



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN
E INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
PARA ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES
Y RESIDENCIALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI
330R-08**

Autores: Apóstol Yubyandry

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 871



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL**

**METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES Y
RESIDENCIALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 330R-08.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Apóstol B. Yubyandry A
CI: 22.410.913
Tutor: Ing. Joel Curreri
CI: 17.338.221

San Diego, Enero 2019



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-SE-CV-004-2018-IICR

Valencia, 31 de Octubre de 2018.

Ciudadano:
Yubyandry Apóstol
C.I:22.410.913
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 31-10-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA PAVIMENTOS COMERCIALES Y RESIDENCIALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 330R-08**. Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Joel Curreri, C.I: 17.338.221 y la Ing. Alicia Yánez, C.I.: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente




Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Joel Curreri G. titular de la cédula de identidad N.º 17.338.221, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Yubyandry A. Apóstol B.; titular de la cedula de identidad 22.410.913 titulado **“METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES Y RESIDENCIALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 330R-08”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, al 12 de diciembre del año 2018.

Ing. Joel Curreri G.
C.I: 17.338.221

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a personas muy especiales, que siempre han estado a mi lado apoyándome y dando lo mejor de si para que siga progresando personal y profesionalmente.

A mi familia que siempre ha estado ahí apoyándome incondicionalmente guiándome y siempre dándome el incentivo de no perder el foco ante las adversidades.

A mis compañeros de estudio y amigos de infancia que han estado conmigo y teniendo siempre la complicidad en cualquier situación.

A los que me han guiado y forjado como profesional, mis profesores que en primera instancia.

Gracias, sin ustedes, esto no sería posible

Yubyandry Apóstol

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me ayudaron de alguna u otra forma en la realización de esta meta, en especial a:

Los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad José Antonio Páez.

Ing. Joel Curreri, Ingeniero Civil y acompañamiento docente, por su constante colaboración y dirección para lograr el alcance con éxito, los objetivos planteados en este proyecto.

A todos y cada uno de los docentes que durante el aprendizaje por el periodo de un año realizaron acompañamiento magistral para obtener los conocimientos conceptuales y de apoyo en mis dudas; por el respaldo y contribuciones para el desarrollo efectivo de cada una de las actividades propuestas, Emerly Castillo, Ángel Medina, Manuel Figueira, Reynaldo Riveros.

A mis compañeros de estudio y amigos de infancia que han estado conmigo y teniendo siempre la complicidad en cualquier situación, Valentina González, Richards Viña, Vanessa Suarez, Miguel Arcay, Cristhofer Caceres, Dugmar Nuñez y Manuel Fabra.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pp
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN INFORMATIVO	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación.....	6
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance y Limitación.....	8
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	10
2.2 Bases Teóricas.....	11
2.2.1 Pavimento.....	11
2.2.2 Tipos de pavimentos.....	13
2.2.3 Elementos que integran un pavimento.....	13
2.2.4 Estructuras de Pavimentos.....	14
2.2.5 Tipos de pavimento de concreto.....	16
2.2.5.1 Pavimentos de concreto simple.....	17
2.2.5.2 Pavimentos de concreto reforzado con juntas.....	18
2.2.5.3 Pavimentos de concreto con refuerzo continuos.....	19
2.2.6 Juntas.....	29
2.2.6.1 Juntas de contracción.....	20
2.2.6.2 Juntas de construcción.....	20
2.2.6.3 Juntas de expansión o aislación.....	21
2.2.7 Sellos.....	22
2.2.7.1 Sellos líquidos.....	23
2.2.7.2 Sellos elastoméricos preformados.....	24
2.2.8 Métodos tradicionales de diseño de pavimentos.....	25
2.2.8.1 Método AASHTO 93.....	25
2.2.8.2 Método PCA.....	28
2.2.9 Método ACI 330-R.....	30
2.2.10 Principales factores que influyen en la degradación de pavimentos.....	31

2.2.11 Deformaciones del pavimento.....	33
2.2.12 Tipos de grietas.....	35
2.3 Definición de términos básicos.....	35
III. MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipos de la Investigación.....	47
3.2 Diseño de la Investigación.....	48
3.3 Nivel de Investigación.....	48
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	49
3.5 Validez.....	51
3.6 Población y Muestra.....	52
3.7 Fases Metodológicas.....	52
IV. RESULTADOS	
4.1 Fase I: Describir los parámetros y lineamientos técnicos, que intervienen en el diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.....	61
4.2 Fase II: Organizar las metodologías y procedimientos de diseño y construcción para pavimentos rígidos.....	72
4.3 Fase III: Diseñar una planilla de inspección visual, para la evaluación cualitativa de los pavimentos rígidos.....	79
4.4 Fase IV: Crear una herramienta didáctica de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.....	90
4.5 Fase V: Aplicar la herramienta mediante casos prácticos de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.....	106
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones.....	107
5.2 Recomendaciones.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
ANEXO	
1. Instrumento para realizar revisión de pavimento rígido.....	113
2. Instrumento para realizar revisión de vida útil.....	116
APENDICE	
1. Consideraciones para iniciar el cálculo de un pavimento rígido.....	118
2. Manual de construcción para pavimentos rígidos.....	120
3. Programa de cálculo de espesor de pavimentos rígidos.....	122
4. Planilla de medición visual para pavimentos rígidos.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp
1 Sección Transversal de una vía.....	12
2 Índice de servicio.....	15
3 Valores de coeficiente de transmisión de carga J.....	16
4 Junta 0% efectiva. La carga la soportada entre dos losas a nivel.....	16
5 Junta 0% efectiva. La carga la soporta una sola losa con desnivel.....	16
6 Juntas sin elementos de transferencia de carga	17
7 Pavimento de concreto simple con pasadores.....	18
8 Pavimento de concreto reforzado.....	18
9 Pavimento con refuerzo continuo.....	19
10 Tipos de juntas de contracción.....	20
11 Tipos de juntas de construcción.....	21
12 Tipos de juntas de expansión.....	22
13 Tipos de selladores.....	24
14 Circuitos de prueba de AASHO Road Test.....	25
15 Ecuación fundamental de diseño de pavimentos rígidos.....	27
16 Formulario para el cálculo del espesor del pavimento PCA.....	29
17 Representación del deterioro de un espécimen de concreto expuesto en un medio ambiente marino.....	33
18 Vista en planta grieta de esquina.....	35
19 Vista en planta grietas longitudinales.....	36
20 Vista en planta grietas transversales.....	37
21 Vista en planta grietas en los extremos de los pasadores.....	38
22 Vista en planta grietas en bloque.....	39
23 Vista en planta grietas en pozos de inspección.....	40
24 Vista en planta separación de juntas longitudinales.....	41
25 Vista deterioro de sello.....	42
26 Vista Desportillamiento de juntas.....	43
27 Vista Desportillamiento de juntas.....	44
28 Ejemplo de menú principal del programa.....	55
29 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 1.....	56
30 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 2.....	56
31 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 3.....	57
32 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 4.....	57
33 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 5.....	58
34 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 6.....	58
35 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 7.....	59
36 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 8.....	59
37 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 9.....	59
38 Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 10.....	60

39	Ecuaciones de resistencia a la Flexión MOR para canto rodado y de textura lisa.....	67
40	Ecuaciones de resistencia a la Flexión MOR para piedra angular y de textura puntiaguda.....	67
41	Fig. A.1 Monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi).....	74
42	Fig. A.1 Monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi) 2.....	75
43	Fig. A.1 Monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi).....	76
44	Fig. A.3 Grafica relación de fatiga del concreto.....	77
45	Partes de la planilla de inspección.....	80
46	Foto 1. Grieta esquina.....	83
47	Foto 2. Grieta longitudinal – GL.....	83
48	Foto 3.Grieta transversal-GT.....	84
49	Foto 4.Grietas extremos de los pasadores.....	84
50	Foto5. Grieta en bloque- GB.....	84
51	Foto5. Grieta en bloque- GB.....	84
52	Foto 6.Grietas en pozos y sumideros –GA.....	84
53	Foto 7. Pulimiento (PU)	84
54	Foto 8.Cabezas duras (CD).....	84
55	Foto 9. Levantamiento localizado	85
56	Foto10. Parches de concreto –PCHC.....	85
57	Foto11. Parches en asfalto –PCHA.....	85
58	Ejemplo registro de formato.....	86
59	Ejemplo del gráfico de daños por tramos, porcentaje de losas con daños con respecto al total de losas.....	88
60	Ejemplo de pantalla de software 1.....	90
61	Ejemplo de pantalla de software 2.....	91
62	Ejemplo de pantalla de software 3.....	92
63	Ejemplo de pantalla de software trafico.....	92
64	Ejemplo de pantalla de software subrasante.....	93
65	Ejemplo de pantalla de software suelo.....	93
66	Ejemplo de pantalla de software suelo 2.....	94
67	Ejemplo de pantalla de software suelo 3.....	94
68	Ejemplo de pantalla de software revisión.....	95
69	Ejemplo de pantalla de software revisión 2.....	96
70	Ejemplo de pantalla de software revisión 3.....	97
71	Ejemplo de pantalla de software urb.....	97
72	Ejemplo de pantalla de software urb 2.....	98
73	Ejemplo de pantalla de software urb 3.....	98
74	Ejemplo de pantalla de software urb 4.....	99
75	Ejemplo de pantalla de software urb 6.....	100
76	Ejemplo de pantalla de software urb 7.....	101
77	Ejemplo de pantalla de software urb 8.....	101
78	Ejemplo de pantalla de software urb 8.....	102

79	Ejemplo de pantalla de software urb 9.....	102
80	Ejemplo de pantalla de software C.C.....	103
81	Ejemplo de pantalla de software C.C 2.....	104
82	Ejemplo de pantalla de software planilla.....	105
83	Ejemplo de pantalla de software construcción.....	105
84	Ejemplo de pantalla de software resultado.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS		Pp
1	Simbología en los diagramas de flujo.....	54
2	Sistema de clasificación de granos de suelo.....	63
3	Identificación de nomenclatura de grietas.....	83



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSPECCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA ESTACIONAMIENTOS COMERCIALES Y RESIDENCIALES SEGÚN EL CÓDIGO ACI 330R-08.

Autor(es): Apóstol B. Yubyandry A.

CI: 22.410.913

Tutor: Ing. Joel Curreri G.

Fecha: Enero 2019

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación consiste en realizar una metodología de diseño, constructivo e inspección de pavimentos rígidos, enfocado en losas de concreto simples en estacionamientos comerciales y residenciales, que atraen a una gran cantidad de personas, estas con característica de un tráfico liviano y otras necesidades a pavimentos, desarrollada en las normas en la que se base a ACI 330R-08, con método empírico que está basado en un ensayo a escala real, esto con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones entre las cargas de tránsito aplicadas, estructura del pavimento rígidos y pérdida de Serviciabilidad.

Descriptores: Estacionamiento, Pavimento simple, Patología, Rígido

INTRODUCCIÓN

En la actualidad Venezuela presenta una problemática en las vías debido a que se encuentra en presencia que características que no otorgan una buena resistencia estructural de la calzada donde transitan los vehículos o transeúntes inclusive, acompañado de la funcionalidad, esto trae como consecuencia poca durabilidad e inestabilidad es decir un periodo de vida útil menor de la vía, ocasionando problemas a las personas que hagan utilidad de esta, la problemática está relacionada con las limitaciones presentes de recursos de la conservación y mantenimiento de estos mismos.

Los pavimentos proporcionan una superficie que sea adecuada al rodamiento de los neumáticos, donde se debe tomar en cuenta las distintas cargas que estarán pasando constantemente por esta vía. Los estacionamientos de concreto tienen muchas similitudes, se diferencian de otros pavimentos en que la mayor parte del área está destinada para el almacenamiento de vehículos y otros bienes en el lugar que para el movimiento de vehículos.

La intención de la investigación consiste en realizar unos lineamientos con los parámetros de diseño de losas de concreto, considerando que las instalaciones como son los estacionamientos comerciales y residenciales, no poseen las mismas características que otras vías, ya que son de paso empleando controles de tráfico de vehículos livianos y pesados, sin poseer el mismo espectro de la carga de tráfico, estas losas de concreto son diseñadas para automóviles y camiones ligeros, estos llegan a presentar espesores más pequeños que están influenciados por las limitaciones prácticas de la materia y los efectos ambientales en el lugar, causando estrés en el pavimento creado por factores específicos que desconocemos, la cual genera angustia relacionada con la durabilidad que es a menudo la preocupación de indicar mantenimiento adecuado. Por ello surge la necesidad en la población de los estudiantes de los últimos semestres de la carrera de ingeniería y egresados, de limitar parámetros para el cálculo de diseño de losas, aspectos contractivos e inspección, esto por un aparente vacío de información en la Universidad José Antonio Páez. La infraestructura vial es básica para el desarrollo de cualquier país

en este caso comercios y complejos residenciales, por lo que se debe dar importancia al diseño, construcción e inspección, para el desarrollo de indicaciones para el mantenimiento.

Para el diseño de pavimentos rígidos se hace referencia con respecto al Código ACI 330R-08, para limitar parámetros y crear un criterio no solo de una aplicación matemática para cálculo, también aplicación constructiva y verificación según las condiciones especiales como estacionamientos de cargas livianas. Dando oportunidad de implementar esta metodología con la normativa Venezolana para crear una referencia sustentable con respecto a eventualidades que se puedan presentar en el campo.

Generando herramientas basadas en normas contractiva como la COVENIN 2244-1991, encofrados requisitos de seguridad, boletines, normas extranjeras, conferencias y normas COVENIN 1753-2006, dando nociones, dando paso al implemento de criterios, que darán origen a posibles soluciones a solicitudes de inspección de un pavimento existente con problemas de grietas o tener conocimientos sobre el proceso constructivo.

Al desarrollar los factores que están relacionados en el aspecto de diseño y constructivo, basado en tabulaciones presentes en la AASHTO 93 (American Association of state Highway and Transportation Officials, 1993) donde cubre la revisión del diseño de sobrecapas, diseño de subbases delgadas, erosión de la subbase, confinamiento lateral y graficas basadas guía de la PCA (Portland Cement Association), adaptada a las condiciones establecida por el código ACI 330R-08, con el diseño de inspección de forma cualitativa de la calidad, condiciones patológicas de la losa, sin tomas en cuenta características de drenaje.

La estructuración del trabajo de grado se estructuro en 5 capítulos de los cuales se resumen

Capítulo I El Problema: Planteamiento del problema, formulación del problema, objetivo general, objetivos específicos, justificación del problema, alcance y limitaciones.

Capítulo II Marco Teórico: Antecedentes de la investigación y bases teóricas

Capítulo III Marco Metodológico: Tipo de Investigación, diseño de la investigación, nivel de investigación y fases metodológicas.

Capítulo IV Resultado: Presentación y análisis de resultados, describe los equipos y procedimientos necesarios para realizar cálculo de espesor, metodología constructiva y la inspección visual de un pavimento rígido

El Capítulo V Conclusiones y recomendaciones: Contiene las conclusiones y recomendaciones de esta investigación.

Asimismo encontrarán las referencias bibliográficas, Apéndice, anexos y finalmente el link para la descarga del programa para el cálculo de espesor de pavimento rígido, el manual de construcción de pavimentos rígidos simples, según la normativa de la ACI 330R-08.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Los estacionamientos de concreto sirven para muchos tipos de instalaciones de desarrollos comerciales, empresas y proyectos de viviendas multifamiliares que alojan principalmente vehículos estacionados, pero también pueden proporcionar zonas y el acceso de maniobra para vehículos de entrega, que proporcionarán un servicio satisfactorio durante muchos años con poco mantenimiento.

El diseño de pavimento de hormigón implica la selección de las dimensiones y otros detalles para proporcionar una losa que va a cumplir adecuadamente el tráfico previsto en la sub-base, proporcionar los tipos correctos de las articulaciones en el lugar que corresponda canal y segregar el tráfico cuando sea necesario, incorporar el drenaje requerido características e iluminación, que permiten la construcción eficiente y económica, según el código ACI 330R-08.

El Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE) Manual de Generación de Viajes ha dado la base para sacar las fuentes primarias de datos y métodos de estimación de los viajes de vehículos en el rendimiento de los análisis de impacto de tráfico y así saber la capacidad de las ciudades con respecto al crecimiento demográfico y como resulta la zonificación segregando los usos, diversidad y mezclas de tipo de suelos en el diseño. El crecimiento en las ciudades es notablemente acelerado, dicho crecimiento trae consecuencias, entre las que se destaca, la necesidad de transporte masivo a nivel urbano. Al ser la vía terrestre, transitada por vehículos de todo tipo, se tiene como consecuencia el deterioro progresivo de la superficie de los pavimentos. Esto relacionado directamente con el crecimiento proporcional poblacional de las ciudades, por lo cual se profundiza cada vez más. Adicional a otros factores climáticos cada vez más notables y esto causa un impacto directo al deterioro de las superficies de pavimentos acelerándolo gradualmente, conjunto a la falta de conocimiento concernientes

a las propiedades y comportamiento de los distintos tipos de materiales que se usan para pavimentar, causan reparaciones que habrían sido innecesarias si se fuese manejado la información de manera eficiente.

Según Alaña, D. y Rios, M, (2007), en Venezuela, país productor de petróleo en excelencia, es común encontrar en la mayoría de sus vías de colocación de pavimentos flexibles, sin embargo, este tipo de pavimentos presenta diferencias considerables en relación a la duración si se compara con el pavimento rígido y se podría decir que el aspecto de resistencia y mantenimiento de este último es el más favorecido.

Al consultar referencias normativas Venezolanas para el diseño de pavimentos rígidos, se considera uno de los factores que son las cargas las cuales van hacer sometidas y las limitaciones las cuales abarca el peso por eje simple y/o compuesto así como los pesos máximos permisibles para diferentes tipos de vehículo como lo establece la COVENIN 614:1997 (LIMITE DE PESO PARA VEHÍCULOS DE CARGA).

Por otro lado está la norma COVENIN 1753-2006, se encuentra el ANEXO F (PAVIMENTOS DE CONCRETO ESTRUCTURAL), se presentan los requisitos generales para el proyecto de pavimentos de concreto estructural, entendiéndose como tales las estructuras constituidas por losas de concreto reforzado o simple, las cuales transmiten las cargas de manera continua y uniforme hacia el apoyo subyacente, el cual debe ser continuo bajo toda el área de las losas. Se aplica a todos los aspectos relativos al proyecto tanto de pavimentos nuevos como reforzamiento, reconstrucción y reparación de pavimentos existentes.

La instrucción de conocimientos sobre esta área, en la Universidad José Antonio Páez (UJAP), es bastante básica y relacionada hacia los pavimentos flexibles, sin llegar a tomar en cuenta los pavimentos rígidos, donde sale a relucir la aparente falta de información por lo antes expuesto, donde los egresados de este plantel se ven a reconocer este vacío documental en la práctica del ejercicio como profesionales, desfavoreciendo la capacidad de identificar, establecer diagnóstico y resolver problemáticas con respecto a las losas de concreto, por estos factores se generan

resultados metodológicos como Flujograma de resolver diseño constructivo e inspección y así crear un criterio al diagnóstico visual de esta infraestructura..

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el procedimiento a utilizar para diseñar pavimentos rígidos para estacionamientos comerciales y residenciales según la ACI 330R-08?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos para estacionamientos comerciales y residenciales según el código ACI 330R-08.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir los parámetros y lineamientos técnicos, que intervienen en el diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos según la norma ACI 330R-08.
- Organizar las metodologías y procedimientos de diseño y construcción para pavimentos rígidos en estacionamientos comerciales y residenciales, según lo establecido por la norma ACI 330R-08.
- Diseñar una planilla de inspección visual, para la evaluación cualitativa de los pavimentos rígidos según la norma ACI 330R-08.
- Crear una herramienta didáctica de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos, de pavimento rígido ideal según la norma ACI 330R-08.
- Aplicar la herramienta mediante casos prácticos de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.
-

1.4 Justificación

El diseño de pavimentos residenciales bajo el código ACI-330R-08, que está basado en una metodología empírica, como la norma AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993) y PCA (American Concrete Pavement Asociación), con lo que respecta al cálculo de espesor de la losa.

Al tratar con las condiciones constructivas se consideran normas Venezolanas como es la COVENIN 1753-2006, se encuentra el ANEXO F (PAVIMENTOS DE CONCRETO ESTRUCTURAL), en el factor como es el tráfico, las cargas permitidas para este tipo de losas como la COVENIN 614:1997 (LIMITE DE PESO PARA VEHÍCULOS DE CARGA).Se hace referencia con respecto a las normas americanas y venezolanas para llegar a un punto donde se pueda crear un criterio no solo de cálculo de espesor de losa, también aplicación constructiva y verificación según las condiciones especiales como estacionamientos de cargas livianas.

La construcción he inspección servirá como punto de partida para los estudiantes de los últimos semestres y egresados de la Universidad José Antonio Páez, por la carencia de instrucción con respecto a los pavimentos rígidos, al complementarlo con la norma ACI 330R.08 que abarca solo el estudio de estacionamientos comerciales y residenciales, con la normativa Venezolana, para la aplicación del diseño de espesor de losa, incluyendo entender los conocimientos básicos para crear criterio y poder tener una referencia sustentable con respecto a eventualidades que se puedan presentar en el campo.

Al Cuantificar de una manera metodológica, el cual da un abreboca sobre definiciones, factores que influyen, casos de estudio para la aplicación práctica en el campo y poder relacionar con el cálculo del espesor de la losa, esto respondiendo a las necesidades, por la falta de criterio, basado en evaluaciones empíricas que responde por el código ACI 330R-08, AASHTO93, PCA y normas COVENIN 1753-2006.

Con el sustento de estudio de Mecánica de los Suelos, apoyo en modelos de generación de viajes cuando no se posee información certera de tráfico, en aspectos constructivos guiándose de la COVENIN 2244-1991, encofrados requisitos de seguridad, boletines, normas extranjeras y conferencias. Creación de un programa que genere una propuesta de espesor de losa apoyándonos en el software EXCEL, relacionado con la generación a su vez una planilla para la inspección de pavimentos existentes y proporcionarnos una respuesta a grietas, con una interpretación a posibles causas.

Con la innovación constante para la generación eficaz de tiempo, basándose en códigos existentes y que sean utilizados en una gran parte del mundo, como es la ACI 330R-08 al desarrollar esta metodología de diseño, construcción e inspección acompañado de herramientas con características de software y cualitativas en el campo geográfico el cual no está restringido, ya que puede aplicarse en cualquier pavimento rígido.

Por ello tiene potencialidad la posibilidad de globalizarse actualizando en el mercado actual desarrollándose en la falta aparente de conocimiento de pavimentos rígidos en estacionamientos comerciales y residenciales, de esa manera compensar este vacío.

1.3 Alcances y Limitaciones

El trabajo de investigación abarca solamente en la especialidad de estructura, lo que respecta el cálculo de espesor de losas, según los factores que estén presentes, regidos por tablas con respecto a las propiedades características de los suelos como el CBR (California Bearing Ratio) o estudio de estrés y fatiga, basados en una metodología empírica por la AASHTO93 y PCA, que el código ACI 330R-08 adapto.

Con respecto al área de construcción e inspección, propuesta es completamente de investigación basado en normas Venezolanas, Latinoamericanas y Americanas, donde se realizar la cuantificación de aspectos para la creación de diagramas de flujo para el paso a paso, no se considerara el aspecto de la reducción de espesor de losas, por causa de las barras de transferencia o dovelas, ya que se centrara en pavimentos sin refuerzo, con concreto de características 320kg/m³ y encofrado fijo.

También la generación de una planilla de inspección donde el pavimento no exceda un periodo de vida útil de 20 años, donde aparezcan grietas, la cual arrojará el indicio de posibles causas. Sin embargo, no se abordarán aspectos que puedan causar deterioro en pavimentos como por ejemplo la escorrentía o depósitos de retención, esto debido a limitaciones del ACI 330R-08 el cual rige la presente investigación.

Se limitará a solamente factores, condiciones en estacionamientos comerciales y residenciales, regido por el Código ACI330R-08 correspondiente al cálculo de espesor de

losa y ámbito constructivo normas Venezolanas y Latinoamericanas. El cual en su aplicación de las planillas de inspección será en el estado Carabobo, Venezuela.

Se validará información proporcionada solamente para el diseño de pavimentos rígidos para estacionamiento en el cual solo transitará tráfico liviano, como a su vez material referido a normas de construcción, factores de resistencia de sub-base, factores de cargas, seguridad de equipos, materiales para la ejecución y procesos, ya sea de normas, estudios, guías, boletines de procedencia Americana, Latinoamericana y Venezolana.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Los antecedentes son investigaciones que se obtiene luego de realizar una exploración minuciosa del tema en estudio, de pavimentos rígidos en el área de estacionamientos residenciales, según la ACI 330R-08, con respecto a su aplicación de metodología constructiva e inspección visual del estado de los pavimentos.

Al respecto del diseño estructural de pavimentos por las diferentes Metodologías de diseño desarrolladas a través del tiempo mediante estudios matemáticos y/o empíricos. Al respecto; González, G; Vanegas, E. (2013), en su trabajo de investigación denominado **“Comparación de las metodologías AASHTO Y PCA para diseño de pavimentos rígido”**, para la especialización de ingeniería de vías terrestres, de la Universidad de Cartagena, Colombia, enfocado en comparación de variables permite, posteriormente, identificar las ventajas y falencias presentadas por cada una de las metodologías analizadas de acuerdo a las condiciones en las cuales se construirá la estructura de la vía y a la información recaudada para la realización del diseño del Pavimento.

Donde los cuadros comparativos que se presentan en dicha investigación proporcionan una fuente confiable de datos importantes tanto para el desarrollo de fundamentos teóricos para el correcto entendimiento de las normativas, como para la determinación de fortalezas o deficiencias de los basamentos que componen el Código ACI 330R-08.

Por otro lado, Peña, J; Martínez, F. (2013), en su trabajo titulado **“Plan de recuperación y mantenimiento para una importante arteria vial de concreto que comunica a la Zona del Cafetal con los Naranjos. Municipio, El Hatillo”**, para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Nueva Esparta en Venezuela. Teniendo como objetivo principal determinar un plan para la recuperar y mantener una importante arteria vial de concreto, considerando el grado de deterioro, estableciendo las cargas y

tránsito vehicular, el cual su aporte de esta investigación el análisis de grietas y detallado en pavimentos rígidos, para la base de lineamientos para las características requerida para la generación de planilla de inspección y generación de recomendaciones.

También los Ing. Mora ,A ; Ing. Argüelles C.(2015)en su trabajo de grado para optar como requisito para obtener el título de especialista en ingeniería de pavimentos, Bogotá - Colombia, titulado **“Diseño de pavimento rígidos para urbanización caballero y Gongora, municipio de Honda- Tolima”**, cuyo objetivo fue definir una estructura de pavimento rígido la cual garantice la resistencia a la acción de cargas impuestas por el tránsito en las vías, con todas las variables y parámetros de acuerdo a la metodología de diseño según la AASHTO 93 y PCA, donde la investigación obtuvo la información el análisis de cargas aplicadas, criterio para diseño de juntas, estándares del módulo de rotura y espesores recomendado en el pavimento rígido.

2.2 Bases Teóricas

Según Fidias G. Arias (1999), las bases teóricas comprenden un conjunto de conceptos y propuestas que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado. Es decir, engloban los aspectos teóricos que se utilizan en el problema de investigación, y que está relacionado con las variables del trabajo de grado. (p.14).

2.2.1 Pavimento

Pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado colocado horizontalmente que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías, además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes. (Ver figura 1).

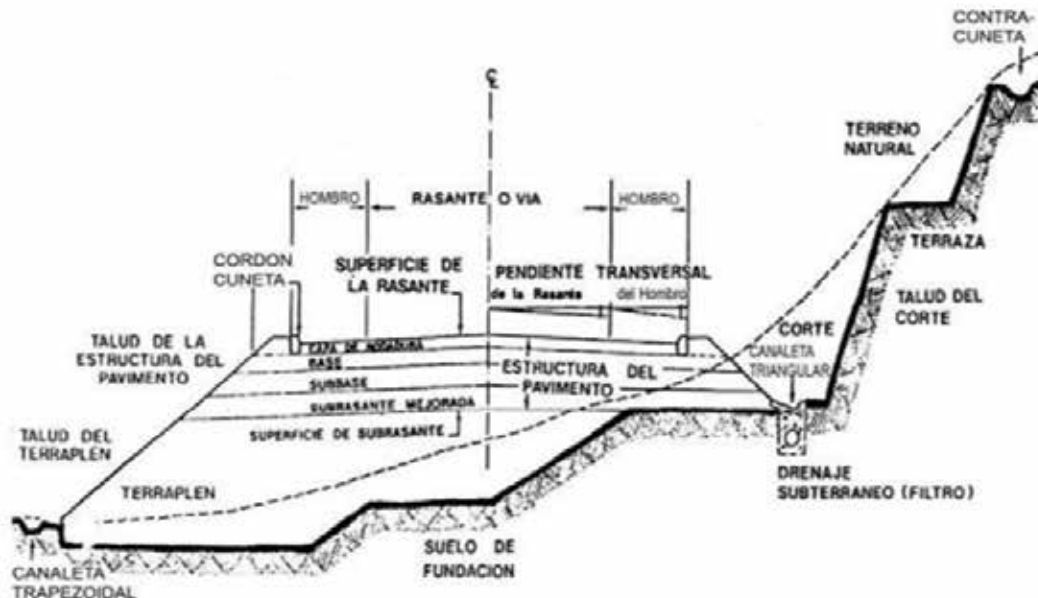


Figura 1. Sección Transversal de una Vía.

(Fuente: Método de diseño de losas de dimensiones superficiales optimizada, en pavimentos de concreto hidráulico, Pablo Sánchez ,2014)

2.2.2 Tipos de pavimentos

- **Pavimento Flexible**

Según Olivera, 1996. Este tipo de pavimento está compuesto por losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, por ser tan rígidos son capaces de absorber la totalidad o la mayoría de los esfuerzos generados por el tránsito ya que debido a la rigidez y resistencia de la losa se produce una buena distribución de las cargas transmitidas por las ruedas de los vehículos, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub-rasante.

Es un suelo totalmente de concreto, este es surtido directamente a la subrasante, le da una sensación de rigidez al conductor, este tipo de vía es resistente pero a la vez se quiebra al tiempo por la casi nula flexibilidad que hay en la calzada.

- **Pavimento Flexible**

Estos pavimentos están principalmente comprendidos por una carpeta asfáltica a diferencia de los rígidos, es más económico en el momento de la construcción, este tipo de pavimento está compuesto por varias capas su vida útil es menor por lo que el mantenimiento es más constante. Otorga al conductor una sensación de suavidad, este mismo funciona deformándose al momento de que la presión de un neumático actúe sobre él y al terminar regresa a su posición.

