tienen mayor influencia en la determinación del espesor de diseño se describen a continuación.

RESISTENCIA A FLEXIÓN (MR)

Los pavimentos de concreto se pandean bajo las cargas repetidas por eje, produciendo esfuerzos de compresión y flexión. Desde que la relación del esfuerzo de compresión a la resistencia a compresión es relativamente pequeña, comparada con la relación del esfuerzo de flexión a la resistencia a la flexión del concreto, es esta última la que controla el diseño de los pavimentos. La resistencia a flexión del concreto se determina mediante el ensayo del módulo de rotura (MR), usualmente hecho sobre una viga de 150 mm x 150 mm x 500 mm (carga en los tercios del ASTM C78). La resistencia a los 28 días es comúnmente usada como una representación de la resistencia de diseño del concreto.

Para la determinación de los espesores mostrados en la Tabla D4, se debe usar el módulo de rotura *promedio* a los 28 días. La resistencia *promedio* es usualmente 10 a 15 por ciento mayor que la resistencia mínima especificada para la aceptación del concreto.

RESISTENCIA DE LA SUB-RASANTE Y DE LA SUB-BASE (Módulo *k*)

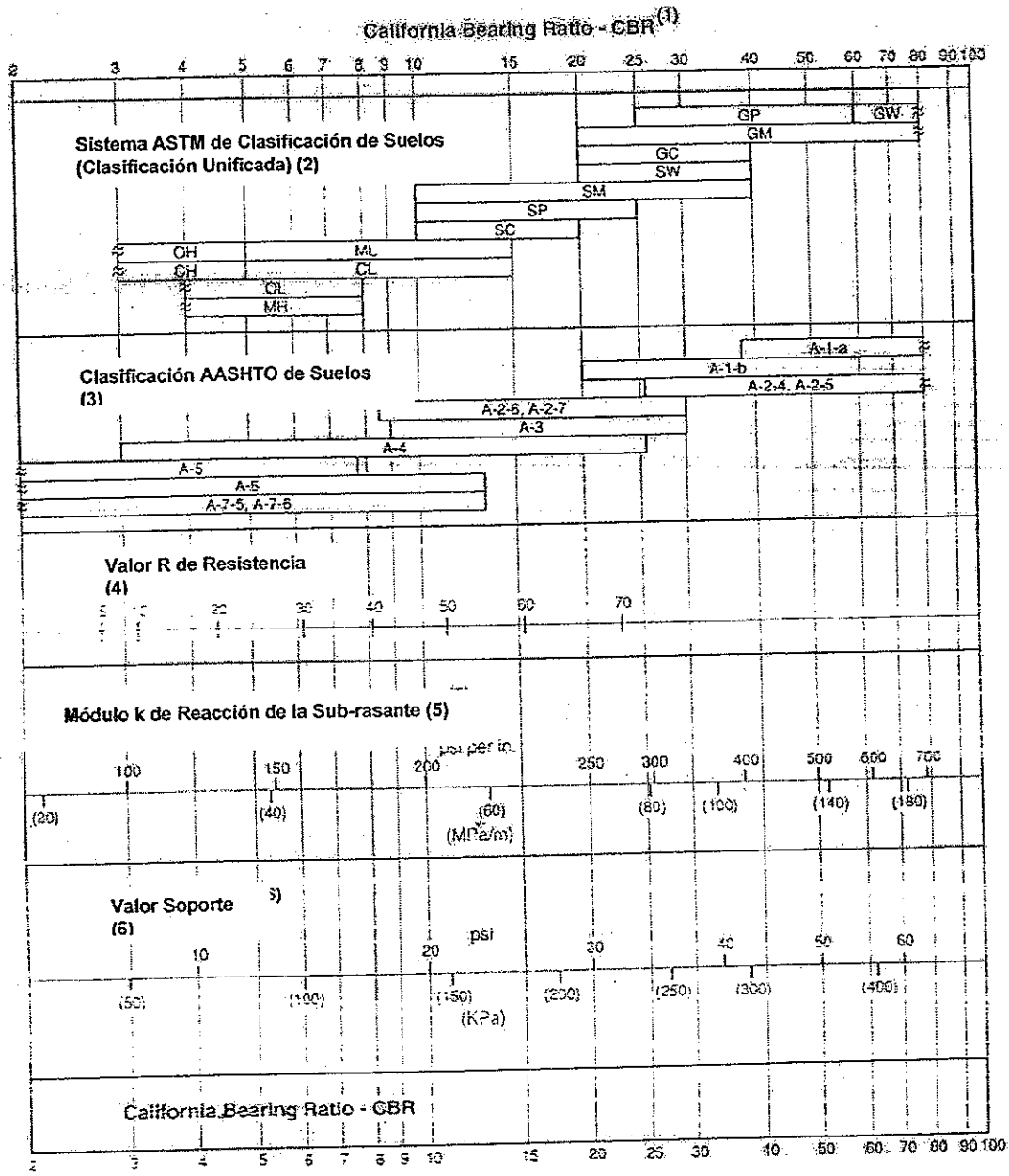
El grado de soporte de la sub-rasante y de la sub-base se define en términos del módulo de Weestergaard de reacción de la sub-rasante (*k*). Este se determina por la carga en Newton por metro cuadrado sobre un plato de 760 mm de diámetro, dividida entre la deflexión en milímetros que produce esa carga. El valor de *k* se expresa en Mega Pascal por metro. Desde que los ensayos de placa son caros y consumen mucho tiempo, usualmente se correlaciona el valor de *k* con otros valores de soporte de la sub-rasante (Figura D1), o se determinan de la Tabla D1.

TABLA D1.
Tipos de Suelos de Sub-rasante y Valores Aproximados de *k*

Tipo de Suelo	Soporte	Rango de Valores de *k* MPa/m(pci)
Suelos de granos finos en los que predominan las partículas del tamaño de limos y arcillas	Bajo	20 - 34 (75 – 120)
Arenas y mezclas de arenas-gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	35 - 49 (130 – 170)
Arenas y mezclas de arenas-gravas. relativamente libres de finos plásticos	Alto	50 - 60 (180 – 220))

Figura D1.

Interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores soporte



(1) Para la idea básica ver O.J. Porter, "Cimentaciones para Pavimentos Flexibles", Highway Research Board
Proceedings of the Twenty-Second Annual Meeting, 1942. Vol 22, pp 100-136.

(2) ASTM D2487

(3) "Clasificación de Materiales de Sub-rasante para Carreteras", Highway Research Board *Proceedings of the Twenty-Fifth Annual Meeting,* 1945. Vol 25, pp 376-392.

(4) C. E. Warnes, "Correlación entre el Valor *R* y el Valor *k*". Reporte no publicado, Portland Cement Association, Rocky Mountain-Northwest Region, Octubre 1971 (es la mejor correlación con corrección por saturación).

(5) See T.A. Middlebrooks y G.E. Bertram, "Ensayos de Suelos para el Diseño de Pavimentos de Pistas de Aterrizaje", Highway Research Board. *Proceedings of the Twenty- Second Annual Meeting,* 1942. Vol 22, pág. 152.

(6) Vert item (5) pág. 184

CLASIFICACIÓN DE LAS CALLES URBANAS

Residencial Ligera. En la metodología original, Estas calles no son largas y se encuentran en áreas residenciales. Ellas pueden ser calles sin retorno o con retorno. Sirven para tráficos de aproximadamente 20 ó 30 lotes o casas. Los volúmenes de tráfico son bajos, menores de 200 vehículos por día (vpd), con tráfico diario promedio de camiones (ADTT por sus siglas en inglés) de 2 a 4 (en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas). Las cargas máximas para estas calles son ejes simples de 80 kN y ejes tandem de 160 kN. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Locales.

