



**DIRECCIÓN GENERAL DE
AERONÁUTICA CIVIL
GUATEMALA, C.A.**

**DE USO
INTERNO**

VIGENCIA:
18/11/2021

CÓDIGO:
DI-NP-001

Última Actualización:
Noviembre 2021

PÁGINA:
1 de 66

**ALCANCE:
DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL
SUBDIRECCIÓN TÉCNICO OPERATIVA
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA**

TITULO:

**MANUAL DE DISEÑO, EVALUACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE ÁREAS PAVIMENTADAS**

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

ÍNDICE

1. RESOLUCIÓN	5
2. PAGINAS EFECTIVAS	6
3. REGISTRO DE REVISIONES	8
4. PREÁMBULO	9
5. GENERALIDADES	13
5.1. <i>Base legal</i>	13
5.2. <i>Definiciones</i>	13
5.3. <i>Acrónimos</i>	13
5.4. <i>Objetivo general:</i>	14
5.5. <i>Objetivo específico:</i>	14
6. PAVIMENTOS	15
6.1. <i>Introducción</i>	15
6.2. <i>Pavimentos flexibles</i>	16
6.2.1. Capa Sub-base.....	16
6.2.2. Capa base	17
6.2.3. Carpeta Asfáltica	17
6.3. <i>Pavimentos rígidos</i>	17
7. DISEÑO DE PAVIMENTOS	19
7.1. <i>Evaluación del diseño de pavimento</i>	19
7.1.1. Agregado Pétreo	20
7.1.2. Cemento Asfáltico	21
7.1.3. Requisitos para la mezcla asfáltica	22
7.1.4. Acarreo de material fresado de desperdicio	23
7.1.5. Pavimento de concreto asfáltico modificado con polímeros en caliente y compactación de mezcla asfáltica.....	23
8. SECCIÓN DE ASFALTOS MODIFICADOS	24
9. PAVIMENTOS RÍGIDOS	26
9.1.1. Definición.....	26
9.1.2. Descripción.....	26
9.2. <i>Requisitos para los materiales</i>	26
9.3. <i>Equipo de pavimentación</i>	28
9.4. <i>Determinación del procedimiento de construcción</i>	28
9.5. <i>Producción de los agregados</i>	28
9.6. <i>Producción y suministro del concreto</i>	28

9.7.	<i>Colocación y compactación del concreto</i>	28
9.8.	<i>Determinación del procedimiento de construcción</i>	29
9.9.	<i>Producción de los agregados</i>	29
9.10.	<i>Producción y suministro del concreto</i>	29
9.11.	<i>Colocación y compactación del concreto</i>	29
9.12.	<i>Acabado, texturizado y ranurado del concreto</i>	29
9.13.	<i>Colocación del acero de refuerzo en pavimentos continuamente reforzados.</i>	30
9.14.	<i>Construcción de juntas.</i>	30
9.15.	<i>Curado</i>	30
9.16.	<i>Remoción de las formaletas</i>	30
9.17.	<i>Relleno y sellado de juntas</i>	30
10.	FALLAS EN LOS PAVIMENTOS	31
10.1.	<i>Fallas de pavimento flexible</i>	31
10.1.1.	Fisuras longitudinales y transversales	31
10.1.2.	Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).	32
10.1.3.	Fisuras de borde (FBD)	33
10.1.4.	Fisuras en bloque (FB)	34
10.1.5.	Piel de cocodrilo (PC).....	35
10.1.6.	Fisuras por deslizamiento de capas (FDC)	36
10.2.	<i>Deformaciones</i>	37
10.2.1.	Ondulación (OND)	37
10.2.2.	Abultamiento (AB).	39
10.2.3.	Hundimiento (HUN).	39
10.2.4.	Ahuellamiento (AHU).....	40
10.3.	<i>Pérdida de las capas de la estructura</i>	41
10.3.1.	Descascaramiento (DC)	41
10.3.2.	Parche (PCH)	42
10.3.3.	Baches (BCH).....	43
10.4.	<i>Daños superficiales</i>	44
10.4.1.	Desgaste superficial (DSU)	44
10.4.2.	Pérdida de agregado (PA).....	45
10.5.	<i>Fallas de pavimento rígido</i>	46
10.5.1.	Falla de estallido.....	46
10.5.2.	Falla de las esquinas (Despotillamiento).....	46
10.5.3.	Fisuras longitudinales.....	47
10.5.4.	Fisura en D	48

10.5.5.	Falla de sello de juntas.....	49
10.5.6.	Falla de bombeo.....	50
10.5.7.	Fallas de asentamientos y alabeos.....	50
10.5.8.	Falla de losas fragmentadas.....	51
<i>10.6.</i>	<i>Reparación de pavimento flexible.....</i>	<i>52</i>
<i>10.7.</i>	<i>Fresado.....</i>	<i>53</i>
<i>10.8.</i>	<i>Rehabilitación de pavimentos de concreto.....</i>	<i>54</i>
10.8.1.	Definición.....	54
10.8.2.	Descripción.....	54
10.8.3.	Materiales.....	54
10.8.4.	Composición de la mezcla (diseño de la mezcla de concreto).....	54
10.8.5.	Equipo.....	55
10.8.6.	Reparación de espesor parcial.....	55
10.8.7.	Reparación de grietas.....	55
10.8.8.	Elevación del pavimento.....	55
10.8.9.	Sellado inferior y estabilización de losas.....	55
10.8.10.	Colocación de dovelas.....	55
10.8.11.	Fresado superficial con discos de diamante.....	56
10.8.12.	Fracturado del pavimento de concreto.....	56
10.8.13.	Apertura al tránsito.....	56
10.8.14.	Medida.....	56
11.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI).....	57
11.1.	<i>Norma por utilizar.....</i>	<i>57</i>
12.	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	58
12.1.	<i>Procedimiento para mantenimiento preventivo.....</i>	<i>58</i>
12.2.	<i>Procedimiento para mantenimiento correctivo.....</i>	<i>59</i>
12.3.	<i>Procedimiento para diseño de pavimentos.....</i>	<i>60</i>
13.	FLUJOGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	62
13.1.	<i>Procedimiento para mantenimiento preventivo.....</i>	<i>62</i>
13.2.	<i>Procedimiento para mantenimiento correctivo.....</i>	<i>63</i>
13.3.	<i>Procedimiento para diseño de pavimentos.....</i>	<i>64</i>
14.	REVISIÓN Y ACEPTACIÓN.....	65

1. RESOLUCIÓN



MINISTERIO DE
COMUNICACIONES,
INFRAESTRUCTURA
Y VIVIENDA



RES-DS-622-2021

EL DIRECTOR GENERAL DE LA
DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL

CONSIDERANDO

Que de conformidad a lo preceptuado en el Artículo 6 del Decreto número 93-2000 del Congreso de la República de Guatemala que contiene la Ley de Aviación Civil, la Dirección General de Aeronáutica Civil es el órgano encargado de normar, supervisar, vigilar y regular, con base en lo prescrito en la presente ley, reglamentos, regulaciones y disposiciones complementarias, los servicios aeroportuarios, los servicios de apoyo a la Navegación Aérea, los servicios de Transporte Aéreo, de Telecomunicaciones y en general todas las actividades de Aviación Civil en el territorio y espacio aéreo de Guatemala, velando en todo momento por la defensa de los intereses nacionales.

CONSIDERANDO

Que con base en la literal a) del artículo 7 del Decreto número 93-2000 del Congreso de la República de Guatemala es facultad de la Dirección General de Aeronáutica Civil "Elaborar, emitir, revisar, aprobar y modificar las regulaciones y disposiciones complementarias de aviación que sean necesarias, para el cumplimiento de la presente ley y sus reglamentos".

CONSIDERANDO

Que el Departamento de Infraestructura de esta Dirección General, revisó, modificó, aceptó el Manual de Diseño, Evaluación y Mantenimiento de Áreas Pavimentadas, mismo que fue remitido a la Unidad de Planificación en oficio número GI-1479-2021 Ref. JL/me del 05 de noviembre de 2021; habiéndose procedido por parte de la Unidad de Planificación a estructurar el referido manual de conformidad con las disposiciones vigentes sobre la elaboración de manuales de esta Dirección General, cuyo extremo consta en el oficio número UP-OF-478-2021/FAAA/LFT de fecha 18 de noviembre de 2021.


POR TANTO

La Dirección General de Aeronáutica Civil; con fundamento en los considerandos, Ley de Aviación Civil, Decreto número 93-2000 del Congreso de la República de Guatemala.

RESUELVE:

- I) **APROBAR** a partir de la presente fecha la última actualización del Manual de Diseño, Evaluación y Mantenimiento de Áreas pavimentadas.
- II) Se instruye a la Unidad de Planificación de la Dirección General de Aeronáutica Civil a realizar la entrega del manual correspondiente.
- III) Notifíquese y publíquese, para los efectos legales correspondientes.

Guatemala, 18 de noviembre de 2021.


P.A. Francis Arturo Argueta Aguirre
Director General
Dirección General de Aeronáutica Civil



2. PAGINAS EFECTIVAS

DESCRIPCIÓN	PÁGINA	REVISIÓN	FECHA
Caratula	1	Última actualización	Noviembre 2021
Índice	2	Última actualización	Noviembre 2021
Índice	3	Última actualización	Noviembre 2021
Índice	4	Última actualización	Noviembre 2021
Resolución	5	Última actualización	Noviembre 2021
Lista de Páginas Efectivas	6	Última actualización	Noviembre 2021
Lista de Páginas Efectivas	7	Última actualización	Noviembre 2021
Registro de revisiones	8	Última actualización	Noviembre 2021
Preámbulo	9	Última actualización	Noviembre 2021
Preámbulo	10	Última actualización	Noviembre 2021
Preámbulo	11	Última actualización	Noviembre 2021
Preámbulo	12	Última actualización	Noviembre 2021
Generalidades	13	Última actualización	Noviembre 2021
Generalidades	14	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos	15	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos	16	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos	17	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos	18	Última actualización	Noviembre 2021
Diseño de Pavimentos	19	Última actualización	Noviembre 2021
Diseño de Pavimentos	20	Última actualización	Noviembre 2021
Diseño de Pavimentos	21	Última actualización	Noviembre 2021
Diseño de Pavimentos	22	Última actualización	Noviembre 2021
Diseño de Pavimentos	23	Última actualización	Noviembre 2021
Sección de Asfaltos Modificados	24	Última actualización	Noviembre 2021
Sección de Asfaltos Modificados	25	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos Rígidos	26	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos Rígidos	27	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos Rígidos	28	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos Rígidos	29	Última actualización	Noviembre 2021
Pavimentos Rígidos	30	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	31	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	32	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	33	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	34	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	34	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	36	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	37	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	38	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	39	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	40	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	41	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	42	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	43	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	44	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	45	Última actualización	Noviembre 2021

Fallas en los Pavimentos	46	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	47	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	48	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	49	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	50	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	51	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	52	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	53	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	54	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	55	Última actualización	Noviembre 2021
Fallas en los Pavimentos	56	Última actualización	Noviembre 2021
Índice de Condición de Pavimentos (PCI)	57	Última actualización	Noviembre 2021
Procedimiento para Mantenimiento Preventivo	58	Última actualización	Noviembre 2021
Procedimiento para Mantenimiento Correctivo	59	Última actualización	Noviembre 2021
Procedimiento para Diseño de Pavimentos	60	Última actualización	Noviembre 2021
Procedimiento para Diseño de Pavimentos	61	Última actualización	Noviembre 2021
Flujograma para Mantenimiento Correctivo	62	Última actualización	Noviembre 2021
Flujograma para Mantenimiento Correctivo	63	Última actualización	Noviembre 2021
Flujograma para Diseño de Pavimentos	64	Última actualización	Noviembre 2021
Personal que participó y revisó	65	Última actualización	Noviembre 2021
Personal que participó y revisó	66	Última actualización	Noviembre 2021

3. REGISTRO DE REVISIONES

Las enmiendas al presente manual serán indicadas mediante una barra vertical en el margen izquierdo, enfrente del renglón, sección o figura que este siendo afectará por el mismo.

La edición será el reemplazo del documento completo por otro. Éstas se deben de anotar en el registro de ediciones y revisión indicando el número correspondiente, fecha de efectividad y la fecha de inserción.

No.	Página revisada	Descripción	Fecha	Persona

4. PREÁMBULO

- a) La aviación a nivel mundial ha ido evolucionando constantemente en sus métodos para garantizar la seguridad operacional en las acciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves en los diferentes aeródromos existentes en el mundo.
- b) Las primeras pistas de aterrizaje eran de terracería con cobertura vegetal, lo que generaba como consecuencia la inconveniencia de problemas en las aeronaves como, por ejemplo: daños en el tren de aterrizaje y fuselaje por el alto impacto que se tenía a la hora de un despegue o un aterrizaje y lo arriesgado de la operación debido a la irregularidad de la carpeta de rodadura. Asimismo, el agua que se filtraba debido a la lluvia ocasionaba que el suelo se ablandara y formara un lodo dejando la pista sin operación y/o afectando a las aeronaves a la hora del aterrizaje y despegue en época de lluvia.
- c) En algunos aeropuertos del mundo en las pistas de aterrizaje fueron utilizada las esteras Marston Mat o conocidas por sus siglas en inglés como PSP (Pierce o Perforate Steel Planking), que eran unas planchas de acero perforado, que podrían ser entrelazadas por sus bordes, las ventajas que presentaban eran las mejoras en la tracción de los neumáticos de los aviones y vehículos, además permitía un mejor drenaje de las pistas durante las lluvias y facilitaba la construcción, las perforaciones además servían para reducir el peso de las planchas, colocándolas sobre el suelo existente y permitiendo aterrizajes y despegues de mejor calidad. Y a la vez que podían ser reemplazadas muy rápidamente con un uso de mano de obra no calificada.