- **Pavimentos asfálticos**

Según Jacob. Carciente, 1980. El mantenimiento de los pavimentos asfálticos se aplica a todas las estructuras de pavimentos asfálticos, desde los pavimentos asfálticos integrales hasta los tratamientos superficiales. Se aplica por igual a los canales de circulación y a los hombrillos de las carreteras, a las calles y plazas de estacionamiento; a las pistas de despegue y otras áreas tales como los caminos de acceso.

2.2.3 Elementos que integran un pavimento

Los elementos que integran el pavimento están conformados de la siguiente manera:

- **Subrasante**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que

se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez 15 compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

Es la parte superficial de una carretera que tiene la capacidad de tolerar la estructura de pavimento y que ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que concierne al tránsito que por allí circula.

- **Sub-base**

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. Esta debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares.

- **Losa o superficie de rodadura**

La losa de una vía es estructurada con concreto por lo que la capa superior de la estructura del pavimento, tiene un grado de rigidez que soporta las cargas con una capacidad elástica para mayor cohesión en la carretera.

2.2.4 Estructuras de Pavimentos

- **Espesor**

El resultado del volumen del pavimento del concreto debe ser determinado por cálculos en el campo del trabajo donde se va a realizar el diseño estructurado de una vía definiendo así el espesor que va a tener la calzada.

- **Serviciabilidad**

Se define como la práctica que posee el pavimento en un dar un mejor servicio a los vehículos que transitan por la vía, esto dependerá también del tipo de automóviles sea carga pesada o liviana. Se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero) significa que es un pavimento inestable y 5 (cinco) un pavimento excelente. (Ver figura 2).

Índice del servicio	Puntuación
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Figura 2: Índice de servicio

(Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle>).

- **Tránsito**

Básicamente el tránsito que se genera en ciertas vías de las grandes ciudades son elementos importantes en el desarrollo de cualquier ruta; tomando en cuenta que la información generada de los transeúntes debe ser la más precisa posible para el diseño general de la calzada, de lo contrario se podrían generar diseños inseguros de las vías.

Según AASHTO (1993), la vida útil mínima con la que se debe diseñar un pavimento rígido es de 20 años, es común realizar diseños para 30, 40 o más de 50 años.

- **Transferencia de carga**

Es conocido también como el coeficiente de transmisión de carga, donde se puede describir como la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, tratando así de minimizar los desequilibrios y los esfuerzos en la calzada del pavimento.

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de transmisión de carga en función de estos parámetros:(Ver figura de la 3 a la 5.)

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Figura 3. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.
(Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1998)

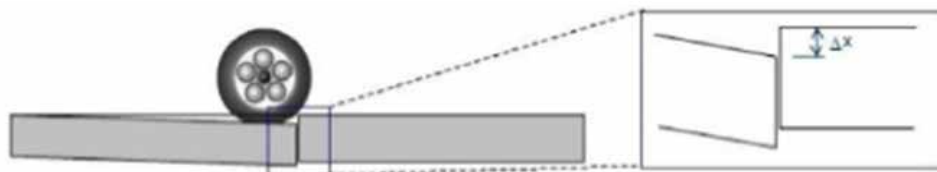


Figura 4. Junta 0% efectiva. La carga la soporta una sola losa con desnivel.

(Fuente: AASHTO (1998))

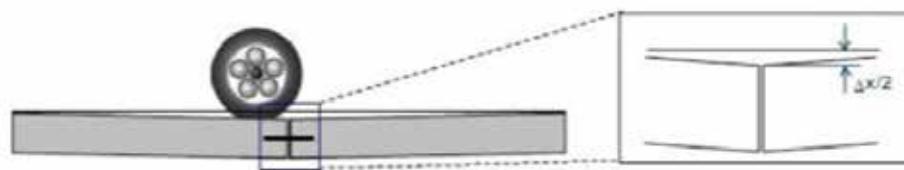


Figura 5. Junta 0% efectiva. La carga la soportada entre dos losas a nivel.

(Fuente: AASHTO(1998))

2.2.5 Tipos de pavimento de concreto

Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple.
 - Sin pasadores.
 - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

2.2.5.1 Pavimentos de concreto simple

- Sin pasadores

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menor es de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante. (Ver figura 6).

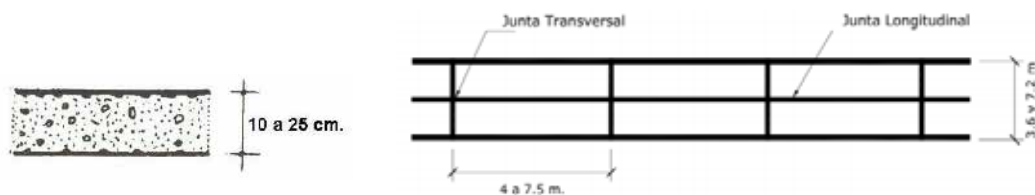


Figura 6. Juntas sin elementos de transferencia de carga

(Fuente: boletín técnico N^o81, publicado por la ASOCEM)

- Con pasadores

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos). Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda

los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesor es de 15cm o más.(Ver figura 7).

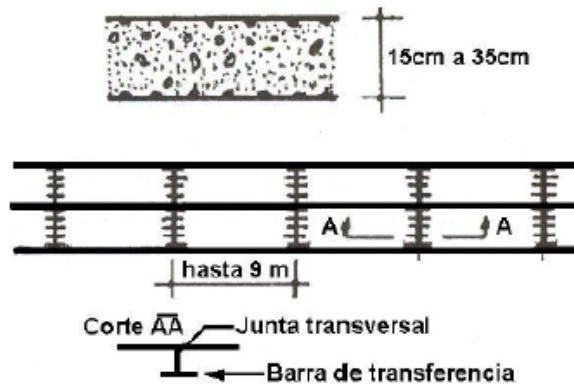


Figura 7. Pavimento de concreto simple con pasadores
(Fuente: boletín técnico N°81, publicado por la ASOCCEM).

2.2.5.2 Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado. El objetivo de la armadura es mantenerlas grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.(Figura 8).

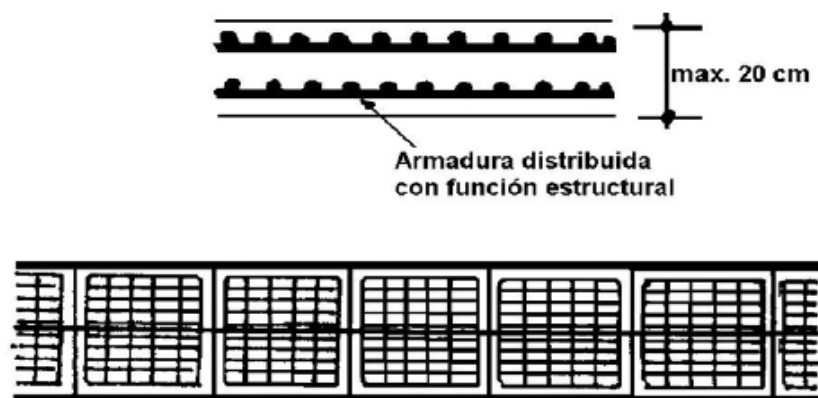


Figura 8. Pavimento de concreto reforzado
(Fuente: boletín técnico N°81, publicado por la ASOCCEM).

2.2.5.3 Pavimentos de concreto con refuerzo continuo

A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. (Ver Figura 9.)

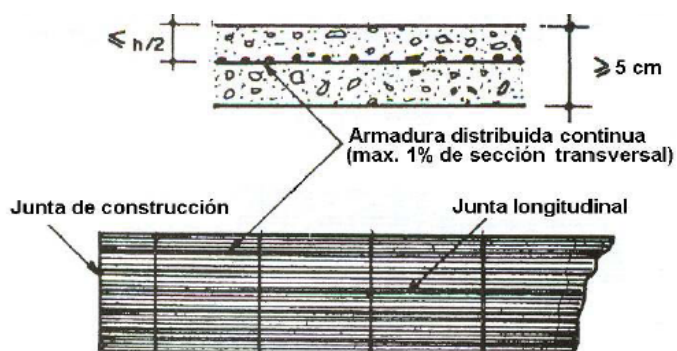


Figura 9. Pavimento con refuerzo continuo.

(Fuente: boletín técnico N°81, publicado por la ASOCM)

2.2.6 Juntas

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento.

De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les

denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas.

2.2.6.1 Juntas de contracción

Su objetivo es inducir en forma ordenada la ubicación del agrietamiento del pavimento causada por la contracción (retracción) por secado y/o por temperatura del concreto. Se emplea para reducir la tensión causada por la curvatura y el alabeo de losas. Los pasadores se pueden usar en las juntas de contracción para la transferencia de cargas, bajo ciertas condiciones. Sin embargo, se espera que la transferencia de cargas se logre mediante la trabazón entre los agregados. (ver figura 10)

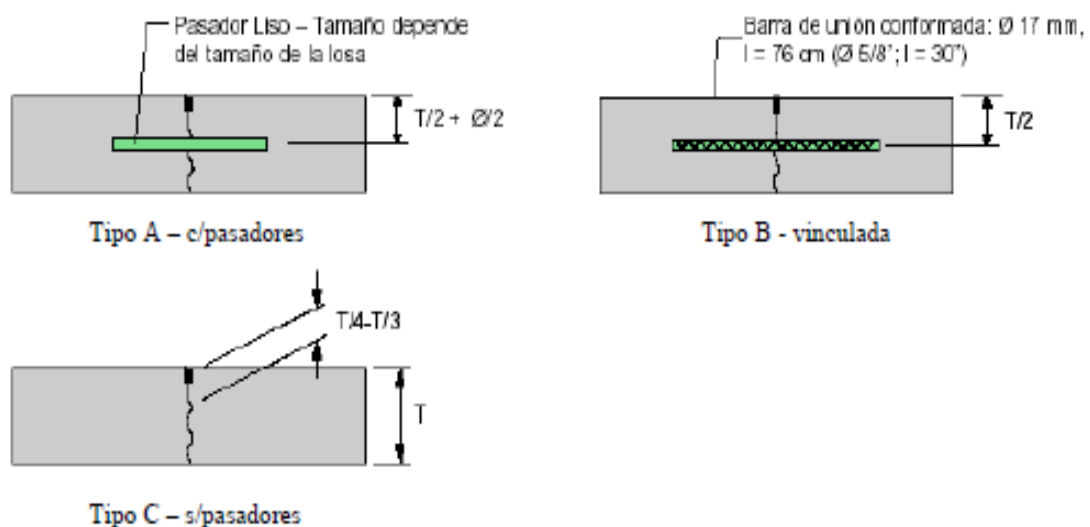


Figura 10. Tipos de juntas de contracción.

(Fuente: Artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la American Concrete Pavement Association (ACPA).)

2.2.6.2 Juntas de construcción

Las juntas de construcción separan construcciones contiguas colocadas en diferentes momentos, tales como la colocación al final del día o entre fajas de pavimentación. La transferencia de cargas se logra mediante el empleo de pasadores. Pueden ser transversales o longitudinales. (Ver figura 11)

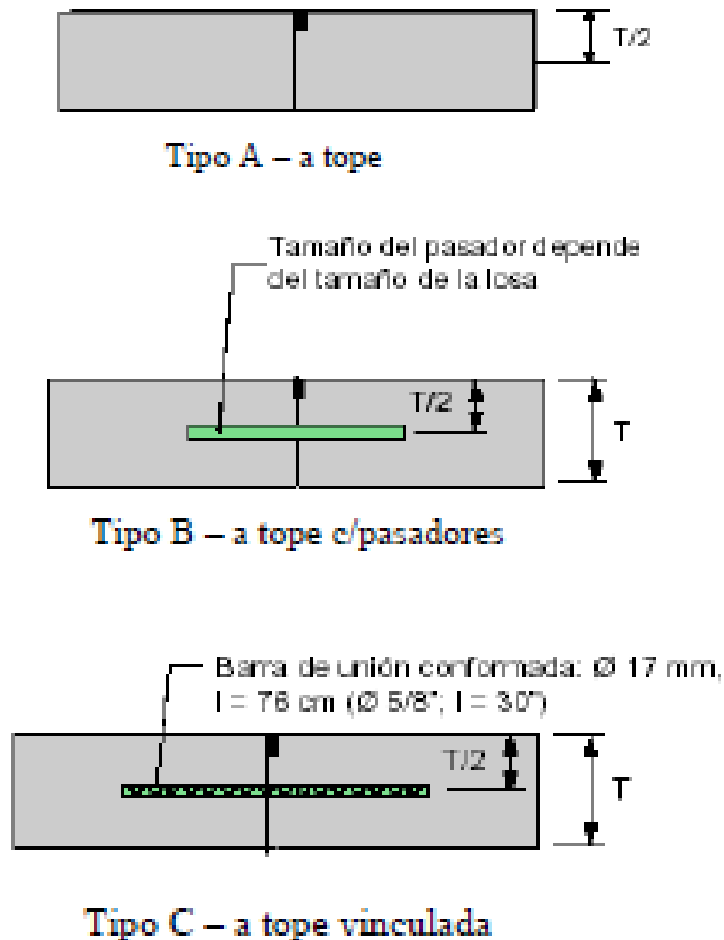


Figura 11. Tipos de juntas de construcción.

(Fuente: Artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la American Concrete Pavement Association (ACPA).)

2.2.6.3 Juntas de expansión o aislación

Se usan para aislar pavimentos que se interceptan con la finalidad de disminuir los esfuerzos de compresión en éstos, cuando se expanden por el aumento de temperatura. También se utilizan para aislar estructuras existentes. (Ver figura 12)

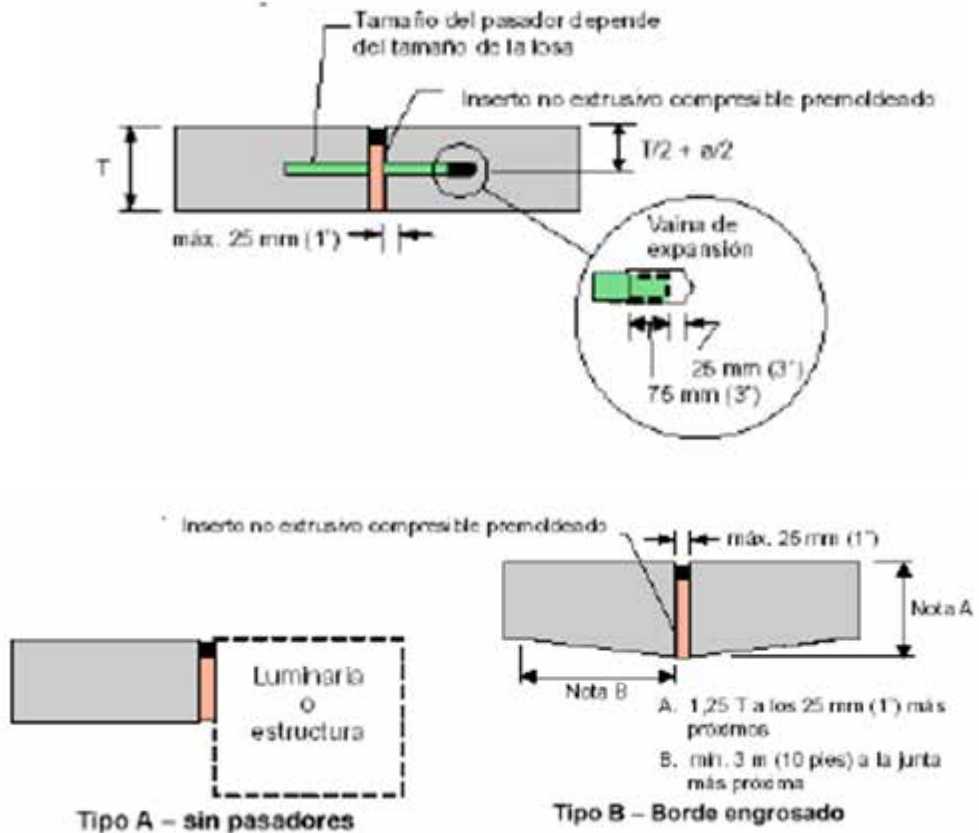


Figura 12. Tipos de juntas de expansión.

(Fuente: Artículo "Design and construction of joint for concrete highways", publicado por la American Concrete Pavement Association (ACPA).)

2.2.7 Sellos

La función principal de un sellador de juntas es minimizar la infiltración de agua a la estructura del pavimento y evitar la intrusión de materiales incompresibles dentro de las juntas que pueden causar la rotura de éstas (descascaramientos).

En la selección del sello se debe considerar su vida útil esperada, el tipo de sello, tipo de junta, datos climáticos y el costo de control de tránsito en cada aplicación del sello, en todo el período económico de análisis. El tipo de junta es muy influyente en la selección del material de sello. Las juntas longitudinales entre pistas o en la unión berma-losa no generan las mismas tensiones sobre el sello que ejercen las juntas transversales,

debido a que sus movimientos son considerablemente menores. Se podría optimizar enormemente el costo del proyecto considerando esto en la selección del sello.

Todo material de sellos de juntas de pavimentos de concreto, deben cumplir con las siguientes características:

- Impermeabilidad
- Deformabilidad
- Resiliencia
- Adherencia
- Resistencia
- Estable
- Durable

Finalmente, el sellado se hará antes de la entrega al tránsito y previa limpieza de la junta, con la finalidad de asegurar un servicio a largo plazo del sellador. Los siguientes puntos son esenciales para las tareas de sellado:

- Inmediatamente antes de sellar, se deben limpiar las juntas en forma integral para librarlas de todo resto de lechada de cemento, compuesto de curado y demás materiales extraños.
- Parta limpiar la junta, se puede usar arenado, cepillo de alambre, chorro de agua o alguna combinación de estas herramientas.
- Es necesario usar el soplado con aire como paso final de la limpieza.
- Cabe mencionar que la limpieza solo se hará | sobre la cara donde se adherirá el sellador.

2.2.7.1 Sellos líquidos

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de adhesión con la cara de la junta. Los sellos líquidos pueden ser de asfalto, caucho colocado en caliente, compuesto elastoméricos, siliconas y polímeros. Los materiales son colocados en las juntas en forma líquida, permitiéndoseles fraguar.

Cuando se instalan los sellos líquidos es necesario el uso de un cordón o varilla de respaldo, la cual no debe adherirse ni al concreto ni al sellador ya que si esto sucede se induce tensión en el mismo. También ayuda a definir el factor de forma y a optimizar la cantidad de sello a usar. El diámetro del cordón debe ser 25 % más grande que el ancho del reservorio para asegurar un ajuste hermético.

El factor de forma (relación ancho/profundidad) del sellador es una consideración muy importante a tener en cuenta, ya que si éste no es el adecuado, se pueden generar esfuerzos excesivos dentro del sello que acorta la vida útil de éste. Un sellador con un factor de forma inferior a uno desarrolla menos esfuerzos que un sellador con un factor de forma mayor a uno.

2.2.7.2 Sellos elastoméricos preformados

La performance a largo plazo de este tipo de sello, depende de su capacidad de recuperación a la compresión. Son sellos de neopreno extruido que tienen redes internas que ejercen una fuerza hacia fuera contra las caras de la junta. A diferencia de los sellos líquidos que experimentan esfuerzos de compresión y tensión, los sellos preformados solo se diseñan para esfuerzos de tensión.

La profundidad y ancho del reservorio dependen de la cantidad de movimiento esperado en la junta. Como regla general, la profundidad del reservorio debe exceder la profundidad del sello preformado.

Los reservorios de sellador por compresión están conformados para proporcionar un promedio de compresión del sellador de un 25 % en todo momento. En la figura 13, se observan los diferentes tipos de selladores.

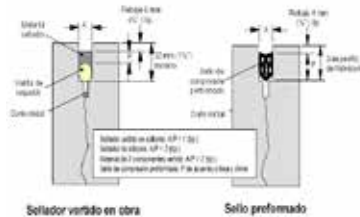


Figura 13. Tipos de selladores.

(Fuente:Artículo “Design and construction of jointfor concrete highways”, publicado por la American Concrete PavementAssociation (ACPA).)

2.2.8 Métodos tradicionales de diseño de pavimentos

2.2.8.1 Método AASHTO

El método de diseño para estructuras de pavimento que propone la AASHTO en la edición de 1993, se basa principalmente en la información y en los datos empíricos obtenidos de la prueba AASHTO Road Test, llevada a cabo durante el periodo de 1958 a 1960 en Ottawa Illinois. “El objetivo principal de esta prueba fue determinar relaciones significativas entre el comportamiento de varias secciones de pavimento y las cargas aplicadas sobre ellas que pudiesen ser usadas en el desarrollo de criterios y procedimientos de diseño de pavimentos”.

En la prueba AASHTO Road Test se realizaron 6 circuitos de prueba de dos carriles cada uno, los cuales contaban con la mitad del tramo construido con pavimento rígido y la otra con pavimento flexible, se experimentaron 836 secciones con cerca de 200 combinaciones diferentes de superficies, bases y sub-bases. La planeación empezó en 1951, la construcción del proyecto en 1956 y el tráfico controlado se aplicó de octubre de 1958 a noviembre de 1960. Cada circuito consistía de dos carreteras paralelas conectadas en sus extremos por retornos, como se muestra en la figura 36, cabe mencionar que las secciones de prueba solamente estaban localizadas en los tramos en tangente del circuito.(Ver figura 14)

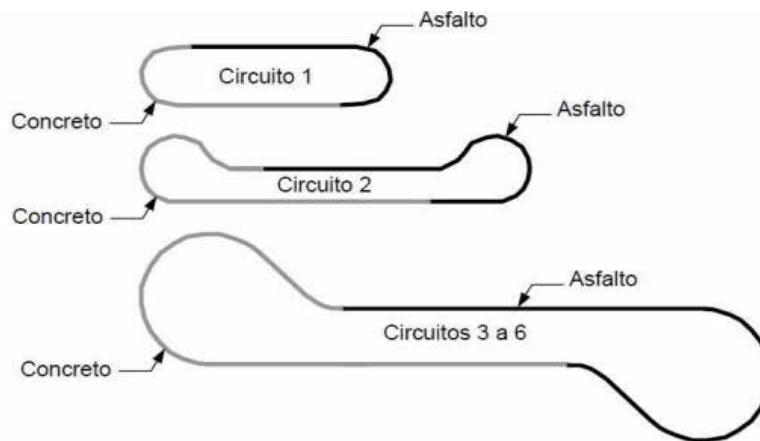


Figura 14. Circuitos de prueba de AASHTO Road Test.

Fuente: Norma AASHTO (1993)

Las pruebas de tráfico consistían en la circulación de vehículos con diferentes configuraciones de ejes simples y tándem, los cuales eran conducidos por las pistas de pruebas. Diez combinaciones de diferentes cargas y ejes fueron utilizados, con cargas de ejes simple que variaban de las 2,000 lb a las 30,000 lb y con cargas de ejes tándem que variaban de las 24,000 lb a las 48,000 lb. Luego se recopiló la información relacionada con la condición del pavimento con respecto a la presencia de grietas y la cantidad de recarpeteos necesarios para mantener la sección de pavimento en servicio.

La publicación de la AASHTO edición 1998 es una guía suplementaria de la guía para diseño de pavimentos proporcionado por la AASHTO de la edición 1993, contiene un procedimiento alternativo para diseño de pavimentos rígidos y diseño de juntas, correspondientes a las secciones 3.2 y 3.3 de la parte II de la edición 1993, en esta edición de la guía se incorporan factores como la relación de Poisson, características de la subbase, condiciones climáticas de la zona y cambios en la determinación del módulo de reacción de la subrasante, (K), así como también un procedimiento para verificar la aparición de fallas en las juntas, como el escalonamiento de las losas del pavimento. En el año 2004 la AASHTO publicó la guía Mecánica-Empírica edición 2002, la cual incorpora entre otros las propiedades significativas del comportamiento de los materiales en el procedimiento de diseño, esta guía supera algunas de las deficiencias que tenían las anteriores publicaciones de la guía AASHTO con lo que respecta a: El incremento del tráfico y su caracterización (configuración de ejes, tipo y presión de neumáticos); Deficiencias climáticas; Deficiencias de construcción; Deficiencias de desempeño (falla de juntas, grietas por temperatura, etc.); Deficiencias de confiabilidad, en la actualidad se diseña para cantidades de tráfico mucho mayores a los de décadas anteriores, por lo que al multiplicarlos por valores grandes, como los que resultan de los procedimientos de ediciones previas, los espesores de los pavimentos resultarían sobre diseñados.

Esta guía también incluye tecnología que considera directamente el comportamiento de los materiales a usar durante la vida útil y una relación directa entre construcción y especificaciones de los materiales y estructura de pavimento. No obstante

a que la guía AASHTO cuenta con estos documentos recientes para el diseño, mencionados anteriormente, (Guía suplementaria 1998 y guía Mecánica Empírica edición 2002), en esta investigación se utilizará principalmente la guía 1993, en vista de que es la metodología actualmente más utilizada a nivel nacional y regional.

- Factores de diseño del método AASHTO 1993

Las variables que intervienen para el diseño de pavimentos rígidos son tomadas en base a un conocimiento empírico, por lo que es importante conocer y entender las consideraciones que tienen que ver con cada una de ellas. La fórmula que propone la guía AASHTO 93 para el diseño del espesor de la losa de pavimento rígido se muestra en la siguiente ecuación. (Ver figura 15).

La ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

Figura15. Ecuación fundamental de diseño de pavimento rígido.

Fuente: Norma AASHTO (1993)

W_{82} = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del período de diseño.

Z_r = Desviación normal estándar

s_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros

E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa K = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto La guía AASHTO 93 propone la solución de la ecuación anterior por medio de un nomograma, con el cual se obtiene directamente el espesor de la capa de rodadura de la estructura de pavimento rígido. También se puede utilizar programas.

2.2.8.2 Método PCA

Método de diseño de espesores de pavimento rígido de la PCA. El método de diseño de la Portland Cement Association, es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto hidráulico. Los aspectos indicados en éste apartado se basan principalmente en lo indicado en el manual de diseño de la PCA (Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements) edición 1984.

En general, el método de diseño de la PCA está basado en:

- Análisis comprensivo de esfuerzos en el concreto y deflexiones en las juntas del pavimento, esquinas, y bordes, por un programa de computadora de elemento finito.
 - Modelos y pruebas a escala verdadera como la Arlington Test y varios proyectos de investigación dirigidos por la PCA y otras agencias acerca de sub-bases, juntas y hombros de concreto.
 - Pavimentos experimentales sujetos a pruebas de tráfico controlado, tales como la Bates Test Road, the Pittsburg Test Highway, the Maryland Road Test, the AASHTO Road Test, y estudios de pavimentos de autopistas en servicio realizado por varios departamentos de estado de transporte.
 - El desempeño de pavimentos construidos normalmente sujetos a tráfico normal.
- Factores de diseño del método de la PCA, para el diseño de espesores se realiza basándose principalmente en cinco factores:
1. Resistencia a la flexión del concreto, (Módulo de ruptura, MR).
 2. Soporte de la subrasante, o de la combinación de subbase y subrasante, (K).
 3. Periodo de diseño.
 4. Los pesos, frecuencias, y tipo de tráfico pesado que el pavimento soportará.

5. Factor de seguridad para las cargas, (FS). Los siguientes aspectos están basados principalmente en el manual de diseño de la PCA, “Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements”, entre otros.

Formulario y flujograma de diseño En el manual de diseño: “Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements” se presenta un formulario para el cálculo del espesor del pavimento, con la finalidad de ayudar al usuario en su procedimiento de diseño. También existen software como el PCAPAV, desarrollado por la PCA en 1990; BS-PCA, desarrollado por los ingenieros colombianos Efraín Solano y Carlos Benavides en el 2003; y el PCAWin, desarrollado en la Universidad de Illinois en el 2000, los tres basados en el método de la PCA publicado en 1984. El formulario para el cálculo de espesores, contenido en el manual de diseño, es el siguiente:

Cálculo del espesor del pavimento

Proyecto: _____

Espesor de prueba: _____ in Doweles en las juntas: sí _____ no _____

Subbase-Subrasante, k: _____ psi Hombro de concreto: sí _____ no _____

Módulo de ruptura, MR: _____ psi Periodo de diseño: _____ años

Factor de seguridad de carga, LSF _____

Carga por eje, kips	Multiplicada por LSF	Repeticiones esperadas	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
			Repeticiones permisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones permisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7

8. Esfuerzo equivalente _____ 10. Factor de erosión _____

9. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Sencillos

--	--	--	--	--	--	--

11. Esfuerzo equivalente _____ 13. Factor de erosión _____

12. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Tandem

--	--	--	--	--	--	--

14. Esfuerzo equivalente _____ 16. Factor de erosión _____

15. Factor de relación de esfuerzo _____

Ejes Tridem

Total			Total			

Figura16. Formulario para el cálculo del espesor del pavimento.

(Fuente: Adaptado de Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, PCA (1984: p.47)

Cabe señalar que el espesor de losa se considerará no adecuado si cualquiera de los totales del factor de fatiga y de erosión son mayores al 100%; por lo que habrá que utilizar un espesor mayor para hacer otra iteración; si la absorción total de fatiga y el

daño total de erosión fueran mucho menores que 100%, será necesario utilizar un espesor menor para hacer una nueva iteración; seguir iterando hasta obtener un espesor de losa de concreto óptimo con ambos totales del factor de fatiga y del factor de erosión cercanos al 100%..

2.2.9 Método ACI 330-R

Los métodos de diseño para estacionamiento de concreto lote pavimentos son de alguna manera empírica, y se basan en los métodos desarrollados para el diseño de pavimentos de carreteras, tales como la Asociación de Cemento Portland (1984a, b) e método y la AASHTO (1993) método de diseño. Estos métodos se refieren principalmente a la limitación de ambas las tensiones en la losa y las reducciones en la capacidad de servicio causado por el tráfico mixto, incluyendo camiones pesados, mientras que los estacionamientos suelen servir un menor número de vehículos estacionados o de viaje, ya sea a bajas velocidades. Para muchos estacionamientos que servirán cargas de tráfico única luz, la necesidad de un extenso proceso de diseño puede ser menos crítica. Para este tipo de proyectos, un diseñador puede confiar en la experiencia personal para seleccionar los valores conservadores para los criterios de diseño del soporte de suelo de subrasante e impuesto cargas de vehículos. En estos casos, una selección conservadora de espesor del pavimento es una práctica prudente.

La determinación y la especificación de tolerancias prácticos de espesor para pavimentos es crítica. La reducción del espesor del pavimento más allá de las recomendaciones puede aumentar significativamente las tensiones de pavimento, reducir la capacidad estructural del pavimento, y reducir potencialmente la vida del pavimento.

Aunque las tolerancias de construcción de suavidad no son críticos para las áreas de aparcamiento para el tráfico de baja velocidad, la suavidad es importante donde se espera que las superficies de concreto para drenar bien y llevar agua a grandes distancias a través de pavimentos con pendiente mínima.