Residenciales. Estas calles soportan tráficos similares a las residenciales ligeras, más algún camión pesado ocasional. Estas calles soportan tráficos que sirven hasta 300 casas, así como para recolectar todo el tráfico residencial ligero dentro del área y distribuirlo en el sistema principal de calles. Los volúmenes de tráfico van de 200 a 1000 vpd, con aproximadamente 10 a 50 ADTT. Las cargas máximas para estas calles son de 98 kN para ejes simples y 160 kN para ejes tandem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Locales.

Colectoras. Estas calles recolectan el tráfico de diferentes Vías Locales y pueden tener varios kilómetros de largo. Pueden servir como rutas de buses y para el movimiento de camiones Los volúmenes de tráfico varían de 1000 a 8000 vpd, con aproximadamente 50 a 500 ADTT. Las cargas máximas para estas calles son 116 kN para ejes simples y 196 kN para ejes tandem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Colectoras.

Comerciales. Las calles comerciales proporcionan acceso a tiendas y al mismo tiempo sirven al tráfico en la zona comercial. Las calles comerciales están frecuentemente congestionadas y las velocidades son bajas debido a los elevados volúmenes de tráfico, pero con un bajo porcentaje de ADTT. Los volúmenes de tráfico promedio varían de 11 000 a 17 000 vpd, con aproximadamente 400 a 700 ADTT, con cargas máximas similares a las de las calles colectoras. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Expresas.

Industriales. Las calles industriales proporcionan acceso a áreas o parques industriales. Los volúmenes totales de vpd pueden ser bajos, pero el porcentaje de ADTT es alto. Los valores típicos de vpd están alrededor de 2000 a 4000, con un promedio de 300 a 800 ADTT. Los volúmenes de camiones no son muy diferentes que los de la clase comercial, sin embargo, las máximas cargas por eje son más pesadas, de 133 kN para ejes simples, y 231 kN para ejes tandem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Coiectoras.

Arteriales. Las arteriales llevar tráfico hacia y desde vías expresas y sirven para los movimientos principales dentro y a través de áreas metropolitanas no atendidas por las vías expresas. Las rutas de buses y camiones son usualmente por arteriales. Para propósitos de diseño, se dividen en arteriales mayores y menores, dependiendo del tipo y capacidad del tráfico. Las arteriales menores soportan alrededor de 4000 a 15 000 vpd, con 300 a 600 ADTT. Las arteriales mayores soportan alrededor de 4000 a 30 000 vpd, con 700 a 1500 ADTT y usualmente están sometidas a cargas de camiones más pesados. Las cargas máximas para las arteriales menores son de 116 kN para ejes simples y 196 kN para ejes tandem. Las arteriales mayores soportan cargas máximas de 133 kN para ejes simples y 231 kN para ejes tandem. Para los fines de esta Norma se considera dentro de esta clasificación a las Vías Arteriales.

TRÁFICO DIARIO PROMEDIO DE CAMIONES (ADTT) Y DISTRIBUCIONES DE CARGAS

Este método de diseño utiliza el tráfico diario promedio de camiones en ambas direcciones (ADTT) para modelar las cargas sobre el pavimento de concreto. Para propósitos de diseño, se asume este tráfico como igualmente distribuido en cada una de las dos direcciones (es decir, 50 por ciento en cada vía). El valor ADTT incluye solamente a los camiones con seis llantas o más y no incluye camiones panel, pick-ups y otros vehículos de cuatro llantas.

Las cargas por ejes de camiones se distribuyen en el método original según el tipo de clasificación de carreteras, en las categorías descritas en la Tabla D.2. Para el caso de vías Arteriales, Colectoras y Expresas, el ***PR*** deberá realizar su propio estudio de tráfico y modificar los espesores de diseño según corresponda.

Dado que el valor ADTT representa el tráfico diario promedio de camiones en toda la vida del pavimento, el diseñador debe ajustar el valor presente del ADTT para anticipar cualquier crecimiento futuro del tráfico. Se puede usar la Tabla D3 para multiplicar el ADTT presente por un factor de proyección apropiado para llegar a un tráfico diario promedio de camiones estimado en el periodo de diseño.

PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño es la vida teórica del pavimento antes que requiera una rehabilitación mayor o una reconstrucción. No representa necesariamente la vida real del pavimento, la cual puede ser de lejos mayor que la de diseño, o más corta debido a incrementos no previstos en el tráfico. Las tablas de diseño de esta metodología asumen una vida de diseño de 30 años. Para períodos de diseño diferentes a 30 años, se puede ajustar el ADTT. Por ejemplo, si se desea un período de diseño de 20 años en lugar de 30 años, el valor del ADTT estimado se multiplica por un factor de 20/30.

Las tablas de diseño que se dan a continuación han incorporado las categorías apropiadas de cargas por eje y los factores de seguridad (SF por sus siglas en inglés) de la carga. Los SF se aplican a las cargas por eje para compensar sobrecargas no previstas de camiones y variaciones de la construcción normal en materiales y espesores de capas para cada categoría de tráfico.

SARDINELES INTEGRALES

Un sardinel integral se construye con el pavimento en una sola operación – haciendo todos los trabajos de concreto simultáneamente.

Cuando se usan sardineles integrales, se reducen los esfuerzos y deflexiones en el borde del pavimento, incrementando de esta manera la capacidad estructural del pavimento, o de manera inversa, permitiendo una reducción en el espesor del pavimento.

JUNTAS

Las juntas deben diseñarse y construirse cuidadosamente para asegurar un buen comportamiento. Con excepción de las juntas de construcción, las cuales dividen el trabajo de pavimentación en tramos de espesor consistente con el equipo de pavimentación, las juntas en los pavimentos de concreto se usan para mantener los esfuerzos dentro de límites seguros y para prevenir la formación de grietas irregulares. Al final de este Anexo ver detalles típicos de juntas.

Juntas Longitudinales

Las juntas longitudinales se instalan para controlar el agrietamiento longitudinal. Pueden ser de construcción o de contracción. Su espaciamiento usualmente se hace coincidir con las marcas de los carriles – a intervalos de 2,4 a 3,7 m. El espaciamiento entre juntas longitudinales no deberá ser mayor de 4,0 m, a menos que la experiencia local haya demostrado que los pavimentos se comportarán satisfactoriamente. La profundidad de las juntas longitudinales deberá ser de un cuarto a un tercio del espesor del pavimento (D/4 – D/3).

TABLA D2
Distribución de Cargas por Eje Usadas para Preparar las Tablas de Diseño*

Carga por Eje KN (Kips)	Ejes por cada 1000 Camiones			
	Categoría LR	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Ejes Simples				
18 (4)	846,15	1693,31		
27 (6)	369,97	732,28		
36 (8)	283,13	483,10	233,60	
44 (10)	103,40	204,96	142,70	
53 (12)	39,07	124,00	116,76	182,02
62 (14)	20,87	56,11	47,76	47,73
71 (16)	11,57	15,81	23,88	31,82
80 (18)		4,23	16,61	25,15
89 (20)		0,96	6,63	16,33
98 (22)			2,60	7,85
107 (24)			1,60	5,21
116 (26)			0,07	1,78
125 (28)				0,85
133 (30)				0,45
Ejes Tandem				
18 (4)	15,12	31,90		
36 (8)	39,21	85,59	47,01	
53 (12)	48,34	139,30	91,15	
71 (16)	72,69	75,02	59,25	99,34
89 (20)	64,33	57,10	45,00	85,94
107 (24)	42,24	39,18	30,74	72,54
125 (28)	38,55	68,48	44,43	121,22
142 (32)	27,82	19,59	54,76	103,63
160 (36)	14,22	4,19	38,79	52,25
178 (40)			7,76	21,31
196 (44)			1,16	8,01
214 (48)				2,91
231 (52)				1,91

- Excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.