IMAGEN 1.1
ESTERAS MARSTON



IMAGEN 1.2
ENSAMBLE DE ESTERAS MARSTON



Completed Marston mat airstrip

- d) Al paso de los años la ingeniería se ha encargado del desarrollo para la infraestructura de los aeropuertos que requiere una exigencia aun mayor por las diferentes aeronaves que existen. Las pistas en general son muy importantes para que una aeronave se pueda desplazar entre las diferentes áreas que existen en un aeropuerto, por lo que se necesita, también que las calles de rodaje, plataformas e intersecciones estén bien diseñadas para poder brindar una seguridad operacional a la hora de un frenado en un aterrizaje, rodar hacia un punto en específico del aeropuerto o aparcamiento de aeronaves.

- e) Los pavimentos en un aeropuerto tienen que soportar la carga de las aeronaves que es transmitida por las ruedas, creando una presión en la superficie de contacto, que puede provocar una pequeña deformación en los pavimentos, dependiendo del diseño de estos.
- f) Las deformaciones en el pavimento de área de movimiento de un aeropuerto depende mucho de las cargas que son transmitidas por los 3 puntos de contacto que son las ruedas ubicadas al frente y al centro y a los lados del eje central de la aeronave.

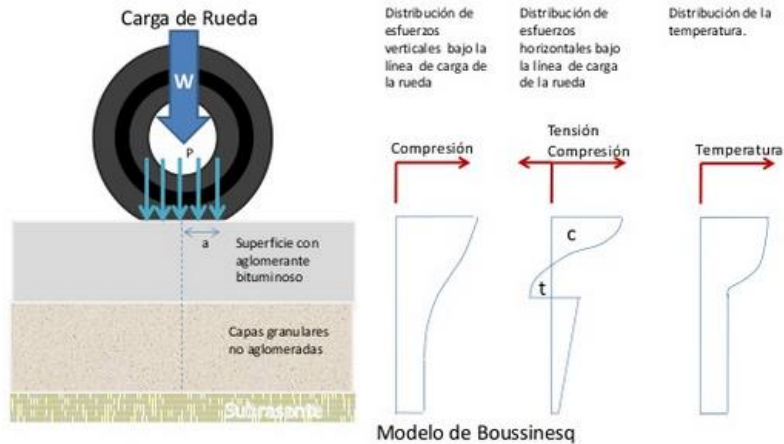


IMAGEN 1.3
MODELO DE BOUSSINESQ

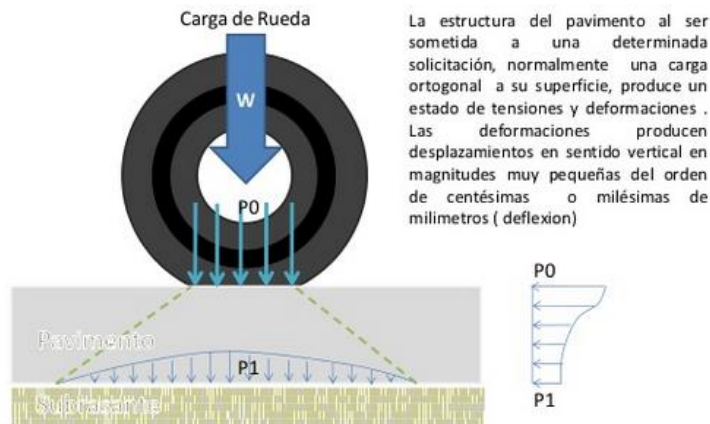


IMAGEN 1.4
PRESIÓN DE CARGA SOBRE PAVIMENTO

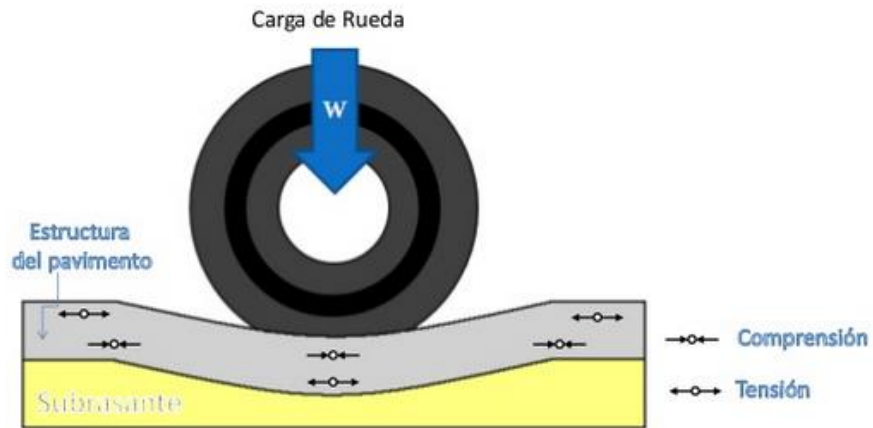


IMAGEN 1.5
TENSIÓN Y COMPRESIÓN SOBRE PAVIMENTO

5. GENERALIDADES

5.1. Base legal

	DOCUMENTO
RAC 14 Vol. I	
Dirección General de Caminos	Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes Ed. 2001
FAA – AAS-100 office	

5.2. Definiciones

Actuación humana. Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficiencia de las operaciones aeronáuticas.

Aeródromo. Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.

Área de aterrizaje. Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

Área de maniobras. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

Área de movimiento. Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

Área de trabajos. Parte de un aeródromo en que se están realizando trabajos de mantenimiento de construcción.

Mantenimiento Preventivo. Por mantenimiento preventivo se entiende la labor programada de mantenimiento llevada a cabo para evitar fallas de las instalaciones o una reducción de la eficiencia de estos.

5.3. Acrónimos

AGA	Aeródromos y Ayudas Visuales Terrestres	Mm	milímetros
NP	Normas y procedimientos	ESAL	Equivalent single axle load
RAC	Regulación de Aviación Civil	OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
FAA	Administración Federal de Aviación	MPA	Megapascal
AC	Circular de asesoramiento	PSI	Libras por pulga cuadrada
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes	PCI	Índice de condición de pavimentos
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales	m	Metros
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes	RAC	Regulación de Aviación Civil

CPC	Coordinador del Proceso de Certificación	RST	Equipo de Seguridad Operacional en Pista
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil	SLO	Superficies Limitadoras de Obstáculos
ECVA	Equipo de Certificación y Vigilancia de Aeródromos	SMS	Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional
EFOD	Llenado electrónico de diferencias	UNSA	Unidad de Normas y Seguridad Aeronáutica
GEN	Generalidades	VFR	Reglas de Vuelo Visual
IFR	Reglas de Vuelo por Instrumentos		
MOA	Manual de Operaciones de Aeródromo		

5.4. Objetivo general:

- a) Que la Dirección General de Aeronáutica Civil por medio de este documento pueda ser utilizado para el diseño y mantenimiento de las pistas de aterrizaje que la DGAC tiene a su cargo y así poder tener mejores resultados y prestar un mejor servicio a todos nuestros usuarios.

5.5. Objetivo específico:

- a) Proporcionar una mejor herramienta que reúna los conceptos amplios y básicos para la correcta aplicación del diseño y mantenimientos de las pistas que pertenecen a la Dirección General de Aeronáutica Civil.
- b) Que los contenidos de diseño y mantenimiento sean comprendidos de manera sencilla para el encargado de mantenimiento de pistas y realizar un trabajo con los estándares requeridos para las operaciones aéreas.
- c) Contribuir con la formación de técnicos en mantenimiento de pistas de aterrizaje y que cada uno de ellos realice de mejor manera el ejercicio de la profesión.

6. PAVIMENTOS

6.1. Introducción

- a) Los pavimentos en un aeropuerto son muy importantes para el taxeo, despegue y aterrizaje de aeronaves, los pavimentos pueden ser a base de materiales bituminosos o de concreto, lo importante es cumplir con las características adecuadas que se requieren para ser una pista operativa y que permita cumplir con las recomendaciones emanadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
- b) Para la construcción de una pista de aterrizaje se tiene que tomar en cuenta los aspectos como clima, tipos de cargas, tipo de suelo, tránsito del aeropuerto, tipo de aeronaves, etc, por lo que el pavimento tiene que distribuir las cargas producidas por las ruedas de las aeronaves reduciendo las presiones sobre el terreno a fin de obtener una intensidad tolerable.
- c) Existen dos tipos de pavimentos que son utilizados en una pista de aterrizaje, siendo los pavimentos rígidos y los pavimentos flexibles. El pavimento rígido es el que ofrece mayor resistencia a la compresión y el cual utiliza una base de cemento tipo Portland. Mientras tanto el pavimento flexible se compone de capas de concreto asfáltico sobre capas de base granular.
- d) Para el diseño de un pavimento en una pista de aterrizaje es necesaria la existencia de un drenaje y que el diseño de la pista sea adecuado para evitar acumulaciones de agua sobre el pavimento y evitar inestabilidad o hidro planeo (situación en la que una aeronave atraviesa en la pista de aterrizaje a cierta velocidad una superficie cubierta de agua, llevándolo a una pérdida de tracción y control de este por parte del piloto).
- e) En una pista de aterrizaje habrá repetición de las cargas en movimiento lento y estáticas como calles de rodaje, plataformas y extremos de pistas, así como en el movimiento rápido y con carga concentrada en pistas activas, especialmente en los lugares de contacto. En la actualidad por el diseño de nuevas aeronaves los pavimentos tienen que cumplir diversas características y requisitos como la resistencia al calor, al chorro de los reactores, a los combustibles y residuos de aceites quemados, haciendo más exigente el diseño de las mezclas utilizadas en las capas de rodadura.
- f) Para el diseño estructural del pavimento en aeropuertos, se deben de tomar lo siguiente:
 - I. El tipo de aviones que recibirá el aeropuerto y las cargas que estos aplicarán sobre el pavimento.
 - II. La frecuencia que tendrá la aeronave más pesada que aterrice en el aeropuerto.
 - III. Las propiedades que posee el pavimento.
 - IV. La capacidad de carga que se tienen de las capas inferiores, hasta de la subrasante.
 - V. El uso que se le dará al pavimento, tomando en cuenta que cada una de las zonas que tiene el aeropuerto requiere un diseño distinto para calles de rodaje, pista activa y plataformas.

6.2. Pavimentos flexibles

- a) Los pavimentos flexibles son a base de asfalto de material viscoso, de color negro, el cual es una mezcla asfáltica generalmente en caliente y está compuesta de proporciones controladas de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos. Esta mezcla asfáltica es requerida por su facilidad de construcción, alta calidad, buena resistencia, duración adecuada y simplicidad de reparación.
- b) Los pavimentos flexibles están contruidos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de subbase las que usualmente son de material granular
- c) Las capas de suelo compactado es denominada subrasante.
- d) En las capas superiores donde los esfuerzos son mayores, se utilizan materiales con mayor capacidad de carga y en las capas inferiores materiales de menor capacidad soporte.
- e) El uso de materiales con menor requerimiento permite el uso de materiales locales, dando como resultado diseños más prácticos y económicos.

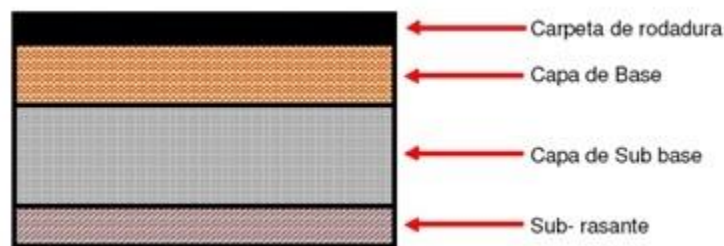


IMAGEN 2.1
CAPAS QUE CONFORMAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

6.2.1. Capa Sub-base

- a) Su principal función consiste en resistir las cargas de tránsito que son transmitidas de manera adecuada al terreno de cimentación fungiendo como una capa de transición entre la capa base y el suelo, pues la primera es de material grueso y la segunda generalmente es de materiales variados.
- b) Esta capa tiene también la función de absorber las deformaciones en la subrasante tales como cambios volumétricos debido a la humedad. También evita la ascensión capilar del agua procedente del terreno hacia la capa base y funciona como un drenaje que desaloja el agua que logra infiltrarse de las capas superiores de la estructura, protegiendo el pavimento, lo que conlleva mayor durabilidad.

6.2.2. Capa base

- a) La función principal de la capa base consiste en transmitir las cargas de tránsito para que sean contenidas por la capa sub-base. La capa base al igual que la sub-base y evita la ascensión capilar para evitar daños en la carpeta asfáltica.

6.2.3. Carpeta Asfáltica

- a) Esta capa proporciona una superficie de rodamiento adecuada con textura capaz de permitir un rozamiento adecuado y dar comodidad en su uso; así como resistir los efectos que produce el paso de las aeronaves que estarían en contacto de la superficie, además de impedir el paso del agua hacia capas inferiores.