Las consideraciones estéticas de textura superficial y control de la fisuración en los estacionamientos pueden ser importantes debido a la estrecha vigilancia de los peatones y el deseo del propietario para proyectar una imagen de calidad. En grandes aparcamientos, es importante para dirigir el tráfico en los carriles designados de conducción y disuadir a los vehículos pesados de cruzar pavimentos delgados. La expansión futura de un estacionamiento y la instalación sirve también debe tenerse en cuenta durante el diseño inicial, de manera que los pavimentos de vehículos ligeros no son necesarios para dar cabida a las futuras cargas pesadas. Industrias y centros comerciales con el transporte público y las escuelas atendidas por autobuses son ejemplos donde la expansión puede transformar las áreas de estacionamiento de automóviles en las calzadas más robustas camión o autobús.

2.2.10 Principales factores que influyen en la degradación del pavimento

- **Erosiones**

Son desgastes que sufren los pavimentos y son causados por el agua, el viento, la temperatura y otros.

- **Agentes de erosión**

Son todos aquellos factores que influyen en el deterioro de la superficie o en este caso el pavimento, el viento influye arrastrando partículas de salitre, polvo y agua y provoca erosión en el pavimento, la lluvia es un gran agente que causa daños en la superficie debido a las constantes vibraciones que producen las gotas al chocar con el suelo.

- **Humedad**

En el concreto seco la resistencia eléctrica es tan alta que impide que el agua penetre el pavimento evitando así que se produzca oxidación. En e caso de que en los poros del concreto se llegase a formar partículas mínimas de humedad contribuirían al aceleramiento corrosivo de la estructura.

- **Topografía**

Es un método que se utiliza para ver los diferentes puntos del terreno y así poder localizar o describir la superficie o relieve de lo largo de la calzada que se va a trabajar para tomar en cuenta los tipos de pavimentos a usar.

- **Clima**

Los elementos climáticos que desencadenan directamente la erosión en los pavimentos son las lluvias, los cambios de temperatura, el viento, la humedad y los rayos solares.

- **Suelo**

Dependiendo del tipo de suelo y los tipos de agregados que este presenta; la mezcla del concreto, tiende a variar debido a que cuando el suelo es muy arenoso puede tener exceso de agua ya que se filtraría a las otras capas dañando así la superficie del pavimento.

- **Temperatura**

Es un agente que acelera el rápido deterioro de las estructuras metálicas, armaduras o mallas; esto se debe a que al bajar la temperatura se produce un proceso llamado condensación, que al volverse a incrementar la misma se convierte en humedad que mezclado con el gran índice de sal y la alto índice de calor acelera el proceso de oxidación de la estructura del pavimento.

- **Vegetación**

Es importante tener árboles y plantas a los alrededores de las vías ya que estas le traen beneficios a las mismas entre sus funciones principales:

Funciona como una especie de tanque de almacenamiento de agua y proporcionándose directamente a la vegetación evitando que se transpire en la vía.

- **Salitre**

Es de mucho interés el uso de concreto en zonas costeras, este nos proporciona mayor durabilidad que otros materiales ante este tipo de ambiente, la gran cantidad de sal y

humedad ocasiona el deterioro muy acelerado de las construcciones, por ende se deben de usar métodos que desaceleren esto y protejan el pavimento, para así darle mayor uso.

La vida de los pavimentos en zonas marinas es reducido, esto se debe a que la acumulación de cloruro es alta; el tipo de clima abrasivo que se encuentra en estos lugares se da a conocer al poco tiempo de haberse culminado la pavimentación, debido a esto es que el mantenimiento debe ser constante y adecuado para darle mayor longevidad a la vía.

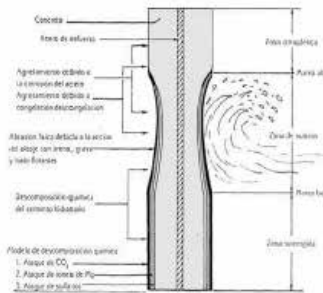


Figura 17. Representación del deterioro de un espécimen de concreto expuesto en un medio ambiente marino.

(Fuente: <http://www.concrete.0catch.com/Capitulo51.htm>)

• **Corrosión**

La causa de deterioro constante de los pavimentos es la corrosión u Oxidación de las partes de hierro, es un proceso electro químico muy difícil de evitar, ya que se produce con el oxígeno o el agua los cuales están presentes a cada momento.

En sitios costeros donde el agua y la sal están presentes todo el tiempo, ponen a la estructura en un desafío constante por la durabilidad, ya que se une la corrosión con el salitre acelerando aún más el proceso de descomposición o destrucción del pavimento.

2.2.11 Deformaciones del Pavimento

La deformación del pavimento se evidencia entre los siguientes aspectos:

- **Dislocamiento**

Es el desnivel entre dos losas, esta falla ocurre debido al tránsito automotriz normalmente con exceso de peso permitido en la ruta; los niveles de severidad en estos casos son: (bajo, mediano y alto).

En el caso de ser bajo presenta un desnivel de máximo 10mm, el medio de hasta 20mm y alto cuando ya sobre pasa los 20mm.

- **Hundimiento**

Es provocado cuando facciones del terreno donde la vía está situada y en esta ocurre un movimiento o asentamiento del suelo, provocando descenso del pavimento en esa zona; normalmente este evento sucede en partes localizadas llevando consigo fracturas o agrietamientos.

- **Descaramiento y Fisuras Capilares**

Desprendimiento de pequeños trozos de concreto no mayores a 5 mm normalmente ocurre en las esquinas de cada sección. Estas se identifican por 3 niveles de severidad (bajo, mediano y alto). Cuando el nivel de descaramiento es bajo, se podrá notar diminutas partículas desprendidas del suelo, en el mediano el nivel de desprendimiento es menor a 10% y alto mayor a 10%.

- **Pulimento de la Superficie**

Es la parte del pavimento que siempre está en contacto constante con los vehículos que por ahí transitan, los tipos de agregados que se utilizan, al ser pulidos 42 estos dan una superficie lisa provocando una adherencia excelente de los neumáticos al entrar en contacto con la misma.

- **Peladuras**

Se describen como desasimiento de una pequeña lonja del suelo no mayor 6mm el cual provoca que en esas zonas el pavimento sea rugoso.

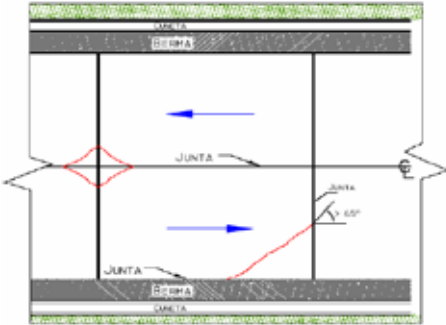
- **Bache**

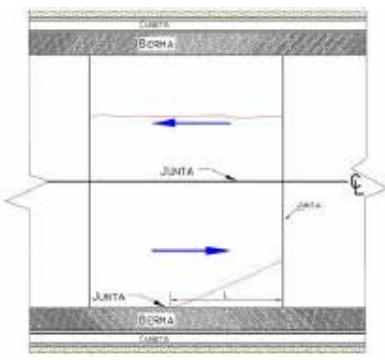
Desasimiento de una cierta parte del suelo o de la losa provocando un hueco en la vía, el cual tiene definido unas medidas para ser llamado bache, las cuales son de 25mm a 100mm y de profundidad tiene que ser mayor a unos 15mm.

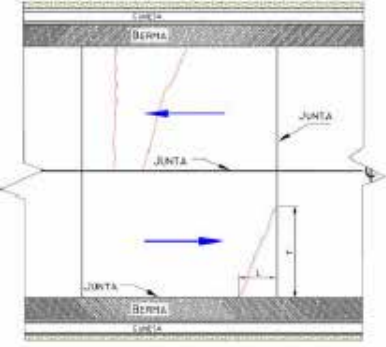
· **Cepillado de la superficie**

Este método consiste en el emparejamiento del pavimento mediante una máquina que posee unos discos de diamante, esto proporciona grandes ventajas, entre ellas es la duración del pavimento, ya que reduce las sobras de cemento o asfalto quitándole carga al mismo, mejora la calidad de manejo, frenado, adherencia de vehículo y también da un aspecto visual bonito a la vía.

2.2.12 Tipos de grietas

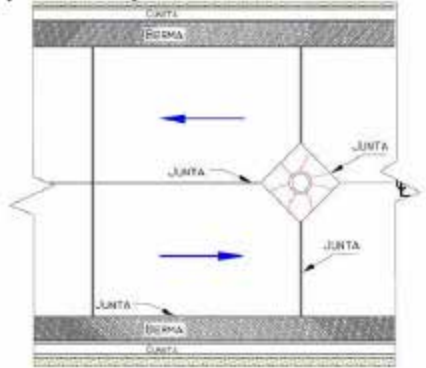
GE	Grietas de Esquina	Niveles de Severidad
	<p>Se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un ángulo mayor que 45°, con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa. (Figura 18) Este tipo de daño se presenta en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.</p>	<p>Teniendo en cuenta el ancho de la grieta(Figura 4), las severidades están dadas como sigue:</p> <p>Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible y el bloque de la esquina está completo.</p> <p>Media: Aberturas entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).</p> <p>Alta: Aberturas mayores a 0,01 m (10 mm). Se presenta escalonamiento y el bloque de la esquina está dividido en varias partes.</p>
 <p>Figura 18. Vista en planta grieta de esquina fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Posibles causa de grietas de esquina son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento de la base y/o la subrasante. - Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base. - Alabeo térmico. - Sobrecarga en las esquinas. - Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes. 	<p>Evolución probable:</p> <p>Se pueden generar o incrementar los escalonamientos y producir fracturas múltiples en las losas.</p>

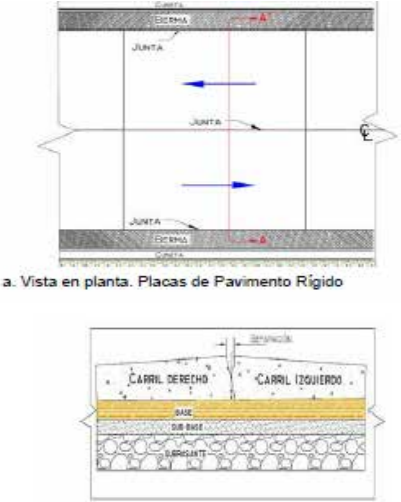
GL	Grietas Longitudinales	Niveles de Severidad
	<p>Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L) mucho mayor que la mitad de la longitud de la losa (Figura 19)</p> <p>Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.</p>	<p>Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible. • Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm). • Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,015 m (15 mm).
	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 19. Vista en planta grietas longitudinales fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas longitudinales presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.</p>
	<p>Posibles Causas Las principales causas de las grietas longitudinales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asentamiento de la base o la subrasante. • Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base. • Alabeo térmico. • Losa de ancho excesivo. • Carencia de una junta longitudinal. • Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje. • Aserrado tardío de la junta. • Contracción del concreto 	<p>Evolución probable:</p> <p>Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de la evolución de las grietas longitudinales, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los escalonamientos. • Fracturas múltiples en las losas


GT	Grietas transversales	Niveles de Severidad
	<p>Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía (Figura 20). Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal, siempre que la intersección con la junta transversal esté a una distancia del borde (T) mayor que la mitad del ancho de la losa y la intersección con la junta longitudinal se encuentra a una distancia inferior que la mitad del largo de la losa (L). Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.</p>	<p>Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible. • Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm). • Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,006 m (6 mm)
	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Figura 20. Vista en planta grietas transversales fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas transversales presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.</p>
	<p>Posibles Causas Las principales causas de las grietas transversales, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asentamiento de la base o la subrasante. • Losas de longitud excesiva. • Junta de contracción aserrada o formada tardíamente. • Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones. • Gradiente térmico que origina alabeos. • Problemas de drenaje. • Cargas excesivas 	<p>Evolución probable:</p> <p>El daño con mayor probabilidad de aparición, como consecuencia de la evolución de las grietas transversales son las grietas en bloque, también puede haber escalonamiento por la entrada de agua.</p>

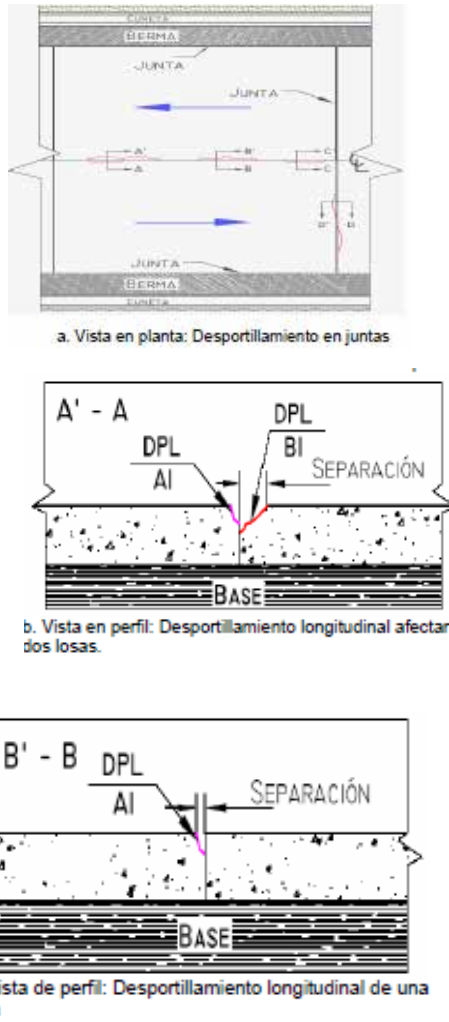
GP	Grietas en los extremos de los pasadores	Niveles de Severidad
<p>Cercanas al extremo de los pasadores o dovelas. Pueden ser ocasionadas por la mala ubicación de los pasadores o por su movimiento durante el proceso constructivo (Figura 21). Este tipo de daño se presenta en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.</p>	<p>Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible. • Media: Abertura entre 0,003 m y 0.01 m (3 – 10 mm). • Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,006 m (6 mm). 	
<div data-bbox="272 688 711 1073" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="342 1150 760 1262">Figura 21. Vista en planta grietas en los extremos de los pasadores fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.</p>	
<p>Posibles Causas Las principales causas de las grietas en los extremos de los pasadores, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mala ubicación de los pasadores • Corrosión ó desalineamiento de los pasadores • Movimiento durante el proceso constructivo • Diámetros de barras muy pequeños y cargas de tráfico muy altas. 	<p>Evolución probable:</p> <p>Se puede generar escalonamiento de las grietas y/o agrietamiento en bloque..</p>	

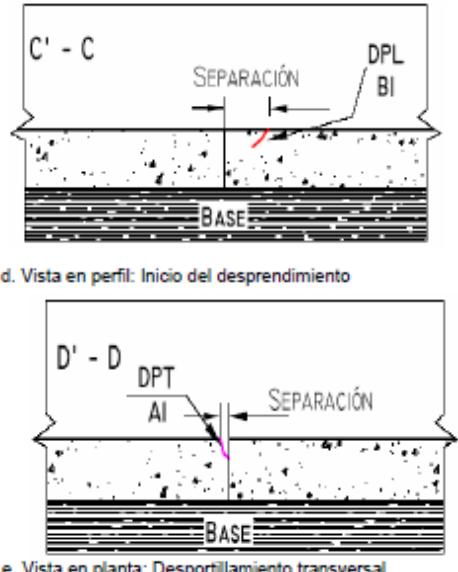
GB	Grietas en bloque o Fracturación múltiple	Niveles de Severidad
	<p>Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa. Este grupo también comprende las grietas en “Y” (Figura 22). Aunque se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos, es más frecuente que se presente en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.</p>	<p>Siempre se considera un deterioro de severidad alta.</p>
	<div data-bbox="344 611 766 989" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="370 1010 846 1087">Figura 22. Vista en planta grietas en bloque fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: Se mide el área afectada en metros cuadrados de cada placa y por severidad.</p>
	<p>Posibles Causas :</p> <p>La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes. Pueden presentar diversas formas y aspectos, pero con mayor frecuencia son delimitados por una junta y una fisura.</p>	<p>Evolución probable:</p> <p>La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.</p>

GA	Grietas en pozos y sumideros	Niveles de Severidad
	<p>Se presentan como una clasificación independiente, debido a que son grietas que están directamente relacionadas con la presencia del pozo o del sumidero (Figura 23) Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.</p>	<p>Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas en pozos o sumideros se clasifican en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Escalonamiento imperceptible. • Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm). • Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,006 m (6 mm)
	 <p>Figura 23. Vista en planta grietas en pozos de inspección fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: El área afectada se mide en metros cuadrados por placa.</p>
	<p>Posibles Causas Se atribuye a la variación en la distribución de esfuerzos debida a la presencia de pozos o sumideros, éstos se convierten en una zona vulnerable a la aparición de grietas derivadas de la geometría irregular de la zona adyacente al pozo que no permite una buena distribución de esfuerzos (de acuerdo con las reglas para modulación de losas, éstas deben ser lo más regulares posible, cuando hay formas irregulares, las placas se deben reforzar).</p>	<p>Evolución probable: Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de este daño son el Bombeo y el deterioro total de la losa.</p>

SJ	Separación de Juntas Longitudinales	Niveles de Severidad
<p>Corresponde a una abertura en la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido (Figura 24).</p>		<p>Teniendo en cuenta la abertura de la junta inducida por corte que es de 6 mm, los niveles de severidad en la separación de juntas se dan por las aberturas extras a la abertura normal de la junta y se clasifican en:</p>
<div style="text-align: center;">  <p>a. Vista en planta. Placas de Pavimento Rígido</p> <p>b. Vista en perfil: Detalle Separación de Juntas Longitudinales</p> </div> <p>Figura 24. Vista en planta separación de juntas longitudinales fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Baja: Abertura menor a 0,003 m (3mm.). Levantamiento imperceptible, desportillamiento mínimo. • Media: Abertura entre 0,003 m y 0,025 m (3 – 25 mm). • Alta: Aberturas mayores a 0,025m (10 mm). Se presenta diferencia de nivel entre losas adyacentes o altura sobre el nivel medio de la vía mucho mayor a 0,01 m (10 mm)
<p>Posibles Causas Las principales causas de una separación de juntas longitudinales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes. • Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante. • Ausencia de bermas. • Asentamiento diferencial de la subrasante. 		<p>Medición del deterioro: Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa.</p> <p>Evolución probable: El deterioro con mayor posibilidad de ocurrencia debido a la evolución de una separación de juntas longitudinales es la pérdida del perfil longitudinal; también puede haber bombeo debido a la entrada de agua en daño con severidad alta.</p>
<p>Posible Intervención</p> <p>Cuando la sección transversal no presenta deformaciones que signifiquen pérdida de confort al manejar se debe sellar. Si hay un nivel de severidad medio o alto, se debe reconstruir el tramo, reconfirmando y recompactando la subrasante y colocando barras de amarre en la junta longitudinal.</p>		

DST - DSL	Deterioro del sello	Niveles de Severidad
	<p>Desprendimiento o rompimiento del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permite la entrada de materiales incompresibles e infiltración de agua superficial. Se considera como deterioro del sello cualquiera de los siguientes defectos: extrusión del sello, endurecimiento, pérdida de adherencia entre el sello y la losa, pérdida parcial o total del sello e incrustación de materiales ajenos y crecimiento de vegetación (Figura 25). Este deterioro se presenta en pavimentos de placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado..</p>	<p>Teniendo en cuenta la longitud de la junta que se encuentra con un sellado deficiente, se clasifica de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: Longitud con deficiencia de sellado menor al 5% de la longitud de la junta y no existe riesgo de entrada de agua y/o material incompresible. • Medio: Longitud con deficiencia de sellado entre 5 y el 25% de la longitud de la junta, y el resto del material sellante se encuentra en condición regular. • Alto: Longitud con deficiencia de sellado mayor al 25% de la longitud de la junta, entrada de agua y/o material incompresible, el cambio y resellado debe ser inmediato.
	 <p>a. Desconfinamiento del sello por pérdida de adherencia y levantamiento de la tirilla de respaldo</p> <p>b. Pérdida progresiva del sello en ausencia de la tirilla de respaldo</p> <p>Figura 25.vista deterioro de sello fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	<p>Medición del deterioro: Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa, especificando el nivel de severidad del daño. Se anotará la presencia de material incompresible, vegetación o entrada de agua.</p>
	<p>Posibles Causas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endurecimiento del sello: producto de mala calidad, envejecimiento. • Pérdida de adherencia entre el sello y la placa: producto de mala calidad, sellado mal momento de aplicar el sello. • Pérdida de sello: producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente, movimiento consistencia del material de sello. • Extrusión del material del sello: exceso de sello, producto de mala calidad, procedimiento temperatura que provoca el movimiento de las losas y el ablandamiento del material, puesta e • Incrustación de material incompresible: ocasionada por la cercanía de bermas no pavim transitan por la vía. • Crecimiento de la vegetación: humedad en la junta. 	

DPT, DPL	Desportillamiento de juntas	Niveles de Severidad
	<p>Desintegración de las aristas de una junta (longitudinal, transversal), con pérdida de trozos, que puede afectar hasta 0,15 m (15 cm) a lado y lado de la junta (Figura 26). Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimento rígido con juntas.</p>	<p>Se definen combinando el estado de los bloques que se forman por el fracturamiento en contacto con la junta y sus dimensiones, se clasifican de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja: Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 0,08 m (80 mm) a cada lado de la junta, dan lugar a pequeñas piezas que se mantienen bien firmes, aunque ocasionalmente algún pequeño trozo puede faltar. • Media: Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 0,08 m (80 mm) a cada lado de la misma, dando origen a piezas o trozos relativamente sueltos, que pueden ser removidos; algunos o todos los trozos pueden faltar, pero su profundidad es menor de 0,025 m (25 mm). • Alta: Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 0,08 m (80 mm) a cada lado de la misma, las piezas o trozos han sido removidos por el tránsito y tienen una profundidad mayor de 0,025 m (25 mm).
	 <p>a. Vista en planta: Desportillamiento en juntas</p> <p>b. Vista en perfil: Desportillamiento longitudinal afectar dos losas.</p> <p>c. Vista de perfil: Desportillamiento longitudinal de una losa</p> <p>Figura 26.vista Desportillamiento de juntas fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p>	

DPT, DPL	Desportillamiento de juntas	Niveles de Severidad
	 <p data-bbox="479 714 828 735">d. Vista en perfil: Inicio del desprendimiento</p> <p data-bbox="479 997 868 1018">e. Vista en planta: Desportillamiento transversal.</p> <p data-bbox="341 1050 974 1102">Figura 27.vista Desportillamiento de juntas fuente: Ministerio de transporte instituto nacional de vías(2008)</p> <p data-bbox="341 1144 917 1207">Posibles Causas Las principales causas del desportillamiento de las juntas, son:</p> <ul data-bbox="341 1249 1047 1606" style="list-style-type: none"> • Debilitamiento de los bordes de la junta debido a defectos constructivos. • Desintegración del concreto, por mala calidad del material. • Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla ante el paso de vehículos. • Mal procedimiento de corte de la junta. • Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto. <p data-bbox="341 1617 1047 1711">Evolución probable La evolución más probable del desportillamiento de las juntas es la entrada de agua a la base generando bombeo.</p>	<p data-bbox="1079 315 1372 346">Niveles de Severidad</p> <p data-bbox="1079 357 1412 388">Medición del deterioro:</p> <p data-bbox="1079 388 1412 493">Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa.</p> <p data-bbox="1079 609 1356 640">Evolución probable</p> <p data-bbox="1079 682 1412 892">La evolución más probable del desportillamiento de las juntas es la entrada de agua a la base generando bombeo.</p>

2.3 Definición de Términos Básicos

A continuación, se dan a conocer las definiciones los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado.

- **Ductilidad:** Es la capacidad de un material en incursionar en el rango inelástico sin pérdida apreciable de su resistencia.
- **Flexión:** Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.
- **Flujogramas:** Es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica.
- **Calzada:** Es la parte de la carretera o calle destinada a la circulación de vehículos en general. (Fuente: Capítulo 7, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente.)
- **Capa de rodamiento:** Se coloca encima de la base, está formada por una mezclabituamina o de concreto y soporta el tránsito de los vehículos motorizados. (Fuente: Capítulo 8, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente.)
- **Brocal:** Es un elemento vertical o inclinado, localizado a lo largo del borde de la calzada, a la cual le sirve la delimitación. Generalmente los brocales de las aceras, en vías urbanas sirven para conducir el escurrimiento (brocales, Cunetas), (Fuente: Orozco. M. Orlando (1981),
- **Alcantarilla:** Es un conducto que lleva agua a través de un terraplén. Es un paso a nivel para el agua y el tráfico que pasa sobre ella. (Fuente: Capítulo 7, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente.)
- **Corrugaciones:** Consisten en ondulaciones, con crestas y depresiones, de la superficie del pavimento. (Fuente: Orozco. M. Orlando (1981), Manual de vialidad urbana. Caracas Venezuela.)
- **Cunetas:** Son zanjas, generalmente de sección triangular, construidas en el lado exterior del hombrillo y limitadas por un brocal. (Fuente: Orozco. M. Orlando (1981), Manual de vialidad urbana. Caracas Venezuela.)

- **Desnivel:** Diferencia de elevación entre el borde del pavimento y el hombrillo. Fuente: (Fuente: Capítulo 8, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente.)
- **Exudación:** Consiste en un movimiento ascendente de asfalto en el pavimento, dando origen a la formación de una película sobre la superficie del pavimento. (Fuente: Capítulo 9, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente)
- **Hombrillos:** Son las áreas adyacentes o ambos lados de la calzada. (Fuente: Capítulo 7, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente).
- **Línea de canal:** Es la línea que separa dos canales, para el movimiento del tránsito en la misma dirección. (Fuente: Orozco. M. Orlando (1981), Manual de vialidad urbana. Caracas Venezuela).
- **Rasante:** La línea acotada que determina las elevaciones definitivas del pavimento en el eje Y de la carretera. (Fuente: Capítulo 7, del Manual de Carreteras de Jacob Carciente)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Los trabajos de grado de Especialización, Maestría y las Tesis Doctorales, donde están concebidos los conocimientos respetando la temática estudiada, los resultados, las evidencias y nuevas herramientas relacionadas al problema investigado, cumpliendo las condiciones de objetividad, fiabilidad, practicidad y validez, delimitando las actividades y procedimientos de orden metodológico, basado en estas llegar a abarcar las respuestas de las interrogantes objeto de estudio.

En la investigación relacionada con implementar una metodología de diseño, construcción e inspección de pavimentos de concreto en estacionamientos comerciales y residenciales conforme al código ACI 330R-08, se hace referencia al conjunto de métodos, técnicas y factibilidad de aplicación que se emplearan en la recolección de datos requeridos para la etapa de construcción e inspección en dicho proyecto.

3.1 Tipo de investigación:

La investigación es tipo factible con base en fuentes documentales según el diseño y con orientación de una investigación de campo. La investigación factible, según El manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL (2007) la define:

“ Que el proyecto factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.”

Y El manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestrías y Tesis Doctorales de la UPEL (2007), indica:

Que una investigación de Campo, es el análisis sistemático de problema en la realidad con el propósito bien sea de describirlo, interpretarlo, entender su naturaleza

y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquier paradigma o enfoque de investigación conocidos o en desarrollo.

También Garza (2012) la define más específicamente mencionando que esta técnica "...se caracteriza por el empleo predominante de registros gráficos y sonoros como fuentes de información..., registros en forma de manuscritos e impresos," (p. 8).

Para PalellaStracuzzi y MartinsFeliberto (2012), el tipo de investigación se depende de la clase de estudio a realizar., es decir, sirve de orientación de como recolectar la información o datos necesarios para el desarrollo de los objetivos de la misma. De acuerdo a esto los tipos de investigación son: de campo, pre-experimentales, cuasi experimentales, documentales.

3.2 Diseño de la investigativo:

Después de haber leído ciertos criterios de autores es proyecto de grado se cataloga como un Diseño No experimental, tipo de campo, con una modalidad de proyecto factible.

Según Palella, S;Martins, F. (2012), esta sostiene que "...Un diseño no experimental puede intentarse en un estudio histórico, la clasificación únicamente persigue fines didácticos así como satisfacer una necesidad taxonómica, común a toda ciencia..." (p.84). En la investigación llevada a cabo con el proyecto en desarrollo, se utilizan los fundamentos teóricos con la finalidad de obtener los conceptos y conocimientos fundamentales que puedan servir como guía para la desarrollo de flujogramas para el diseño, construcción de pavimentos rígidos simples conforme al ACI 330R-08, COVENIN 1753-87, documento técnico FONDONORMA 1753-2006 y también el desarrollo de planilla de inspección en base al manual para inspección visual de pavimentos rígidos.

3.3 Nivel de investigación

"Es el grado de profundidad con el que se realiza el estudio, en este sentido la investigación podrá ser: exploratoria, descriptiva o explicativa" (Arias, 2006). Es por ello

que se desarrollan flujogramas para el diseño, construcción de pavimentos rígidos simples conforme al ACI 330R-08, COVENIN 1753-87, documento técnico FONDONORMA 1753-2006. De acuerdo con esto, el nivel que presente trabajo se corresponde al descriptivo, el cual consiste según (Ramírez, T; 1.999) “... son aquellos estudios

, con o sin especificación de hipótesis iniciales acerca de la naturaleza de tales características...”.

También (Ramírez, T; 1.999) “...Son aquellos están concentrados en la entre variables...”

3.4 Técnicas e instrumentación de recolección de datos

Al realizar el plan de la investigación, inicia el proceso directamente con la realidad del objeto de la investigación o trabajo de campo, es entonces cuando se hace uso de las técnicas de recolección de información y/o datos, en esta se vale del empleo de instrumentos que facilitan la obtención de material bibliográfico necesario para poder desarrollar y poner en marcha el proyecto.

Entre los instrumentos recurridos para obtener información para la ejecución del proyecto se encuentran:

Revisión de Textos: Los libros, revistas y folletos se presentan como una de las herramientas más adecuadas en el propósito de encontrar o conseguir la información necesaria acerca del proyecto.

A medida del desarrollo de los lineamientos para el diseño, construcción e inyección de pavimentos rígidos para estacionamientos comerciales y residenciales, se emplearán textos relacionados con la planificación estratégica, manuales de construcción, Código de pavimentos rígidos, libros de patología del concreto, revisión de normas de infraestructuras y libros de metodología entre otros.

Observación: Para Stracuzzi S, y Pestana F (2004) existen dos clases de observación, la científica y la no científica, donde la diferencia básica entre ambas está en la intencionalidad. Ya que la primera significa observar un objetivo claro y preciso,

donde se puede decir, que observar sin intención científica es mirar sin objetivo definido y por lo tanto sin la preparación previa.

Internet: Es actualmente la herramienta de recaudación de información más usada en todo el mundo su empleo es muy versátil y cubre una vasta gama de áreas entre ellas la planificación.

Revisión de Normas: La revisión de normas como fuente de información reside en el empleo de los mismos para conocer los parámetros del concreto permeable más importantes o que tengan que tomarse en cuenta a la hora de realizar las pruebas seleccionadas.

Técnicas de análisis: El análisis: es la descomposición de un todo en sus elementos. El análisis, es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia y comprender su esencia. El método analítico es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos.