TABLA D3.
Tasas Anuales del Crecimiento del Tráfico y los Correspondientes Factores de Proyección*

Tasa anual de Crecimiento del Tráfico, %	Factor de Proyección, 30 años
1	1,2
1 ½	1,3
2	1,3
2 ½	1,4
3	1,6
3 ½	1,7
4	1,8
4 ½	1,9
5	2,1
5 ½	2,2
6	2,4

* Los factores representan valores a la mitad del período de diseño que se usan ampliamente en la práctica. Otro método de calcular esos factores se basa en el valor anual promedio. Las diferencias entre ambos métodos (basados en el interés compuesto), raramente afectarán al diseño.

TABLA D4(a)

Espesor de Concreto (pulgadas), Diseño para 30 años CON sardinel y cuneta de concreto o bermas de concreto

Clasificación del Tráfico		*k*= 100 pci			*k*= 150 pci			*k*= 200 pci			*k*= 300 pci		
		Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)		
		500	600	650	500	600	650	500	600	650	500	600	650
RESIDENCIAL													
LIGERO	ADTT= 3												
(Cat LR, SF=1,0)		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
RESIDENCIAL	ADTT=10	6,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
(Cat 1, SF=1,0)	ADTT=20	6,0	5,5	5,5	5,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	ADTT=50	6,0	6,0	5,5	6,0	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0	5,5	5,0	5,0
COLECTOR	ADTT=50	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0	6,5	6,0	5,5	6,0	5,5	5,5
(Cat 2, SF=1,1)	ADTT=100	7,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0	5,5
	ADTT=500	7,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,5	7,0	6,5	6,5	6,5	6,0	6,0
COMERCIAL	ADTT=400	7,5	7,0	6,5	7,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0
(Cat 2, SF=1,1)	ADTT=700	7,5	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
ARTERIAL MENOR	ADTT=300	8,0	7,5	7,0	7,5	7,0	6,5	7,5	7,0	6,5	7,0	6,5	6,0
(Cat 2, SF=1,2)	ADTT=600	8,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	6,5	6,5
INDUSTRIAL	ADTT=300	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0	7,5	7,5	7,0
(Cat 3, SF=1,2)	ADTT=800	9,5	9,0 □	9,0 ■	8,5	8,5 □	8,5 □	8,5	8,0	8,0 □	8,0	7,5	7,5 □
□ Reducir el espesor en ½" si se usan dowels													
■ Reducir el espesor en 1" si se usan dowels													
ARTERIAL MAYOR*	ADTT=700	9,0	8,5 ●	8,0 △	8,5	8,0	7,5 ●	8,5	8,0	7,5 ●	8,0	7,5	7,0 ●
(Cat 3, SF= 1,2)	ADTT=1100	9,5	9,0 ●	8,5 △	9,0	8,5	8,0 ●	8,5	8,0 ●	7,5 △	8,0	7,5 ●	7,0 △
	ADTT=1500	9,5	9,0 ●	8,5 △	9,0	8,5 ●	8,0 △	8,5	8,0 ●	7,5 △	8,0	7,5 ●	7,5 ●
* Para esta clasificación solamente, el espesor mostrado es con dowels													
● Añadir ½" si no se usan dowels													
△ Añadir 1" si no se usan dowels													

CONVERSIONES

1 pulg = 25,4 mm

100 psi= 0,689 MPa

100 pci= 27,15 MPa/m

TABLA D4 (b)

Espesor de Concreto (pulgadas), Diseño para 30 años
SIN sardinel y cuneta de concreto o bermas de concreto

Clasificación del Tráfico		*k*= 100 pci			*k*= 150 pci			*k*= 200 pci			*k*= 300 pci		
		Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)			Módulo de Rotura (psi)		
		500	600	650	500	600	650	500	600	650	500	600	650
RESIDENCIAL													
LIGERO	ADTT= 3	6,0	5,5	5,5	6,0	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,5	5,0	5,0
(Cat LR, SF=1,0)													
RESIDENCIAL	ADTT=10	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	5,5	6,0	6,0	5,5	6,0	5,5	5,5
(Cat 1, SF=1,0)	ADTT=20	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0	6,5	6,0	5,5	6,0	5,5	5,5
	ADTT=50	7,0	6,5	6,5	7,0	6,5	6,0	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0	5,5
COLECTOR	ADTT=50	8,0	7,5	7,0	7,5	7,5	7,0	7,5	7,0	6,5	7,0	6,5	6,5
(Cat 2, SF=1,1)	ADTT=100	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	7,0	6,5
	ADTT=500	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0
COMERCIAL	ADTT=400	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0	7,5	7,0	7,0
(Cat 2, SF=1,1)	ADTT=700	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,5	8,0	7,5	7,0
ARTERIAL MENOR	ADTT=300	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	8,0	8,5	8,0	7,5	8,0	7,5	7,0
(Cat 2, SF=1,2)	ADTT=600	9,5	9,0	8,5	9,0	8,5	8,0	8,5	8,0	8,0	8,0	7,5	7,5
INDUSTRIAL	ADTT=300	10,0	9,5	9,0	9,5	9,0	8,5	9,5	9,0	8,5	9,0	8,5	8,0
(Cat 3, SF=1,2)	ADTT=800	10,5	10,0	10,0 □	10,0	9,5	9,5 □	9,5	9,0	9,0 □	9,0	8,5	8,5 □
□ Reducir el espesor en ½" si se usan dowels													
ARTERIAL MAYOR*	ADTT=700	10,5	10,0	9,5 ●	10,0	9,5	9,0 ●	9,5	9,0	8,5 ●	9,0	8,5	8,0 ●
(Cat 3, SF=1,2)	ADTT=1100	11,0	10,0 ●	9,5 △	10,0	9,5 ●	9,0 △	10,0	9,0 ●	9,0 ●	9,5	9,0	8,5 ●
	ADTT=1500	11,0	10,0 △	9,5 ▲	10,0	9,5 △	9,0 ▲	10,0	9,5 ●	9,0 △	9,5	9,0 ●	8,5 △

* Para esta clasificación solamente, el espesor mostrado es con dowels

● Añadir ½" si no se usan dowels

△ Añadir 1" si no se usan dowels

▲ Añadir 1 1/2" si no se usan dowels

CONVERSIONES

1 pulg = 25,4 mm

100 psi= 0,689 MPa

100 pci= 27,15 MPa/m

Juntas Transversales

Las juntas transversales pueden ser de contracción, de construcción y/o de dilatación. Las juntas transversales de contracción se usan para controlar el agrietamiento transversal. Las juntas de contracción alivian: (1) los esfuerzos que ocurren cuando la losa se contrae; y (2)

los esfuerzos de torsión y alabeo causados por diferenciales de temperatura y de humedad dentro de la losa. Las juntas de contracción se construyen formándolas con el concreto al estado fresco o aserrándolas después de que el concreto ha fraguado. En cualquier caso debe asegurarse el correcto alineamiento de la junta y que su profundidad sea igual a un cuarto del espesor del pavimento (D/4). Esta profundidad deberá incrementarse a D/3 en los pavimentos construidos sobre sub-bases estabilizadas (con cemento, cal o asfalto) o cuando el concreto es reforzado con fibras de acero. Si el concreto se ha vaciado sobre una sub-base estabilizada con cemento, esta sub-base también debe tener juntas exactamente iguales al de la carpeta superior.

La Tabla D5[(2)], indica los espaciamientos de juntas para pavimentos urbanos.

Tabla D5.

Espaciamiento de Juntas Recomendado para Pavimentos de Concreto Simple

Espesor de Pavimento mm (in.)	Espaciamiento de Juntas* m
125 (5)	3,00 – 3,80
150 (6)	3,70 – 4,60
175 (7)	4,30 – 4,60
200 (8) o más	4,60

* Puede variar si la experiencia local así lo indica; depende del clima y de las propiedades del concreto.