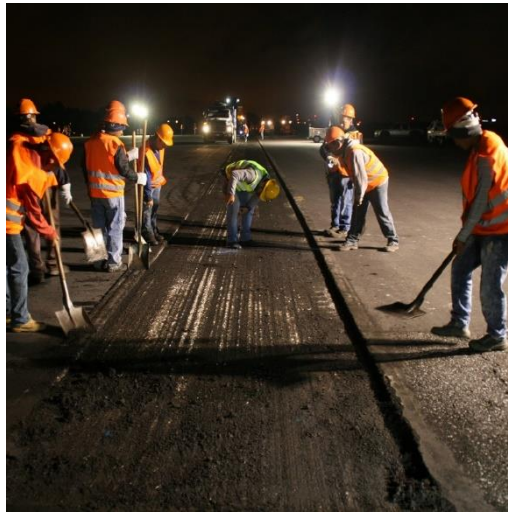


IMAGEN 2.1.3
SUSTITUCIÓN DE CARPETA DE RODADURA EN PAVIMENTO FLEXIBLE

6.3. Pavimentos rígidos

- a) Los pavimentos rígidos se integran por una capa de losa de concreto hidráulico que se apoya en una capa de base, constituida por material pétreo; esta capa está sobre una capa de suelo compactado llamado subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

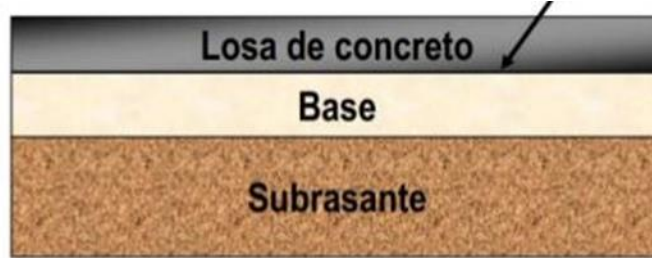


IMAGEN 2.2
CAPAS QUE CONFORMAN UN PAVIMENTO FLEXIBLE

- b) Los bajos niveles de esfuerzo bajo el pavimento, hacen innecesario el contar con materiales de cimentación resistentes, inclusive hace posible la colocación de la losa directamente sobre la subrasante cuando la calidad de tipo de suelo lo permite. Resulta muy importante que el terreno de apoyo para el pavimento sea uniforme, sin cambios bruscos en su capacidad soporte.

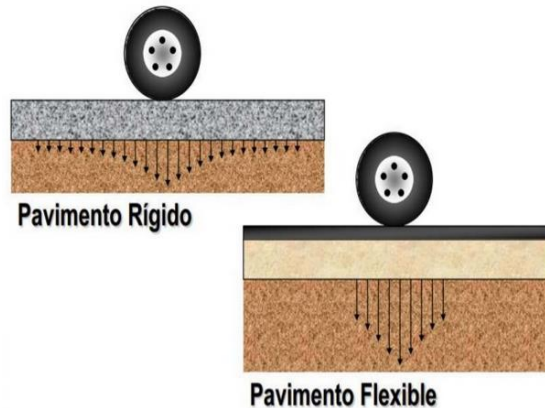


IMAGEN 2.3
EJEMPLO DE CARGAS SEGÚN TIPO DE PAVIMENTO

7. DISEÑO DE PAVIMENTOS

- a) AC 150/5320 – 6G esta circular del U.S. Department of Transportation Federal Aviation con referencia al diseño y evaluación de pavimentos que deben de tener los aeropuertos para una mejor operación. Esta recomendación dada por la FAA es una serie de recomendaciones que, aunque no es obligatoria usarla para los países que realizan trabajos en los pavimentos de sus aeropuertos, permite efectuar validaciones de los diseños locales a fin de evaluar sin las mezclas propuestas cumplen con los estándares adecuados para operaciones aéreas. Por esta razón el tipo de diseño y reparación que se utiliza en los aeródromos del país está basado complementariamente en lo que indica las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos del año 2001, documento ampliamente conocido y técnicamente adecuado para diseño de pavimentos dentro del ámbito local, caracterizando adecuadamente aquellos materiales a utilizar para lograr alcanzar las resistencias requeridas de conformidad con las cargas soportadas. Es decir que, dado que es factible contar con evaluaciones, estudios y requerimientos que deben cumplir los agregados y el aglutinante para la construcción de vías de comunicación en Guatemala, es fundamental para el diseño realizando las incorporaciones del caso, según el método diseñado establecido con base en las especificaciones antes indicadas.
- b) Para el diseño estructural del pavimento en aeropuertos, se debe tomar lo siguiente:
- I. El tipo de aviones que recibirá el aeropuerto y las cargas que estos aplicarán sobre el pavimento.
 - II. La frecuencia que tendrá la aeronave más pesada que aterrice en el aeropuerto.
 - III. Las propiedades que posee el concreto.
 - IV. La capacidad de carga que se tienen de la capa subrasante.
 - V. El uso que se le dará al pavimento, tomando en cuenta que cada una de las zonas que tiene el aeropuerto requiere un diseño distinto para calles de rodaje, pista y plataformas.

7.1. Evaluación del diseño de pavimento

- a) En virtud de contar con metodologías para evaluaciones, estudios y requerimientos que deben cumplir los agregados y el aglutinante para la construcción de vías de comunicación en Guatemala establecidas en el documento de nombre "Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes" edición septiembre del 2001, el cual es fundamental para el diseño de pavimentos, lo que permite ser la base de cálculo de diseño de las pistas, complementado con los documentos de la OACI 9157 y 9137, además de las circulares de la FAA AC 150/5320-6G "Diseño y evaluación de pavimentos de aeropuerto", que permiten validar el diseño realizando las incorporaciones del caso.
- b) Para un diseño de un pavimento nuevo se deberá aplicar lo descrito en la División 400 para pavimentos flexibles y la División 500 para pavimentos rígidos detallados en las "Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes" de la Dirección General de Caminos.

7.1.1. Agregado Pétreo

- a) El agregado pétreo para la mezcla asfáltica en caliente deberá cumplir los siguientes requisitos, los cuales forman parte de la sección 401 (Pavimentos de Concreto Asfáltico en Caliente) de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, septiembre 2001. De la Dirección General de Caminos.
- b) Agregado Grueso (Retenido en el Tamiz de 4.75 milímetros). El agregado para utilizar deben ser partículas de roca, piedra o grava trituradas que cumplan con lo siguiente:

Abrasión, AASHTO T 96	35% máximo
Desintegración al sulfato de sodio (5 ciclos), AASHTO T 104	12% máximo
Caras fracturadas:	
1 cara fracturada	90% mínimo
2 caras fracturadas	75% mínimo
Partículas planas o alargadas, ASTM D 4791	8% máximo

Agregado fino (100 % Pasa el tamiz de 4.75 milímetros). La arena, piedra triturada, grava tamizada, o una combinación de éstas debe cumplir con los siguientes requisitos:

Equivalente de arena, AASHTO T 176	35 mínimo
Índice Plástico, AASHTO T 90	4% máximo
Graduación N° 2 o N° 3 de AASHTO M 29	

- c) Mezcla compuesta de agregados. El Contratista debe dimensionar, graduar y combinar las fracciones de agregados en proporciones mixtas de acuerdo con lo siguiente:
- I. Graduación. Las fracciones de agregado deben ser dimensionadas, graduadas y combinadas en proporciones dosificadas que resulten en una mezcla compuesta con una curva granulométrica continua, sin quiebres bruscos, situada dentro de los límites para el tamaño máximo nominal apropiado del agregado indicado en la tabla 401-1, correspondiente a graduaciones densas.
 - II. Libre de materia vegetal, basura, terrones de arcilla o sustancias que puedan causar fallas en el pavimento.
 - III. La mezcla de agregados debe ser uniforme en calidad y densidad y su peso unitario AASHTO T 19 no debe ser menor de 1360 kilogramos por metro cúbico.
 - IV. La mezcla de agregados o de agregados y polvo mineral debe tener un índice plástico determinado según el método AASHTO T 90, menor del 4%, excepto cuando el polvo mineral esté constituido por cal hidratada o cemento hidráulico.

Tabla 401-1 Graduación de Agregados para Pavimento de Concreto Asfáltico (ASTM D 3515)

Tamaño del Tamiz	Porcentaje en Masa que Pasa el Tamiz designado (AASHTO T 27 y T 11)					
	Graduación Designada y Tamaño Máximo Nominal ⁽¹⁾					
	A (50.8 mm)	B (38.1 mm)	C (25.4 mm)	D (19 mm)	E (12.5 mm)	F (9.5 mm)
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"
63.00 mm	100					
50.00 mm	90-100	100				
38.10 mm	-	90-100	100			
25.00 mm	60-80	-	90-100	100		
19.00 mm	-	56-80	-	90-100	100	
12.50 mm	35-65	-	56-80	-	90-100	100
9.50 mm	-	-	-	56-80	-	90-100
4.75 mm	17-47	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85
2.36 mm	10-36	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67
0.30 mm	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23
0.075 mm	0-5	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10

(1) El tamaño máximo nominal es el tamaño del tamiz mayor siguiente al tamaño del primer tamiz que retenga más del 10% del agregado combinado. El tamaño máximo es el del tamiz mayor al correspondiente al tamaño máximo nominal.

- d) La graduación de los agregados pétreos a utilizar será tipo E, como se especifica en la tabla 401-1 de la sección mencionada anteriormente, salvo una mezcla que permita mejor rendimiento y calidad, la que debe ser aprobada en un laboratorio previamente.

7.1.2. Cemento Asfáltico

- a) El tipo, grado y especificación del cemento asfáltico o del cemento asfáltico modificado con polímeros a usar, debe ser uno de los establecidos en la tabla 401-11, la cual forma parte de la sección 401 (Pavimentos de Concreto Asfáltico en Caliente) de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, septiembre 2001, de la Dirección General de Caminos.

Tabla 401-11 Especificaciones del Cemento Asfáltico

TIPO Y GRADO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	ESPECIFICACION
Graduación por viscosidad: <ul style="list-style-type: none"> • AC-10 • AC-20 • AC-40 	AASHTO M 226
Graduación por penetración: <ul style="list-style-type: none"> • 40-50 • 60-70 • 85-100 • 120-150 	AASHTO M 20
Graduación PG: <ul style="list-style-type: none"> • 64-22 • 70-22 • 76-22 • 82-22 	AASHTO MP 1

7.1.3. Requisitos para la mezcla asfáltica

- a) La mezcla de material pétreo y material bituminoso debe llenar los requisitos del método de diseño establecido en las Tablas 401-12 de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos, edición 2001.

Tabla 401-12 Requisitos para la Mezcla de Concreto Asfáltico

METODO DE DISEÑO ⁽¹⁾	VALORES LÍMITES	
	MINIMO	MAXIMO
1) <u>MARSHALL</u> (AASHTO T 245)		
• Temperatura de compactación de pastilla para producir una viscosidad de	0.25 Pa-s (250 cS)	0.31 Pa-s (310 cS)
• Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen ⁽²⁾	75	75
• Estabilidad	5,338 N (1,200 libras)	
• Fluencia en 0.25 mm (0.01 pulg.)		16
• Tránsito < 10 ⁶ ESAL		14
• Tránsito > 10 ⁶ ESAL	8	275
• Relación Estabilidad/Fluencia (lb. /0.01 pulg.)	8	5
• Porcentaje de vacíos de la mezcla compactada ⁽³⁾	120	
• Porcentaje de vacíos en agregado mineral (VAM)	3	
• Porcentaje de vacíos rellenos con asfalto	Tabla 401-13	78
• Tránsito < 10 ⁶ ESAL	65	75
• Tránsito > 10 ⁶ ESAL	65	1.6
• Relación finos/bitumen ⁽⁴⁾	0.6	
• Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283		
• Resistencia retenida		
• Partículas recubiertas con bitumen, para definir tiempo de mezclado, AASHTO T 195		

7.1.4. Acarreo de material fresado de desperdicio

- a) Es el transporte de materiales obtenidos de la actividad de fresado, el cual es depositado en camiones de volteo a un área determinada para desechos de este material. De igual manera se acarreará todo material de desperdicio, producto de las labores realizadas. Los materiales de desperdicio resultado de recuperación de capas inferiores o aquellas de concreto que se demuelan deberán ser retirados de las instalaciones aeroportuarias.

7.1.5. Pavimento de concreto asfáltico modificado con polímeros en caliente y compactación de mezcla asfáltica

- a) La fabricación de la mezcla asfáltica será realizada en planta, la cual previo a la producción de la misma se tendrá el cemento asfáltico de acuerdo al requerimiento de producción listo; para el caso del asfalto modificado se preparará anticipadamente el cemento asfáltico modificado previo a almacenarlo en tanques convenientes para este propósito, es indispensable que la mezcla asfáltica tenga la temperatura adecuada que permita la producción de la misma, según sea el caso, para asfalto modificado.
- b) Para el traslado se deberá contar con los camiones necesarios para su transporte, así como las condiciones de los camiones debe ser la adecuada tanto en limpieza y apropiada cubierta que permita que las condiciones de la mezcla transportada sean las óptimas hasta el momento que se entregue en el área de trabajo que se designe.
- c) Para el efecto de la correcta aplicación se debe cumplir lo siguiente:
- I. Se ligará el área en la que se aplicará la mezcla, utilizando un tanque regador que utiliza motor y manguera con aspersor antes de colocar la capa asfáltica; el área deberá quedar completamente ligada.
 - II. Para construir la carpeta asfáltica, la mezcla se extenderá uniformemente con la maquinaria correspondiente, colocando ésta al espesor que se solicita y respetando las pendientes necesarias, inmediatamente después de que la mezcla haya sido extendida se corregirá cualquier defecto.
 - III. Se debe considerar el ancho, espesores requeridos en cada tramo a trabajar ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical que se tenga en el tramo y según las tolerancias estipuladas.
 - IV. La capa asfáltica por utilizar dependerá del diseño que se requiera según las condiciones, la cual al momento de su compactación se hará con compactadoras de rodillo y compactadoras neumática, trabajando simultáneamente.
 - V. La mezcla será transportada en camiones de volteo, los cuales estarán provistos de su correspondiente cubierta de lona impermeable, de tamaño tal que proteja la mezcla contra la intemperie, para evitar la segregación, los camiones serán cargados uniformemente alternando la carga moviendo el camión según el número de cargas que pueda contener.
 - VI. La mezcla se extenderá uniformemente con máquina terminadora y de manera continua según el programa del día de trabajo, de acuerdo con los alineamientos, anchos y espesores que se tengan en el tramo.