Para llevar a cabo la investigación analítica, el profesional tendrá necesariamente que realizarla sistemáticamente a través de varias etapas de manera progresivamente ascendente. Los pasos son:

La observación: es el primer paso del analista, consiste en observar detenidamente un fenómeno que despierta interés científico o bien que ha sido escogido deliberadamente con fines de estudio.

La descripción: viene a ser la transcripción de lo que se ve, se palpa y se encuentra la observación.

El examen crítico: es consecuencia directa de la descripción, consiste en examinar el fenómeno con ojos críticos, con objetividad.

La descripción del fenómeno: analizar el fenómeno a fin conocerlo en todos sus detalles y aspectos.

La enumeración de las partes: es la resultante del análisis anterior, para hacer más fácil su estudio.

La ordenación: es la parte que facilita la comprensión del estudio.

La clasificación: es el paso definitivo de la investigación, conduce a establecer la claridad del fenómeno como un todo.

Según Fidias G. Arias (1999), los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Para el desarrollo de esta investigación se utilizarán instrumentos de recolección de datos tales como:

1. Planilla de inspección: Esta sirve para reunir información tomada en el sitio del levantamiento, mediante la anotación y registros consecutivos de la observación en el sitio.
2. Planilla de datos: Es utilizada para vaciar la información y los datos que se tomen en el sitio a ser estudiado, para obtener los resultados del estudio de los factores que allí se generen.
3. Cinta métrica: Elemento utilizado para la medición de la calzada y los anchos de fallas

La Síntesis: Es la meta y resultado final del análisis, no es propiamente un método de investigación, sino más bien una operación fundamental del espíritu, por medio del cual se logra la comprensión cabal de la esencia de lo que se ha conocido en todos sus aspectos particulares, ósea, del análisis.

La inducción: Va de lo particular a lo general. Se emplea el método inductivo cuando de la observación de hechos particulares obtiene proposiciones generales. Es aquel que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

La deducción: Va de lo general a lo particular. El método deductivo es aquel que parte de datos generales aceptados como valederos, para deducir, por medio del razonamiento lógico varias suposiciones; es decir, parte de verdades previamente establecidas como principio general para luego aplicarlos a casos individuales y comprobar así su validez.

3.5 Validez.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan que “La validez de expertos se refiere al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con expertos en el tema.” (p. 204)

El instrumento utilizado en la investigación fue sometido a consideración y juicio de expertos con el fin de evaluar y determinar la validez del instrumento, la relación coherente de los ítems, la calidad de contenido, la claridad en la redacción y sus posibles resultados, para su posterior aplicación a la muestra de estudio.

3.6 Población y muestra

· Población

Al definir el tipo de investigación, se indica cual es el objeto de estudio, se indica la unidad de análisis para delimitar la amplitud de la población Palella y Martins (2010), hacen referencia a un conjunto de unidades de las que se debe obtener información, conjunto finito o infinito de elementos, personas o cosas pertinentes a una investigación, en el caso Fidiás G. Arias (2012), (p.81) La población se refiere al conjunto finito o infinito de elementos con características.

En este caso la población o universo, permitiendo establecer prioridades que contribuyan a establecer metas para el plan de trabajo y definir claramente los objetivos a alcanzar, delimitar alcances de la investigación y el soporte fundamental del trabajo de investigación será conformada por los pavimentos rígidos simples para estacionamientos comerciales y residenciales.

· Muestra

La muestra es el subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. (Fidiás G. Arias (1999)). Por otra parte, (Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P; 2006) “existen dos tipos de muestras, las cuales se dividen en dos ramas: las muestras probabilísticas y no probabilísticas.” Para describir la muestra está sería probabilística constituida por los parámetros, criterios de diseño y constructivo del Código ACI 330R-08 de pavimento rígidos en estacionamientos comerciales, generación de resultado de planilla de inspección visual cualitativa.

3.7 Fases metodológicas

Fase I: Describir los parámetros y lineamientos técnicos, que intervienen en el diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos

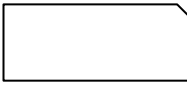

Consultando las distintas fuentes de información tales como normas, guías de diseño, presentaciones de exposiciones, entre otras, se determinaron la filosofía y los pasos generales a seguir para elaborar el diseño de espesores de pavimentos rígidos simples, que van desde la influencia de las distintas variables que se resumieron en Capítulo II del Marco Teórico.

Recolectando los lineamientos de las normas COVENIN, ACI y con ayuda de “Especificaciones para la Construcción”, se establecieron los pasos para el diseño y consideraciones para la construcción.

Basada en la Normativa de la ACI330R-08, “Manual de pavimentos de concreto de CEMEX” y “Manual del constructor de CEMEX”, se elaboró una tabla donde se encuentran los parámetros mínimos de las variables necesarias para el diseño de espesor de pavimentos rígidos, como también aspectos constructivos requeridos para un eficiente proceso de ejecución de la obra y los aspectos que se deben considerar, con respecto a la ejecución del acabado y asegurar las condiciones mínimas de eficiencia, quedan cumplidos los trabajos y tareas necesarios de la fase 1 a fin de obtener y cumplir, con el objetivo específico número 1.

Fase II: Organizar las metodologías y procedimientos de diseño y construcción para pavimentos rígidos

Se elaboraron diagramas de flujo cuya finalidad es resumir y reseñar los pasos a seguir para el diseño de espesor de pavimentos rígidos, tomando como base los lineamientos recolectados en la norma ACI330R-08, mencionada en el punto anterior. La simbología usada para la elaboración de estos flujogramas se define en las siguientes tablas:

Nombre	Imagen	Descripción
Datos Externos		Define datos externos necesarios para utilizar en algún proceso
Proceso Interno		Define análisis, calculo o algún otro proceso necesario dentro del diagrama de flujo utilizado

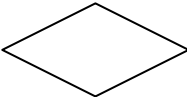
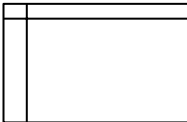


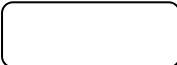
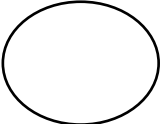
Nombre	Imagen	Descripción
Selección		Define una pregunta o proceso de selección de dos o más acciones o alternativas
Guardar Datos		Define que una o mas variables deben ser guardadas para utilizar en un proceso posterior
Proceso Externo		Define análisis, calculo, o algún otro proceso necesario, el cual se define fuera del diagrama de flujo utilizado y por lo general lleva a otro sub-diagrama
Conector		Define la conexión entre cada uno de los símbolos, pueden incluir texto que indica una opción en un proceso de selección
Fin		Define el final de un diagrama de flujo, mención el resultado de dicho diagrama
Continuación		Define la continuación del proceso en la siguiente página.

Tabla 1. Simbología en los diagramas de flujo.

En total se realizó un flujograma con las variables básicas para obtener el espesor propuesto basándose en fase 1, que produjo un manual de proceso constructivo donde, abarca los siguientes aspectos:

- Aspectos Fundamentales de un pavimento rígido.
- Proceso constructivo para pavimentos rígidos simples.
- Cronología de eventos para la construcción de pavimentos rígidos.
- Equipos requeridos.
- Aspectos de acabado a considerar en la inspección de pavimentos rígidos.

Este manual se encuentra en **Apendice 2**, quedan cumplidos los trabajos y tareas necesarios de la fase 2 a fin de obtener y cumplir, con el objetivo específico número 2.

Fase III: Diseñar una planilla de inspección visual, para la evaluación cualitativa de los pavimentos rígidos

La elaboración de la planilla de inspección, se diseñó en base a una tabla en el Capítulo II, que contiene las características de grietas, con sus causas originarias de ellas, clasificándola con códigos, para la esquematización de una forma sintetizada con ayuda de ilustraciones, esto para ubicar de manera rápida y de apoyo a la hora de llenar los datos que exige la planilla para arrojar resultados del estado del pavimento rígido en comparación a su estado inicial, esta planilla se encuentra en el **Apéndice 3**, con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplidos los trabajos y tareas necesarios de la fase 3 a fin de obtener y cumplir, con el objetivo específico número 3.

Fase IV: Crear una herramienta didáctica de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos

Se realizó un programa en el software Microsoft Excel, compuesto por hojas de Cálculo, ventanas de información sobre comprensión de las variables dependiente para la aplicación y la vinculación con resultados de la fase 2 y 3.

A continuación se presentan ejemplos de los componentes típicos que definen estas hojas de cálculo:

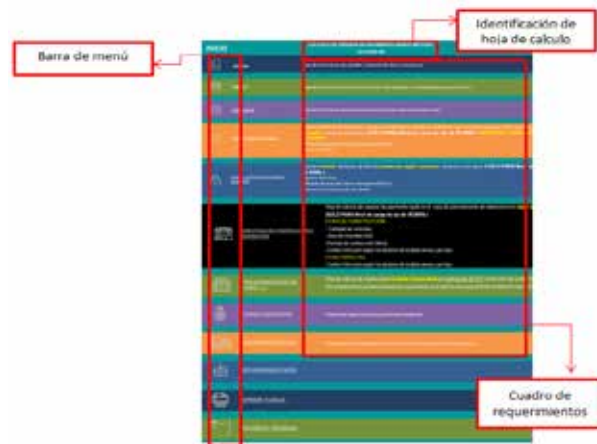


Figura 28. Ejemplo de menu principal del programa.

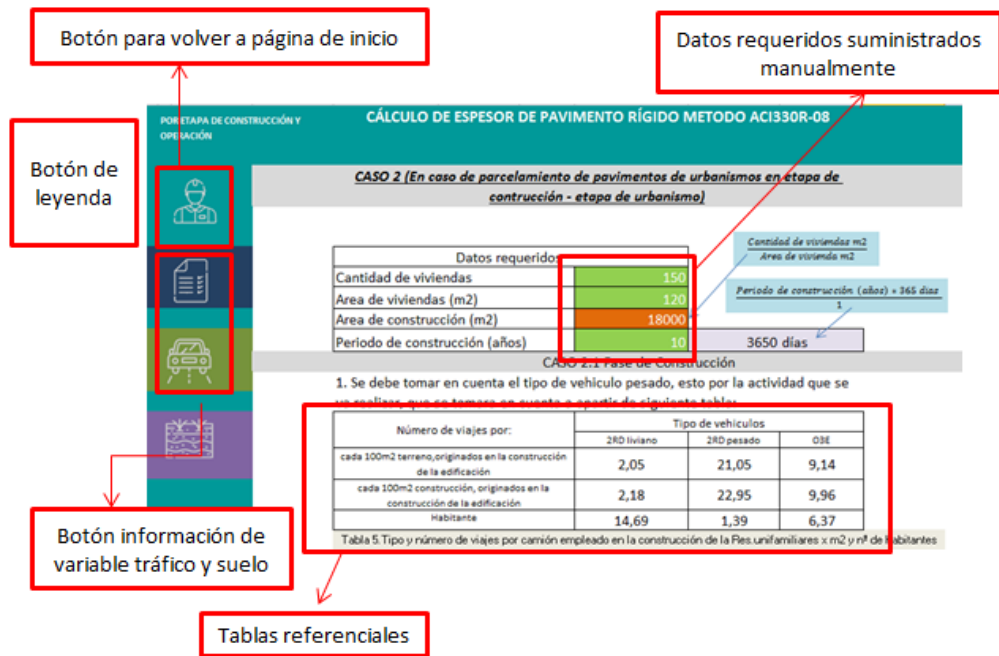


Figura 29. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 1.

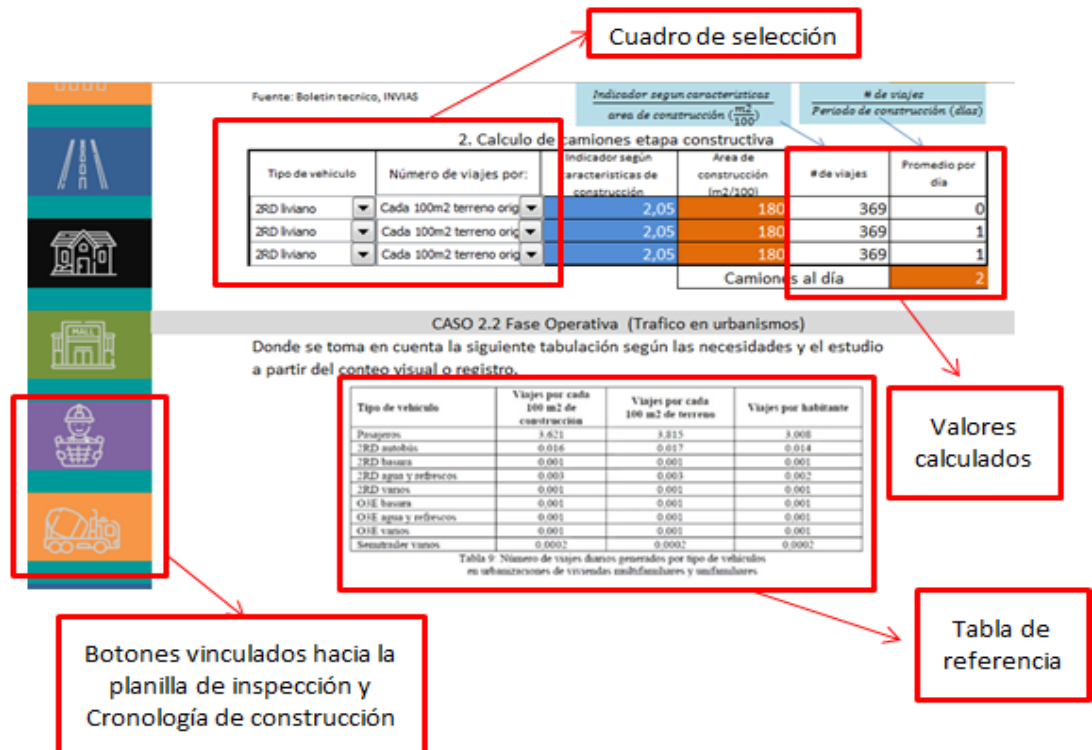


Figura 30. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 2.

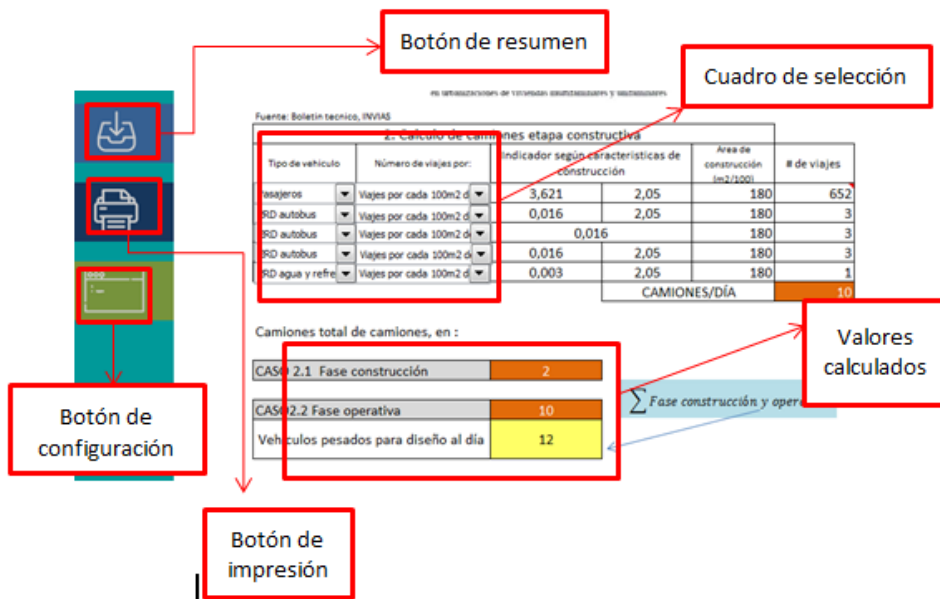


Figura 31. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 3.

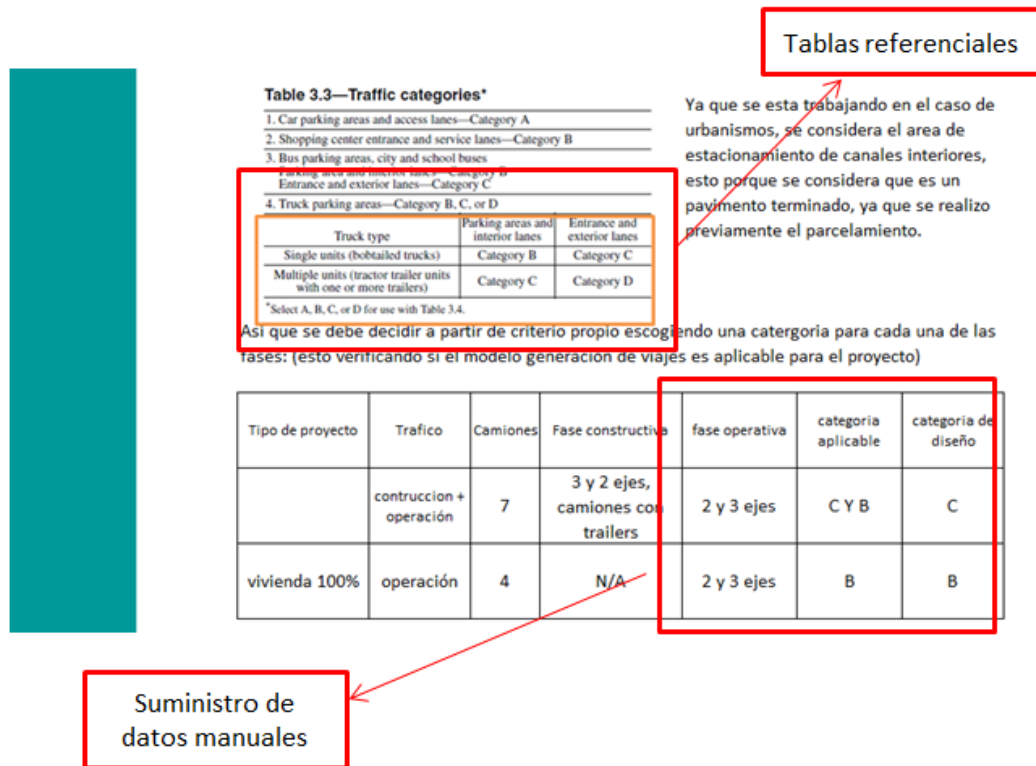


Figura 32. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 4.

CASO 3. Fase de sistema de apoyo

Al tener el tipo de tráfico definido podemos hacer la elección de que tipo de sistema de apoyo es el mas conveniente, este caso va ser de apoyo directo, el cual se base en el estudio de suelo, que se debe considerar que :

- No debe ser un material expansivo
- Debe tener un adecuado drenaje superficial

Así que en este caso tenemos una clasificación de:

1	%	pasante de tamiz#200 (FINOS)	29
Clasificación	Unificada	SM-SC	
	H.R.B	A-2-4(0)	
Limite	Liquido	21	
	Plastico	17	
Indice de plasticidad		4	

Botón vinculado con información de suelos

Anterior al tener estos datos podemos referirnos a tabla que nos da la ACI330R-08, donde podremos identificar que tipo de modulo de reacción de la Subrasante (K) es el mas adecuado y conjunto a su CBR%

Suministro de datos manuales

Figura 33. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 5.

Este es un recorte de la tabla de la ACI330R-08, donde nos hace referencia de que rangos de valores debemos tomar

Tipos	Cata	nombre	expansion	drenaje	Equipo de compactacion	Valores de diseño tipo	
						CBR	Modulo de subrasante K
Arenas y suelos arenosos	3	6	11	12	13	15	16
	SV	Arena bien graduada o grava- arenas, poco a nada finas	Casi ninguno	Ejecelente	De tipo tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho	20 a 40	200 a 400
	SP	arenas o gravas probablemente graduadas, arenas poco o nada finas	Casi ninguno	Ejecelente	De tipo tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho	10 a 40	150 a 400
	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Muy leve	Regular a mala	De tipo tractor de oruga, rodillo para de caucho, rodillo de caucho de alta humedad	15 a 40	150 a 400
	u	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Leve al medio pobre practicamente	pobres a la practicamente impermeable	Rodillo de caucho, rodillo para de cabra	10 a 20	100 a 300
	SC	Arenas arcillosas, arena-arcilla mezcla	Leve al medio pobre practicamente	pobres a la practicamente	Rodillo de caucho, rodillo para de cabra	5 a 20	100 a 300

Tabla referencial

2) Se va tomar una apoyo directo en la **Fase operativa** del proyecto por las cargas aplicadas, donde la eleccion es de:

K = 100 pci

Ya para la **fase construcción y operación**, se debe estudiar la eleccion de un sistema de apoyo compuesto subrasante + subabase, donde:

3.1) Modulo de la subrasante, es de:

K = 100 pci

Se tomo en cuenta la misma tabla referida de la ACI330R-08 de la eleccion de K, pero como es a criterio propio tomamos un valor influido entre los rangos que establece para la subrasante.

Suministro de datos manuales

Figura 34. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 6.

Datos suministrados manualmente

Con esta información tomamos la decisión de que nuestro proyecto va a ser de valores así que podemos definir que estas serán nuestras características:

Valores calculados

Tipo de proyecto	Condición	Camiones/día (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR psi (kg/cm ²)
Residencial	Etapla construcción + operativa	7	C	DIRECTO	100	600 (42)
vivienda 100%	Etapla operativa	4	B	COMPUESTO	140	600 (42)

Esta es una decisión en base de recomendaciones

Figura 35. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 7.

4.1.1 Etapa construcción + operativa

Tipo de proyecto	Condición	Camiones/día (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR psi (kg/cm ²)
Residencial	Etapla construcción + operativa	7	C	DIRECTO	100	600 (42)

Valores calculados

Tabla 3.4 - El diseño de espesor para 20 años sin dovelas (explicación conceptual de la tabla en el archivo adjunto)

Table 3.4—Twenty-year design thickness recommendations, in. (no dowels)

MOR, psi	l = 500 psi/a. (CBR = 50; R = 86)				l = 400 psi/a. (CBR = 38; R = 80)				l = 300 psi/a. (CBR = 26; R = 67)			
	650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
A (ADTT = 10)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
A (ADTT = 25)	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0
B (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0
C (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0

Figura 36. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 8.

Tabla referencial utilizando valores calculados

Tabla 3.4 - El diseño de espesor para 20 años sin dovelas (explicación conceptual de la tabla en el archivo adjunto)

Table 3.4—Twenty-year design thickness recommendations, in. (no dowels)

MOR, psi	l = 500 psi/a. (CBR = 50; R = 86)				l = 400 psi/a. (CBR = 38; R = 80)				l = 300 psi/a. (CBR = 26; R = 67)			
	650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
A (ADTT = 10)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
A (ADTT = 25)	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	5.0
B (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0
C (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0
D (ADTT = 700) ²	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

Información

- Escoger K indicado por el estudio de la Subrasante
 - Indicar el tipo de tráfico seleccionado en base al proyecto (las características lo que quiere decir que puede soportar hasta 100 camiones por día la losa seleccionada)
 - Nos colocamos en la columna donde este el valor de MOR seleccionado
 - Intersectamos el psi (K) para conseguir el espesor adecuado de losa de concreto, en un aspecto constructivo algunos lo redondea pero es decisión de criterio del diseñador.
- Valor introducido manualmente: **6.5**

Figura 37. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 9.

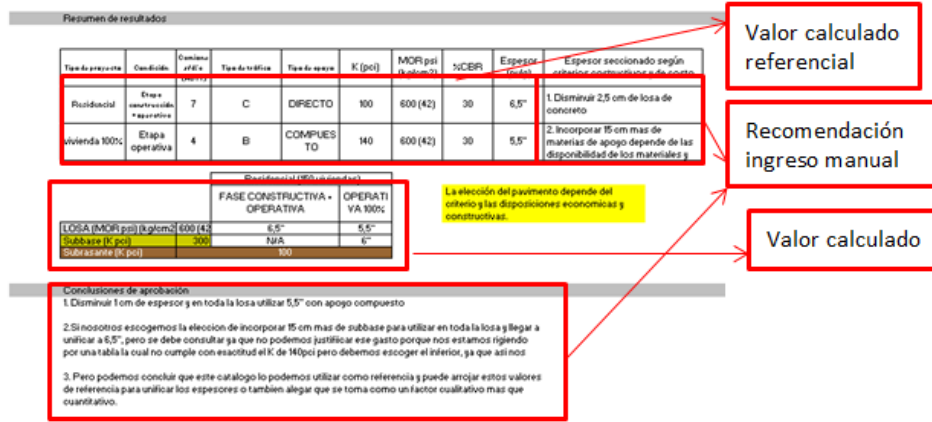


Figura 38. Ejemplo de sistema caso construcción y operación del programa 10.

Elaboración de con todo lo anteriormente expuesto, quedan cumplidos los trabajos y tareas necesarios de la fase 4 a fin de obtener y cumplir, con el objetivo específico número 4.

Fase V: Aplicar la herramienta mediante casos prácticos de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.

Bajo los conceptos de aceptación, se programaron hojas de cálculo cuya finalidad es de ayudar al diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos, según los lineamientos, parámetros y proceso constructivo descritos en este Trabajo Especial de Grado, quedan cumplidos los trabajos y tareas necesarios de la fase 5 a fin de obtener y cumplir, con el objetivo específico número 5.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este material está orientado al diseño, ejecución e inspección de pavimentos rígidos, basado en método de la ACI330 (American Concrete Institute), para determinación de los espesores de losas que sean apropiados para soportar las cargas de tráfico en los estacionamientos comerciales y residenciales de concreto.

Al haber realizado la investigación teórica y la metodología del mismo, es pertinente presentar el registro de los resultados obtenidos producto del desarrollo de cada fase definida durante el análisis metodológico del trabajo especial de grado.

4.1 Describir los parámetros y lineamientos técnicos, que intervienen en el diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos

Para abordar la metodología adecuada para el cálculo de espesor de pavimentos rígidos simples, se debe considerar antes de iniciar a calcular donde se hace referencia al **Apendice 1**, antes de aplicar los lineamientos necesarios para el diseño de espesor de pavimento rígido simple.

Lo que respecta al cálculo de espesor de pavimento se debe considerar de primera instancia las siguientes variables:

4.1.1 Método por cargas de tráfico

4.1.2 Método de selección adecuado mediante del tipo de apoyo subrasante

4.1.3 Método de elección basado en la resistencia del concreto (basado en la resistencia a flexión).

Estas tres variables son las que nos van a definir la elección adecuada con respecto a la demanda que tengamos y la adecuada comprensión de estas tendremos una suposición de espesor de pavimento rígido más adecuada para la necesidad que sea demandada.

4.1.1 Método por cargas de tráfico

Es una variable fundamental para el diseño de espesor del pavimento, ya que esta es una carga variable, pero predecible, cargas vehiculares a lo largo de su vida útil, en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado

número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 kN o 18 kips, por lo que se les denominará “Equivalent Simple Axial Load” o “ESAL” (ejes equivalentes).

ESAL es el número de repeticiones de ejes estándares equivalentes que depende de distintos factores:

1. El espesor de pavimento rígido adaptado al cálculo del ESAL'S
2. La carga de diseño (en este caso siempre será de ejes simples de 18 kips)
3. Elección del tipo factor que cumpla con las necesidades o datos que podamos obtener ya sea por ejes equivalentes o por ESAL'S.

4. Se debe tener en cuenta el conocimiento del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) un indicador muy valioso de la cantidad de vehículos de diferentes tipos (livianos y pesados) y funciones (transporte de personas y de mercancías), que se sirve de la carretera existente como su tránsito normal y que continuará haciendo uso de dicha carretera una vez sea mejorada o ampliada.

Se debe tener en cuenta que la diferencia de las factor equivalente de cargas es solo aplicable a un solo eje y los ESAL'S es la suma de los factores de los ejes que consta de vehículo tipo.

La ACI330R-08, proporciona las Tablas 3.3 y 3.4 se han preparado para facilitar la selección de un espesor del pavimento adecuado para los tipos de tráfico y las condiciones del suelo se encuentran más frecuentemente en los estacionamientos, donde estas tratan el contenido, como:

- La Tabla 3.3 enumera cuatro categorías de tráfico diferentes que van desde automóviles de pasajeros y camiones ligeros a los camiones pesados.
- Tabla 3.4 da recomienda espesores de pavimento para números grandes y pequeños de camiones por día en cuatro categorías de tráfico diferentes y seis categorías diferentes de soporte de sub-base, que van desde muy alto a bajo.

Para una mayor comprensión se demostró algunos ejemplos, en la sección de “Por etapa de construcción y operación” y “Por estimación de PDT para C.C” (basado en la bibliografía de

Jornadas de Vialidad y Transporte, Valencia, 1998 de Corredor, G, para lograr sacar un PDT adecuado para Venezuela), lo cual dio como resultado un software, realizado en el programa Microsoft Excel, abarcando distintas fases de este trabajo de grado.

4.1.2 Método de selección adecuado mediante del tipo de apoyo subrasante

Es la superficie subyacente del suelo sobre el cual se construye el pavimento del estacionamiento. La capacidad del suelo sub-base esta debe ser de manera uniforme ya que afecta tanto el espesor como el rendimiento del pavimento.

La identificación de suelo y las propiedades, deben regirse bajo la clasificación del sistema estandarizado tales como es el AASHTO, donde se debe considerar:

- El sistema de clasificación son el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (PI), que son pruebas físicas para distinguir entre limos y arcillas La relación de humedad densidad.
- Características de expansión.
- La susceptibilidad de bombeo

La capacidad de soporte relativa expresada en términos de coeficiente de balastro K, CBR y el valor de resistencia R, o SSV debe ser determinado.

Clasificación más comúnmente utilizada es UnifiedSystem regida por la norma ASTM D2487.

Sistema de clasificación de granos del suelo	
Grano grueso	Si más de 50% del suelo es retenido en el tamiz No. 200 (0,075 mm)
Grano fino	Si más del 50% de la tierra pasa el tamiz No. 200 (0,075 mm)
Identificación de los dos grupos más grandes	
Materiales granulares	Contienen 35% o menos, pasando el No. 200 (0,075 mm) tamiz de malla
Materiales de arcilla y arcilla-limo	Contienen más de 35% de pasar el No. 200 (0,075 mm) tamiz de malla

Tabla 2. Sistema de clasificación de granos de suelo

:

Consideraciones

- Los suelos de grano grueso, que generalmente proporcionan excelentes explanadas, son los ideales para la construcción de estacionamientos.

- Varios materiales de cemento se pueden utilizar para mejorar o estabilizar material de sub-base existente, en muchos casos la producción de una subbase fuerte, estable con una mejora significativa de la tierra de k valor.
- Los suelos más desfavorables son tipos de suelos expansivos y los mecanismos que causan el cambio de volumen del suelo, que estos son los que se nos presentan con más frecuencia, así que se debe tomar en cuenta:

En el sistema unificado de clasificación de suelos, estos suelos se clasifican como CH, MH, o OH.

Cuando se cree suelos altamente expansivas de estar presente, las pruebas de suelo adicionales deben ser utilizados para definir mejor los cambios de volumen esperados y movimiento pavimento posterior.