La necesidad del uso de dowels en las juntas transversales de contracción depende del servicio al que estará sometido el pavimento. Los dowels no se requieren en pavimentos residenciales o en calles con tráfico ligero, pero pueden ser requeridos en calles arteriales que soportan grandes volúmenes y pesos de tráfico de camiones.

Las juntas transversales de construcción son aquellas que se producen entre concretos de diferentes edades. El *PR* detallara el procedimiento a seguir para una adecuada transferencia de carga.

Las juntas transversales de dilatación se ubicarán y dimensionaran para controlar las expansiones por gradiente térmico

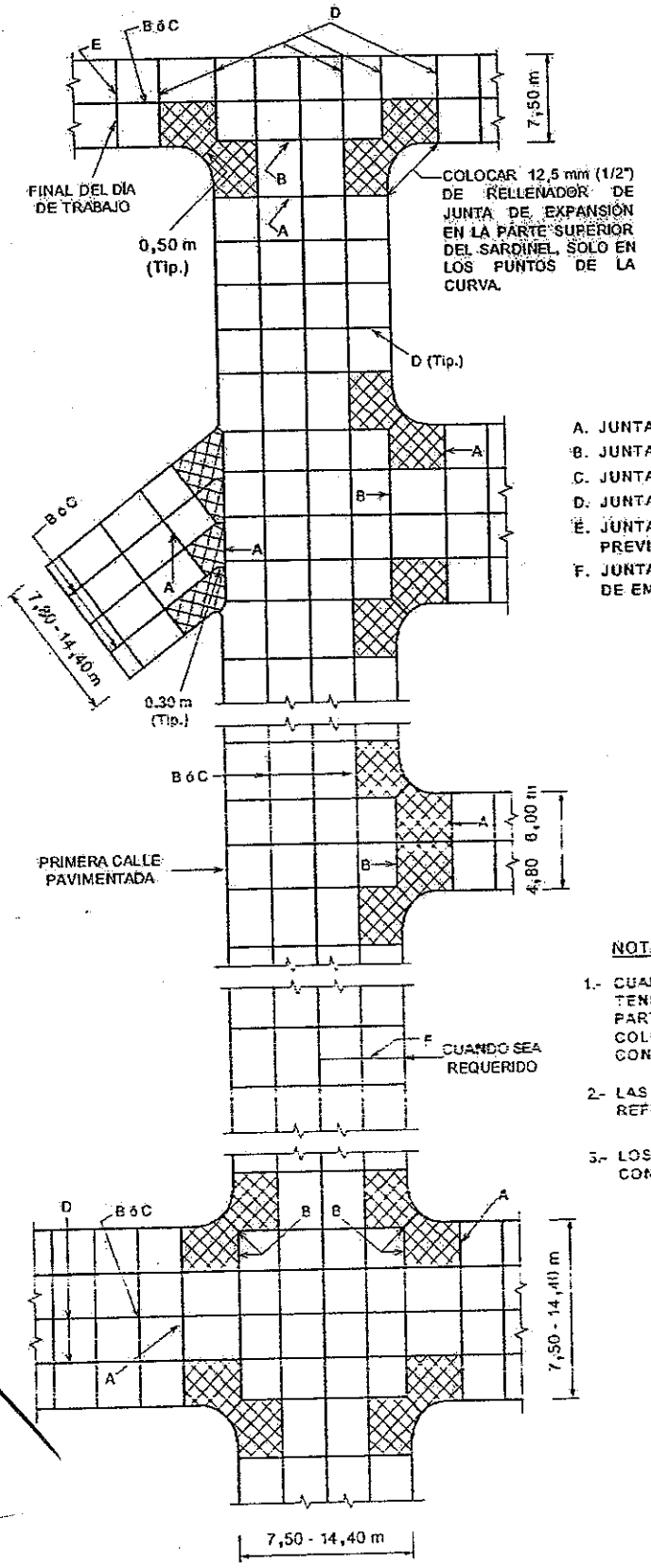
Junta de aislamiento

Se requieren para evitar el contacto del pavimento con objetos fijos o en intersecciones de vías (por ejemplo: buzones, drenajes, cruces de calles, etc.). No deberán ser de menos de 20 mm de espesor. En el caso de buzones, se debe reforzar el pavimento, con cuatro fierros corrugados Ø=5/8" superior e inferior.

REFERENCIAS

1. *PCAPAV*, Portland Cement Association concrete design software, MC003X, 1990.

2. *Design and Construction of Joins for Concrete Streets*, Portland Cement Association, IS061P, 1992.



A. JUNTA DE AISLAMIENTO.
B. JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN.
C. JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN.
D. JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN.
E. JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCIÓN PREVISTA.
F. JUNTA TRANSVERSAL DE CONSTRUCCIÓN DE EMERGENCIA.

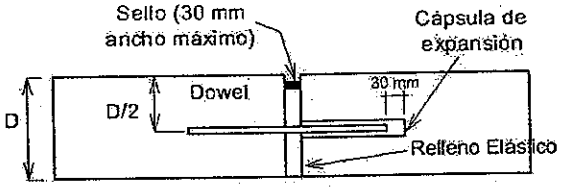
NOTAS

1.- CUANDO LAS AREAS A PAVIMENTAR TENGAN ESTRUCTURAS DE DRENAJE, PARTICULARMENTE EN INTERSECCIONES, COLOCAR JUNTAS ALINEADAS CON LA CONFIGURACION DE LAS ESTRUCTURAS.

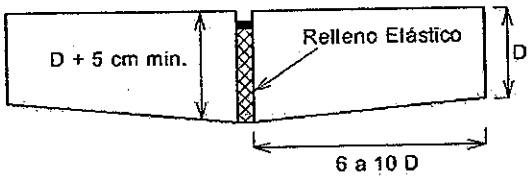
2.- LAS DIMENSIONES INDICADAS SON REFERENCIALES.

3.- LOS PAÑOS IRREGULARES SE REFUERZAN CON MALLAS O FIBRAS DE ACERO.

EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE JUNTAS EN PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

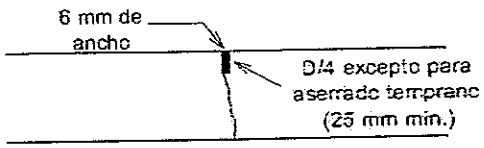


Junta de Dilatación con Dowel
(Barra Pasador - Fierro Liso)

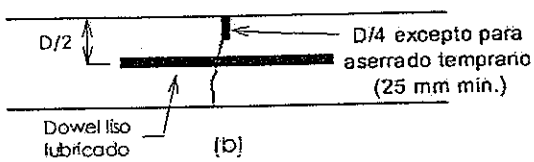


Junta de Aislamiento de Borde Ensanchado

JUNTAS DE EXPANSIÓN Y DE AISLAMIENTO

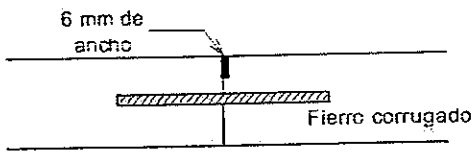


(a)



(b)