- VII. En áreas con obstáculos inevitables y sobrecanchos, que no permitan el uso de la terminadora, se extenderá la mezcla a mano. Inmediatamente después de que la mezcla haya sido extendida, se harán mediciones y se corregirá cualquier defecto.
- VIII. Para la compactación se utilizarán rodillos, deben ser de ruedas de acero, llantas neumáticas o combinación de estos según requerimientos, el número y el peso de los rodillos, deben ser lo suficientes para obtener la compactación requerida, mientras la mezcla esté en una condición de ser compactada. Después de que la compactación haya terminado y que el solvente del asfalto rebajado se haya volatilizado, o que se estime que la carpeta asfáltica ha alcanzado el fraguado necesario para producir la adherencia debida con los agregados, el material de cubierta excesivo se barrera con escoba mecánica o manual según sea el caso y aplicando aire comprimido; posteriormente se debe recoger y retirar los residuos de material de desperdicio que se obtengan de esta actividad previo a abrirla al tráfico a fin de dejar una superficie libre de material suelto.

8. SECCIÓN DE ASFALTOS MODIFICADOS

- a) La definición de un asfalto modificado se deriva a las propiedades viscoelásticas del cemento asfáltico que pueden ser mejoradas mediante la adición de modificaciones en el asfalto que pueden ser polímeros que incluyen los elastómeros, compuestos metálicos, compuestos azufrados, fibras y silicones. Los polímeros pueden ser clasificados en elastómeros utilizando mejoras en las propiedades elásticas del cemento asfáltico y en plastómeros los cuales mejoran la rigidez del asfalto. El efecto de los modificadores del asfalto es de ampliar el rango de temperaturas usando en la definición de la clasificación por desempeño PG descrita en la Sección 401.01. Con el uso de los polímeros, se puede modificar varias propiedades del cemento asfáltico, entre las cuales se encuentran lo siguiente:
- I. Susceptibilidad a la temperatura
 - II. Adhesión a los agregados
 - III. Resistencia a la deformación permanente
 - IV. Resistencia al agrietamiento por fatiga
 - V. Ductilidad
 - VI. Elasticidad.
- b) La sección 411 nos habla de todos los tipos de cementos asfálticos modificados asfálticos que existen y su aplicación, incluyendo su aplicación. Para diseño de los mismos el encargado de que diseña la mezcla puede guiarse en las siguientes secciones de las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes.
- I. Tipos de Cementos Asfálticos Modificados
 - II. Usos de los Cementos Asfálticos Modificados
 - III. Normas y Aplicación
- c) El grado de cemento asfáltico base a utilizar debe ser un AC-40, éste será altamente modificado con polímero elastómero y aditivada con un mejorador de adherencia y reductor de viscosidad para producir un asfalto modificado tipo I-D como aparece en la tabla 411-2

de la sección 411 –Asfaltos modificados de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, septiembre 2001, de la Dirección General de Caminos.

Tabla 411-2 Especificaciones de los asfaltos modificados Tipo I

Propiedades	Norma		Clases de Asfalto Modificado Tipo I			
			I-A	I-B	I-C	I-D
Penetración, a 25° C, 100g y 5 s	AASHTO T 49	Min.	100	75	50	40
		Máx.	150	100	75	75
Penetración, a 4° C, 200g y 60 s	AASHTO T 49	Min.	40	30	25	25
Viscosidad, 60° C, Poises	AASHTO T 202	Min.	1000	2500	5000	5000
Viscosidad, 135° C, centi Stokes	AASHTO T 201	Máx.	2000	2000	2000	2000
Punto de ablandamiento, R & B, ° C	AASHTO T 53	Min.	43.3	48.9	54.4	60
Punto de Flama, ° C	AASHTO T 48	Min.	218.3	218.3	232.2	232.2
Solubilidad en Tricloro etileno (TCE), % ⁽¹⁾	ASTM D 2042	Min.	99	99	99	99
	AASHTO T 44	Máx.	2.2	2.2	2.2	2.2
Separación ⁽²⁾ , diferencia R & B, ° C						
Ensayo del Residuo del Horno de Película Delgada (RTFOT)						
Recuperación elástica ⁽³⁾ , a 25° C, %	AASHTOT179	Min.	45	45	45	50
Penetración a 4° C, 200g y 60s	AASHTO T 49	Min.	20	15	13	13

- ⁽¹⁾ Solubilidad del asfalto original.
- ⁽²⁾ Diferencias de puntos de ablandamiento de la parte superior e inferior de una muestra de asfalto modificado con polímeros, a 162.8° C durante 48 horas según se describe en el Apéndice A de las especificaciones guía para asfaltos modificados con polímeros, elaboradas por la AASHTO-AGC-ARTBA.
- ⁽³⁾ Deformación recuperable después del ensayo de ductilidad, AASHTO T 51 descrito en el Apéndice B de las especificaciones guías para asfaltos modificados con polímeros, elaboradas por la AASHTO-AGC-ARTBA.

d) Las características específicas del asfalto modificado se describen a continuación y deben dar como resultados los siguientes planteamientos, dado el corto tiempo existente entre su aplicación y su uso:

PROPIEDAD	NORMA	RESULTADO
Penetración A 25°C 100 gr 5 seg	AASHTO T-49	44
Punto de ablandamiento 5°C/min	AASHTO T-53	Min 80
Recuperación elástica por torsión a 25°C	M-MM-4-05-024/02 SCT	Min 25
Índice de Susceptibilidad Térmica (IP)		Min 3

9. PAVIMENTOS RÍGIDOS

- a) Este capítulo se puede encontrar en la división 500 "Pavimentos rígidos" y sección de pavimento de concreto hidráulico establecido en el libro de Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes es la encargada de dar los parámetros para que se pueda realizar un diseño de un pavimento rígido. Este manual es muy importante para poder realizar cualquier diseño. Para poder realizar el diseño se necesita evaluaciones, estudios y requerimientos que deben cumplir los agregados que son importante para la construcción de vías de comunicación en Guatemala. El documento es para el diseño de pavimentos por lo cual es la base del cálculo de las pistas, el cual se complementan con estudios realizados por la FAA y OACI, que permiten validar el diseño y así poder realizar el diseño adecuado.

9.1.1. Definición

- a) Pavimento de Concreto. Es un pavimento rígido, de concreto de cemento hidráulico, con o sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito. Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en 1) Pavimentos de Concreto Simple y 2) Pavimentos de Concreto Continuamente Reforzados con barras de acero. Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos: a) Pavimento de Concreto Simple con juntas sin barras de transferencia, y b) Pavimento de Concreto Simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros.

9.1.2. Descripción

- a) Este trabajo consiste en la construcción sobre subrasante, sub- base o base preparada y aceptada previamente de la carpeta o losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, conforme se indica en la sección 551 y el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto de acuerdo con la sección 553 y lo indicado en esta sección, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, espesores y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con las Especificaciones Generales y Disposiciones Especiales.

9.2. Requisitos para los materiales

- a) Los materiales para pavimentos de concreto de cemento hidráulico, a menos que lo indiquen de otra forma las Disposiciones Especiales, deben llenar los requisitos siguientes:
- I. Cementos Hidráulicos. Estos cementos deben cumplir con los requisitos de 551.04 (a) con una clase de resistencia de 28MPa (4,000 psi) mínimo.
 - II. Agregado Fino. Debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, que llene los requisitos con las limitaciones sobre cantidad de finos allí estipuladas, para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

- III. Agregado Grueso. Debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, que llene los requisitos establecidos en 551.04 (c), incluyendo los requisitos de desgaste o abrasión y la limitación de partículas planas y alargadas.
- IV. Agua. Debe llenar los requisitos establecidos en 551.04 (d).
- V. Aditivos. El uso de aditivos para concreto debe ajustarse a lo prescrito en 551.05.
- VI. Requisitos para la Clase y Resistencia del Concreto. El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe llenar los requisitos y ser como mínimo clase 24.5 (3,500) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínimo de 24.5 MPa (3,500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínimo de 3.8 MPa (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. Cuando en los planos y Disposiciones Especiales no se indique la clase, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión del concreto, deben usarse los valores que se indican a continuación.

Tabla 501-1 Composición del Concreto de Cemento Hidráulico para Pavimentos

Relación Agua Cemento Máxima	Temperatura del Concreto	Asentamiento AASHTO T 119	Contenido de Aire Mínimo ⁽¹⁾	Tamaños agregados AASHTO M 43	Resistencia a la Compresión AASHTO T-22	Resistencia a la Flexión AASHTO T 97
0.49	20 \pm 10 ° C	40 \pm 20 mm	4.5 %	551.04 (b) y (c)	28 MPa (4,000 psi)	4.5 MPa (650 psi)

⁽¹⁾ Si se usa agregado de tamaño nominal máximo $\frac{3}{8}$ " , el contenido mínimo de aire es de 5%.

- a) Puede utilizarse concreto premezclado de fabricante comercial autorizado que llene los requisitos antes indicados.
 - I. Los requisitos para el Refuerzo en las Losas. Cuando las Disposiciones Especiales o los planos lo requieran expresamente se usarán losas reforzadas. El refuerzo debe consistir en emparrillado de barras corrugadas de acero de refuerzo, AASHTO M 54 (ASTM A184). En todo caso el acero de refuerzo debe llenar los requisitos estipulados en la Sección 552 de estas Especificaciones Generales.
 - i. Barras de Sujeción en las Juntas. Estas deben de consistir en barras corrugadas de acero de lingote grados 300 (40kpsi), 400 (60kpsi) o 500 (75kpsi), conforme a 552.03 (a). Las barras de acero grados 400 (60kpsi) y 500 (75kpsi), no deben usarse como barras de sujeción cuando tengan que ser dobladas o renderizadas durante la construcción.
 - ii. Barras Pasadores o Dovelas. Las dovelas deben ser redondas y lisas de acuerdo con lo indicado en 552.03 (g). Deben estar libres de rebabas o deformaciones que restrinjan su deslizamiento en el concreto. Antes de colocarse, las dovelas deben revestirse con una capa delgada de alquitrán o pintura aprobada para metales u otro material que permita el deslizamiento de la barra e impida su oxidación.
 - II. El casquete para las dovelas debe ser de metal o de plástico y del largo suficiente para cubrir por lo menos 60 mm de la dovela, debiendo ser cerrados en el extremo y con un tope para mantener la dovela a la distancia de 25 mm del fondo del

casquete. Los casquetes deben ser diseñados para que no se desprendan de las barras durante la construcción.

III. Los materiales para Juntas. Deben llenar los requisitos estipulados en 551.06.

IV. Según lo indiquen los planos y Disposiciones Especiales, cuando se requiere relleno premoldeado en fajas o tiras, cada faja o tira debe suministrarse en una sola pieza suficiente para rellenar la profundidad y ancho requerido por la junta. Cuando las Disposiciones Especiales autorizan más de una pieza para cada junta, los extremos deben ser rápidamente asegurados estirándolos hasta unirlos, engrapándolos adecuadamente. Los materiales para Curado. Los materiales para curado deben ajustarse a lo estipulado en 551.08.

9.3. Equipo de pavimentación

- a) Se debe suministrar el equipo adecuado al procedimiento de construcción previsto. El equipo propuesto debe ser inspeccionado y/o ensayado y aprobado previamente por el delegado.

9.4. Determinación del procedimiento de construcción

- a) Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de las losas del pavimento de concreto, se debe someter a la aprobación del delegado, el procedimiento, maquinaria, equipo y materiales que utilizará en las operaciones necesarias, y si en forma parcial o total usará concreto premezclado de fabricante comercial autorizado, de acuerdo con las características de los materiales y las Disposiciones Especiales.

9.5. Producción de los agregados

- a) Previamente a la explotación y producción de los agregados, debe efectuarse la limpia, chapeo y destronque correspondiente en los bancos, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar los agregados. Si se requiere trituración, debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación de los agregados debe lograrse en la planta de producción, debiendo ésta estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas para lograr la granulometría especificada.

9.6. Producción y suministro del concreto

- a) Las operaciones correspondientes para la producción y suministro del concreto de cemento hidráulico deben llenar los requisitos establecidos en la Sección 551 y lo estipulado en las Disposiciones Especiales.