La hinchazón puede ser controlado mediante la colocación de los suelos más expansivos en las partes inferiores de terraplenes y por la cruz-acarreo o la importación de suelos menos expansivos para formar la parte superior de la sub-base.

Clasificación selectiva puede crear condiciones razonablemente uniforme del suelo en la sub-base superior y ayudará a asegurar transiciones graduales entre los suelos con diferentes propiedades de cambio de volumen.

Es recomendable hacer cortes profundos y hacerlo con suficiente antelación en suelos altamente expansivos, una gran cantidad de expansión puede ocurrir lentamente debido a la retirada de la carga de pago natural y la absorción de humedad adicional.

Los cambios de volumen del suelo también pueden reducirse mediante controles de humedad y densidad adecuadas durante la compactación sub-base.

Es muy importante para compactar suelo altamente expansivo en 1 a 3% por encima de contenido de humedad óptimo, ya que los que están compactados ligeramente tienen mayores puntos fuertes después de la humectación y absorber menos agua.

- En áreas prolongadas de tiempo seco, explanada altamente expansivas puede recurrir una capa cubierta de cambios de suelo, que ayudara a minimizar los cambios de contenido de humedad.
- Una capa de bajo volumen de cambio de baja a moderada permeabilidad suele ser más eficaz y menos costosa que suelo permeable, granular.
- Los materiales de sub-base-gradación abierta altamente permeable no se recomiendan como cubierta para suelos expansivos porque permiten más humedad para llegar a la sub-base.
- El barro de bombeo se presenta mayormente en suelo de granos finos y el agua en las articulaciones de las losas, grietas y en los bordes del pavimento, que es causada por la deflexión frecuente de bordes de la losa por cargas de ruedas pesadas, pero en los estacionamientos no son susceptibles ya que por lo general sus velocidades son bajas.
- Para controlar el soporte y uniformidad del suelo, se utilizan los siguientes métodos:
 - El control de la humedad de la sub-base, ya sea en el proceso de compactación ya sea de natural a la ubicación o de material de arrastre.
 - En el grano fino (limos o arcillas) la variación típica es de menos de 3%.
 - Otra opción de raspar el material hasta una profundidad de 4 a 5 pulgadas (100 a 150 mm), así se ajusta el contenido de humedad y recompactación a una unidad mucho más uniforme y su densidad.
- Los métodos correctivos para la humedad son:
 - Aireación del suelo.
 - Mezclado en suelo seco.
 - El riego.
 - Perfilado de uniforme, donde se debe considerar el mismo número de pasadas en cada área de la sub-base con el equipo de compactación, donde se busca obtener un más o menos un 5% de la densidad.
- La roca solida no es un material deseable cuando está directamente expuesta a la base de pavimento, así que se recomienda elevar la cota de la subrasante para evitar

la roca, si no es posible se de retirar a una profundidad de 6 pulgadas (150mm) por debajo de la sub-base y se reemplaza con suelo compactado.

Para una mayor comprensión se demostró algunos ejemplos, en la sección de “Por estudio de suelos”, lo cual dio como resultado un software, realizado en el programa Microsoft Excel, abarcando distintas fases de este trabajo de grado.

4.1.3 Método de elección basado en la resistencia del concreto (basado en la resistencia a flexión).

La mezclas de concreto para el pavimento deben ser diseñados para producir la resistencia a la flexión requerido, proporcionar una durabilidad adecuada, y tienen la trabajabilidad adecuada teniendo en cuenta la colocación y equipos de acabado para ser utilizado.

Las cargas aplicadas a pavimento de hormigón producen tantas tensiones de compresión y de flexión en la losa; sin embargo, tensiones de flexión son más críticos porque cargas pesadas inducirán tensiones de flexión que pueden ser un porcentaje significativo de la resistencia a la flexión de hormigón, mientras que los esfuerzos de compresión siguen siendo pequeñas en relación con la resistencia a la compresión del hormigón.

En consecuencia, resistencia a la flexión o módulo de rotura (MOR) del hormigón se utiliza en el diseño del pavimento para determinar el espesor requerido.

Mientras que el diseño de pavimentos se basa generalmente en resistencia a la flexión del concreto, las pruebas de resistencia a la compresión se utiliza normalmente para el control de calidad en el campo, y se prefiere porque es menos costosa, con menos variabilidad pruebas inducida.

Al comprender la correlación entre la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión para una mezcla de concreto. En otros proyectos, especialmente aquellos que se acomoda a poco el tráfico de camiones o donde la mezcla de cargas de tráfico puede no ser bien conocida, puede ser más práctico para asumir un aproximado, pero conservador, relación entre resistencia a la compresión F_c y resistencia a la flexión MOR (se refiere a la Ec. (3-1) y (3-2)).

Donde el principio generalmente aceptado en dosificadora mezcla de hormigón que el tipo de agregado grueso tiene una mayor influencia en la resistencia a la flexión que en la resistencia a la compresión, y que los agregados gruesos de superficie áspera y de forma

angular en general, proporcionar mayores márgenes de flexión fortalezas como en comparación con agregados gruesos textura suave y canto rodado.

$$\begin{aligned} MOR(\text{psi}) &= 8\sqrt{f'c}(\text{in lb}) \\ MOR(\text{MPa}) &= 0,7\sqrt{f'c}(\text{SI}) \end{aligned} \quad (3-1)$$

Figura 39. Ecuaciones de resistencia a la Flexión MOR para canto rodado y de textura lisa

(Fuente: ACI330R-08)

$$\begin{aligned} MOR(\text{psi}) &= 10\sqrt{f'c}(\text{in lb}) \\ MOR(\text{MPa}) &= 0,8\sqrt{f'c}(\text{SI}) \end{aligned} \quad (3-2)$$

Figura 40. Ecuaciones de resistencia a la Flexión MOR para piedra angular y de textura puntiaguda

(Fuente: ACI330R-08)

Estas ecuaciones arrojan valores de MOR menores para agregados gruesos, donde se consideran conservador y en el caso de arrojar de valores de MOR altos como producidos en la ecuación (3-2) Figura 40., se debe tener cuidado porque dará como resultado que la sección del pavimento tienda a ser mucho más delgada.

Las bases para diseños de espesores en pavimentos de hormigón se basan en estudios de laboratorio, pruebas en carretera, y encuestas de comportamiento del pavimento procedimientos:

- Desarrollado a partir de datos obtenidos en la prueba de carretera AASHO (HighwayResearchBoard 1962).
- Métodos basados en tensiones calculadas y resistencia a la fatiga, tales como la Asociación de Cemento Portland diseño de procedimientos (Portland 1984a CementAssociation, b).
- Los procedimientos de diseño diferentes generalmente dan espesores similares. Huang (2004), sin embargo, observarse que los valores de método AASHTO son poco conservador para pavimentos de trata ligeramente, y producen resultados menos razonables que los métodos Portland CementAssociation.

- Los métodos de diseño mencionados anteriormente se pueden utilizar para pavimentos lisos o reforzados porque la presencia o la falta de refuerzo de acero distribuido no tiene ningún efecto útil de la capacidad o el espesor de transporte de carga, diseño de la unión, sin embargo, se ve afectada por la presencia.

Al tener una esquematización de para cada una de las áreas como es:

Parámetros de diseño, construcción he inspección de pavimentos rígidos			
Variables	Criterios	Indicador	valor
Transito	Conteo vehicular	Bajo volumen de transito ejes simples c/u	18 kips o 18000 lbs
		Promedio de PDT	0 - 1000
		% de repeticiones admisibles	70%
		número de repeticiones admisibles	> 1.000.000
		Factor por número de viajes por m2 de terreno original	Ir a la tabla
		Factor por tipo de vehículos y viajes por cada construcción	Ir a la tabla
		Factor por conteo de frecuencia de ocurrencia de las Horas-Pico	Ir a la tabla
		% de resistencia de fatiga aceptable	125%
		Número de camiones por día clasificación B o C	200-800
		Número de camiones por día clasificación D o E	<200
			Tiempo de duración
Suelos	Elección de suelo para sistema de apoyo	Sistema de apoyo ideal, siempre que la porción fina, o sea la arcilla, no sea de alta plasticidad	GW, GW, SW, SM, M L, e incluso SC
		Suelos los cuales se estudian la posibilidad de mejoramiento, cuando su límite liquido esta entre 50%-100%, con el fin de reducirlo	C L, MH, CH, CL-ML
		Suelos los cuales están desechados para ser candidato de sistema de apoyo, ya que poseen un LL de 100%	MH, CH y OH

--	--	--	--

Variables	Criterios	Indicador	valor
Suelos	Cuando se tiene requerimiento de elevación de terraplén	Limite Liquido (%)	>60%
		nunca deberán ser empleados como capa subrasante o de apoyo	OH
		Recomendados por la AASHTO para utilizar	A-4, A-5, A-6 y A-7
		Siempre rechazar	A-8
		cuando el terreno natural está constituido por materiales arcillosos, arenas arcillosas y materiales muy plásticos, se recomienda siempre colocar un material de sub-base	10 cm
	Cuando se requiere una SUB-BASE	Limite liquido	25 % Máx.
		Índice de plasticidad	6 % Máx.
		Desgaste Los Angeles (porción g gruesa)	40 % Máx.
		Contracción Lineal	4.0 % máx.
		Equivalente de arena	25 mín
		Valor Relativo Soporte	
		Menos de 500 vehículos pesados por día	50 % Mín.
		Más de 500 vehículos pesados por día	60 % Mín.
	Elección ideal para K adecuado en una condición de apoyo directo	Suelos pasantes del tamiz #200	> 45%
		índice de plasticidad	> 6
		Módulo de reacción de la subrasante (K) (pci)	
		Suelo de grano fino en el cual el tamaño de las partículas de limo y arcilla predominan SOPORTE BAJO	75-100 pci

		Arenas y mezclas de arena con gravas, con una cantidad considerable de limo y arcilla SOPORTE MEDIO	130-70 pci
		Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos SOPORTE ALTO	180-220 pci

Variables	Criteriaos	Indicador	valor	
Elección ideal para K adecuado en una condición de apoyo directo	Terminación de borde libre	Subbase tratada con cemento SOPORTE MUY ALTO	250-40 pci	
		Características del terraplén (debe ser una características a considerar importante ya que a pesar de poseer el mejor este no podrá soportar las cargas aplicadas sobre esta y causando fallas y agrietamientos sobre el pavimento rígido)	Uniforme	
	consideracion es cuando tenemos sistema de apoyos compuestos	Quando poseen CBR%		2%-20%
		Espesores min para base granulares por razones constructivas		
		Base granular		10 cm
		Sub-base granular		10 cm
		Suelo -Cemento		15 cm
		Espesor máximo para un módulo reacción aceptable		30 cm
		Materiales de preferencia para sub-base, donde debe ser mayor que la subrasante con CBR%		20%-60%
		Se debe preferir materiales de calidad promedio para lograr el objetivo de uniformidad		
Concreto	Módulo de rotura del concreto (MOR) (psi)	Vías urbanas principales	45 kg/cm ² o 640,1 psi	
		Vías urbanas secundarias	42 kg/cm ² o 597,4 psi	
		Recomendado	42 kg/cm ² o 600 psi	
		Agregados para la resistencia a compresión f _c		
		Agregados con canto redondeados	Son menos eficientes	

		Agregados triturados	Son muchos más eficientes
Sistemas de transferencia	Trabazón de agregados	Cuando se utiliza agregado de canto rodado es poco irregular no es capaz de compartir la transferencia de carga	
	Barras de transferencia /Dovelas	NO APLICA	

Variables	Criterios	Indicador	valor		
Dimensiones de losas	Espesor	Espesor mínimo de espesor de pavimento rígido, sin barra de transferencia, con soporte lateral, según PCA	4"		
	Ancho de pavimento	<4,5 m			
	Juntas	Tamaño de los paños - Mientras los paños sean más grandes estos tienden a deformarse y aparecer el agrietamiento - Si los paños son más pequeños se comportan de una mejor manera a la deformaciones por la flexión	<u>longitud del largo (eje x)</u> longitud del ancho (eje y) =< 25% de su ancho (Es decir 1,4)		
		Juntas longitudinal	Son paralelas a dirección del sentido de la vía		
		Juntas transversales	Están perpendiculares a dirección del sentido de la vía		
		Espaciamiento entre juntas (debe ser 30 veces el espesor del pavimento rígido) este se aplica entre cualquier junta			
		Espesor de 4"y 4,5"		máximo 3 m	
		Espesor de 5" y 5,5"		máximo 3,8 m	

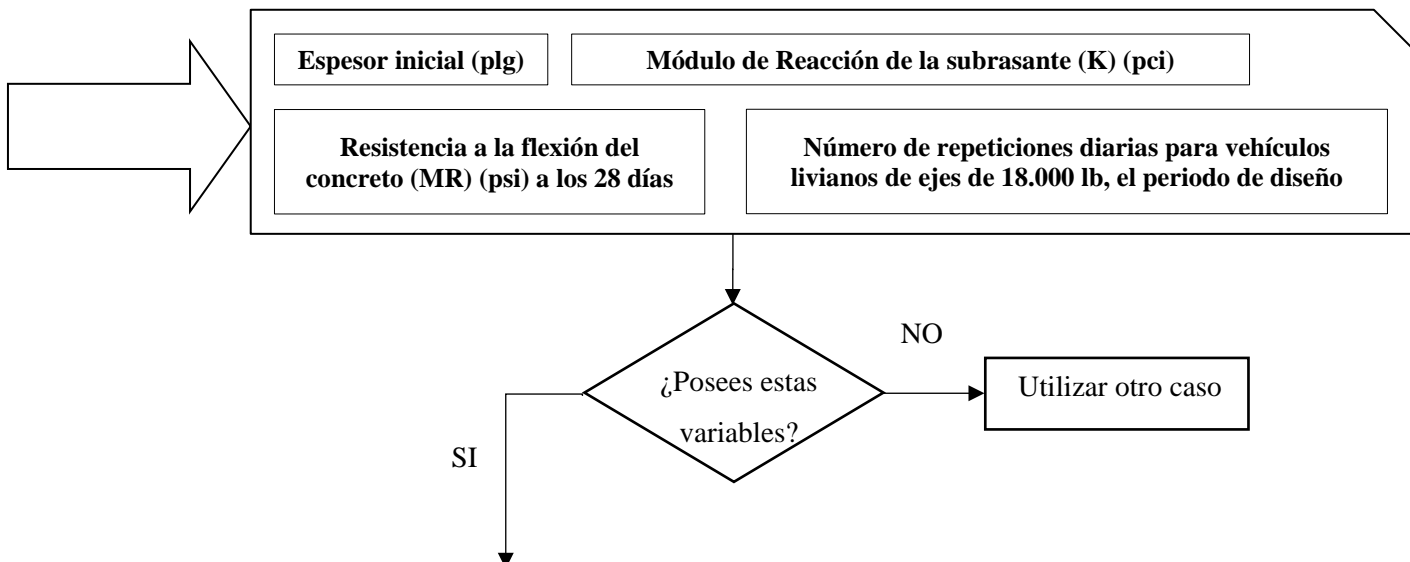
	Esesor de 6" o mayores	máximo 4,5 m
	Grieta inducida = Corte de la junta	
	Profundidad corte anticipado (en losas de 9 pulgadas o menos espesor)	1/3 o 1/4 del espesor
	Ancho de corte	1/10 a 1/8 pulg
Vaciado de pavimento de concreto	Tipo de vaciado	vaciado por franjas
	Corte de vaciado	Se debe colocar encofrado y colocar barras de transferencia con un diámetro de 1/8 del espesor
Terminación de borde libre	Barras de amarre en la junta longitudinal (son los encargados de evitar que se desplacen, son las que están expuesta a borde libre)	barra estriada y esta depende de la longitud según la posición de la junta hasta el borde libre

Cuadro 1. Parámetros generales de diseño, construcción inspección de pavimentos rígidos

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

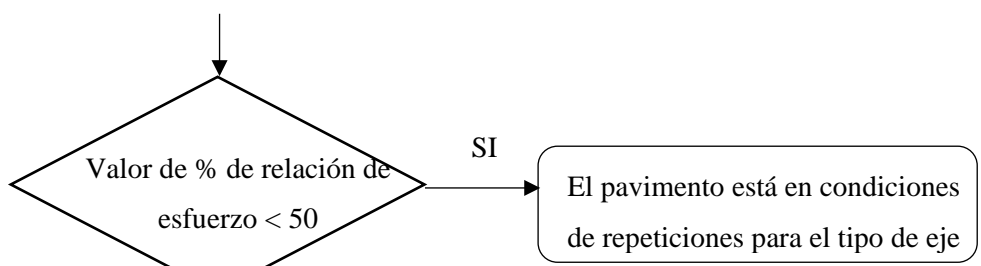
Con este cuadro de parámetros tiene la función de identificar de manera precisa y resumida las consideraciones mínimas que hay que tener en cuenta para obtener una pavimento rígido simple para estacionamientos comerciales y residenciales adecuado.

4.2. Organizar las metodologías y procedimientos de diseño y construcción para pavimentos rígidos

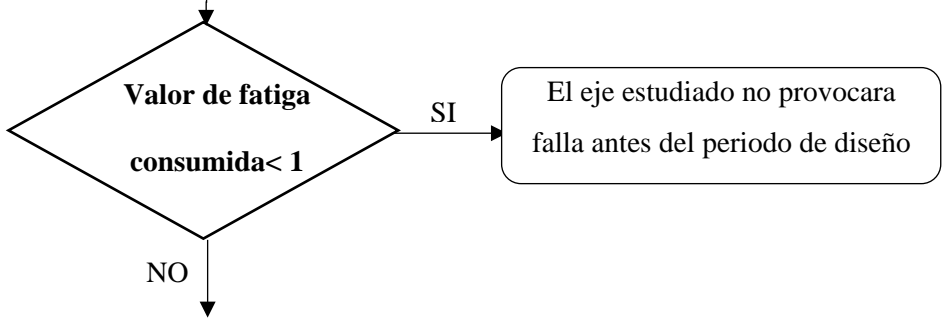


**% de relación de esfuerzo
(Monograma)**
Ver: Cap. 4 –Anexo 2. FiguraA.1

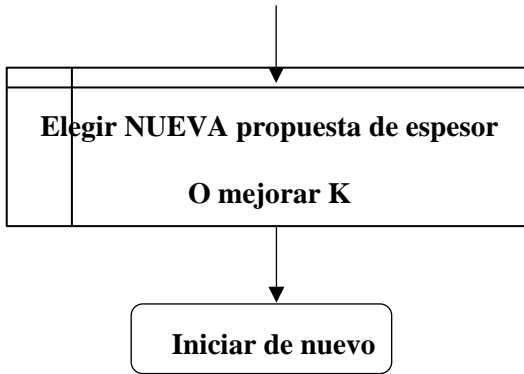
Continúa



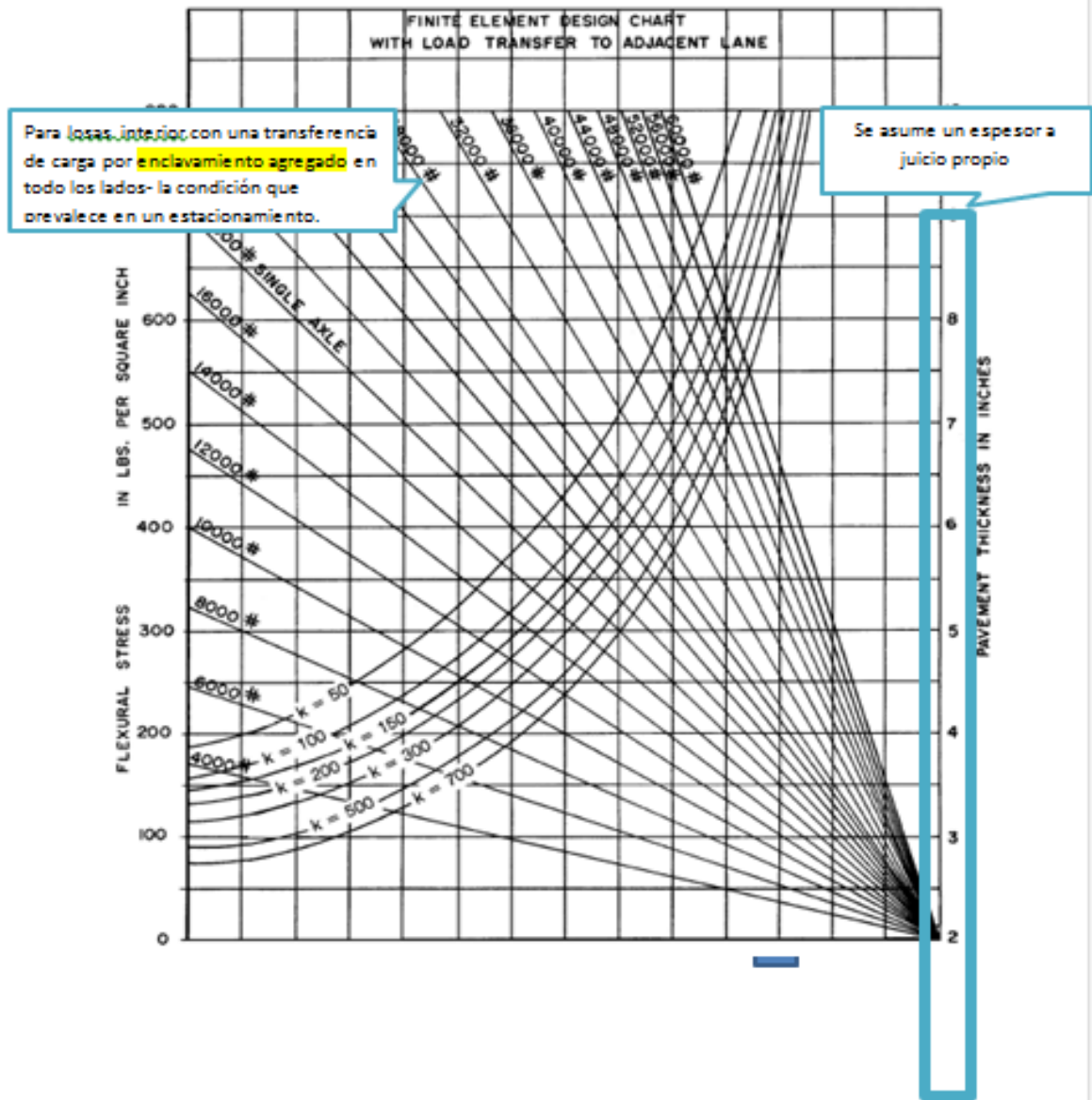
Valor de repeticiones admisibles
Ver: Cap. 4 – Anexo 2. FiguraA.3



Provocara de falla antes del periodo de diseño



Explicación y procedimiento de uso de Figuras:



- La Fig A.1. Es un monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi) en la losa de espesor dado en (in). En sub-base de dado k

Fig 41. Fig. A.1 Monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi)

Fuente: ACI330R-08

Para determinar el espesor requerido es basado en un método iterativo, donde:

Los factores que se deben tomar en cuenta son los comentados en la Fig.A.1

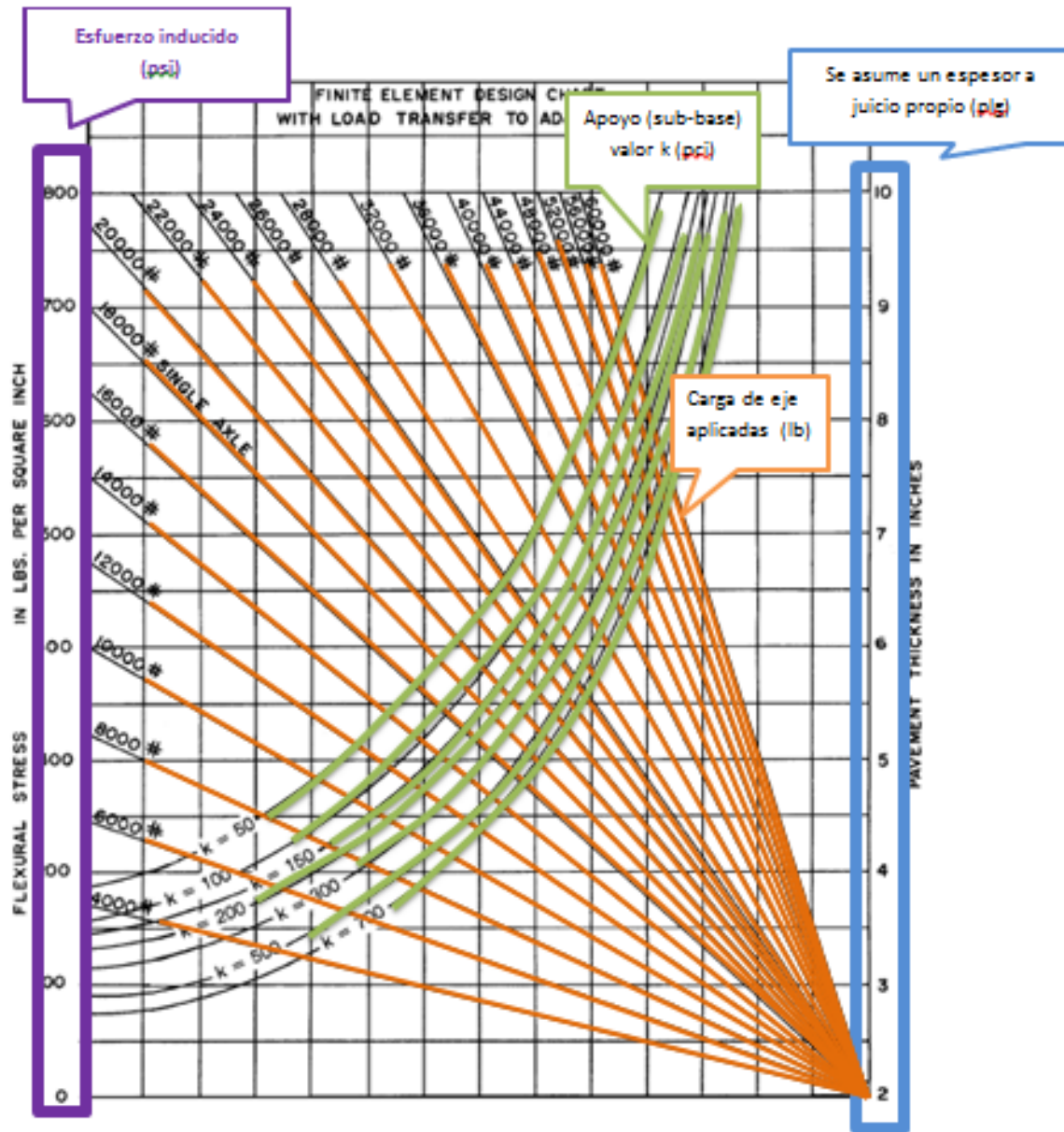


Fig42. Fig. A.1 Monograma para la estimación de esfuerzos de flexión (psi) 2

Fuente: ACI330R-08

El procedimiento para el diseño de espesor para pavimentos rígidos en el chequeo de pavimentos existentes o no.

1. Podemos comenzar por el valor del **nivel de carga 18000lbs**(que en nuestro caso de estudio es tabulado para ejes sencillos, tomando en cuenta presencia de camiones 2RD)
- Seguimos el procedimiento numérico que esta comentado en la Figura A.1, donde marcamos la línea diagonal

$$\% \text{ Valor esfuerzo} = \frac{\text{Esfuerzo inducido}}{\text{MOR}} = \frac{400 \text{ psi}}{600 \text{ psi}} = 0,66666 * 100 = 66,6667\%$$

Dividiendo la tensión inducida por el MOR del concreto para ser utilizado en el diseño candidato (en este caso siguiendo con el ejemplo se tomo de 600 psi)

Al obtener el porcentaje de relacion de esfuerzo el cual **no debe superar el 50%**, ya que esto quiere decir que el pavimento está en condiciones de repeticiones limitadas para el tipo de eje que se está evaluando.

El resultado de nuestro ejemplo da un porcentaje mayor a 50% asi que se deben estimar las repeticiones admisibles antes de fallar, utilizando la Fig44.Fig A.3 Grafica de relación de fatiga del concreto, donde se utiliza:

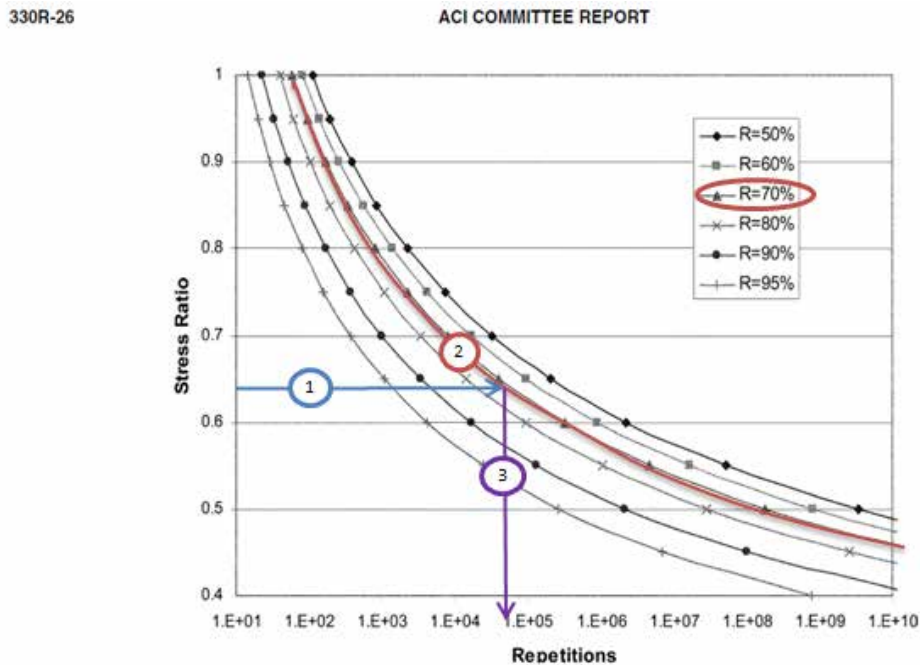
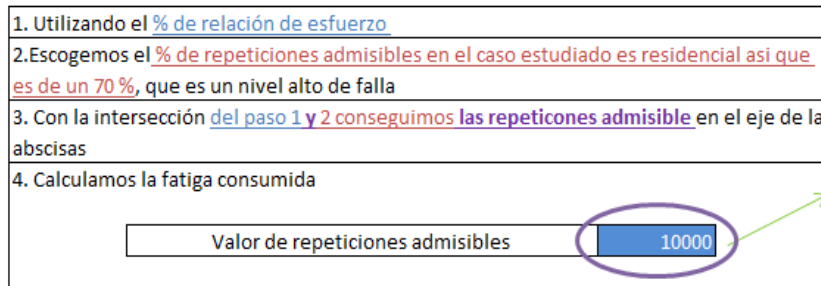


Fig44. Fig. A.3 Grafica relación de fatiga del concreto

Fuente: Apéndice A. ACI330R-08



Es un valor que se introduce manualmente por estimación de la curva

Luego se debe, calcular el porcentaje de la capacidad de fatiga losa que se ha utilizado

$$\text{Fatiga consumida} = \frac{\text{Repeticiones reales}}{\text{repeticiones admisibles}} = \frac{15060}{10000} = 1,506$$

Este proceso se repite para todos los niveles de carga anticipadas, y se totaliza la cantidad de resistencia a la fatiga que se ha utilizado.