TIPOS DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN



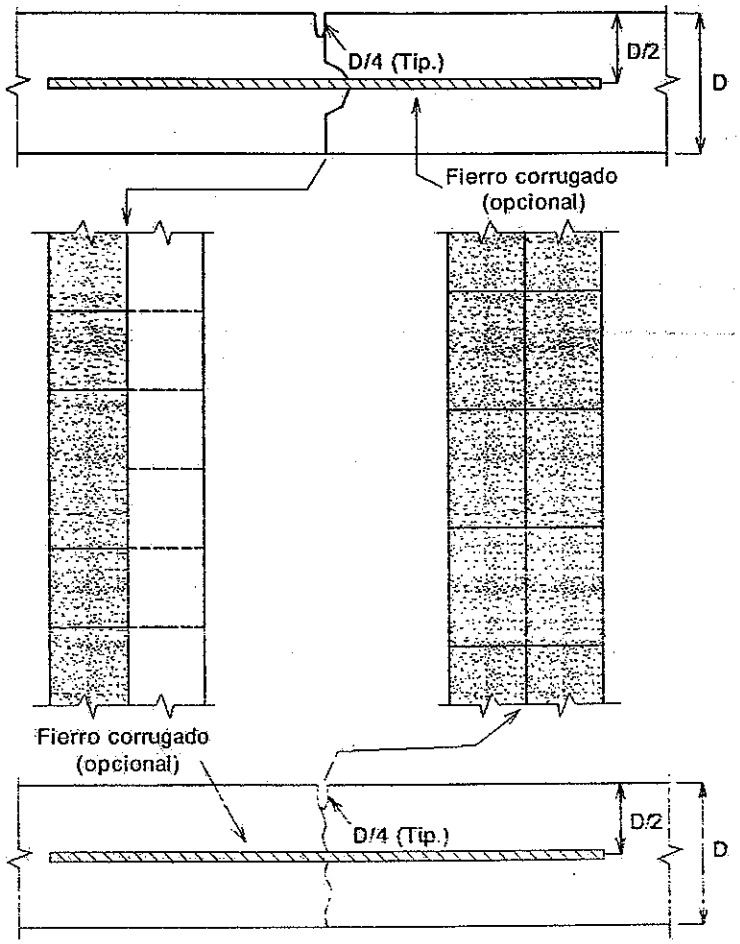
(a)

(b)

JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN CON DIFERENTES TIPOS DE DISPOSITIVOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Nota : Las medidas son referenciales.

PAVIMENTACIÓN POR CARRILES



PAVIMENTACIÓN EN TODO EL ANCHO

Juntas longitudinales (use junta tope con fierro corrugado en pavimentos de 150 mm de espesaro o menos).

Nota : Las medidas son referenciales.

ANEXO E

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS URBANOS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Las especificaciones técnicas de pavimentos de concreto de cemento Pórtland comprenderán como mínimo los siguientes puntos:

1. GENERALIDADES

Donde se describen las partidas del proceso constructivo de los pavimentos de concreto de Cemento Portland.

2. TRABAJOS PRELIMINARES

Donde se describen las actividades previas a la construcción de los pavimentos de Cemento Portland tales como: demolición, limpieza, roce y desbroce, etc.

3. SUB-RASANTE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para alcanzar el nivel de sub-rasante, el *PR* podrá considerar el uso de materiales geosintéticos y estabilizadores, en caso lo considere conveniente. De ser el caso, el *PR* debe adaptar a su Proyecto de Pavimentos, lo que corresponda de las Secciones 220: Mejoramiento de Suelos a Nivel de Sub-rasante; 306: Suelo Estabilizado con Cemento Portland; y 307: Suelo Estabilizado con Cal, de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de técnicas de compactación, materiales geosintéticos, emulsiones asfálticas y técnicas de control, no considerados en las referencias anteriores, el *PR* debe especificar sus características y el comportamiento esperado.

4. PAVIMENTO

4.1. SUB-BASE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar la capa de sub-base, si esta existe en el proyecto. De ser el caso, el *PR* debe adaptar a su Proyecto de Pavimentos, lo que corresponda de las Secciones 301: Capa Anticontaminante; 303: Subbase Granular, 306: Suelo Estabilizado con Cemento Pórtland; y 307: Suelo Estabilizado con Cal, de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de otros tipos de sub-bases, no considerados en las referencias anteriores, el *PR* debe especificar sus características físicas y el comportamiento esperado.

4.2. LOSA DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar las losas de concreto de cemento Portland. El *PR* debe adaptar a su proyecto particular, lo que corresponda de la Norma E 060 Concreto Armado, así como de la Sección 501: Pavimentos de Concreto Hidráulico de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de fibras, aditivos, dowels u otros dispositivos de transferencia de carga no considerados en las referencias anteriores, el *PR* debe especificar sus características físicas y comportamiento esperado.

5. CONTROLES

Además de los controles especificados sobre los materiales y procedimientos para cada capa del pavimento, el *PR* esta obligado a incluir en sus especificaciones particulares los controles de producto terminado, tolerancias y criterios de aceptación de cada una de ellas, con el objeto de alcanzar los requisitos de resistencia y durabilidad del proyecto.

6. METODOS DE MEDICIÓN

Donde se describe la forma de calcular el trabajo ejecutado y las unidades de medida para cada partida.

7. FORMAS DE PAGO

Donde se describe la forma de pago de las partidas ejecutadas, las que deben incluir: Mano de Obra, Materiales, Equipos y Herramientas y cualquier otro elemento que el ***PR*** considere necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

ANEXO F

MÉTODO SUGERIDO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS URBANOS DE ADOQUINES INTERTRABADOS DE CONCRETO

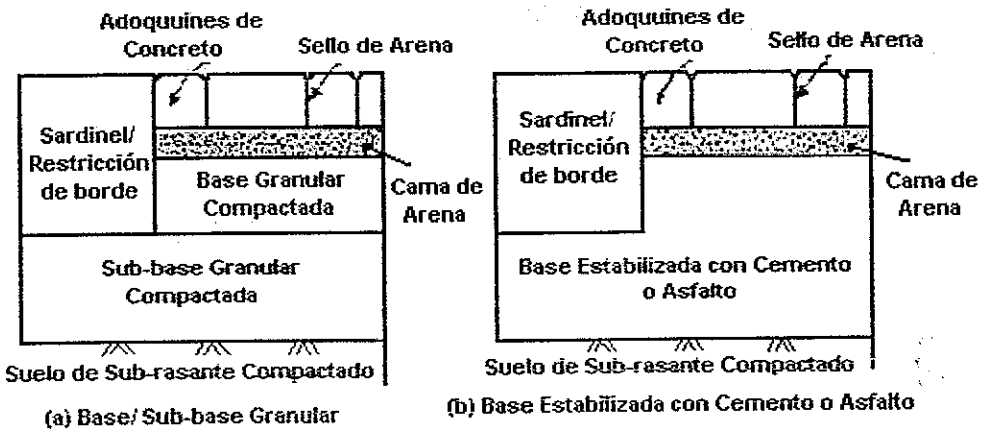
INTRODUCCIÓN

Es aquel pavimento formado, típicamente por una base granular, una capa o cama de arena de asiento, los adoquines intertrabados de concreto, la arena de sello, los confinamientos laterales y el drenaje, construido sobre una sub-rasante de suelo preparado para recibirlo. Los pavimentos de adoquines intertrabados se construyen de tal manera que las cargas verticales de los vehículos se transmitan a los adoquines intertrabados adyacentes por corte a través de la arena de sello de las juntas.

En la Figura F1 se muestran algunas secciones transversales típicas de pavimentos de adoquines intertrabados. En F1(a), tanto la base como la sub-base están compuestas de materiales granulares. También se pueden usar bases estabilizadas con asfalto o cemento, como se muestra en F1 (b). Se requiere restricción a lo largo de los bordes de los pavimentos de adoquines intertrabados de concreto para prevenir el movimiento de las unidades debido a las fuerzas del tráfico. Tales movimientos pueden ocasionar la abertura de las juntas y la pérdida de trabazón entre los elementos. La restricción de borde mostrada en la Figura F1 puede conseguirse con diferentes diseños de sardineles.