9.7. Colocación y compactación del concreto

- a) El acondicionamiento de la Superficie. Las losas de concreto deben ser construidas sobre la superficie de la subrasante, sub-base o base, cuando sea el caso según lo indiquen las Disposiciones Especiales, previamente preparadas, de conformidad con estas Especificaciones Generales.

- a) El aserrado de Juntas. Deben emplearse sierras para concreto con la potencia suficiente para cortar el espesor total de la losa. Las sierras deben estar equipadas con guías y dispositivos que aseguren la alineación y profundidad de corte requeridos.

9.8. Determinación del procedimiento de construcción

- a) Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de las losas del pavimento de concreto, se debe someter a la aprobación del delegado, el procedimiento, maquinaria, equipo y materiales que utilizará en las operaciones necesarias, y si en forma parcial o total usará concreto premezclado de fabricante comercial autorizado, de acuerdo con las características de los materiales y las Disposiciones Especiales.

9.9. Producción de los agregados

- a) Previamente a la explotación y producción de los agregados, debe efectuarse la limpia, chapeo y destronque correspondiente en los bancos, eliminar la vegetación, capa de materia orgánica, basura, arcilla y sustancias que puedan contaminar los agregados. Si se requiere trituración, debe ser efectuada en planta, en circuito cerrado de repaso, evitando la laminación del material. La graduación de los agregados debe lograrse en la planta de producción, debiendo ésta estar acondicionada con un sistema de clasificación adecuado, con el número y tipo de zarandas para lograr la granulometría especificada.

9.10. Producción y suministro del concreto

- a) Las operaciones correspondientes para la producción y suministro del concreto de cemento hidráulico deben llenar los requisitos establecidos en la Sección 551, y lo estipulado en las Disposiciones Especiales.

9.11. Colocación y compactación del concreto

- a) El acondicionamiento de la Superficie y de las losas de concreto deben ser construidas sobre la superficie de la subrasante, sub-base o base, según lo indiquen las Disposiciones Especiales, previamente preparadas, de conformidad con estas Especificaciones Generales sobre dispositivos de soporte (canastas) firmemente anclados a la base en los lugares donde se requieran juntas.

9.12. Acabado, texturizado y ranurado del concreto

- a) El acabado final se debe efectuar siguiendo el procedimiento estipulado y utilizando el equipo indicado según corresponda. La ejecución del acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, pudiendo dejarse las aristas de las juntas, si la máquina esparcidora es del tipo de formaleta deslizante.

9.13. Colocación del acero de refuerzo en pavimentos continuamente reforzados.

- a) La colocación del acero en los pavimentos continuamente reforzados debe efectuarse de conformidad con lo estipulado en los planos y Disposiciones Especiales.

9.14. Construcción de juntas.

- a) Deben construirse juntas del tipo, dimensiones y localizaciones que se indican en los planos y Disposiciones Especiales.

9.15. Curado

- a) Inmediatamente después del texturizado y ranurado y tan pronto sea posible sin causar daño a la superficie del concreto, se debe proceder al curado del concreto.

9.16. Remoción de las formaletas

- a) Las formaletas deben ser removidas cuando el concreto haya alcanzado una resistencia suficiente para resistir daños, pero no antes de las 24 horas después de haber colocado el concreto. Cuando se permita el uso de aditivos acelerantes del fraguado, las formaletas podrán retirarse a las 12 horas de la colocación del concreto. Los lados de las losas recién expuestas deben ser protegidos de inmediato con un método de curado igual al aplicado a la superficie del pavimento. Debe asimismo protegerse contra la erosión, la sub-rasante, sub-base o base bajo la losa del pavimento hasta que se construyan los hombros.

9.17. Relleno y sellado de juntas

- a) Las juntas, y su función principal y siempre que así se especifique en los planos, deben ser rellenadas o selladas con materiales aprobados de los tipos indicados en la forma señalada por los planos, siguiendo las recomendaciones de la norma ACI 504-R, las instrucciones de los fabricantes de los productos.

10. FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

- a) El deterioro del pavimento provee una medida de daño causado por el tráfico, condiciones ambientales y envejecimiento de los materiales que constituyen la capa de rodadura. El tipo y costo de las operaciones de mantenimiento requeridas por un tramo de carretera, es influenciado significativamente por el tipo, extensión y severidad de los defectos presentes en el pavimento.
- b) El conjunto de todos los indicadores que caracterizan el estado de la superficie no evoluciona en forma aislada sino mediante una interacción entre ellos, el progreso de las fallas a lo largo del tiempo en un pavimento puede provocar algunas de las fallas que pueden producir que el pavimento pueda tener una vida mejor y se empieza con diferentes tipos de evolución del deterioro. Algunas de las fallas pueden ser por fisura, ahuellamiento entre otros que puede afectar el desempeño de la carpeta asfáltica. Muchas de las fallas pueden ser consideradas dependiendo el nivel de severidad que tenga, y a través de una evaluación se puede verificar el tipo de reparación, tiempo y costo.

10.1. *Fallas de pavimento flexible*

10.1.1. *Fisuras longitudinales y transversales*

- a) Este corresponde a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito, así como en dirección transversal al mismo. Su aparición es indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras demuestra secciones que se encuentran en zonas sujetas a carga relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.



Imagen 1, Falla Longitudinal



Imagen 2, Falla Transversal

b) Causas:

I. Las causas más comunes a ambos tipos de fisuras son:

- i. Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido en este caso, al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°)
- ii. Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas subyacentes.
- iii. Juntas de mala calidad.

II. Otras causas para la conformación de fisuras longitudinales son:

- i. Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito.
- ii. Las Transversales también corresponden a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- iii. Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- iv. Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

c) Severidades:

- I. Baja: Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.
- II. Media: Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar desportillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.
- III. Alta: Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos.

10.1.2. Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).

- a) Estas corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica. Se localizan generalmente en los sectores que dependen del ancho de la máquina de aplicación de pavimento.



Imagen 7.1.2 Fisura Longitudinal en Junta de Construcción

b) Causas:

- I. Carencia de ligante adecuado o inexistente en las paredes de la junta.
- II. Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad.
- III. Deficiencias de compactación en la zona de la junta.
- IV. Unión entre materiales de diferente rigidez.

c) Severidades y unidad de medición:

- I. Baja: Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.
- II. Media: Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar desportillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.
- III. Alta: Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos.

10.1.3. Fisuras de borde (FBD)

- a) Son comunes en inmediaciones de las bermas y corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca de los bordes de la pista, y se presentan principalmente por la diferencia de nivel entre la berma y el pavimento.



Imagen 7.1.3 Fisura de Borde de una pista

b) Causas:

- I. La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos o sobre carpetas que llegan hasta el borde y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente no se deben al transitar de Aeronaves de gran envergadura, sino se estima que son debido a vehículos de mantenimiento y supervisión o bien en algunos casos a pequeñas aeronaves que circulan muy cerca de la berma.

c) Severidades y unidad de medición:

- I. Baja: Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.

- II. Media: Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar desportillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.
- III. Alta: Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos.

d) Evolución probable:

- I. Desprendimiento del borde o descascaramiento.

10.1.4. Fisuras en bloque (FB)

- a) Es una de las fisuras más comunes que se reportan, ocasionada por el daño de la superficie del asfalto, se observa es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga constante, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito.
- b) Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos.



Imagen 7.1.4 Fisura en Bloque de la pista

c) Causas:

- I. La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del asfalto debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo - deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido significativamente, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.
- II. Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- III. Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

d) Severidades:

- I. Baja: Los bloques se empiezan a formar, y están conformados por fisuras de abertura menor que 1 mm, cerradas o con sello, no presentan desportillamiento en los bordes.
- II. Media: son bloques definidos por fisuras de abertura entre 1 mm y 3 mm, o con sello fallado, que pueden o no presentar desportillamiento en los bordes;
- III. Alta: Bloques bien definidos por fisuras de abertura mayor que 3 mm, que pueden presentar un alto desportillamiento en los bordes.

e) Evolución probable:

- I. Piel de cocodrilo, descascaramientos.

10.1.5. Piel de cocodrilo (PC)

- a) Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas.
- b) Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.
- c) La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural (por tránsito o por deficiencia de espesor de las capas) sino con otros mecanismos como por ejemplo falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y subrasantes expansivas, entre otras.



Imagen 7.1.5 Piel de Cocodrilo a lo largo de una pista

d) Causas:

- I. La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:
 - i. Espesor de estructura insuficiente.
 - ii. Deformaciones de la subrasante.
 - iii. Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
 - iv. Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
 - v. Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
 - vi. Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
 - vii. Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.
- II. Todos estos factores pueden reducir la capacidad estructural o inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, haciendo que ante el paso del tránsito se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento que se pueden manifestar mediante fisuración.

e) Severidades:

- I. Baja: Serie de fisuras longitudinales paralelas (pueden llegar a tener aberturas de 3 mm), principalmente en la huella, que no presentan desportillamiento, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.
- II. Media: Las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.
- III. Alta: Las fisuras son de abertura mayor que 3 mm, y se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques que se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo. Existen varios tramos que presentan descascaramiento y bombeos a lo largo de una pista.

f) Evolución probable:

- I. Deformaciones, descascaramientos, baches.

10.1.6. Fisuras por deslizamiento de capas (FDC)

- a) Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenado de las aeronaves lo que conlleva que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en áreas de parada como los umbrales.



Imagen 7.1.6 Fisuración por deslizamiento

b) Causas:

- I. Estas fisuras se presentan usualmente en áreas de arranque o parada de aeronaves, especialmente en áreas de umbrales de pista y es resultado del rompimiento de la adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento, debido al frenado y acelerado de las aeronaves.

c) Severidades:

- I. El nivel de severidad asignado será similar al de las fisuras longitudinales y transversales, teniendo en cuenta además lo siguiente:
 - i. Baja: Abertura máxima de las fisuras menor que 1 mm.
 - ii. Media: Abertura máxima de las fisuras entre 1 mm y 3mm, pueden existir agrietamientos alrededor de las fisuras, con aberturas menores a 1 mm.
 - iii. Alta: Abertura máxima de la fisura mayor a 3 mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras y en la zona aledaña, con aberturas mayores que 1 mm.

d) Evolución probable:

- I. Descascaramientos, baches, hundimientos, abultamientos.

10.2. **Deformaciones**

10.2.1. **Ondulación (OND)**

- a) También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas.



Imagen 4.3.1.1 Ondulación en una pista

b) Causas:

- I. La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica. Bajo este contexto, las causas más probables son:
 - i. Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
 - ii. Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
 - iii. Exceso o mala calidad del asfalto.
 - iv. Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
 - v. Falta de curado de las mezclas en la vía.
 - vi. Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
 - vii. Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

c) Severidades:

- I. Baja: Profundidad máxima menor que 10 mm, causa poca vibración al vehículo, la cual no genera incomodidad al conductor.
- II. Media: Profundidad máxima entre 10 mm y 20 mm, causa una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- III. Alta: Profundidad máxima mayor que 20 mm, causa una vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad y riesgo para la navegación.

d) Evolución probable:

- I. Exudación, ahuellamiento.

10.2.2. Abultamiento (AB).

- a) Este deterioro se presenta en la superficie del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.



Imagen 7.2.2 Abultamiento en una pista

- b) Causas:

- I. Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico colocado sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo).

- c) Severidades:

- I. Baja: Profundidad máxima menor que 10 mm, causa poca vibración al vehículo, la cual no genera incomodidad al conductor.
- II. Media: Profundidad máxima entre 10 mm y 20 mm, causa una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- III. Alta: Profundidad máxima mayor que 20 mm, causa una vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

- d) Evolución probable:

- I. Fisuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.

10.2.3. Hundimiento (HUN).

- a) Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a las aeronaves, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidroplaneo. Los hundimientos se encuentran orientados de forma longitudinal o transversal al eje de una pista, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones la orientación o la forma del hundimiento, si es fácilmente identificable en campo.



Imagen 7.2.3 Hundimiento en una pista

b) Causas:

- I. Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento:
 - i. Asentamientos de la subrasante.
 - ii. Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
 - iii. Circulación de tránsito muy pesado.

c) Severidades:

- I. Baja: Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.
- II. Media: Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- III. Alta: Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

d) Evolución probable:

- I. Fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

10.2.4. Ahuellamiento (AHU).

- a) Esta falla se encuentra plenamente definida en el área de circulación de las llantas de las aeronaves ocasionando una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidroplaneo por almacenamiento de agua.



Imagen 7.2.4 Ahuellamiento en una pista

b) Causas:

- I. El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas. La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos.

c) Severidades:

- I. Baja: Profundidad menor que 10 mm.
- II. Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.
- III. Alta: Profundidad mayor que 25 mm.

d) Evolución probable:

- I. Piel de cocodrilo, desprendimientos.

10.3. *Pérdida de las capas de la estructura*

10.3.1. *Descascaramiento (DC)*

- a) Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.



Imagen 7.3.1 Descascaramiento en pistas de aterrizaje

b) Causas:

- I. Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.
- II. Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.
- III. Riego de liga deficiente.
- IV. Mezcla asfáltica muy permeable.

c) Severidades:

- I. Baja: Profundidad menor que 10 mm.
- II. Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.
- III. Alta: Profundidad mayor que 25 mm.

d) Evolución probable:

- I. Piel de cocodrilo, bache.

10.3.2. Parche (PCH)

- a) Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.). A pesar de que dicha área puede no presentar daños, es necesario su monitoreo para evitar subsiguientes deterioros.