Si este valor nos da mayor que "1", nos dice que el eje estudiado provocara falla antes de llegar al periodo de diseño, quiere decir que consume mas del 100%

La ACI330R-08, considera que tiene espesor satisfactorio si se utiliza menos de 125% de la fatiga, entonces la fatiga total puede ser superior al 100% debido a que el hormigón continuará ganando fuerza más allá de la resistencia de diseño.

Las recomendaciones para casos que exceda, son:

- Se debería cambiar el espesor a sugerir

Estos diagramas de flujo señalan los procedimientos para el cálculo de para la revisión, diseño de espesor con distintas variables, así que de tratarse del procedimiento necesario para la construcción se creó el “El manual de construcción para pavimentos rígidos simples”, que se encuentra en **Apendice 2** que integra este trabajo de grado.

4.3 Diseñar una planilla de inspección visual, para la evaluación cualitativa de los pavimentos rígidos.

El propósito de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de área afectada en la vía, estableciendo el tipo de daños que se presenta, su extensión y severidad, factores que ayudan a interpretar las posibles causas de los deterioros o de programar actividades de campo y/o laboratorio para estudiar dichas causas, y así establecer las alternativas de reparación más adecuadas y contrarrestar los factores que generan estos daños.

Por ello se ha diseñado un registro de daño en el campo, donde se registra la información sobre cada patología, donde se evalúa tipo, severidad, longitud y ancho. Así que el formato está compuesto por 6 partes

DESCRIPCION DEL FORMATO

GUIA DE FORMATO DE CAPTURA DE INFORMACIÓN, primera Página, donde está dividida en 6 secciones la cual se explicara cada una de ellas, a continuación se encuentra una planilla en blanco donde están identificados cada una de las secciones y su proceso de llenado.

Para la utilización de esta planilla correctamente se debe seguir los lineamientos y metodología ideada para esta, donde:

1. Se debe tener el dominio de la del comportamiento del pavimento de concreto y de los daños que son causados por distintas causas mencionadas en el Capítulo II, sección 2.2.12 de este trabajo de grado.

2. Tener toda la información de proceso constructivo, que responda las siguientes interrogantes:

¿Posee algún mecanismo de refuerzo, ya sea dovelas o malla?

¿Cómo fue vaciado los paños de concreto?

A partir de estas preguntas podremos descartar u optar, por usar la planilla de inspección propuesta, donde es necesario tener al momento de la inspección un metro, cinta corrida y una tiza o lápiz (esto con el fin de ir marcando el Punto de referencia)

Dicho esto se procede a la explicación de estructura de la planilla:

SECCIÓN 1. Información general de la vía, nombre del estado y parroquia, Calle/avenida, nombre del C.C o Urb. Y adicionalmente fecha de inspección (dd/mm/aa), # de contrato, nombre del inspector y # de hoja.

SECCIÓN 2.

2.1. Columna de "Progresiva", donde se registra empezando con el PR inicial (0+000) y continuamos el registro de forma ascendente en la columna y se recalca que solamente estarán registradas las placas que presenten daños.

2.3. Columna de "Nº Placa", está dividida por 2 casillas
 1. "#", hace referencia al número asignado a la losa que presenta deterioro a lo largo de la columna de las progresivas
 2. "LETRA", está relacionada con la cantidad de filas de losas que se encuentra en el ancho de la calzada.

2.4. Dimensión, el largo medido en metros en sentido ascendente de la progresiva, únicamente anotar cuando se presenta cambio de dimensiones

2.5. Tipo, donde esta resumida en la **tabla**

2.6. Daño, esta casilla se reportan las dimensiones del daño en metros de acuerdo con su forma de medición (largo y ancho o solo largo, según la definición de la **tabla**, donde se reporte cantidad de daños, se debe aclarar en datos

2.7. Reparación, donde se especifica según las variables el largo-ancho, cuando sea necesario

SECCIÓN 3. Ubicación, donde es una casilla dividida por una diagonal en la cual se puede colocar que lado se encuentra el daño

Sección 4. Fotografía, donde se tiene un registro numérico de un plano de planta y panorámico, junto a datos extras.

SECCIÓN 5. Observaciones, donde se coloca todos los detalles de ubicación y punto de referencia o características especiales.

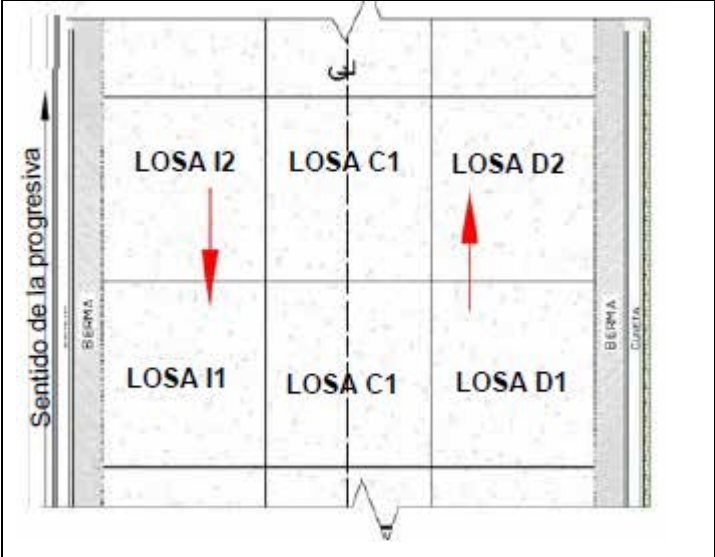
SECCIÓN 6. Geometría de vía, donde se debe anotar:
 -Número de calzadas.
 -Número de carriles por calzada.
 -Punto de referencia inicial (PR inicial)
 -Punto de referencia final (PR final)
 -Ancho de berma
 -Espesor de losa

Figura 45. Partes de la planilla de inspección

(Fuente: Y. Apóstol, (2019)

La asignación de la letra se hará de izquierda a derecha y deberá ser consistente en toda la evaluación y en el caso de presenta irregularidad, ejemplo:

	<p>NOMENCLATURA DE NUMERACIÓN DE LOSAS</p> <p>Donde están conformadas por dos filas de losas en dos carriles, donde la nomenclatura será la siguiente:</p> <p>I1: Carril izquierdo D1: Carril derecho</p>
	<p>CUANDO POSEE CAMBIOS DE GEOMETRIA</p> <p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Intersección de pozos o alcantarillas. - Terminación de carril. - Inicio o final de intersección. <p>Dónde:</p> <p>I1: Carril izquierdo, 1º fila de losas evaluadas. D1: Carril derecho, 1º fila de losas evaluadas. I2: Carril izquierdo, 2º fila losas evaluadas. D2: Carril derecho, 2º fila losas evaluadas. IR2: Irregularidad intersección de final 1 y 2 , se debe tomar losa</p>

	evaluada siguiente, perteneciente a la fila 2 (IR2)
	<p>CUANDO SE TIENE VIAS DE MAYOR NUMERO</p> <p>Se debe evaluar la calzada independientemente, donde se expone un ejemplo de doble calzada, el cual se mantiene la nomenclatura anterior, pero agregándole un carril central (C1).</p>

Cuadro 2. Identificación de nomenclatura de losas

(Fuente: Y. Apóstol, (2019)

Segunda Pagina, este es una página anexa a la planilla donde es un material de apoyo, el cual se encuentra una Tabla xx , donde de una manera resumida y practica de los deterioros más comunes que están expuestas en los pavimentos rígidos, donde están agrupados por clases

No	Tipo de Daño (unidad de medida)	SIMBOLO	Baja
GRIETA Y AGRIETAMIENTOS			
1	Grietas longitudinales (m)	GL	a=3mm
2	Grietas transversales (m)	GT	a=3mm
3	Grietas de esquina (m)	GE	a=3mm
4	Grietas en los extremos de los pasadores (m)	GP	a=3mm
5	Grietas en pozos y sumideros (m)	GA	<3mm
JUNTAS			
6	Separación de juntas (m)	SJ	<3mm
7	Deficiencia de sellado (m)	DST – DSL	L= 0,5m
DETERIOROS SUPEFICIAL			

8	Desportillamiento (m)	DPT – DPL	a<5cm
9	Pulimento (m2)	PU	Fácilmente perceptible
10	Desintegración (m2)	DI	
11	Cabezas duras (m2)	CD	
12	Escalonamiento de juntas (unidad)	EJ	H< 6mm
13	Levantamiento localizado (m)	LET -- LEL	H< 5mm
14	Parches (m2)	PCHA --PCHC	Bueno
15	Hundimiento o asentamiento (unidad)	HU	No genera molestia (o rebote) al conductor
OTROS DAÑOS			
16	Fisuramiento por retracción (tipo malla) (m2)	FR	Sin descascarar
17	Fisuras ligeras de aparición temprano (m2)	FT	Sin descascarar
18	Fisuración por durabilidad (m2)	FD	
19	Bombeo (m)	BOT -- BOL	El agua se expulsa sin arrastrar finos
20	Ondulaciones (m2)	ON	Genera un rebote leve al vehículo
DAÑOS EN BERMAS			
21	Descenso de la berma (m)	DB	H<10mm
22	Separación entre berma y pavimento(m)	SB	Abertura<3mm

Tabla 3. Identificación de nomenclatura de grietas

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Fotografías del daño de pavimentos



Fig.46 Foto 1. Grieta esquina-
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Figura 47. Foto 2. Grieta longitudinal – GL
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 48. Foto 3. Grieta transversal-GT
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 49. Foto 4. Grietas extremos de los pasadores-
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 50. Foto5. Grieta en bloque- GB
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 51. Foto 6. Grietas en pozos y sumideros -GA
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 52. Foto 7. Pulimiento (PU)
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 53. Foto 8. Cabezas duras (CD)
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 54.Foto 9. Levantamiento localizado
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Figura 55. Foto10. Parches de concreto -PCHC
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))



Fig 56. Foto11. Parches en asfalto –PCHA
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Análisis de reporte de daños, en primer lugar se calcula el número de placas afectadas y luego se procede a contar y agrupar el número de daños por tipo de deterioro, y por tramos de 100 m (o similar), en una hoja de cálculo, donde se determinan los porcentajes de afectación para cada caso, además del porcentaje de afectación general para toda la vía, esto con el fin de establecer los daños más frecuentes, los tramos más afectados y las áreas totales de daño.

A continuación se describe el proceso para el cálculo del porcentaje de afectación de la vía en función del número de losas afectadas y el área dañada

Tramo

2. PR inicial y final de cada tramo

3. Total de placas construidas

4. N° de placas afectadas en el tramo

5. Total de placas afectadas

6. Porcentaje de placas afectadas por tramo con respecto al N°. de losas en cada tramo

7. Porcentaje de placas afectadas por tramo con respecto al total de losas

8. Porcentaje de placas afectadas con respecto al total de losas construidas

Afectación de placas por tramo de acuerdo con su severidad A continuación se presenta un ejemplo de cuadro resumen de daños por severidades (Figura xx), éste se divide en dos secciones, que son explicadas posteriormente:

Tramos	PR INICIAL	PR FINAL	TOTAL PLACAS CONSTRUIDAS	TOTAL PLACAS AFECTADAS	% RESPECTO A PLACAS CONSTRUIDAS	%RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONTRUIDAS
T1	0+445	0+667	88	5	0,91%	6,82%
T2	0+568	0+678	54	6	1,06%	12,96%
TOTAL			142	11		

Figura 58. Cuadro de resumen de daños de severidad

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Sección 1 - Datos generales del corredor

- Ubicación del tramo: PR inicial y final.
- Cantidad de placas construidas por tramo, es el total de losas en cada uno de los carriles estudiados en el tramo del contrato.

• **Sección 2 – Total de placas afectadas** Se busca presentar el total de placas afectadas por algún tipo de deterioro, la relación en porcentaje de las losas con daño respecto al total de placas construidas bajo el contrato y el porcentaje respecto al total de placas construidas por tramo.

Esta información permitirá realizar una gráfica comparativa de daños por tramo, la cual servirá para observar cual es el tramo que presenta mayor afectación y estudiar las causas y la intervención respectiva (Figura 59).

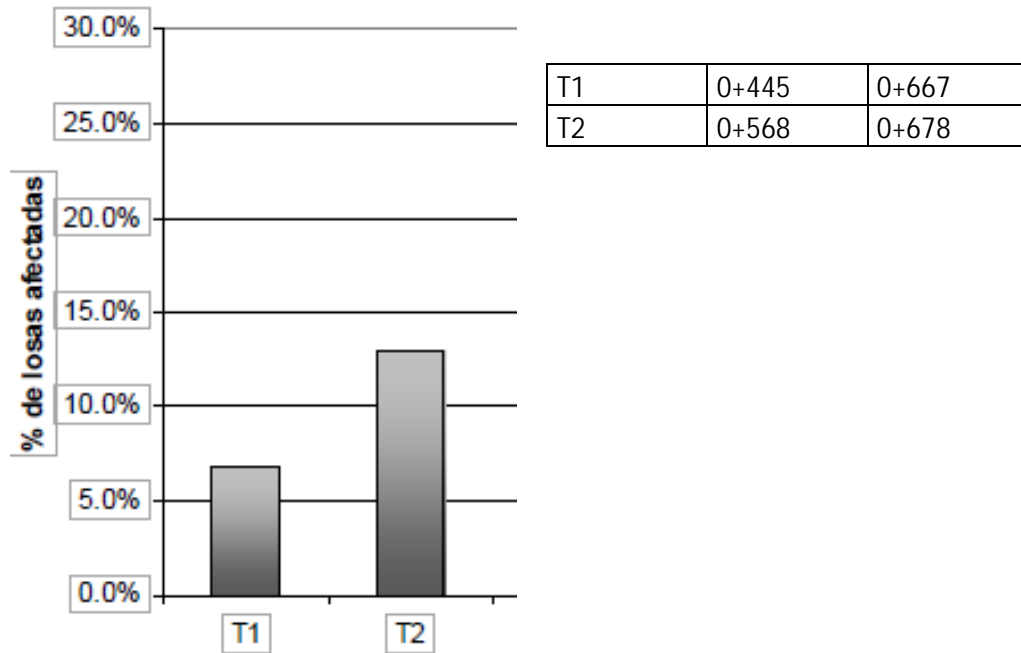


Figura 59. Ejemplo del gráfico de daños por tramos, porcentaje de losas con daños con respecto al total de losas

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Cálculo de afectación en función del área dañada El área de cada tramo se calcula multiplicando el ancho total de la calzada, sin incluir las bermas por la longitud del tramo. Con relación a esta área se calcula el porcentaje de afectación de cada tramo. El porcentaje de afectación de la vía se calcula dividiendo el área total afectada (que resulta de la suma de los daños encontrados en cada tramo) entre el área total inspeccionada (que resulta de la suma de las áreas de cada tramo).

Para el análisis de las fisuras longitudinales, fisuras transversales, fisuras en juntas de construcción, la longitud registrada debe multiplicarse por un ancho de referencia de 0,6 m, con el fin de manejar unidades consistentes en cuanto al área de daño. Para desportillamientos en las juntas, se debe medir la longitud de afectación y multiplicarla por 0.2 m.

En el formato de inspección visual se observa que existe una casilla con las dimensiones de un área de reparación para cada daño. Sin embargo, el área que se registra en la hoja de cálculo corresponde al área de los daños encontrados, y no al área de reparación.

A manera de ejemplo se muestra la forma en que se deben calculara áreas de daño de fisuras

- Fisura longitudinal severidad media de $0,72 \text{ m}^2 = (1.2 \times 0,6)$
- Fisura Transversal severidad alta de $0,54 \text{ m}^2 = (0,9 \times 0,6)$
- Parches severidad alta de $1.5 \text{ m}^2 = (1.50 \times 1,0)$
- Desportillamiento junta longitudinal $0.24 \text{ m}^2 = (1.2 \times 0.2)$

A continuación se presentan tablas resumen de los deterioros encontrados en un tramo de pavimento rígido.

4.4 Crear una herramienta didáctica de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos

La programación de este programa, está compuesto por 13 hojas las cuales poseen distintas funciones las cuales se puede observar en una barra de menú en el lado izquierdo de la pantalla donde está identificando por iconos, los cuales están vinculados con la información que le pertenece según su descripción.

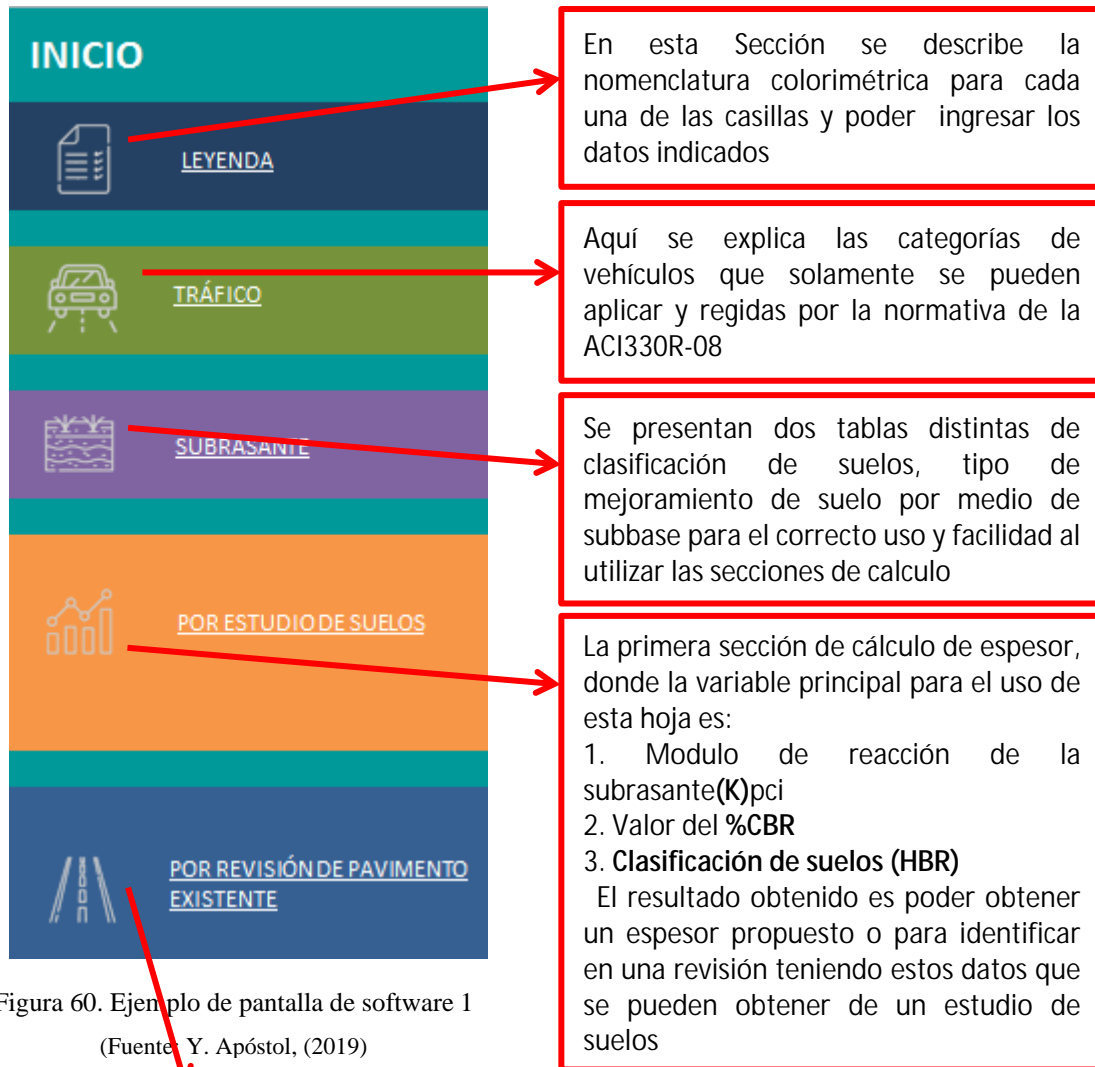


Figura 60. Ejemplo de pantalla de software 1

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Segunda sección de Cálculo donde no buscamos el espesor, sino la condición del pavimento mediante una revisión, el cual debemos tener estos datos:
Espeor de la losa
- Modulo de reacción de la subrasante (K) (pci)
-Repeticiones de periodo de diseño
-Modulo de rotura del concreto (MOR) (psi)



La sección 3 y 4 de Cálculo se utiliza la misma metodología de diseño, solamente que se realiza el estudio en diferentes fases constructivas con distintas necesidades pero se consideran los mismos criterios y variables, donde:

Sección 3 trabaja en función a los m2 de construcción y el flujo vehículos siendo todavía de dos ejes pero con cargas extras, periodo de tiempo.

Sección 4 se enfoca en el conteo vehicular basados en factores PDT.

Pero al obtener la variable "K", Se utiliza la misma metodología de identificación de la subrasante y determinar si es necesario un subbase, ya con esta información podemos irnos a las tablas y obtener el espesor sugerido por la ACI330R-08.

Aquí se encuentra el procedimiento necesario para el uso correcto de la planilla, la introducción de tablas complementarias para el llenado de datos recolectados.

Se encuentra un cuadro el cual está estipulado un resumen de parámetros a considerar para la construcción y un link para acceder al "manual de construcción"

Se encuentra un cuadro resumen de todos los casos en una sola vista para estudiar los resultados, las recomendaciones y conclusiones

Acceso a la planilla de inspección para imprimir junto a las tablas para complementarla.

Todas las formulas correspondientes a vínculos, botones y listas desplegables

Se encuentra la vista de ventana de la sección de LEYENDA, donde solo esta lo ya mencionado:

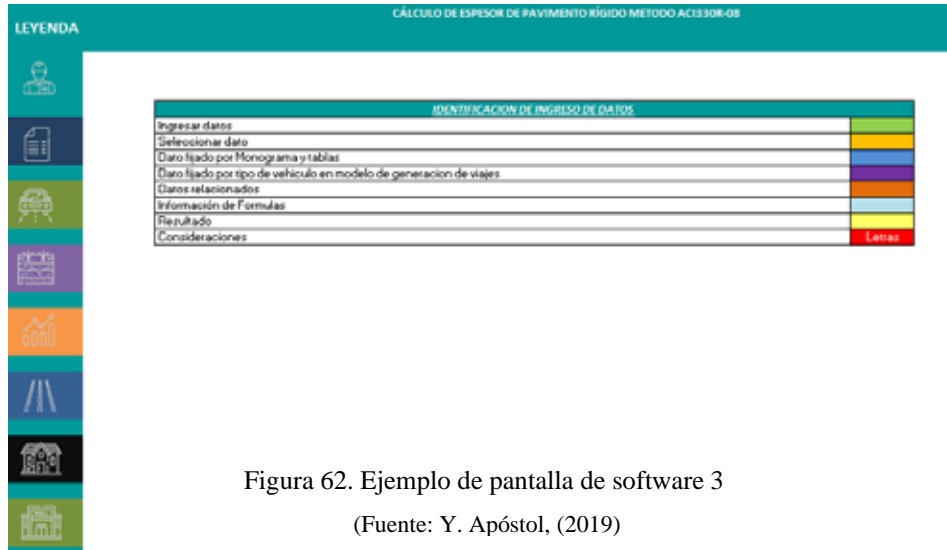


Figura 62. Ejemplo de pantalla de software 3
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

La sección de TRÁFICO, la vista de la ventana y como dicho anteriormente se mantiene la barra de acceso directo a las otras secciones.

Axle load (kN)	Axles per 1000 trucks			
	Category A	Category B	Category C	Category D
4180	1000.00	1000.00	---	---
4125	732.28	732.28	---	---
4060	483.30	483.30	233.60	---
3940	304.96	304.96	142.70	---
3735	174.00	174.00	116.76	---
34825	96.33	96.33	47.36	---
34715	30.52	30.52	23.08	1000
18000	---	15.81	46.63	---
20000	---	4.23	6.63	---
22000	---	0.96	2.60	---
24107	---	---	0.80	---
24100	---	---	0.67	---
24125	---	---	---	---
30130	---	---	---	---
321425	---	---	---	---
341251	---	---	---	---
También en:				
4180	31.90	31.90	---	---
4060	45.50	45.50	47.66	---
3735	130.30	130.30	91.15	---
34715	75.02	75.02	36.25	---
20000	57.30	57.30	45.00	---
24107	30.18	30.18	30.74	---
24125	68.48	68.48	44.43	---
321425	68.50	68.50	54.76	2000
361800	---	4.19	38.79	---
401700	---	---	7.38	---
441900	---	---	1.38	---
481240	---	---	---	---
521250	---	---	---	---
561240	---	---	---	---
601267	---	---	---	---

Figura 63. Ejemplo de pantalla de software trafico
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

2 Según el tráfico :para saber los casos que se requiere subbase granular

Calidad de subrasante	NIVEL DE TRÁFICO		
	Alto	Medio	Bajo
BUENO			
REGULAR	SUBBASE SUGERIDA		
POBRE	REQUERIDO	REQUERIDO	REQUERIDO

Fuente: Metodología por Ing. Augusto Jugo

Se utiliza subbase solo en casos extremos o volúmenes de tráfico pesado que este no es el caso estudiado

Tabla para utilizar valores en intersección de botones despleables

3 Estructura de soporte de estabilizador granular (modulo de reacción K)

SUBRASANTE K (PCI/IN)	4 IN	6 IN	9 IN	12 IN
50		65,2	75,2	85,2
100		130	140	160
150		175	185	215
200		220	230	270

Fuente: Metodología por Ing. Augusto Jugo

SUBRASANTE K (PCI/IN)	ESPOSOR SUGERIDO	MODULO DE REACCION (K) PCI
150	6 IN	185

4 Metodo para asegurar la durabilidad de la estructura del pavimento

Se escoge con el botón de lista desplegable el tipo de K

Resultado por intersección de valores en tabla

Figura 66. Ejemplo de pantalla de software suelo 2
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

4 Metodo para asegurar la durabilidad de la estructura del pavimento

terreno natural	pavimento de apoyo directo Keef=ke	$Ke = 1,365 * CBR^{0,64}$	98,42609228
Terreno natural Ke + Base granular	Pavimento apoyo compuesto Keff=Kc	$Kc = [1 + (\frac{h^2}{28}) * (\frac{Kb}{Ke})]^{1/2} * Ke$	99,25311974

5 RESUMEN DE RESULTADOS

ESPOSOR	6"
MODULO DE REACCION K	185
TIPO DE SUBRASANTE	REGULAR

6" ESPESOR DE LOSA

185 REACCIÓN DE K

Valor arrojado por vinculación de datos anteriores

Resumen de resultados vinculados con resultados anteriores

Figura 67. Ejemplo de pantalla de software suelo 3
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Segunda sección de cálculo, donde es un revisión de un pavimento existente (Figura 68)

POR REVISIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE
CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO METODO ACI330R-08

Dato fijo

CASO 1 (En caso de revisión de pavimento ya existente o corrección)

1 Datos requeridos

Espesor de losa propuesta (plg)	5
Nivel de carga del eje (lb)	18000
Repeticiones de periodo de diseño	15060
Modulo de reacción de la subrasante (K) (pci)	200
Modulo de rotura del concreto (MOR) (psi)	600

Utilizar el monograma para buscar el porcentaje superar el 50%, ya que esto quiere decir que el pavimento esta en condiciones de repeticiones limitadas para el tipo de eje que se esta evaluando.

Ingresar datos manualmente

El uso de Monograma se explicó en el Capítulo 4, sección 4.2

USD.

1. Con el valor del nivel de carga de eje, *(marcar línea diagonal ascendente)*
2. En el eje de las ordenadas de la derecha se encuentra el valor del espesor y *(marcar una línea horizontal)* hasta cruzar con la línea de del *nivel de carga de eje*
3. *Trazar una línea vertical* a partir de la intersección del paso 2, hasta tocar *la curva de k* con el valor que se dispongo y *después trazar una línea horizontal* hasta tocar el eje de las ordenadas del lado izquierdo y obtener el esfuerzo inducido

Valor que se debe introducir en base a la lectura del monograma

Figura 68. Ejemplo de pantalla de software revisión

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))




Fig. A.1—Nomograph for estimating flexural stress (psi) in slab of given thickness (in.) on subgrade of given k value (psi/in.) for single axle load in pounds (#). Note: 1 in. = 25.4 mm; 1 lb = 4.45 N; 1 psi = 0.0069 MPa; and 1 psi/in. = 0.27 MPa/m.

USO:

1. Con el valor del nivel de carga de eje, *(marcar línea diagonal ascendente)*
2. En el eje de las ordenadas de la derecha se encuentra el valor del espesor y *trazar una línea horizontal* hasta cruzar con la línea de del *nivel de carga de eje*.
3. *Trazar un línea vertical* a partir de la intersección del paso 2, hasta tocar *la curva de k* con el valor que se disponga y *luego trazar una línea horizontal* hasta tocar el eje de las ordenadas del lado izquierdo y obtener el esfuerzo inducido

Esfuerzo inducido (Valor obtenido del monograma) 400

VERIFICAR REPETICIONES ADMISIBLES ANTES DE LA FALLA

② % Valor esfuerzo = $\frac{\text{Esfuerzo inducido}}{\text{MOR}} = 66,666667$

Para conseguir las repeticiones que admite el pavimento antes de fallar, se debe utilizar la grafica para la fatiga del concreto

330R-26 ACI COMMITTEE REPORT

Celda vinculada con fórmulas de resultados anteriores extraída del monograma

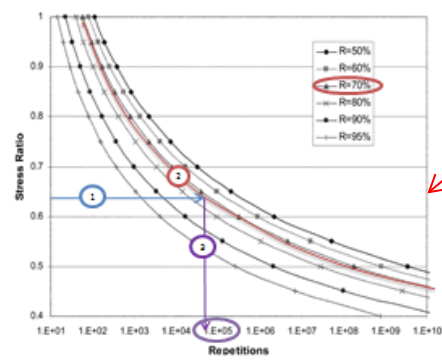


Fig. A.3—Fatigue relationships for varying overall reliability.