FIGURA F1

SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS



El siguiente procedimiento de diseño estructural para vías y estacionamientos, está basado en un procedimiento simplificado del método descrito en *Structural Design of Concrete Block Pavements.*[1] y en *Guide for Design of Pavement Structures* [2] de la AASHTO. Se eligió el formato de la AASHTO debido a que la distribución de cargas y modos de fallas de los pavimentos con adoquines intertrabados de concreto, son muy similares a los que ocurren en pavimentos flexibles.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Generalidades

El diseño estructural de los pavimentos con adoquines intertrabados de concreto, está basado en una evaluación de cuatro factores que interactúan. Estos factores son: medio ambiente, tráfico, resistencia del suelo de sub-rasante y materiales de la estructura del pavimento. La selección de los parámetros requerido para el análisis y diseño es responsabilidad del *PR.*

Medio ambiente

El comportamiento de los pavimentos está significativamente influenciado por dos factores medio ambientales principales, la humedad y la temperatura.

En este procedimiento de diseño, los efectos medioambientales se incluyen en la caracterización de la resistencia del suelo de sub-rasante y de los materiales de la estructura del pavimento. Las descripciones de la calidad del drenaje y de las condiciones de humedad ayudan a determinar los valores de resistencia de diseño para los suelos de sub-rasante y de los materiales granulares. Si la acción de congelamiento-deshielo es una consideración, el valor de soporte del suelo de sub-rasante se reduce de acuerdo con su categoría de susceptibilidad al congelamiento.

Tráfico

La evaluación del tráfico deberá tomarse en cuenta para diferenciar las cargas vehiculares, configuraciones de ejes y ruedas y número de cargas de cada tipo de vehículo durante el período de diseño. El daño a la estructura del pavimento debido a las cargas por eje se expresa típicamente como el daño de la carga de un eje estándar (EAL). Esta carga por eje estándar es una carga por eje simple de 8,16 t (80kN). En la Tabla F1 se muestran los factores de equivalencia para otras cargas por eje.

TABLA F1
Factores de Equivalencia de cargas por Eje (Ref. 2)

Eje Simple t (kN)	F. de E.	Eje Tandem t (kN)	F. de E.
0,9 (9)	0,0002	4,5 (44)	0,008
2,7 (27)	0,01	6,4 (62)	0,03
4,5 (44)	0,08	8,2 (80)	0,08
6.4 (62)	0.34	10.0 (98)	0,17
8,2 (80)	1,00	11,8 (115)	0,34
10,0 (98)	2,44	13,6 (133)	0,63
11,8 (115)	5,21	15,4 (157)	1,07
13,6 (133)	10,0	17,2 (169)	1,75
15,4 (157)	17,9	19,1 (186)	2,73
17,2 (169)	29,9	20,9 (204)	4,11

Nota: Tabla elaborada para un valor de Serviciabilidad Final, p_t de 2,0

En la Tabla F2 se muestra un ejemplo del listado de los EALs en función de la clase de vía. Se incorpora un nivel deseado de confiabilidad en el proceso de diseño por medio de un factor aplicado al tráfico de diseño como se muestra a continuación:

$$\text{EALs ajustados} = F_R \times \text{EALs}$$

donde F_R es el factor de confiabilidad. En la Tabla F2 también se muestran los factores de confiabilidad recomendados por tipo de vía, junto con los correspondientes EALs ajustados para su uso en el diseño. El ***PR*** deberá definir los factores de confiabilidad para su diseño en particular.

TABLA F2 Ejemplos de EALs de Diseño[1]				
Clase de Vía	EALs[a] (millones)	Nivel de Confiab.[b] (%)	Factor de Confiabil.(Fr)	EALs de diseño[a] (millones)
Expresas	7,5	90	3,775	28,4
Arteriales	2,8	85	2,929	8,3
Colectoras	1,3	80	2,390	3,0
Locales	0,43	75	2,010	0,84

Notas:
a. Basados en una vida de diseño de 20 años, 4% de crecimiento, 50% de tráfico direccional
b. Basada en una desviación estándar de 0,45.

Soporte de la Sub-rasante

La resistencia del suelo de sub-rasante ha tenido gran efecto en la determinación del espesor total de la estructura de pavimento de adoquines intertrabados de concreto. Donde sea posible, se deberán conducir ensayos de laboratorio del módulo resiliente o de la Relación Soporte de California (CBR) en suelos típicos de sub-rasante para evaluar su resistencia. Esos ensayos deberán conducirse a las condiciones de campo más probables de densidad y humedad, que se pronostican durante la vida de diseño del pavimento.

En ausencia de ensayos de laboratorio, se han asignado valores típicos del módulo resiliente (M_r) a cada tipo de suelo definido en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), descrito en la Referencia 3, o en el sistema de la AASHTO (ver Tablas F3 y F4). Se proporcionan tres valores de módulos para cada tipo de suelos SUCS o AASHTO, dependiendo de las condiciones medioambientales y de drenaje anticipadas para el sitio.

En la Tabla F5 se resumen las pautas para seleccionar el valor del M_r apropiado. A cada tipo de suelo en las Tablas F3 y F4 también se le ha asignado un valor reducido de M_r (columna de la derecha), para ser usado solamente cuando la acción de las heladas es una consideración de diseño.

La compactación del suelo de sub-rasante durante la construcción deberá ser por lo menos del 95% de AASHTO T-99 para suelos cohesivos (arcillosos) y por lo menos el 95% de AASHTO T-180 para suelos sin cohesión. La profundidad de compactación efectiva en ambos casos deberá ser por lo menos las 12 pulgadas (300 mm) superficiales. Los suelos que tengan M_r de 4500 psi (31 MPa) o menos (CBR de 3% o menos), deberán evaluarse para reemplazo con un material más apropiado o para mejoramiento mediante estabilización.

TABLA F3 Resistencia de la Sub-rasante en Función del Tipo de Suelo SUCS (Ref. 2)				
Grupo de Suelo	Módulo Resiliente (10^3 psi)[a,b]			Módulo Reducido [a,c]
SUCS	Opción 1	Opción 2	Opción 3	(10^3 psi)
GW, GP, SW, SP	20,0	20,0	20,0	N/A
GW-GM, GW-GC				
GP-GM, GP0, GC	20,0	20,0	20,0	12,0
GM, GM-GC, GC	20,0	20,0	20,0	4;5
SW-SM, SW-SC				
SP-SM	20,0	20,0	20,0	9,0
SP-SC	17,5	20,0	20,0	9,0
SM, SM-SC	20,0	20,0	20,0	4,5
SC	15,0	20,0	20,0	4,5
ML, ML-CL, CL	7,5	15,0	20,0	4,5
MH	6,0	9,0	12,0	4,5
CH	4,5	6,0	7,5	4,5

Notas:
a. Conversiones: 1psi= 0.0068 MPa, 1500 psi asumido = 1% CBR
b. Referirse a la Tabla F5 para la selección de la opción más apropiada
c. Use solamente cuando la acción de las heladas es una consideración de diseño.

TABLA F4				
Resistencia de la Sub-rasante en Función del Tipo de Suelo AASHTO (Ref. 2)				
Grupo de Suelo	Módulo Resiliente (10^3 psi)[a,b]			Módulo Reducido [a,c]
AASHTO	Opción 1	Opción 2	Opción 3	(10^3 psi)
A-1-a	20,0	20,0	20,0	N/A
A-1-b	20,0	20,0	20,0	12,0
A-2-4, A-2-5, A-2-7	20,0	20,0	20,0	4,5
A-2-6	7,5	15,0	20,0	4,5
A-3	15,0	20,0	20,0	9,0
A-4	7,5	15,0	20,0	4,5
A-5	4,5	6,0	9,0	4,5
A-6	4,5	10,5	20,0	4,5
A-7-5	4,5	6,0	7,5	4,5
A-7-6	7,5	15,0	20,0	4,5

Notas:
a. Conversiones: 1 psi= 0.0068 MPa, 1500 psi asumido = 1% CBR
b. Referirse a la Tabla F5 para la selección de la opción más apropiada
c. Use solamente cuando la acción de las heladas es una consideración de diseño.