Imagen 7.3.3 Parches en áreas de movimiento de aeronaves.

b) Causas:

- I. Las causas del deterioro propio del parche pueden establecerse teniendo en cuenta el tipo de daño que presente. Sin embargo, pueden estar asociadas principalmente a:
 - i. Procesos constructivos deficientes.
 - ii. Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo (cuando la intervención fue inadecuada para solucionar el problema).
 - iii. Deficiencias en las juntas.
 - iv. Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche.

c) Severidades:

- I. Baja: El parche está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.
- II. Media: El parche presenta daños de severidad baja o media y deficiencias en los bordes.
- III. Alta: El parche está gravemente deteriorado, presentan daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.

d) Evolución probable:

- I. Puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.

10.3.3. Baches (BCH)

- a) Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.



Imagen 7.3.2 Bache en áreas de movimiento de aeronaves

b) Causas:

- I. Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo. Puede producirse también en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles.

c) Severidades:

- I. Baja: profundidad de afectación menor o igual que 25 mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.
- II. Media: profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.
- III. Alta: profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.

d) Evolución probable:

- I. Destrucción de la estructura.

10.4. ***Daños superficiales***

10.4.1. ***Desgaste superficial (DSU)***

- a) Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del uso.



Imagen 7.4.1 Desgaste superficial

b) Causas:

- I. El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. Puede generarse también por las siguientes causas:
 - i. Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
 - ii. Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
 - iii. Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

c) Severidades:

- I. Baja: Cuando la superficie ha perdido su textura uniforme y se muestra ligeramente áspera o rugosa, con irregularidades hasta de 3 mm aproximadamente.

- II. Media: Cuando la profundidad de las irregularidades es mayor de 3 mm y llega a 10 mm. Se observan las partículas de agregado grueso, y se siente la vibración y una diferencia de sonido de las llantas al transitar sobre el pavimento.
- III. Alta: Si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presentan desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.

d) Evolución probable:

- I. Pérdida de agregado.

10.4.2. Pérdida de agregado (PA)

- a) Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos.



Imagen 7.4.2 Pérdida del Agregado fino de la pista

b) Causas:

- I. Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- II. Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- III. Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- IV. Endurecimiento significativo del asfalto.
- V. Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- VI. Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

c) Severidades:

- I. Baja: Los agregados gruesos han comenzado a desprenderse y se observan pequeños agujeros

- II. Media: Existe un mayor desprendimiento de agregados.
- III. Alta: Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos haciendo la superficie muy rugosa y se observan agregados sueltos.

d) Evolución probable:

- I. Descascaramientos, aumento de la permeabilidad de la estructura, exudación.

10.5. *Fallas de pavimento rígido*

10.5.1. *Falla de estallido*

- a) Ocurren usualmente en las juntas o fisuras transversales, debido a expansiones adicionales de hormigón. Los estallidos ocurren cuando las juntas o fisuras transversales que no son lo suficientemente anchas para permitir la expansión de las losas de hormigón. Cuando la presión debida a la expansión no puede ser liberada, un movimiento localizado hacia arriba en los bordes de la losa (pandeo) o una fragmentación ocurrida en la próxima junta.



Imagen 7.6.1, falla por estallido

b) Tipos de Severidad:

- I. Baja: nivel del deterioro en el pavimento no lo hace inoperable y la cantidad de rugosidad es leve.
- II. Media: no lo hace inoperable, pero existe una significativa rugosidad.
- III. Alta: el pavimento es inoperable.

10.5.2. *Falla de las esquinas (Despotillamiento)*

- a) Es una fisura que intercepta las juntas a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la losa a cada lado, medida desde la esquina de la losa. Son causadas por repetición de las cargas combinadas con la pérdida del soporte y tensiones por alabeo.

b) Severidad:

- I. **Baja:** se necesita un sellado de fisuras.



Imagen 7.6.2.1, severidad baja

II. **Media:** se necesita un sellado de fisuras o un bacheo del espesor parcial.

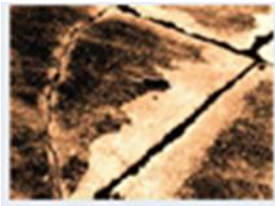


Imagen 7.6.2.2, severidad media

III. **Alta:** la fisura necesita bacheo parcial o el reemplazo de las losas.

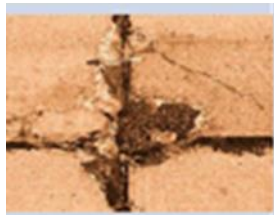


Imagen 7.6.2.3, severidad alta

10.5.3. Fisuras longitudinales

a) Estas fisuras, que dividen a la losa en dos o tres piezas, normalmente se deben a una combinación de repetición de cargas, esfuerzos ondulatorios y esfuerzos de retracción. Las fisuras de baja severidad se deben normalmente al alabeo y fricción y o se consideran fallas estructurales menores. Sin embargo, las fisuras de media y alta severidad se deben a fallas estructurales mayores.

b) Tipos de severidad:

I. **Baja:** es necesario el sello de fisuras.



Imagen 7.6.3.1, severidad baja

II. Media: es necesario el sello de fisuras o bacheo del área afectada.



Imagen 7.6.3.2, severidad media

III. Alta: es necesario el Reemplazo de las losas afectadas.



Imagen 7.6.3.3, severidad alta

10.5.4. Fisura en D

a) La fisura "D" usualmente aparece como una secuencia o tendencia de fisuras en la proximidad o paralela a una junta o una fisura lineal. Esta es causada por la incapacidad del hormigón de soportar factores ambientales como los ciclos del hielo y deshielo, congelamiento y descongelamiento y esto debido a los agregados expansivos variables. Este tipo de fisuramiento puede llevar eventualmente a la desintegración del hormigón a una distancia de 300 a 600 mm de la junta o fisura.

b) Severidad:

I. Baja: se encuentran pequeñas fisuras en las juntas.



Imagen 7.6.4.1, severidad baja

II. Media: la fisura tiene una separación mayor el cual afecta las juntas de las losas.

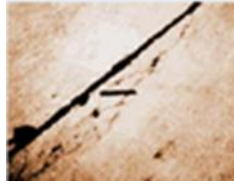


Imagen 7.6.4.2, severidad media

III. Alta: las losas tienen desprendimientos en sus juntas el cual se necesita una reconstrucción de la junta o el reemplazo de la losa.

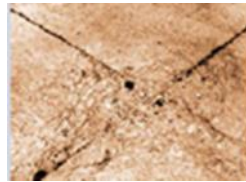


Imagen 7.6.4.3, severidad alta

10.5.5. Falla de sello de juntas

a) Se entiende por deficiencia en material de sello a cualquier condición posibilita que, suelo o material incomprensible se acumule y penetra en las juntas o permite una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incomprensible impide el movimiento de la losa, posibilitando se produzca otras fallas como levantamientos o desportillamientos de juntas. La infiltración de agua a la fundación reduce su capacidad soporte y favorece el bombeo de material fino. Los defectos que suelen presentarse típicamente comprenden.

b) Severidad:

I. Baja: desprendimiento de sello en las juntas de la losa.



Imagen 7.6.5.1, severidad baja

II. Media: por ausencia de sello se produce desintegración de las juntas de la losa.

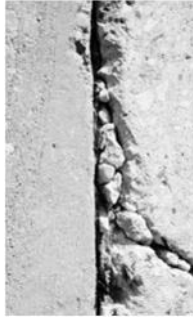


Imagen 7.6.5.2, severidad media

III. Alta: las juntas de las losas no tienen sello, produce desintegración y filtración agua.



Imagen 7.6.5.3, severidad alta

10.5.6. Falla de bombeo

- a) El bombeo se caracteriza por la expulsión de agua y material del subsuelo o la sub-base a través de juntas o fisuras del pavimento. Causada por la deflación de la losa al recibir la carga de tránsito de las aeronaves. Manchas en la superficie y la presencia de material de la sub-base o del subsuelo próximo a las juntas del pavimento son evidencia del bombeo.
- b) No hay niveles de severidad y las reparaciones podrían ser desde sello de juntas y fisuras en la losa.



Imagen 7.6.6.1 falla por bombeo

10.5.7. Fallas de asentamientos y alabeos

- a) Los asentamientos o fallas son diferencias de elevación en correspondencia con una junta o una fisura causadas por un desplazamiento relativo (levantamiento) de la losa o consolidación no uniforme del material de la subbase o del subsuelo.

b) **Severidad:**

I. Baja: se tiene una pequeña elevación en las juntas de las losas.

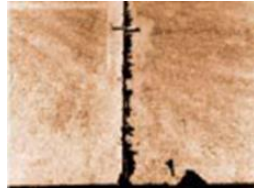


Imagen 7.6.7.1, severidad baja

II. Media: se tiene una elevación considerable entre losas.



Imagen 7.6.7.2, severidad media

III. Alta: se tiene una desnivelación en las losas de forma considerable, el cual se necesita el reemplazo de las losas.



Imagen 7.6.7.3, severidad alta

10.5.8. Falla de losas fragmentadas

a) Una losa fragmentada se define como un área donde las fisuras se interceptan la dividen en cuatro o más piezas. Esto se debe a sobrecargas y/o un soporte inadecuado de la fundación. Si todas las piezas o fisuras están contenidas dentro una rotura de esquina, entonces la patología debe ser identificada como una rotura en esquina severa.

b) Severidad:

I. Baja: es necesario el sello de fisuras.



Imagen 7.6.8.1, severidad baja

II. Media: es necesario sello de fisuras, o bacheo del espesor total.



Imagen 7.6.8.2, severidad media

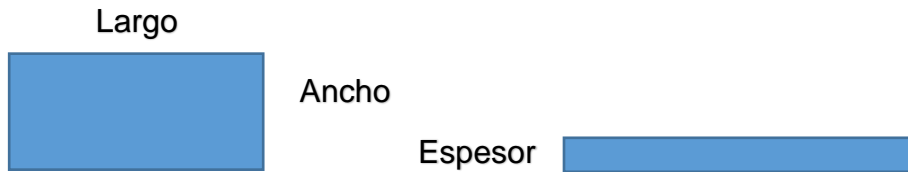
III. Alta: se necesita el bacheo espesor total y reemplazo de la losa.



Imagen 7.6.8.3, severidad alta

10.6. Reparación de pavimento flexible

- a) El bacheo en un pavimento flexible es muy común en reparaciones pequeñas donde se necesita tener una reapertura del área lo más pronto posible. Este tipo de reparaciones tiene como característica que se realiza una evaluación para ver el tipo de daño que tiene el asfalto y cuál es el tipo de falla que presenta.
- b) El encargado de la reparación tiene que ver las dimensiones de la reparación para poder calcular la cantidad de material asfáltico que se necesita para su reparación.
- c) Procedimiento:
 - I. Se realiza una delimitación del área afectada a reparar.
 - II. Se evalúa el tipo de falla que está provocando el daño en el asfalto
 - III. Después de la evaluación se mira el tamaño de la reparación que es la largo x Ancho x el espesor que se le dará al área afectada.



$$\text{Largo (m)} \times \text{Ancho (m)} \times \text{Espesor (m)} = \# \text{ m}^3 \text{ (metros Cúbicos)}$$

- d) La cantidad de metros cúbicos se multiplica por la densidad del asfalto en caliente, el asfalto a utilizar es el tipo E y se especifica en la tabla 401-1 de la sección de las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes del año 2001 de la Dirección General de Caminos.
- e) Para lograr efectuar los trabajos con la menor interrupción de tránsito aéreo y afectación a pasajeros y usuarios el Aeropuerto o aeródromo tiene que considerar los horarios de trabajo para no afectar las operaciones aéreas, a continuación, se establece una guía para el fresado en una reparación que se realice a una pista de aterrizaje.

10.7. Fresado

- a) (e= número en metros o el espesor que garantice mínima reflexión de fisuras o grietas esto queda a criterio del encargado de la reparación de la pista.)
- b) Previamente a la operación de perfilado, se procederá a la señalización del área, la cual será de acuerdo con las necesidades que demande el área de trabajo.
- c) Para llevar a cabo la operación de fresado, se utilizará una maquinaria autopropulsada denominada perfiladora, que, mediante unos dientes de acero adheridos a un cilindro giratorio, de alta resistencia al impacto y a la abrasión, cortan o desgastan el pavimento existente al ancho del cilindro y a la profundidad requerida.
- d) El perfilado del pavimento se efectuará sobre las áreas, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente. Se utilizará agua para disminuir el polvo que se genere en esta operación, si es necesario.
- e) El material extraído, producto del perfilado será retirado del área de trabajo.
- f) Luego de esta operación en el tramo definido, se realizarán las labores de limpieza y retiro del material fresado que se tenga en el área de trabajo a través de barredoras autopropulsadas de manera que permita remover las partículas de mayor tamaño, asimismo, se deberá aplicar aire a presión a través de compresor que permita remover las partículas finas aun sueltas en dicha área.
- g) Las áreas que requieran un tratamiento o recuperación de capas inferiores (base y sub-base) deberán ser atendidas de conformidad con las prácticas detalladas en las especificaciones dadas por el diseñador de lo anterior deberá efectuarse en condiciones adecuadas a fin de

realizar los trabajos de manera que se homogenice y compacte convenientemente los materiales de las capas inferiores, previo a efectuar cualquier aplicación de mezcla asfáltica.