El uso de Monograma se explicó en el Capítulo 4, sección 4.2

Celda vinculada con fórmulas de resultados anteriores extraída de la curva

1. Utilizando el % de relación de esfuerzo.
2. Escogemos el % de repeticiones admisibles en el caso estudiado es residencial así que es de un 70%, que es un nivel alto de falla
3. Con la intersección del paso 1 y 2 conseguimos las repeticiones admisible en el eje de la abscisas
4. Calculamos la fatiga consumida

Valor de repeticiones admisibles 10000

PRESENTARÁ FALLA, CAMBIAR ESPESOR OK

Es un valor que se introduce manualmente por estimación de la

Si este valor nos da mayor que "1", nos dice que el eje estudiado provocara falla antes de llegar al periodo de diseño, quiere decir que consume mas del 100%

Figura 69. Ejemplo de pantalla de software revisión 2
(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

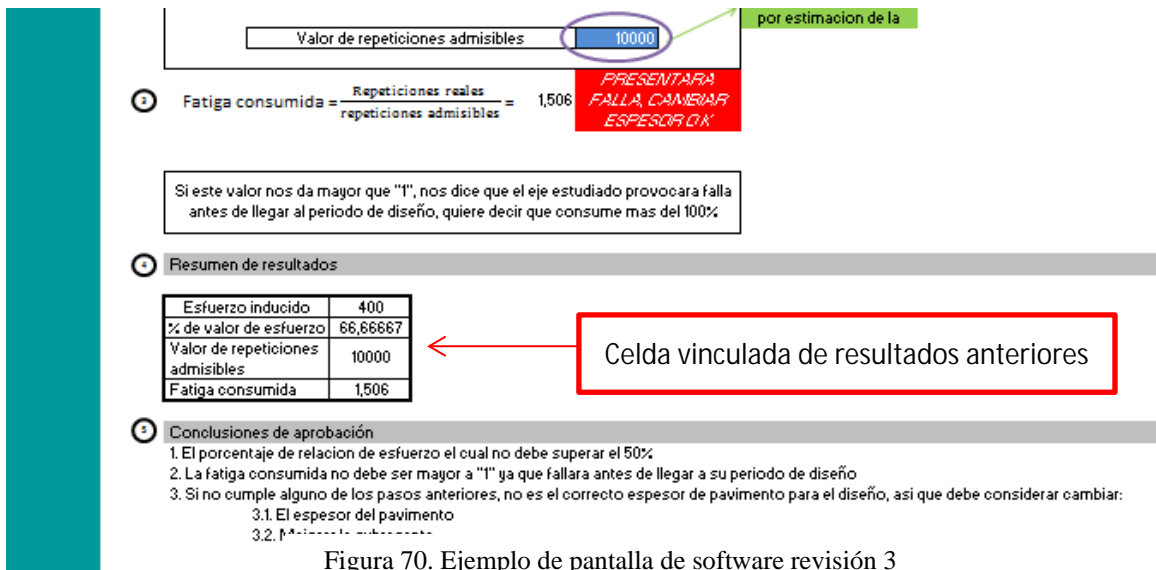


Figura 70. Ejemplo de pantalla de software revisión 3

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Sección 3 de Cálculo, en fase de construcción y operación de un urbanismo (Figura 71)

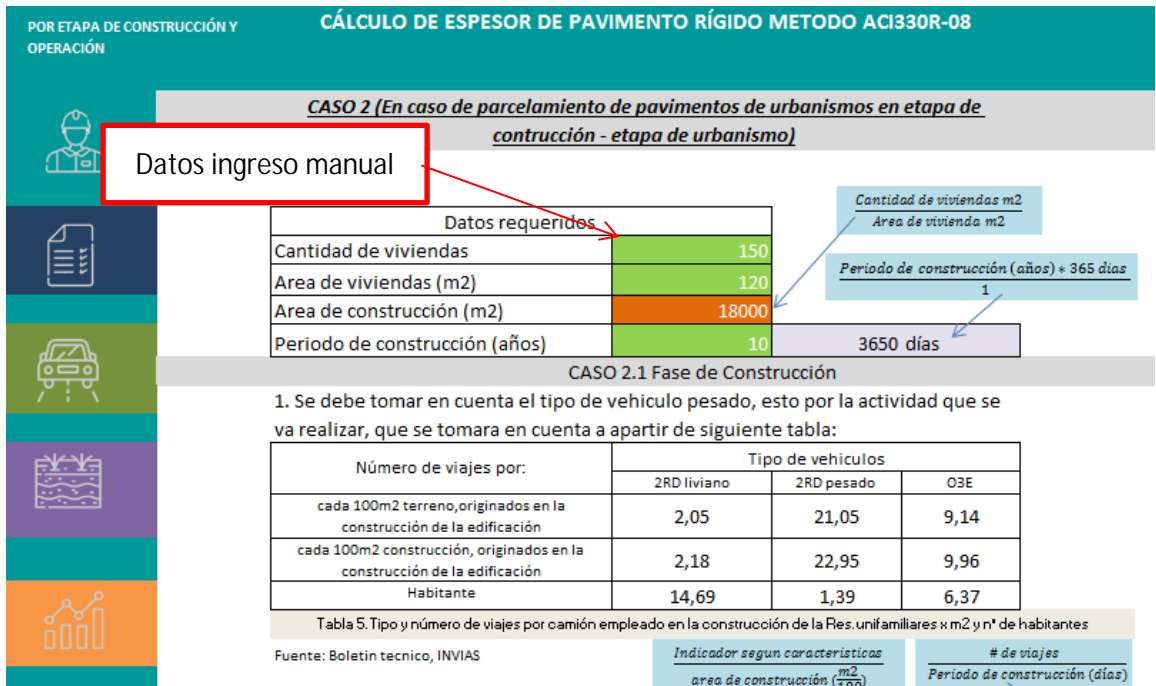


Figura 71. Ejemplo de pantalla de software urb

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

CASO 2.1 Fase de Construcción

1. Se debe tomar en cuenta el tipo de vehículo pesado, esto por la actividad que se va realizar, que se tomara en cuenta a partir de siguiente tabla:

Número de viajes por:	Tipo de vehículos		
	2RD liviano	2RD pesado	O3E
cada 100m2 terreno, originados en la construcción de la edificación	2,05	21,05	9,14
cada 100m2 construcción, originados en la construcción de la edificación	2,18	22,95	9,96
Habitante	14,69	1,39	6,37

Tabla 5. Tipo y número de viajes por camión empleado en la construcción de la Res. unifamiliares x m2 y n° de habitantes
Fuente: Boletín técnico, INVIAS

2. Cálculo de camiones etapa constructiva

Tipo de vehículo	Número de viajes por:	Indicador según características de construcción	Área de construcción (m2/100)	# de viajes	Promedio por día
2RD liviano	Cada 100m2 terreno or	2,05	180	369	0
2RD liviano	Cada 100m2 terreno or	2,05	180	369	1
2RD liviano	Cada 100m2 terreno or	2,05	180	369	1
Camiones al día					2

Figura 72. Ejemplo de pantalla de software urb 2

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

CASO 2.2 Fase Operativa (Tráfico en urbanismos)

Donde se toma en cuenta la siguiente tabulación según las necesidades y el estudio a partir del conteo visual o registro.

Tipo de vehículo	Viajes por cada 100 m2 de construcción	Viajes por cada 100 m2 de terreno	Viajes por habitante
Pasajeros	3,621	3,815	3,008
2RD autobús	0,016	0,017	0,014
2RD basura	0,001	0,001	0,001
2RD agua y refrescos	0,003	0,003	0,002
2RD vanos	0,001	0,001	0,001
O3E basura	0,001	0,001	0,001
O3E agua y refrescos	0,001	0,001	0,001
O3E vanos	0,001	0,001	0,001
Semitrailer vanos	0,0002	0,0002	0,0002

Tabla 9. Número de viajes diarios generados por tipo de vehículos en urbanizaciones de viviendas multifamiliares y unifamiliares
Fuente: Boletín técnico, INVIAS

2. Cálculo de camiones etapa constructiva

Tipo de vehículo	Número de viajes por:	Indicador según características de construcción	Área de construcción (m2/100)	# de viajes	
Pasajeros	Viajes por cada 100m2	3,621	2,05	180	652
2RD autobús	Viajes por cada 100m2	0,016	2,05	180	3
2RD autobús	Viajes por cada 100m2	0,016		180	3
2RD autobús	Viajes por cada 100m2	0,016	2,05	180	3
2RD agua y refr	Viajes por cada 100m2	0,003	2,05	180	1
CAMIONES/DÍA					10

Figura 73. Ejemplo de pantalla de software urb 3

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Celdas vinculadas con datos anteriores, dando resultados de vehículos

Camiones total de camiones, en :

CASO 2.1 Fase construcción	2
CASO2.2 Fase operativa	10
Vehiculos pesados para diseño al día	12

Σ Fase construcción y operativa

Al obtener la el total de vehiculos podemos categorizar, asi que nos dirigimos a la siguiente tabla:

Table 3.3—Traffic categories*

1. Car parking areas and access lanes—Category A
2. Shopping center entrance and service lanes—Category B
3. Bus parking areas, city and school buses
Parking area and interior lanes—Category B
Entrance and exterior lanes—Category C
4. Truck parking areas—Category B, C, or D

Truck type	Parking areas and interior lanes	Entrance and exterior lanes
Single units (bobtailed trucks)	Category B	Category C
Multiple units (tractor trailer units with one or more trailers)	Category C	Category D

*Select A, B, C, or D for use with Table 3.4.

Ya que se esta trabajando en el caso de urbanismos, se considera el area de estacionamiento de canales interiores, esto porque se considera que es un pavimento terminado, ya que se realizo previamente el parcelamiento.

Asi que se debe decidir a partir de criterio propio escogiendo una categoria para cada una de las fases: (esto verificando si el modelo generación de viajes es aplicable para el proyecto)

Tipo de proyecto	Trafico	Camiones	Fase constructiva	fase operativa	categoria aplicable	categoria de diseño
	contruccion + operación	7	3 y 2 ejes, camiones con trailers	2 y 3 ejes	C Y B	C
vivienda 100%	operación	4	N/A	2 y 3 ejes	B	B

Llenado de manual a través de tablas

Figura 74. Ejemplo de pantalla de software urb 4

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Con respecto al sistema de apoyo es una de las evaluaciones más importantes, donde se divide en dos fases las cuales dependen netamente del estudio de suelos, el cual es siguiente procedimiento es el mismo para cualquier ocasión donde se pueda evaluar este sistema. (Figura 74)

Datos llenados manualmente

Al tener el tipo de tráfico definido podemos hacer la elección de que tipo de sistema de apoyo es el mas conveniente, este caso va ser de apoyo directo, el cual se base en el estudio de suelo, que se debe considerar que :

- No debe ser un material expansivo
 - Debe tener un adecuado drenaje superficial
- Así que en este caso tenemos una clasificacion de:

% pasante de tamiz#200 (FINOS)	29
Clasificación	Unificada SM-SC H.R.B A-2-4(0)
Limite	Liquido 21 Plastico 17
Indice de plasticidad	4

Entonces al tener estos datos podemos referirnos a **tabla que nos da la ACI330R-08** de podremos identificar que tipo de modulo de reaccion de la Subrasante (K) es el mas adecuado y conjunto a su CBR%

Elección de aspectos a considerar con respecto al tipo de suelo, para elegir un valor dentro del rango a nuestro criterio

Este es un recorte de la tabla de la ACI330R-08, donde nos hace referencia de que rangos de valores debemos tomar

Categoría	Nombre	Comprobabilidad de expansión	Características de drenaje	Equipo de compactación	Valores de diseño tipo	
					CBR	Modulo de subrasante K
Arenas y suelos arenosos	SP	Arenas bien graduadas o gruesas; arenas, pocas arenas finas	Casirangueno	Escelente	Depos tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho	20 a 40 200 a 400
	SP	Arenas o gravas probablemente graduadas, arenas pocas o nada finas	Casirangueno	Escelente	Depos tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho	10 a 40 100 a 400
	SM	Arenas limosas, pocas arenas finas	Mayleve	Regular a mala	Depos tractor de oruga, rodillo de paracaídas, amacicho, control de humedad	15 a 40 150 a 400
	SC	Arenas arcillosas, arenas arcillosas	Leve al medio pobre practionamiento	pobres a practionamiento disponible	Rodillo de caucho, rodillo para de cobra	10 a 20 100 a 300
	GC	Arenas arcillosas, arenas arcillosas	Leve al medio pobre practionamiento	pobres a la practionamiento	Rodillo de caucho, rodillo para de cobra	5 a 20 100 a 300

Se va tomar una apoyo directo en la **Fase operativa** del proyecto por las cargas aplicadas, donde la **disposición**

K = 100 pci

Datos llenados manualmente por medio de la tabla

Ya para la **fase construcción y operación**, se debe estudiar la elección de un sistema de apoyo compuesto de subrasante + subbase, donde:

3.1 Modulo de la subrasante, es de:

K = 100 pci

Figura 75. Ejemplo de pantalla de software urb 5

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Elección de subbase, tomando en cuenta los mismos criterios pero con materiales de préstamo o ideales

Datos llenados manualmente

3.2 Para elegir la Subrasante adecuada, es de depende de la disposición que tengamos cerca de nuestro proyecto donde, el material que esta a nuestra disposición es el siguiente:

% pasante de tamiz#200 (FINOS)	15.5
Clasificación	Unificada GP-GC H.R.B A-2-4(0)
Limite	Liquido 26 Plastico 14.5
Indice de plasticidad	11.5

Entonces al tener estos datos podemos referirnos a **tabla que nos da la ACI330R-08** de podremos identificar que tipo de modulo de reaccion de la Subrasante (K) es el mas adecuado y conjunto a su CBR%

Este es un recorte de la tabla de la ACI330R-08, donde nos hace referencia de que rangos de valores debemos tomar

Categoría	Nombre	Comprobabilidad de expansión	Características de drenaje	Equipo de compactación	Valores de diseño tipo	
					CBR	Modulo de subrasante K
Gravillas y arena	GP	Gravas pobres o medias de gruesas; arena graduada, pocas arenas finas	Casirangueno	Escelente	Depos tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho, rodillo de arena	30 a 60 300 a 500
	GP	Gravas limosas, muchas gravas y pocas arenas finas	Mayleve	Regular a mala	Depos tractor de oruga, compactador vibratorio, rodillo de caucho, control de humedad	40 a 60 300 a 500
	SM	Gravas limosas, muchas gravas y pocas arenas finas	Leve	PRIME al practionamiento	Rodillo de caucho, rodillo para de cobra	20 a 26 200 a 300
	GC	Arenas gruesas, gravas arenas muchas de arenas	Leve	PRIME al practionamiento	Rodillo de caucho, rodillo para de cobra	20 a 40 200 a 300

Elección de aspectos a considerar con respecto al tipo de suelo, para elegir un valor dentro del rango a nuestro criterio

Figura 76. Ejemplo de pantalla de software urb 6

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Valores obtenidos anteriormente

Datos llenados manualmente por medio de la tabla

elección de K, pero como es a criterio propio albraritario entre los rangos que establece, p

Ya al tener estos dos valores nos dirigimos, a la tabla del modulo de reaccion de la subbase que propor

Table 3.2—Modulus of subgrade reaction k^*

Subgrade k value, psi/in.	Sub-base thickness				
	4 in.	6 in.	9 in.	12 in.	
	Granular aggregate subbase				
80	63	75	83	110	
100	130	140	160	190	
200	220	230	270	320	
300	320	330	370	430	
	Cement-treated subbase				
50	170	230	310	390	
100	280	400	520	640	
200	470	640	830	—	
	Other treated subbase				
50	85	115	170	215	
100	175	210	270	325	
200	280	315	360	400	
300	350	385	450	490	

1 Al tener estos datos podemos: Ubicar el modulo de la subrasante en la tabla

2 Seleccionamos el espesor a criterio propio de la subbase

3 Al intersectar estas podemos encontrar la combinacion adecuada, donde la interfaz entre la losa y la papa de apoyo, hay una relacion de:

Subrasante k 100 pci

Subbase k 300 pci

%CBR 30%

Si se posee el dato de %CBR es mucho mas

100 pci

6"

Resultados de subrasante dependiendo del uso

esto tomamos la decision de que nuestro proyecto vamos a estar entre estos finir que estas seran nuestras caracteristicas:

Tipo de proyecto	Condición	Camiones/día (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR psi (kg/cm ²)
Residencial	Etapa construcción + operativa	7	C	DIRECTO	100	600 (42)
vivienda 100%	Etapa operativa	4	B	COMPUESTO	140	600 (42)

Esta es una decision en base de recomendaciones

CASO 4. Fase de elección de Espesor

4.1 Con las características de ya expuesta en las fases anteriores evaluamos los dos fases por separado:

4.1.1 Etapa construcción + operativa

Tipo de proyecto	Condición	Camiones/día (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR psi (kg/cm ²)
Residencial	Etapa construcción + operativa	7	C	DIRECTO	100	600 (42)

Datos llenados manualmente por medio de la tabla

Tabla 3.4 - El diseño de espesor para 20 años sin dovelas (exlicacion conceptual de la tabla en TRAFICO)

Table 3.4—Twenty-year design thickness recommendations, in. (no dowels)

Traffic category	MOR, psi	$k = 500$ psi/in. (CBR = 50; $R = 86$)				$k = 400$ psi/in. (CBR = 38; $R = 80$)				$k = 300$ psi/in. (CBR = 26; $R = 67$)			
		650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
A (ADTT = 1)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
A (ADTT = 10)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5
B (ADTT = 25)	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	5.0	5.5	4.5	4.5	5.0	5.5	5.5
B (ADTT = 300)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	6.0
C (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0
C (ADTT = 300)	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	6.0	6.5	6.5
C (ADTT = 700)	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	5.5	6.0	6.5	5.5	6.0	6.5	6.5	6.5
D (ADTT = 700) ¹	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

Figura 77. Ejemplo de pantalla de software urb 7 (Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Con los datos anteriores, pasamos a elección del espesor tomando en cuenta lo que corresponde los siguientes pasos, con el fin de conseguir el espesor sugerido, no es el exacto pero nos sirve como indicio.(Figura 78)

MOR, psi:	k = 200 psi/in. (CBR = 10; R = 48)				k = 100 psi/in. (CBR = 3; R = 18)				k = 50 psi/in. (CBR = 2; R = 5)			
	650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
A (ADTT = 1)	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	5.0	5.0	5.5
A (ADTT = 10)	4.5	4.5	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0
B (ADTT = 25)	5.0	5.0	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0
B (ADTT = 300)	5.5	5.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.5	7.0	6.5	7.0	7.0	7.5
C (ADTT = 300)	5.5	6.0	6.0	6.5	6.0	6.5	6.5	7.0	7.0	7.5	7.5	8.0
C (ADTT = 700)	6.0	6.5	6.5	7.0	6.5	7.0	7.0	7.5	7.0	7.5	8.0	8.5
D (ADTT = 700) ¹	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0

¹ADTT = average daily truck traffic. Trucks are defined as vehicles with at least six wheels; excludes panel trucks, pickup trucks, and other four-wheel vehicles. Refer to Appendix A. k = modulus of subgrade reaction; CBR = California bearing ratio; R = resistance value; and MOR = modulus of rupture.
²Thickness of Category D (only) can be reduced by 1.0 in. (25 mm) if dowels are used at all transverse joints (that is, joints located perpendicular to direction of traffic).
 Note: 1 in. = 25.4 mm; 1 psi = 0.0069 MPa; and 1 psi/in. = 0.27 MPa/m.

- 1 Escoger K indicado por el estudio de la Subrasante
- 2 Indicar el tipo de trafico seleccionado en base al proyecto (las características lo que quiere decir que puede soportar hasta 100 camiones por día la losa seleccionada)
- 3 Nos colocamos en la columna donde este el valor de MOR seleccionado
- 4 Intersertas el paso 2 y 3 para conseguir el espesor adecuado de losa de concreto, en un aspecto constructivos algunos lo redondea pero es decisión de criterio del diseñador.

Espesor seleccionado 6,5"

Figura 78. Ejemplo de pantalla de software urb 8

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Luego realizamos el mismo procedimiento con la subbase, así podemos obtener esta ventana de resultados. (Figura 79)

Datos llenados vinculados con resultados anteriores

Tipo de proyecto	Condición	Cantón de tráfico (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR psi (kg/cm ²)	%CBR	Espesor (pulg)	Espesor seleccionado según criterios constructivos y de costo
Residencial	Etapas constructiva + operativa	7	C	DIRECTO	100	600 (42)	30	6,5"	Utilizar 2,5 cm de losa de concreto
vivienda 100%	Etapas operativa	4	B	COMPUST O	140	600 (42)	30	5,5"	Incorporar 15 cm mas de materias de apoyo depende de las disponibilidad de los materiales y los

Datos llenados manualmente bajo criterio

Residencial (150 viviendas)			
FASE CONSTRUCTIVA + OPERATIVA			
LOSA (MOR psi) (kg/cm ²)	Subbase (K pci)	Subrasante (K pci)	Espeor (pulg)
600 (42)	300	100	6,5"
			5,5"
			6"

La elección del pavimento depende del criterio y las disposiciones económicas y constructivas.

Conclusiones de aprobación:
 1. Disminuir 1cm de espesor y en toda la losa utilizar 5,5" con apoyo compuesto
 2. Si nosotros escogemos la elección de incorporar 15 cm mas de subbase para utilizar en toda la losa y llegar a 6,5", pero se debe consultar ya que no podemos justificar ese gasto porque nos estamos rigiendo por una tabla la cual no cumple con exactitud el K de 140pci pero debemos escoger el inferior, ya que así nos recomienda la
 3. Pero podemos concluir que este catalogo lo podemos utilizar como referencia y puede arrojar estos valores de referencia para unificar los espesores o también alegar que se toma como un factor cualitativo mas que cuantitativo.

Figura 79. Ejemplo de pantalla de software urb 9

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

La sección 4 de calculo, donde abarca el calculo de espesor de losa con una zona de carga y general.

Botón de lista desplegable, según el tráfico, PDT de la tabla y se actualizando depende del horario de la hora pico o cual sea el tipo de recolección de los factores de la tabla

CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RIGIDO METODO ACI330R-08

CASO 3 Determinación de trafico en centros comerciales

1. Se debe realizar un conteo de vehiculos par obtener una estimación de PDT el cual se debe escoger alguno de estos horarios: (se debe tener en cuenta si hay areas destinadas a carga y de flujo de vehiculos livianos evaluar por separado) Estimación de PDT en función del conteo horario de 12 horas, 8 horas y 1 hora

PDT= $\frac{\text{Total conteo}}{\text{Factor de medición}}$	Lapso de conteo		total de conteo	Factor de medicion
39	7:00 AM	7:00 PM	700	0,754
17	8:00 AM	4:00 PM	200	0,504
15	1:00 pm - 2:00 pm		33	0,089
1 HORA				

Fuente: Corredor, G.: V Jornadas de Vialidad y Transporte, Valencia, 1998.

Fuente: Corredor, G.: V Jornadas de Vialidad y Transporte, Valencia, 1998.

Tabla de frecuencia de ocurrencia de las Horas-Pico

Hora pico	% de ocurrencia	Factor de medicion horaria	
		Promedio	Rango
6:00 am-7:00 am	6,45	0,091	0,062-0,131
7:00 am-8:00 am	10,75	0,087	0,065-0,112
8:00 am-9:00 am	5,37	0,073	0,065-0,082
9:00 am-10:00 am	6,45	0,082	0,069-0,096
10:00 am- 11:00 am	2,15	0,081	0,080-0,081
11:00 am - 12:00 m	3,23	0,082	0,075-0,094
12:00 m - 1:00 pm	1,08	0,086	0,086
1:00 pm - 2:00 pm	2,15	0,089	0,082-0,095
2:00 pm - 3:00 pm	5,38	0,083	0,070-0,108
3:00 pm- 4:00 pm	11,83	0,078	0,061-0,096
4:00 pm- 5:00 pm	12,9	0,081	0,068-0,105
5:00 pm- 6:00 pm	20,43	0,081	0,065-0,153
6:00 pm- 7:00 pm	9,68	0,082	0,070-0,109
7:00 pm- 8:00 pm	2,15	0,101	0,075-0,127

Al obtener la el total de vehiculos podemos categorizar, asi que nos dirigimos a la siguiente tabla:

Table 3.3—Traffic categories*

1. Car parking areas and access lanes—Category A		
2. Shopping center entrance and service lanes—Category B		
3. Bus parking areas, city and school buses Parking area and interior lanes—Category B Entrance and exterior lanes—Category C		
4. Truck parking areas—Category B, C, or D		
Truck type	Parking areas and interior lanes	Entrance and exterior lanes
Single units (bobtailed trucks)	Category B	Category C
Multiple units (tractor trailer units with one or more trailers)	Category C	Category D

*Select A, B, C, or D for use with Table 3.4.

Ya que se esta trabajando en el caso de urbanismos, se considera el area de estacionamiento de canales interiores, esto porque se considera que es un pavimento terminado, ya que se realizo previamente el parcelamiento.

Asi que se debe decidir a partir de criterio propio escogiendo una categoria para cada uno de los sectores en tal caso que aplique (esto verificando si el modelo generación de viajes es aplicable para el proyecto)

Figura 80. Ejemplo de pantalla de software C.C

(Fuente: Y. Apóstol, (2019)

Ingreso manual de datos

Donde al definir la categoría podemos, concluir que:

Tipo de proyecto	Trafico	Sector	Camiones/di a	Tipon de eje pesado	categoria aplicable	categoria de diseño
Comercial	Operativo	Estacionamiento	2	2 y 3 ejes	A	C
Comercial	Operativo	Zona de carga	15	2 y 3 ejes	B	B

CASO 3. Fase de sistema de apoyo

Al tener el tipo de trafico definido podemos hacer la elección de que tipo de sistema de apoyo compuesto es el mas conveniente, el cual se base en el estudio de suelo, que se debe considerar que:
 -No debe ser un material expansivo
 adecuado drenaje superficial
 tenemos una clasificacion de:

-Debe tener un
Así que en este caso

- 1. Ya para la **fase estacionamiento general y zona de carga**, se debe estudiar la elección de un sistema de apoyo compuesto subrasante + subbase, donde:
- 1.1 Modulo de la subrasante, es de:

$K = 100 \text{ pci}$

Se tomo en cuenta la misma tabla referida de la ACI330R-08 de la elección de K, pero como es a criterio propio tomamos un valor arbitrario entre los rangos que establece, para la subrasante.

- 1.2 Para elegir la Subrasante adecuada, es depende de la disposicion que tengamos cerca de nuestro proyecto donde, el material que esta a nuestra disposicion es el siguiente:

% pasante de tamiz#200 (FMOS)	11,5
-------------------------------	------

Con respecto a la fase del sistema de apoyo ya sea de subrasante y subbase se utilizó la misma metodología de elección y programación con respecto a la funcionalidad que está en sección 3

Datos llenados vinculados con resultados anteriores

Tipo de proyecto	Caudales	Categorías (ADTT)	Tipo de tráfico	Tipo de apoyo	K (pci)	MOR (pci (kg/cm ²))	%CBR	Espesor (in/ft)	Espesor seccionado según criterios constructivos de costo
COMERCIAL	Estacionamiento General	2	A	COMPUESTO	140	600 (42)	30	5,0"	Incorporar 1cm mas de materias de apoyo depende de las disponibilidad de los materiales y los costos
COMERCIAL	Zona de Carga	15	B	COMPUESTO	140	600 (42)	30	5,5"	Incorporar 1cm de material de apoyo

Datos llenados manualmente bajo criterio

CENTRO COMERCIAL		
	Estacionamiento General	Zona de carga
MOR (pci (kg/cm ²))	600 (42)	5,0"
Modulo K (pci)	300	6"
Modulo K (pci)		140

La elección del pavimento depende del criterio y las disposiciones económicas y constructivas.

Conclusiones de aprobación

- 1. Si nosotros escogemos la elección de incorporar 1cm mas de subbase para utilizar en toda la losa y llegar a unificar a 5,5", pero se debe consultar ya que no podemos justificar ese gasto porque nos estamos rigiendo por una tabla la cual no cumple con exactitud el K de 140pci pero debemos escoger el inferior, ya que así nos recomienda la norma
- 3. Pero podemos concluir que este catalogo lo podemos utilizar como referencia y puede arrojar estos valores de referencia para unificar los espesores o tambien alegar que se toma como un factor cualitativo mas que cuantitativo.

Figura 81. Ejemplo de pantalla de software C.C 2

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Sección de planilla de Inspección, donde se encuentra la información y procedimiento de la utilización de esta planilla, que esta explicado en la Capitulo IV, sección 4.3 de este trabajo de grado. (Figura 82)

CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO METODO ACI330R-08 Modo Excel

PLANILLA DE INSPECCIÓN

PLANILLA DE INSPECCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
PARA CENTROS COMERCIALES Y RESIDENCIALES
FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

SECCIÓN 1. Información general de la vía, nombre del estado y parroquia, calle/avenida, nombre del C.C o Urb. Y adicionalmente fecha de inspección (dd/mm/aa), # de contrato, nombre del inspector y # de hojas.

SECCIÓN 2.

2.1. Columna de "Progresiva", donde se registra empezando con el PR inicial (0+000) y continuamos el registro de forma ascendente en la columna y se recalca que solamente estarán registradas las placas que presenten daños.

2.3. Columna de "Nº Placa", está dividida por 2 casillas
 1. "N", hace referencia al número asignado a la losa que presenta deterioro a lo largo de la columna de las progresivas
 2. "LETRA", está relacionada con la cantidad de filas de losas que se encuentra en el ancho de la calzada.

2.4. Dimensión, el lago medido en metros en sentida ascendente de la progresiva, únicamente anotar cuando se presenta cambio de dimensiones

2.5. Tipo, donde esta resumida en la **tabla**

2.6. Daño, esta casilla se reportan las dimensiones del daño en metros de acuerdo con su forma de medición

SECCIÓN 3. Tabla de inspección con columnas: Progresiva, Nº Placa, Dimensión, Tipo, Daño.

SECCIÓN 4. Fotografía, donde se tiene un registro numérico de un plano de planta y panorámico, junto a datos extras.

SECCIÓN 5. Observaciones, donde se coloca todos los detalles

No	Tipo de Daño (unidad d
1	Grietas longitudinales (l
2	Grietas transversales (nr
3	Grietas de esquina (m)
4	Grietas en los extremos
5	Grietas en pozos y sumi
6	Separación de juntas (nr
7	Deficiencia de sellado (r
8	Desportillamiento (m)
9	Pulimento (m2)
10	Desintegración (m2)
11	Cabezas duras (m2)
12	Escalonamiento de junt
13	Levantamiento localizac
14	Parches (m2)
15	Hundimiento o asentamr
16	Fisuramiento por retrac
17	Fisuras ligeras de apar
18	Fisuración por durabill
19	Bombeo (m)

Figura 82. Ejemplo de pantalla de software planilla

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Sección de pautas constructivas, esta sintetizado la metodología y parámetros necesarios para la construcción y algunos puntos a considerar para tomar una decisión en la elección del diseño del pavimento rígido.(Figura 83)

CÁLCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO METODO ACI330R-08

PAUTAS CONSTRUCTIVAS

1. Parametros donde van de la mano el calculo del diseño y la construcción del pavimento rígido, donde se puede observar en el siguiente cuadro:

Variables	Criterios	Indicador	valor
Transito	Conteo vehicular	Bajo volumen de transito ejes simples c/u	18 kips o 18000 lbs
		Promedio de PDT	0 - 1000
		% de repeticiones admisibles	70%
		numero de repeticiones admisibles	> 1.000.000
		Factor por numero de viajes por m2 de terreno original	Ir a la tabla
		Factor por tipo de vehiculos y viajes por cada construcción	Ir a la tabla
		Factor por conteo de frecuencia de ocurrencia de las Horas-Pico	Ir a la tabla
		% de resistencia de fatiga aceptable	125%
		Numero de camiones por dia clasificacion B o C	200-800
	Numero de camiones por dia clasificacion D o E	<200	
	Tiempo de duracion	Años	25
Elección de suelo para sistema de apoyo		Sistema de apoyo ideal, siempre que la porción fina, o sea la arcilla, no sea de alta plasticidad	GW, GW, SW, SM, M L, e incluso SC
		Suelos los cuales se estudian la posibilidad de mejoramiento, cuando su limite liquido esta entre 50%-100%, con el fin de reducirlo	C L, MH, CH, CL-ML
		Suelos los cuales estan desechados para ser candidato de sistema de apoyo, ya que poseen un LL de 100%	MH, CH y OH

Figura 83. Ejemplo de pantalla de software construcción

(Fuente: Y. Apóstol, (2019))

Sección de descarga de resultados, se encuentra el resumen de todos los proyectos que se realizaron mediante cálculo y conclusiones que se hicieron con respecto a los resultados.