TABLA F5				
Opciones de Medioambiente y Drenaje para Caracterización de la Sub-rasante (Ref. 2)				
Calidad de Drenaje	Porcentaje de Tiempo que el Pavimento Estará Expuesto a Niveles de Humedad Cercanos a la Saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	>25%
Excelente	3	3	3	2
Bueno	3	3	2	2
Regular	3	2	2	1
Pobre	2	2	1	1
Muy Pobre	2	1	1	1

Materiales del Pavimento

Se deben caracterizar todos los materiales del pavimento disponibles para construcción.

El comportamiento estructural de los pavimentos con adoquines intertrabados de concreto depende de la trabazón entre las unidades individuales. Cuando se aplica una carga, la transferencia de corte entre las unidades permite que la carga sea distribuida en una mayor área. En áreas sujetas a tráfico vehicular se recomienda un espesor mínimo de adoquín de concreto de 60 mm y un patrón de colocación en forma de espiga.

El espesor de la cama de arena no deberá ser mayor a 40 mm ni menor de 25 mm después de la compactación de los adoquines intertrabados de concreto. La cama de arena deberá tener la graduación mostrada en la Tabla F6. No se debe usar arena proveniente del triturado, ni polvo de piedra.

TABLA F6	
Tamaño del Tamiz	**% Pasante**
9,5 mm (3/8)	100
4,75 mm (Nº 4)	95 - 100
2,36 mm (Nº 8)	80 - 100
1,18 mm (Nº 16)	50 - 85
600 µm (Nº 30)	25 - 60
300 µm (Nº 50)	10 - 30
150 µm (Nº 100)	02 - 10

La arena para el sellado de las juntas entre adoquines intertrabados proporciona trabazón vertical y transferencia de corte debido a las cargas. Ella puede ser ligeramente más fina que la cama de arena. La gradación de este material puede tener un máximo de 100% pasando la malla Nº 16 (1,18 mm) y no más de 10% pasando la malla Nº 200 (75 µm).

Las investigaciones han mostrado que los adoquines intertrabados y la cama de arena combinados se rigidizan cuando están expuestos a un gran número de cargas de tráfico. La rigidización generalmente ocurre antes de los 10 000 EALs. A diferencia del asfalto, los adoquines intertrabados de concreto no disminuyen sustancialmente su módulo elástico cuando se incrementa la temperatura, ni se vuelven quebradizos en climas fríos.

En la Tabla F7 se indican las características de Base y Sub-base granulares.

TABLA F7		
	Base Granular	Sub-base Granular
CBR (mínimo)	80%	30%
Índice Plástico	≤ 6	≤ 10
Limite Liquido	≤ 25	≤ 25
Compactación (densidad AASHTO T-180)	≥ 95%	≥ 95%
Espesores mínimos (mm)	100 para EAL < 500 000 150 para EAL ≥ 500 000	100

- Si se usa una base tratada con asfalto, el material deberá conformar las especificaciones de un concreto asfáltico de gradación densa, bien compactado, es decir una estabilidad Marshall de por lo menos 1800 libras (8000 N).
- El material de base tratada con cemento deberá tener una resistencia a la compresión no confinada a los 7 días de por lo menos 650 psi (4,5 MPa).
- Los espesores mínimos de las capas de base tratadas con asfalto y cemento son 75 mm y 100 mm, respectivamente.

Curvas de Diseño Estructural

Las Figuras F2, F3 y F4 representan las curvas de diseño de espesores para materiales granulares, tratados con asfalto y tratados con cemento, respectivamente. Esos valores de espesores son función de la resistencia de la sub-rasante (M_r o CBR) y de las repeticiones del tráfico de diseño (EAL). El uso de esas curvas para el diseño de pavimentos de adoquines intertrabados de concreto, requiere los siguientes pasos:

1. Calcular el EAL de diseño para un período de diseño de 20 años. Se debe considerar la tasa de crecimiento anual del tráfico durante toda la vida de servicio del pavimento.
2. Caracterizar la resistencia de la sub-rasante. En ausencia de datos de ensayos de campo o laboratorio, use las Tablas F3 y F4 para estimar M_r o CBR.
3. Determine los requerimientos de espesor de la base. Use el M_r o el CBR de la sub-rasante e ingrese el EAL como dato en las Figuras F2, F3 ó F4, dependiendo de los materiales de base requeridos. Una porción de todo el espesor estimado de la base que *exceda* el espesor mínimo puede substituirse por un material de calidad inferior, como una sub-base granular. Esto se logra por medio del uso de los valores de equivalencia de capa siguientes: 1,75 para bases granulares, 3,40 para bases tratadas con asfalto y 2,50 para bases tratadas con cemento.

Esos valores indican que 25 mm de base granular equivale a 45 mm de sub-base granular; 25 mm de base tratada con asfalto es equivalente a 85 mm de sub-base granular; y 25 mm de base tratada con cemento equivale a 65 mm de sub-base granular.

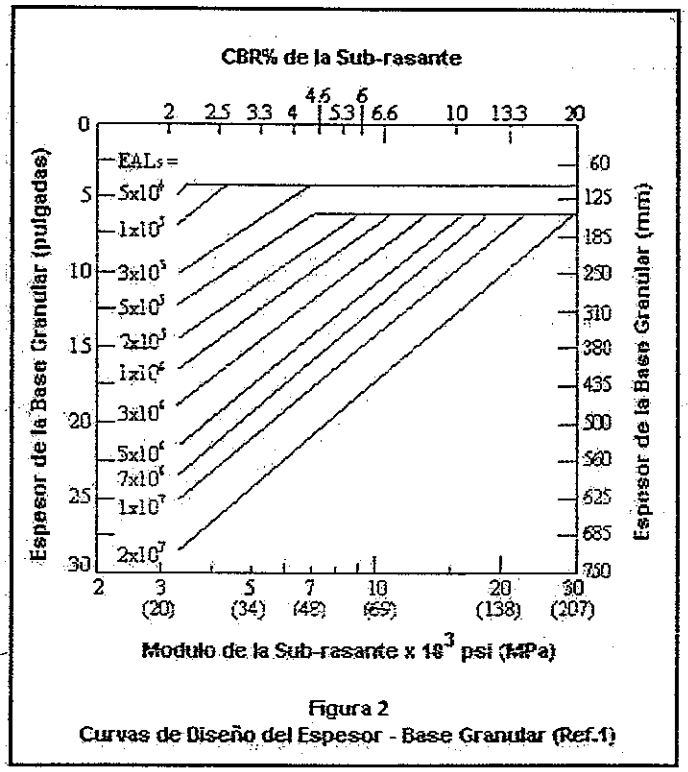


Figura 2
Curvas de Diseño del Espesor - Base Granular (Ref.1)

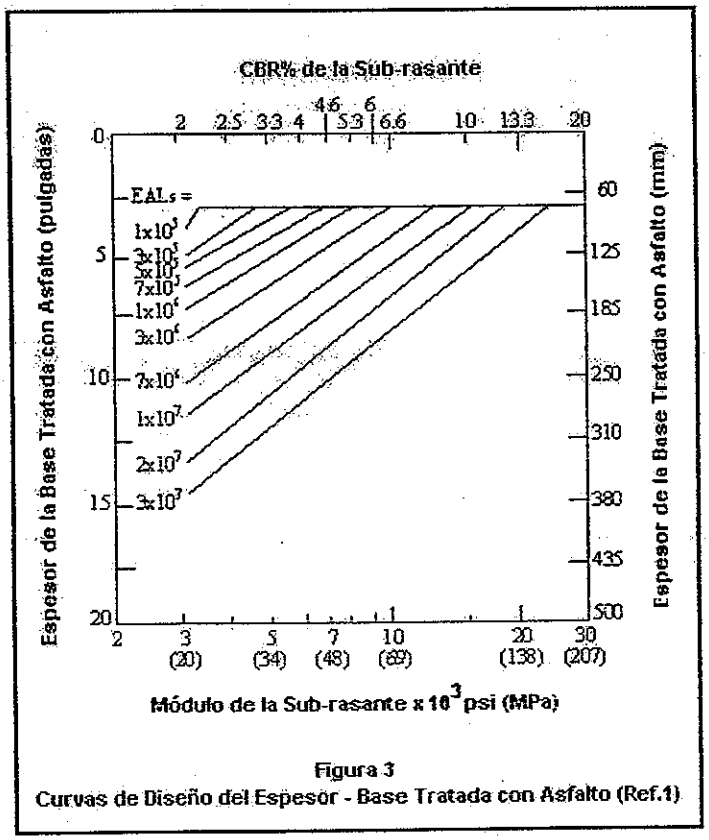


Figura 3
Curvas de Diseño del Espesor - Base Tratada con Asfalto (Ref.1)

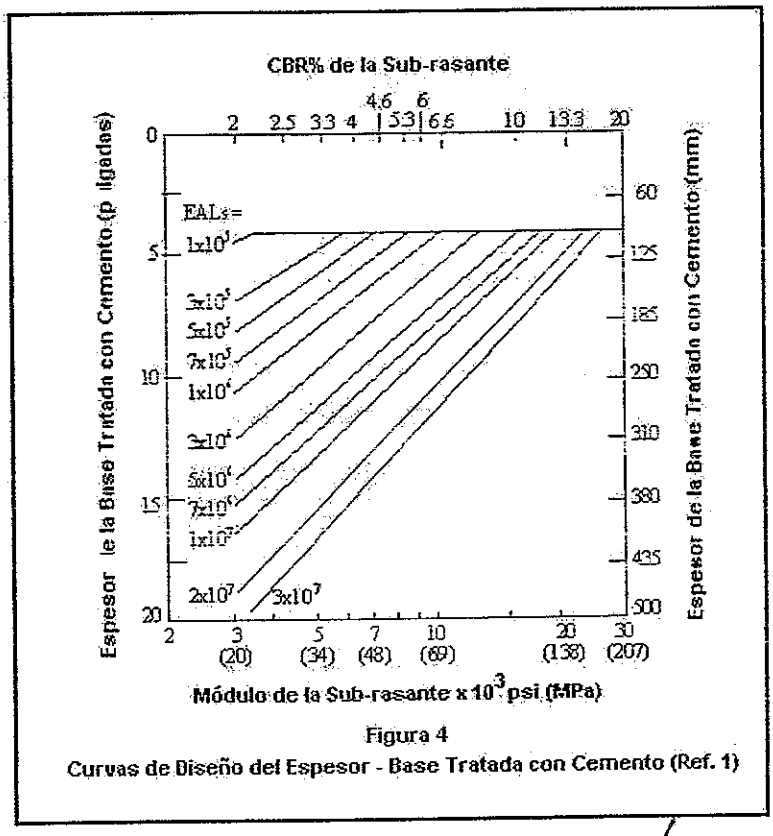


Figura 4
Curvas de Diseño del Espesor - Base Tratada con Cemento (Ref. 1)

REFERENCIAS

1. Rada, G.R. y colaboradores (1990). *Structural Design of Concrete Block Pavements.* ASCE Journal of Transportation, Vol. 116, Nº 5.
2. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures* (1993). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
3. *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes,* ASTM D2487-00. American Society for Testing and materials, Philadelphia, PA, 2000.
4. *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part II – Tests,* American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

ANEXO G

LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES INTERTRABADOS DE CONCRETO

Las especificaciones técnicas de pavimentos de adoquines intertrabados, comprenderán como mínimo los siguientes puntos:

1. GENERALIDADES

Donde se describen las partidas del proceso constructivo de los pavimentos de adoquines intertrabados.

2. TRABAJOS PRELIMINARES

Donde se describen las actividades previas a la construcción de los pavimentos de adoquines intertrabados tales como: demolición, limpieza, roce y desbroce, etc.

3. SUB-RASANTE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para alcanzar el nivel de sub-rasante, el ***PR*** podrá considerar el uso de materiales geosintéticos y estabilizadores, en caso lo considere conveniente. De ser el caso, el ***PR*** debe adaptar a su Proyecto de Pavimentos, lo que corresponda de las Secciones 220: Mejoramiento de Suelos a Nivel de Sub-rasante; 306: Suelo Estabilizado con Cemento Portland; y 307: Suelo Estabilizado con Cal. de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de técnicas de compactación, materiales geosintéticos, emulsiones asfálticas y técnicas de control, no considerados en las referencias anteriores, el ***PR*** debe especificar sus características y el comportamiento esperado.

4. PAVIMENTOS

SUB-BASE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar la capa de Sub-base, si esta existe en el proyecto. De ser el caso, el ***PR*** debe adaptar a su Proyecto de Pavimentos, lo que corresponda de las Secciones 301: Capa Anticontaminante; 303: Sub-base Granular, 306: Suelo Estabilizado con Cemento Portland; y 307: Suelo Estabilizado con Cal, de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de otros tipos de Sub-bases, no considerados en las referencias anteriores, el ***PR*** debe especificar sus características físicas y el comportamiento esperado.

BASE

Donde se describen las calidades de los materiales, procedimientos constructivos y controles a seguir para fabricar la capa de base. De ser el caso, el ***PR*** debe adaptar a su Proyecto de Pavimentos, lo que corresponda de las Secciones 302: Base Granular de las Especificaciones Generales del MTC, vigentes al momento de la elaboración del Proyecto de Pavimentos. En lo que respecta al uso de otros tipos de Bases, no considerados en la referencia anterior, el ***PR*** debe especificar sus características físicas y el comportamiento esperado.

CAMA DE ARENA

El ***PR*** deberá definir los materiales, espesores y procedimientos constructivos de la cama de arena para su proyecto en particular.

ADOQUINES

Los adoquines deberán conformar la Norma NTP 399.611:2003 y serán dispuestos según la trama definida por el ***PR*** para su proyecto en particular, de tal manera que esta garantice el correcto intertrabado entre los adoquines.

ARENA DE SELLO

El *PR* deberá definir los materiales, espesores y procedimientos constructivos de la arena de sello para su proyecto en particular.

5. CONTROLES

Además de los controles especificados sobre los materiales y procedimientos para cada capa del pavimento, el *PR* esta obligado a incluir en sus especificaciones particulares los controles de producto terminado, tolerancias y criterios de aceptación de cada una de ellas, con el objeto de alcanzar los requisitos de resistencia y durabilidad del proyecto.

6. METODOS DE MEDICIÓN

Donde se describe la forma de calcular el trabajo ejecutado y las unidades de medida para cada partida.

7. FORMAS DE PAGO

Donde se describe la forma de pago de las partidas ejecutadas, las que deben incluir: Mano de Obra, Materiales, Equipos y Herramientas y cualquier otro elemento que el *PR* considere necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

Arq. RICARDO VIDAL NUÑEZ
DIRECTOR NACIONAL DE CONSTRUCCION

MANUEL BALCÁZAR VÁSQUEZ
Director Nacional de Vivienda
Ministerio de Vivienda,
Construcción y Saneamiento

Arq. LUIS O. TAGLE PIZARRO
Director Nacional
Dirección Nacional de Urbanismo

JOSE ANTONIO VARGAS VIA
ARQUITECTO
C.A.P. 2805

SOPÉ

Adolfo Guillermo Gálvez Villacorta
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 15991

CESAR MENDEZ C.
CAP.

ANGEL VERA LOP
ARQUITECTO
C.A.P. 0360

Dr. CIP Javier Ernesto
ORELLANA VILELA
CIP 28587
Representante CIP