- h) Densidad del Asfalto = 2.45 toneladas /m³
- i) Ej. Base (m) x Ancho (m) x Espesor (m) = # m³ (metros cúbicos) * 2.45 toneladas/m³
= # toneladas utilizadas del material para la reparación.

10.8. Rehabilitación de pavimentos de concreto

- a) La sección 502 rehabilitación de pavimentos de concreto de cemento hidráulico de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos es un documento que nos ayuda a realizar las diferentes reparaciones que necesita el concreto rígido. El encargado de realizar las reparaciones tiene como guía la sección 502 donde habla de las diferentes reparaciones que se pueden realizar y su procedimiento.

10.8.1. Definición

- a) Rehabilitación de Pavimentos de Concreto de Cemento Hidráulico. Es la restauración de un pavimento de concreto de cemento hidráulico existente, que ha sufrido diferentes tipos de fallas.

10.8.2. Descripción

- a) Este trabajo consiste en el fresado de la superficie con discos de diamante, la reparación de espesor parcial, la reparación de espesor completo, la reparación de juntas, la reparación de grietas, el sellado inferior y estabilización de losas, la colocación de dovelas en las juntas y/o la pulverización de la superficie.

10.8.3. Materiales

- a) Adhesivos de resina epóxica. Deben cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 235.
- b) Relleno y selladores para juntas. Deben cumplir con lo indicado en 551.06.
- c) Lechada, mortero y concreto con polímeros. Se debe utilizar un ligante de polímero y agregado fino en las proporciones recomendadas por el fabricante del polímero con una resistencia a la compresión mínima de 25 MPa (3,625 psi) en 4 horas.

10.8.4. Composición de la mezcla (diseño de la mezcla de concreto)

- a) El cemento por utilizar debe tener, de preferencia, un color similar al del concreto existente. Asimismo, los agregados deben tener preferentemente una graduación, color y una dureza similar a la de los agregados existentes en el pavimento.

10.8.5. Equipo

- a) Se debe suministrar equipo que cumpla con lo indicado en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos. Para otros tipos de reparaciones y equipo.

10.8.6. Reparación de espesor parcial

- a) Este trabajo consiste en el bacheo de astilladuras, baches, quebraduras en las esquinas u otros daños en la superficie del pavimento de concreto de cemento hidráulico para indicaciones más específicas revisar esta sección en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

10.8.7. Reparación de grietas

- a) Este trabajo consiste en la reparación y sellado de grietas existentes en el pavimento de concreto, para una ampliación de este tema revisar la sección en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

10.8.8. Elevación del pavimento

- a) Este trabajo consiste en levantar y darle soporte al pavimento de concreto a los niveles especificados, perforando agujeros e inyectando lechada de cemento hidráulico, el encargado del mantenimiento se debe de revisar la sección en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos.

10.8.9. Sellado inferior y estabilización de losas

- a) Este trabajo consiste en el bombeo de una mezcla de lechada de cemento hidráulico dentro de los agujeros perforados en el pavimento y dentro de los vacíos existentes debajo de las losas para estabilizar y sellar por abajo (sellado inferior) el pavimento de concreto.
- b) Ensayos preliminares. Todos los ensayos deben ser efectuados en la noche o cuando no haya evidencia de que las losas se atasquen debido a la dilatación térmica. Se pueden continuar los ensayos si no se traban las losas y si no se someten a compresión. El equipo de prueba debe cumplir con lo indicado en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos. Para el ensayo cada losa designada utilizando un método estático se puede verificar los diferentes métodos en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de La Dirección General de Caminos.

10.8.10. Colocación de dovelas

- a) Cuando, por el aumento de cargas de tráfico, se denote que hay necesidad de transferencia de carga entre una losa y otra, se colocarán dovelas entre las losas. Para ello, se cortarán ranuras con sierra del ancho de la dovela. Se colocará ésta y se sellará la ranura con un concreto con una resistencia igual o mayor a la del pavimento existente. Para la debida

adherencia entre el concreto existente y el nuevo concreto, deberá aplicarse un aditivo epóxico que la garantice.

10.8.11. Fresado superficial con discos de diamante

- a) Este trabajo consiste en el fresado del pavimento de concreto existente para eliminar las fallas de las juntas o grietas y para proveer un drenaje lateral adecuado. La transición del fresado del carril auxiliar o de una rampa debe hacerse uniformemente, desde la orilla de la línea principal, para proveer un drenaje adecuado y una superficie aceptable para el paso del tráfico.

10.8.12. Fracturado del pavimento de concreto

- a) Este trabajo consiste en la fracturación del pavimento de concreto existente y en asentar firmemente o compactar el pavimento antes de efectuar un recapeo. Y para ver si metodología se tiene que revisar la sección 502.13 de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes de La Dirección General de Caminos.

10.8.13. Apertura al tránsito

- a) No se debe permitir el paso de tráfico en el pavimento bacheado hasta que el concreto de cemento hidráulico haya alcanzado una resistencia a la compresión de 25 MPa cuando ensayado de acuerdo con la norma AASHTO T 22 o hasta que la lechada utilizada para el levantamiento o el sellado inferior del pavimento haya alcanzado una resistencia de 4.2 MPa cuando se ensaye una probeta de 160 milímetros cuadrados de acuerdo con AASHTO T 197.

10.8.14. Medida

- a) La medida se debe hacer del número de metros cuadrados, con aproximación de dos decimales, de bacheo de pavimento rígido, efectuado satisfactoriamente, de acuerdo con estas Especificaciones Generales.

11. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI)

11.1. *Norma por utilizar*

- a) Para este tipo de evaluación se utiliza la norma ASTM D5340 Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys.
- b) El PCI del área de movimiento para la DGAC se realiza de manera visual, por parte del personal designado para el efecto.
- c) Dicha evaluación debe aplicar esta norma y se hace al menos una vez al año.
- d) En caso de aplicar el PCI de forma manual se aplicará lo descrito en la circular 150/5380-7B de la FAA.

12. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

12.1. Procedimiento para mantenimiento preventivo

Objetivo:	Prever o evitar que el pavimento se afecte a tal grado que sea necesario realizar un mantenimiento mayor que pueda afectar las operaciones de las aeronaves.	
Alcance:	Personal de mantenimiento de pista, personal de toma de decisiones del Departamento de infraestructura.	
Responsable	Responsabilidad	
Asesor del Departamento / Jefe infraestructura	Evaluar falla y tomar decisiones en cuanto al mantenimiento.	
Jefe de infraestructura	Proponer las actividades de mantenimiento correctivo y supervisar trabajos.	
Personal de mantenimiento	Ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo	
Políticas	<ol style="list-style-type: none"> 1. El EPP para este procedimiento es chaleco reflectivo y protectores auditivos. 2. Esta inspección debe realizarse dos veces a la semana. 3. La inspección debe ser en vehículo para conducirse en el área de movimiento y a pie para verificar el estado de los pavimentos. 4. La inspección en pista debe iniciar en la cabecera contraria a la pista en uso. 	
Color	Significado	
	Jefe de infraestructura	
	Controlador aéreo	
	Asesor o Jefe de infraestructura	
	Personal de mantenimiento	
Matriz del procedimiento		
No.	Responsable	Descripción de la actividad
01	Jefe de infraestructura	Se dirige al vehículo con el EPP, y la lista de chequeo para revisión de fallas en pavimentos del área de movimiento.
02	Jefe de infraestructura	Conduce el vehículo al punto de espera de la intersección de su elección y así iniciar la inspección en pavimentos.
03	Jefe de infraestructura	Al llegar al punto de espera, se comunica con personal de torre de control para solicitar autorización para inspección en área de maniobras.
04	Controlador Aéreo	Autoriza o mantiene en espera el vehículo para ingresar al área de maniobras.
05	Jefe de infraestructura	Al ser autorizado ingresa al área de maniobras para realizar la inspección.
06	Jefe de infraestructura	Utiliza la lista de chequeo para registrar el estado de pavimento del área de maniobras.
07	Jefe de infraestructura	Registrar las fallas encontradas en la lista de chequeo.
08	Jefe de infraestructura	Sale del área de maniobras e indica a la torre de control que la revisión ha finalizado
09	Jefe de infraestructura	Continúa la inspección en el área de plataformas

10	Jefe de infraestructura	Al finalizar la inspección se dirige a la oficina para evaluar fallas y su reparación.
11	Jefe de infraestructura	Le propone al asesor de infraestructura la solución o soluciones
12	Jefe de Infraestructura/Asesor de Infraestructura	Indica las actividades a realizar para mantenimiento preventivo.
13	Jefe de Infraestructura/Asesor de Infraestructura	Le da instrucciones a seguir, al jefe de infraestructura, para realizar el mantenimiento preventivo si en dado caso no se hace una subcontratación
14	Jefe de infraestructura	Si se hace una subcontratación, aplica los procedimientos de compras para adquisición de bienes o subcontratación de servicios.
	Jefe de infraestructura	Indica al personal las actividades a realizar en caso de la no subcontratación de servicios y supervisa los trabajos
	Jefe de infraestructura	En caso de subcontratación de servicios, supervisa los trabajos para que se realicen según las especificaciones descritas en la subcontratación.
	Personal de mantenimiento	Realizan las labores de mantenimiento acorde a las directrices del jefe de infraestructura
	Jefe de infraestructura	Al finalizar documenta e informa al asesor de infraestructura.

12.2. Procedimiento para mantenimiento correctivo

Objetivo:	Establecer las actividades a realizar para un mantenimiento correctivo en el área de movimiento del aeródromo.	
Alcance:	Personal de mantenimiento de pista, personal de toma de decisiones del Departamento de infraestructura.	
Responsable	Responsabilidad	
Asesor de Departamento	Evaluar falla y tomar decisiones en cuanto al mantenimiento.	
Jefe de infraestructura	Emisión de NOTAM, comunicación con afectados y supervisión de trabajos.	
Personal de mantenimiento	Ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo	
Políticas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antes de iniciar los trabajos siempre debe emitirse un NOTAM para la realización de estos. 2. Cuando los trabajos se extienden por más de un día, debe realizarse una planificación. 3. Cuando los trabajos son de severidad alta debe considerarse la comunicación con las partes afectadas para establecer a conveniencia los horarios de trabajo. 	
Color	Significado	
	Jefatura Infraestructura	
	Administración del aeródromo	
	Controlador Aéreo	
Matriz del procedimiento		
No.	Responsable	Descripción de la actividad

01	Jefe de infraestructura	Le informa al personal del Departamento de Infraestructura para la realización de algún mantenimiento correctivo de pavimentos.
02	Jefe de infraestructura	Le informa al asesor la disponibilidad de recurso y si fuese posible realizar el trabajo por parte del Departamento.
03	Jefe de infraestructura	En caso de que no se posea equipo se procede con la subcontratación de servicios para mantenimiento correctivo.
04	Controlador Aéreo	Se realiza el pedido para subcontratación de servicios.
05	Jefe de infraestructura	Al subcontratar los servicios planifica con la empresa el servicio de mantenimiento correctivo
06	Jefe de infraestructura	Se reúne con el SMS del aeropuerto para evaluar si fuese necesario el procedimiento de gestión del cambio.
07	Jefe de infraestructura	Si fuese necesario realizar las actividades de coordinación con aeropuerto y líneas aéreas para comunicación de trabajos y establecimiento de horarios.
08	Jefe de infraestructura	Realiza el PRENOTAM
09	Jefe de infraestructura	Supervisa las tareas o labores de mantenimiento correctivo
10	Jefe de infraestructura	Anota los registros del mantenimiento realizado en las bitácoras
11	El asesor/Jefe de infraestructura	Al finalizar el mantenimiento, solicita cierre de NOTAM si es que se finalizó antes de la fecha publicada.
12	El asesor/Jefe de infraestructura	Le informa al personal del Departamento de Infraestructura para la realización de algún mantenimiento correctivo de pavimentos.
13	El asesor/Jefe de infraestructura	Le informa al asesor / Jefe de infraestructura la disponibilidad de recurso y si fuese posible realizar el trabajo por parte del Departamento.
14	El asesor/Jefe de infraestructura	En caso de que no se posea equipo se procede con la subcontratación de servicios para mantenimiento correctivo.
15	El asesor/ jefe de infraestructura	Se realiza el pedido para subcontratación de servicios.
16	El asesor/ jefe de infraestructura	Al subcontratar los servicios planifica con la empresa el servicio de mantenimiento correctivo
17	El asesor/ jefe de infraestructura	Se reúne con el SMS del aeropuerto para evaluar si fuese necesario el procedimiento de gestión del cambio.