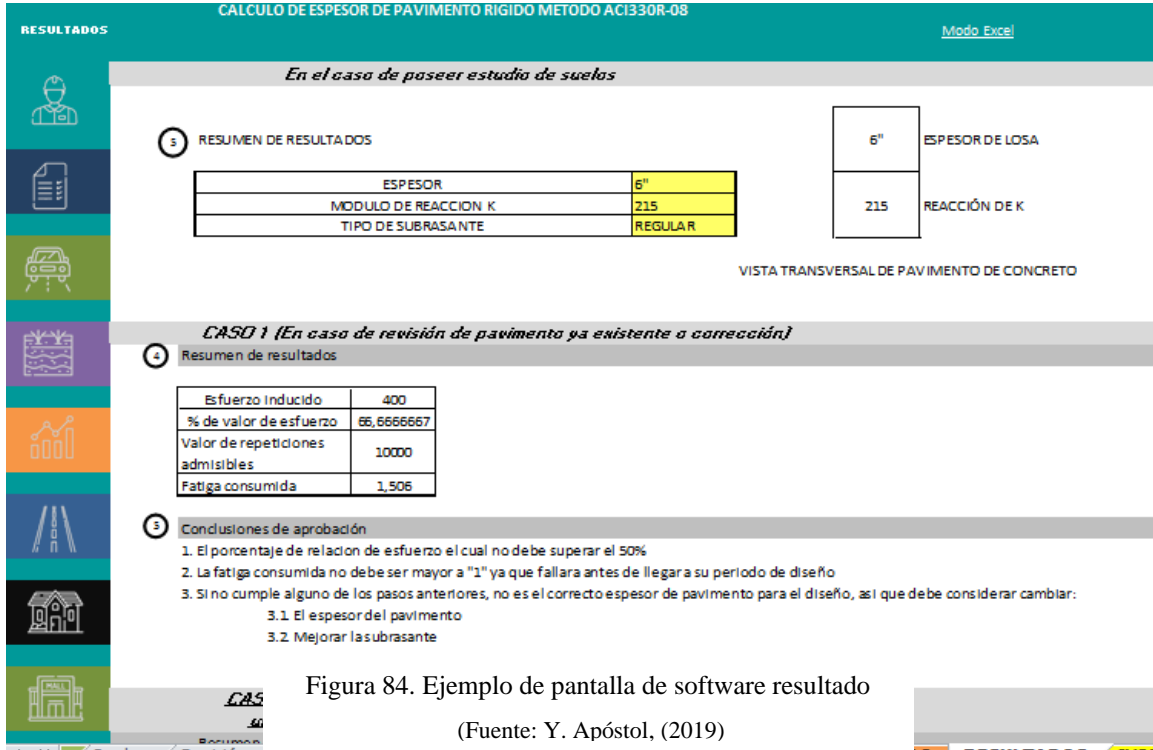


Figura 84. Ejemplo de pantalla de software resultado

(Fuente: Y. Apóstol, (2019)

Sección de Impresión, está la opción de imprimir mediante un botón la planilla de inspección, la vinculación con el manual de construcción y cartillas.

Sección de valores de programa, en resumen es las tablas de valores para hacer la programación de botones.

4.5 Aplicar la herramienta mediante casos prácticos de diseño, construcción e inspección de pavimentos rígidos.

La herramienta que se puso en práctica fue la planilla de inspección donde se evaluó un conjunto residencial su estacionamiento de pavimentos rígidos sin refuerzo, el cual su metodología y resultado, fue explicada en el Capítulo IV, sección 4.3 de este trabajo de grado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

De acuerdo a los resultados la finalidad no fue hacer un recetario, sino una guía útil, en el cual se pretendió presentar de forma sencilla, los criterios que se tomaron para definir los factores y variables más importantes, en el cual, su análisis es difícil porque el estudio de la interacción de los elementos rígidos, estructuralmente bien definidos, con un medio de comportamiento de sub-rasante y subbase, con una mayor variabilidad de sus propiedades, hace que el análisis sea más un arte, que una técnica.

1. Diseño y construcción

- El estudio de los pavimentos rígidos según la normativa de la ACI330R-08, donde tiene tendencia a la metodología PCA 84 garantiza un análisis más específico y conveniente para el espesor de losa de pavimento cumpliendo con los parámetros de fatiga y erosión, especialmente de pavimentos delgados para bajo tránsito, independientemente del tipo de transferencia de carga en las juntas transversales.
- Tienen la característica de que son adecuado para cualquier tipo de proyecto, a pesar de que no incluya todos los factores importantes como es la servicial inicial y final, dado En cambio, consideran de manera más real la contribución del tránsito en la formulación y la deformación excesiva de la sub-rasante, esto como factores que afectan el comportamiento de los pavimentos. Así que podemos definir los factores de diseño de pavimentos rígidos, son los siguientes:

Periodo de diseño, el cual la ACI330R-08 da un margen de 25 años.

Tránsito de diseño, consideran el número de repeticiones de cargas esperadas de cada tipo de eje, mediante un factor de equivalencia para transformar los pesos reales de los vehículos que circularan, en ejes simple equivalentes de 8,2 toneladas(ESAL's), durante el periodo de diseño,

Resistencia de la sub-rasante, se determina por el módulo de reacción en pruebas de campo o indirectamente mediante correlaciones con el valor relativo de soporte (CBR).

Propiedades del concreto hidráulico, se consideradas en el diseño, son el módulo de ruptura y el módulo de elasticidad, consideran el módulo de ruptura entre 41 y 50 kg/cm².

- Se ha determinado que el éxito de la construcción de una carretera depende de los siguientes factores:
 - Campana geotécnica
 - Diseño geométrico
 - Estudio del tráfico y el medio ambiente
 - Diseño de espesores
 - Procesos constructivos
 - Supervisión

2. Supervisión

- Para garantizar una superficie de acabado homogénea, debe existir control topográfico durante todo el proceso de colocación de capa, ya que si lo anterior no se cumple, es condición para que se genere acumulación de humedad, que finaliza infiltrándose.
- No se debe aplicar agua para ayudar a la terminación de la superficie.
- Verificación de la existencia de deformaciones y corregirlas inmediatamente del fraguado del concreto.
- La falta de existencia de Supervisión capacitada que rija los procesos constructivos en el país hace que se presenten vicios en la elaboración de Pavimentos de Baja Intensidad de Tráfico.
- Todos los materiales que se usen para la construcción de la infraestructura vial, deberán cumplir como mínimo los requisitos de calidad establecidos en las especificaciones generales para la construcción de carreteras del INVIAS, versión

vigente al momento de la intervención y se debe realizar los controles allí exigidos, con la frecuencia normalizada a emplear.

- Durante el proceso de la construcción de la nueva estructura y la nueva carpeta de rodadura el nivel de servicio de las vías longitudinales dentro de la urbanización 86 subirá notoriamente con el acabado en pavimento rígido y la estructura del mismo no será intervenida constantemente ya que su vida útil es mayor al pavimento articulado.
- Al existir una falla en el diseño del pavimento, una mala construcción o una combinación de los parámetros anteriormente mencionados, el pavimento presentará fallas prematuras y su desempeño y duración serán inferiores a los esperados.
- El aparecimiento de fallas superficiales en un pavimento de baja intensidad de tráfico, se debe más a errores en los procesos constructivos ó a una inadecuada estabilización de la sub-rasante, que alas sollicitaciones de tráfico a las que va a estar sometido, de acuerdo a su diseño. Los deterioros en los pavimentos provienen de una combinación de factores como son el clima, materiales o construcción es defectuosas y que a su vez aumentan en severidad por las cargas de los vehículos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar módulos de rotura mayores para generar esfuerzo equivalentes bajos, que nos permitan diseñar espesores de losas mínimos.
- Se recomienda considerar la variable clima (estado del tiempo atmosférico) para el proceso constructivo, teniendo en cuenta el régimen de lluvias que se presenta en la zona. Cuando se presente lluvias se debe cubrir el concreto a fin que no se presente el lavado de la superficie que posteriormente comprometa la durabilidad del concreto.
- Se recomienda utilizar en losas con espesores menores de 20 cm, concreto que tenga asentamiento entre 7 y 10 cm.
- El control de calidad puede interpretarse como una filosofía a implementar en la etapa de la construcción de cualquier Obra Civil. Hay que tomar los buenos ejemplos de países desarrollados, en donde esta filosofía ha prevalecido para que se ejecuten grandes obras, y esto se explica porque su trabajo va más encaminado al servicio del usuario, de su comunidad, ó de su misma Nación. El contratista deberá apegarse al plan de control de calidad.
- Para trabajos futuros de investigación sería recomendable que se estudiaran las demás las condiciones constructivas, como el sistema de encofrado deslizante y como lo es la transferencia de carga por dovelas, con el fin de reforzar y completar el tema de los pavimentos rígidos en estacionamientos y centros comerciales.
- Debe de existir un Plan de Control de Calidad sobre los procesos constructivos para que exista un parámetro de base, y así facilitar la verificación y rectificación de errores en la construcción de pavimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexis, G., Pérez (2004). **Guía metodológica para anteproyectos de investigación**. Caracas Venezuela. Fedupel.
- Cal y Mayor, y Cárdenas Rafael (2004). **Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones**. México: Alfaomega.
- C. Andrade, 1988. **“Manual de Inspección de Obras Dañadas por de Armaduras”**, Madrid España.
- Código ACI 330R-08, de American Concrete Institute.
- Colegio de Ingenieros de Venezuela (1997). **NORMAS Y PROYECTOS DE CARRETERAS**. Caracas Venezuela.
- Fidias G. Arias (2012). **El proyecto de investigación**. Caracas. Episteme.
- González G; Vanegas E. (2013). **“Comparación de las metodologías AASHTO Y PCA para diseño de pavimentos rígido”**, Cartagena Colombia.
- Jacob. Carciente (1980). **Carreteras, Estudios y Proyectos**, Caracas Venezuela. Editorial La Vega.
- Mora A ;Argüelles C.(2015). **“Diseño de pavimento rígidos para urbanización caballero y Gongora, municipio de Honda- Tolima”**, Bogotá Colombia.
- Norma AASHTO 93, de American Association of State Highway and Transportation Officials
- Olivera, 1996, **Pavimento Rígido**, Caracas Venezuela.
- Orozco. M. Orlando (1981), **Manual de vialidad urbana**. Caracas Venezuela
- Peña J; Martínez F. (2013). **“Plan de recuperación y mantenimiento para una importante arteria vial de concreto que comunica a la Zona del Cafetal con los Naranjos. Municipio, El Hatillo”**, Nueva Esparta Venezuela.

Stracuzzi S. Palella, y Pestana. M. Feliberto (2012). **Metodología de la Investigación**. Caracas- Venezuela. Editorial Fedupel.

Universidad Central de Venezuela (1993). **Suelos, Fundaciones y Muros**.
Venezuela: Fratelli, M.

ANEXO 1

Instrumento para realizar revisión de pavimento rígido

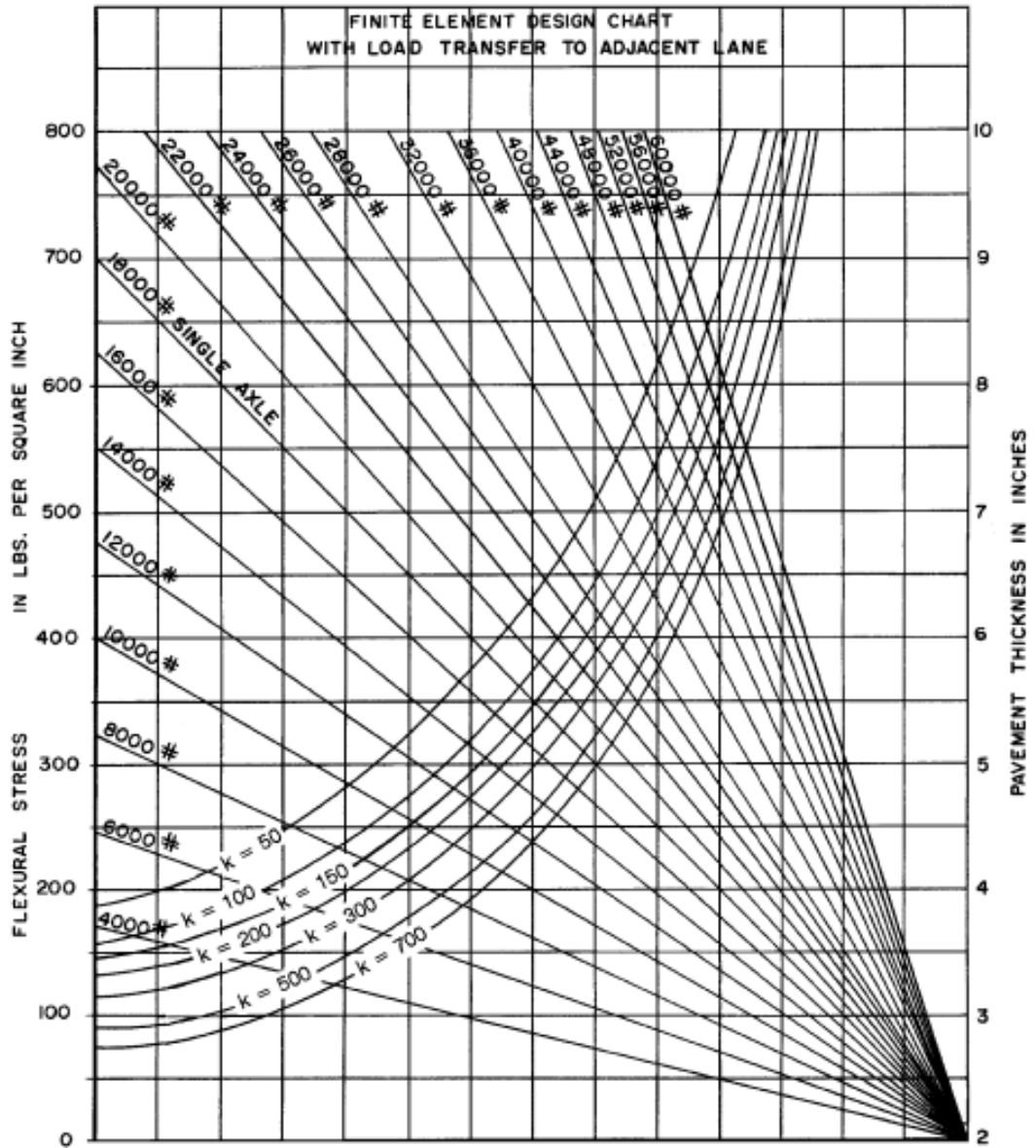


Fig. A.1—Nomograph for estimating flexural stress (psi) in slab of given thickness (in.) on subgrade of given k value (psi/in.) for single axle load in pounds (#). Note: 1 in. = 25.4 mm; 1 lb = 4.45 N; 1 psi = 0.0069 MPa;

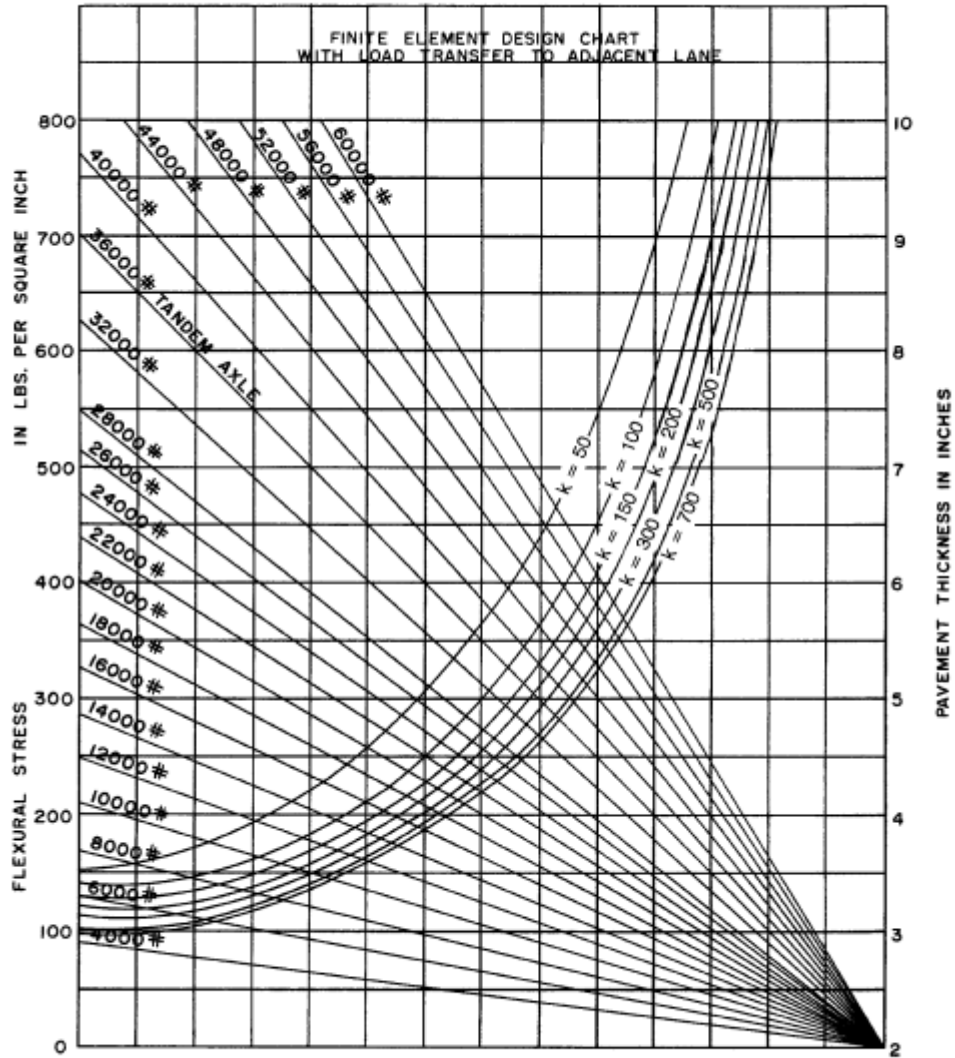


Fig. A.2—Nomograph for estimating flexural stress (psi) in slab of given thickness (in.) on subgrade of given k value (psi/in.) for tandem axle load in pounds (#). Note: 1 in. = 25.4 mm; 1 lb = 4.45 N; 1 psi = 0.0069 MPa; and 1 psi/in. = 0.27 MPa/m.

ANEXO 2

Instrumento para realizar revisión de vida útil

ACI COMMITTEE REPORT

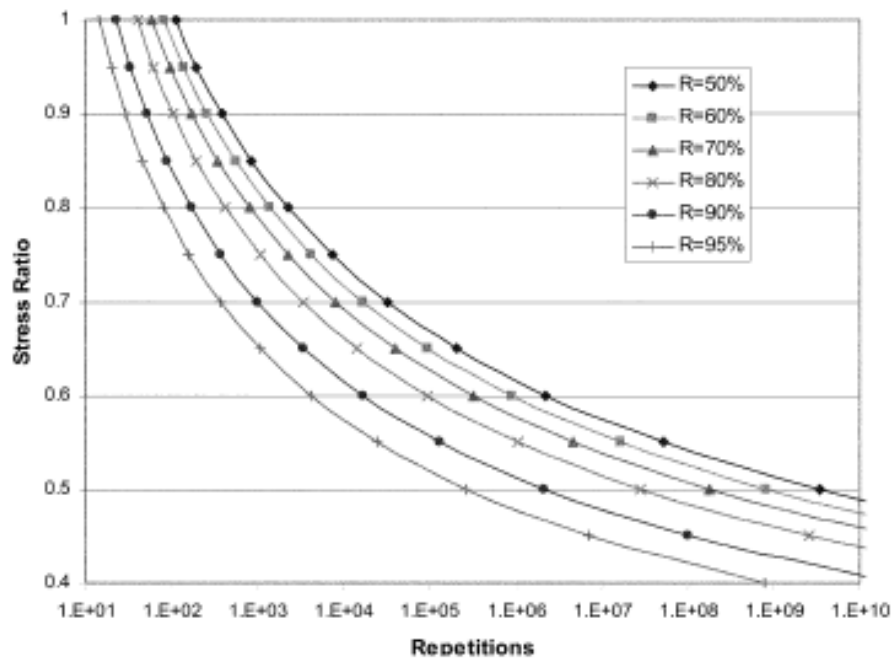


Fig. A.3—Fatigue relationships for varying overall reliability.

APENDICE 1

Consideraciones para iniciar el cálculo de un pavimento rígido

Lo de que debes considerar antes de iniciar a calcular el espesor de un pavimento rígido

Basado en método de la ACI330 (American Concrete Institute), para determinación de los espesores de losas que sean apropiados para soportar las cargas de tráfico en los estacionamientos comerciales y residenciales de concreto.

Implicaciones

1

1. Dimensiones para cumplir adecuadamente el tráfico previsto en la Sub-base.
2. Espesor de losa adecuado es aquel que mediante la distribución de cargas sin inducir un estrés excesivo en losa, proporcionando rigidez adecuada para reducir el mínimo de fatiga y falla de articulación.
3. Las juntas o grietas ya que producen discontinuidades, que causan el aumento de deflexiones y tensiones en la losa y en la Sub-base, dando como resultado fallas en las articulaciones por fatiga.

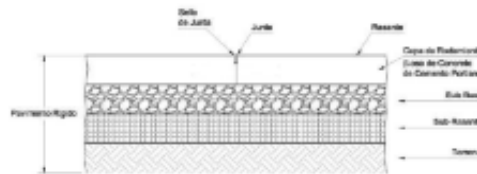


Figura . Estructura de Pavimentos Rígidos Simples
Fuente: Maurilio C., Amílcar C. (2008) / Adaptación Apdatsi, X. (2018)

Características esenciales y factores que pueden ocurrir :

2

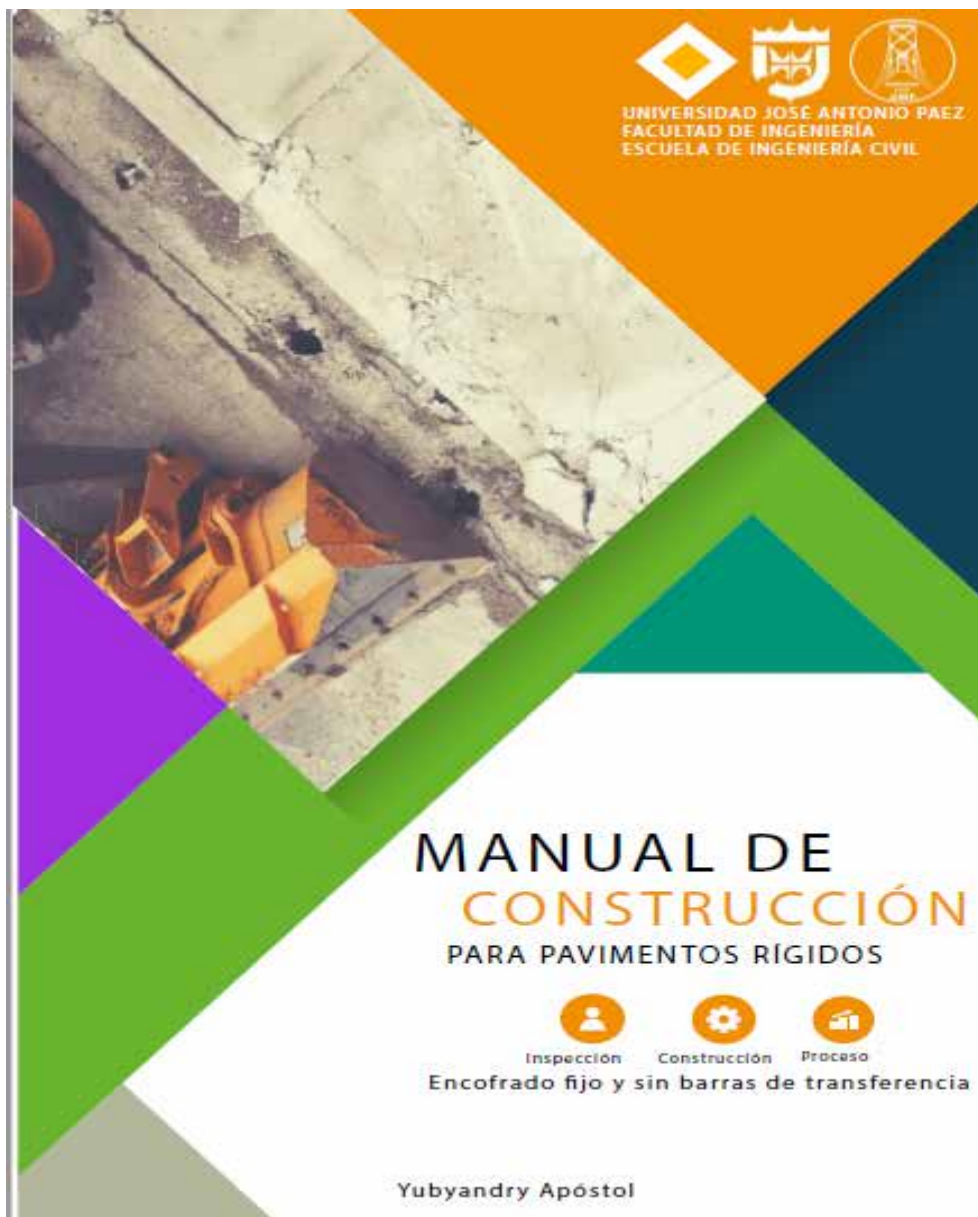
1. Por contenido de humedad y temperatura, afecta a las tensiones en los cambios de volumen de superficies superiores e inferiores, causando contracción o la expansión diferencial puede provocar esquinas de las losas y bordes para desviar hacia arriba o hacia abajo (deformación o rizado) en relación al centro de la losa.
2. Para reducir este efecto, se debe reducir mediante la reducción del tamaño de las losas individuales o el aumento del espesor de las losas.
3. Por razones prácticas, no hay ningún beneficio en losas de construcción de espesor inferior de 4 pulgadas (100mm), ya que estas por ser más delgadas no reducen significativamente los costos de construcción, y debido a sus tendencias de deformarse y rizo, son extremadamente vulnerables a sobrecargas accidentales y las variaciones en el apoyo de la subrasante.
4. Las mayores tensiones a tracción o también conocida como "tensión crítica" en el pavimento rígido, se producen cuando las ruedas de los vehículos se encuentran cerca de un borde libre, cerca de intersección de una junta, bordes de pavimento o no soportado por el pavimento.
5. Caso contrario es cuando estas cargas de las ruedas estas son aplicadas cerca de las articulaciones interiores, estas generalmente son menos severas debido a la transferencia de cargas a través de estas.
6. Las zonas de aparcamiento tienen muy poca áreas de bordes libres y las cargas de los vehículos esta aplicada sobre todas las zonas interiores del pavimento rígido, eso quiere decir que se diseña suponiendo **bordes soportados**.
7. El diseño de espesor no abarca los esfuerzos que se deben considerar en los bordes exteriores o en las entradas, bordillos integrales o secciones de bordes engrosadas se pueden utilizar para disminuir tensiones, expansión y contracción térmica del pavimento y deformación o rizado causado por diferenciales de humedad y temperatura dentro del pavimento, la mejor manera de reducir tensiones es por uniones adecuadas.

(Copiar este link para descargar)

<https://drive.google.com/file/d/12HIUYDchfD3nsH7PzOPMJlWcI3CUWNME/view?usp=sharing>

APENDICE 2

Manual de construcción para pavimentos rígidos



(Copiar este link para descargar)

<https://drive.google.com/file/d/1ikXWoh61PDdF235L2CnAh8Jy9nUI2Oaq/view?usp=sharing>

APENDICE 3

Programa de cálculo de espesor de pavimentos rígidos

(Copiar este link para descargar)

<https://drive.google.com/file/d/1IZgfssSh0Oc-tvGwESSHFEr6AZ7IFTeC/view?usp=sharing>

APENDICE 4

Planilla de medición visual para pavimentos rígidos

Tabla 3. Tabla de apoyo para la identificación de daños de levantamiento de pavimentos rígidos.

No	Tipo de Daño (unidad de medida)	SIMBOLO	Baja
GRIETA Y AGRIETAMIENTOS			
1	Grietas longitudinales (m)	GL	a=3mm
2	Grietas transversales (m)	GT	a=3mm
3	Grietas de esquina (m)	GE	a=3mm
4	Grietas en los extremos de los pasadores (m)	GP	a=3mm
5	Grietas en pozos y sumideros (m)	GA	<3mm
JUNTAS			
6	Separación de juntas (m)	SJ	<3mm
7	Deficiencia de sellado (m)	DST – DSL	L= 0,5m
DETERIOROS SUPEFICIAL			
8	Desportillamiento (m)	DPT – DPL	a<5cm
9	Pulimento (m2)	PU	Fácilmente perceptible
10	Desintegración (m2)	DI	
11	Cabezas duras (m2)	CD	
12	Escalonamiento de juntas (unidad)	EJ	H< 6mm
13	Levantamiento localizado (m)	LET -- LEL	H< 5mm
14	Parches (m2)	PCHA --PCHC	Bueno
15	Hundimiento o asentamiento (unidad)	HU	No genera molestia (o rebote) al conductor
OTROS DAÑOS			
16	Fisuramiento por retracción (tipo malla) (m2)	FR	Sin descascarar
17	Fisuras ligeras de aparición temprano (m2)	FT	Sin descascarar
18	Fisuración por durabilidad (m2)	FD	
19	Bombeo (m)	BOT -- BOL	El agua se expulsa sin arrastrar finos
20	Ondulaciones (m2)	ON	Genera un rebote leve al vehículo
DAÑOS EN BERMAS			
21	Descenso de la berma (m)	DB	H<10mm
22	Separación entre berma y pavimento(m)	SB	Abertura<3mm

(Copiar este link para descargar)

https://drive.google.com/file/d/1fFOXmKROJXQz_FsCeF4o3mB0vF2GW2rz/view?usp=sharing