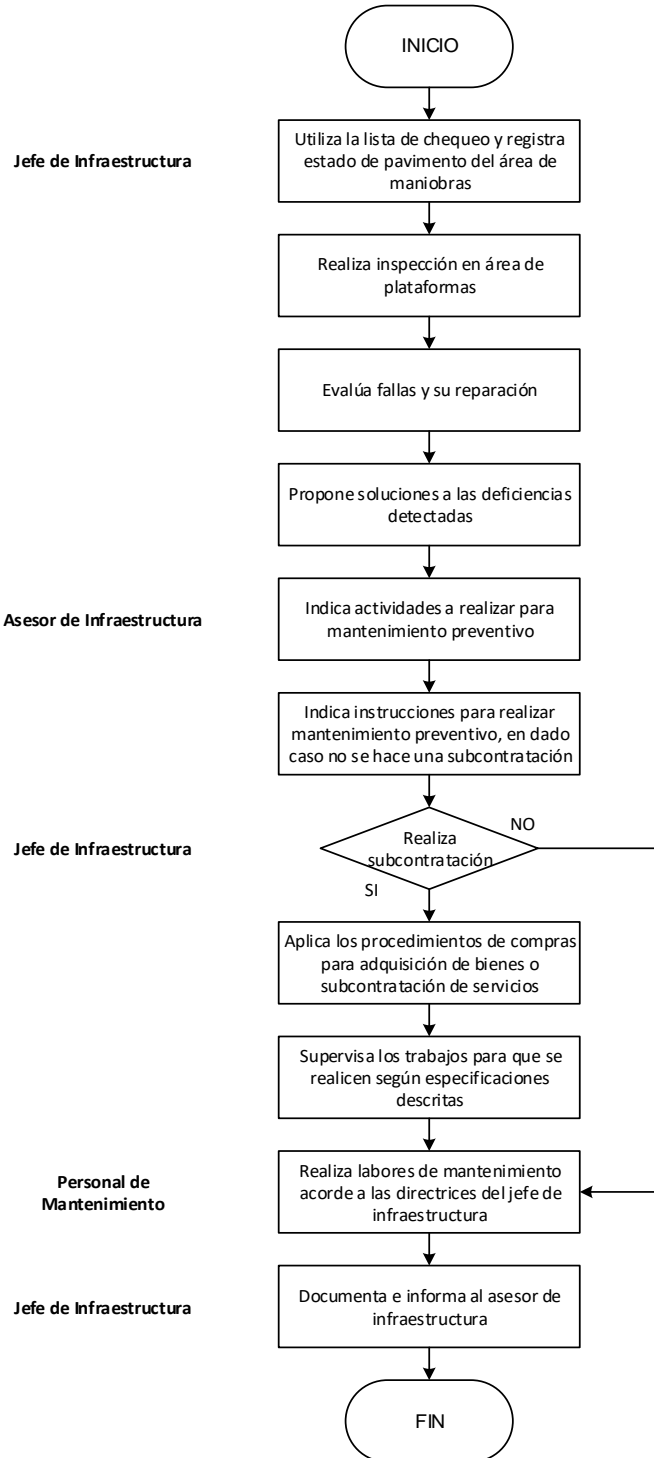
12.3. Procedimiento para diseño de pavimentos

Objetivo:	Establecer las actividades necesarias para diseñar pavimentos al momento de construir una nueva pista o realizar un mantenimiento correctivo que conlleva una reestructuración o recapeo de área.	
Alcance:	Personal de mantenimiento de pista, personal de toma de decisiones del Departamento de infraestructura.	
Responsable	Responsabilidad	
Asesor del Departamento / Jefe infraestructura		

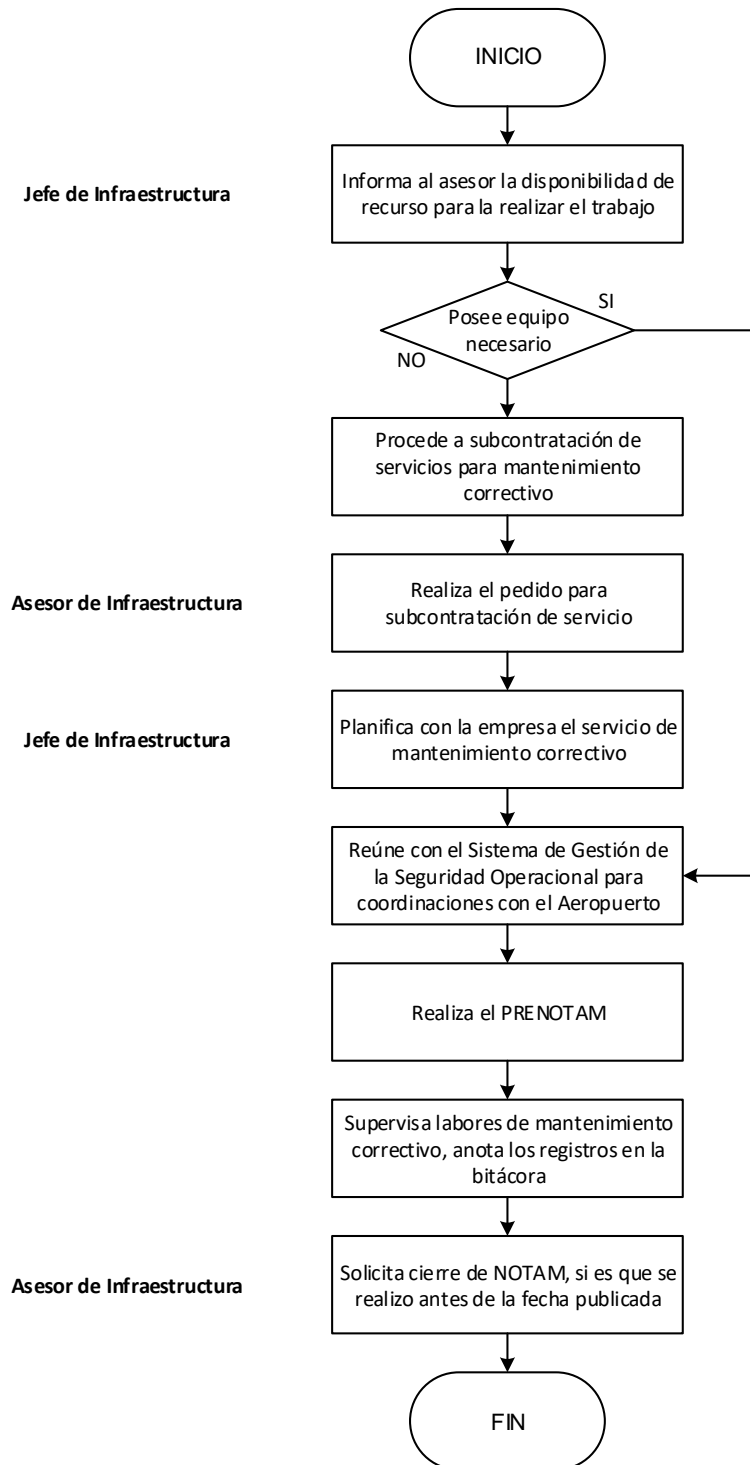
Personal de mantenimiento		
Políticas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estas inspecciones deben realizarse 3 veces al día. 2. El SOA debe realizar la inspección vehicular en área de maniobras en zigzag. 3. El equipo para realizar la inspección incluye, chaleco, lista de verificación, radio, bolsa. 4. La inspección en pista debe iniciar en la cabecera contraria a la pista en uso. 	
Color	Significado	
	Jefatura de Infraestructura	
	Administración del aeródromo	
	Controlador Aéreo	
Matriz del procedimiento		
No.	Responsable	Descripción de la actividad
01	Jefe de infraestructura	Se dirige al vehículo con el EPP, y la lista de chequeo para revisión de fallas en pavimentos del área de movimiento.
02	Jefe de infraestructura	Conduce el vehículo al punto de espera de la intersección de su elección y así iniciar la inspección en pavimentos.
03	Jefe de infraestructura	Al llegar al punto de espera, se comunica con personal de torre de control para solicitar autorización para inspección en área de maniobras.
04	Controlador Aéreo	Autoriza o mantiene en espera el vehículo para ingresar al área de maniobras.
05	Jefe de infraestructura	Al ser autorizado ingresa al área de maniobras para realizar la inspección.
06	Jefe de infraestructura	Utiliza la lista de chequeo para registrar el estado de pavimento del área de maniobras.
07	Jefe de infraestructura	Registrar las fallas encontradas en la lista de chequeo.
08	Jefe de infraestructura	Sale del área de maniobras e indica a la torre de control que la revisión ha finalizado
09	Jefe de infraestructura	Continúa la inspección en el área de plataformas
10	Jefe de infraestructura	Al finalizar la inspección se dirige a la oficina para evaluar fallas y su reparación.
11	Jefe de infraestructura	Le propone al asesor de infraestructura la solución o soluciones
12	El asesor/Jefe de infraestructura	Indica las actividades a realizar para mantenimiento preventivo.
13	El asesor/Jefe de infraestructura	Le da instrucciones a seguir, al jefe de mantenimiento, para realizar el mantenimiento preventivo si en dado caso no se hace una subcontratación
14	El asesor/Jefe de infraestructura	Si se hace una subcontratación, aplica los procedimientos de compras para adquisición de bienes o subcontratación de servicios.
15	El asesor/Jefe de infraestructura	Indica al personal las actividades a realizar en caso de la no subcontratación de servicios y supervisa los trabajos
16	El asesor/Jefe de infraestructura	En caso de subcontratación de servicios, supervisa los trabajos para que se realicen según las especificaciones descritas en la subcontratación.
17	El asesor/Jefe de infraestructura	Al finalizar documenta e informa al asesor de infraestructura.
Manual de Diseño, Evaluación y Mantenimiento de Áreas Pavimentadas		Última Actualización Noviembre 2021
		Página 61 de 66

13. FLUJOGRAMAS DE MANTENIMIENTO

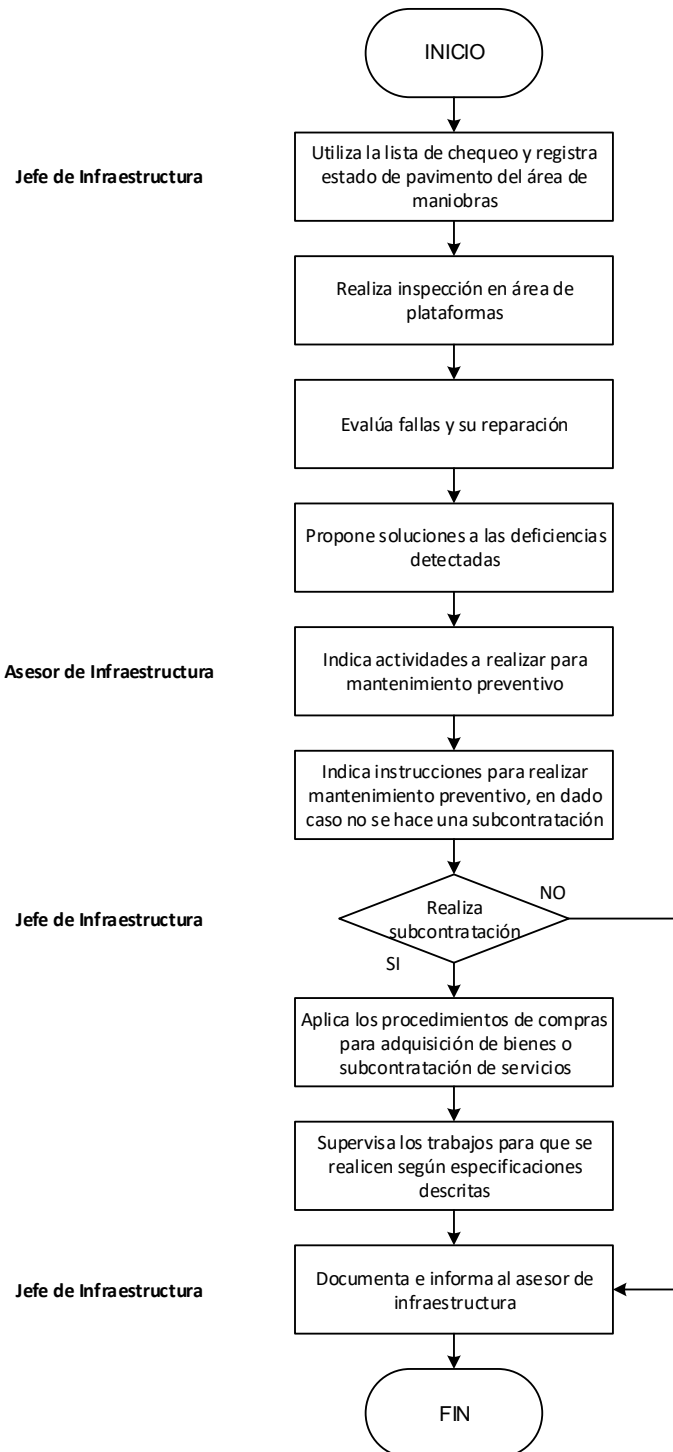
13.1. Procedimiento para mantenimiento preventivo



13.2. Procedimiento para mantenimiento correctivo



13.3. Procedimiento para diseño de pavimentos



14. REVISIÓN Y ACEPTACIÓN

Elaborado por:

Nombre: Alejandro Josué Monzón

Nombre del Puesto: Asistente Administrativa del Departamento de Infraestructura

Estructurado por:

Nombre: Carlos Alfredo Porta.

Nombre del puesto: Asistente Administrativo (UP).

V.B. DE SUBDIRECCIÓN TÉCNICO OPERATIVA

Ing. Rubén Antonio Solares Solares

Subdirección Técnico Operativa

Firma y Sello:



The stamp is circular and contains the text: "DIRECCION CENTRAL DE AERONAUTICA CIVIL", "SUBDIRECCION TECNICO OPERATIVA", and "GUATEMALA, G. A.".

Revisado y Aceptado por:

Nombre: Ingeniero Jorge Lau Salvador

Nombre del Puesto: Departamento de Infraestructura

Firma y Sello:



The stamp is circular and contains the text: "DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA", "DGAC", and "DIRECCION GENERAL DE AERONAUTICA CIVIL".

MANUAL DE DISEÑO, EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ÁREAS PAVIMENTADAS

DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL