



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE PANELES DINAMICOS DE HORMIGON CON DOWELLS
PARA VIAS DE PRIMER ORDEN

ORELLANA TORRES WILSON ALEXIS
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE PANELES DINAMICOS DE HORMIGON CON
DOWELLS PARA VIAS DE PRIMER ORDEN

ORELLANA TORRES WILSON ALEXIS
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE PANELES DINAMICOS DE HORMIGON CON DOWELLS PARA VIAS
DE PRIMER ORDEN

ORELLANA TORRES WILSON ALEXIS
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 18 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
18 de febrero de 2022

TESIS

por Wilson Orellana

Fecha de entrega: 11-feb-2022 12:58p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1760187051

Nombre del archivo: WILSON_ORELLANA.docx (87.69K)

Total de palabras: 4150

Total de caracteres: 20637

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.aguascalientes.gob.mx Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
4	docplayer.com.br Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	1%
6	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	www.secretariasenado.gov.co Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.uisek.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	www.cabq.gov Fuente de Internet	<1 %
12	www.construir.com Fuente de Internet	<1 %
13	www.cedex.es Fuente de Internet	<1 %
14	www.misionsalud.org Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ORELLANA TORRES WILSON ALEXIS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE PANELES DINAMICOS DE HORMIGON CON DOWELLS PARA VIAS DE PRIMER ORDEN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

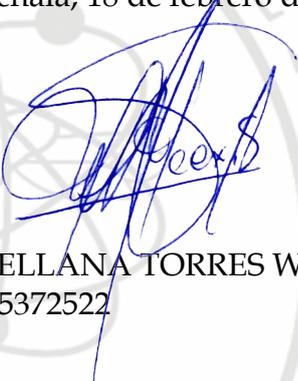
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 18 de febrero de 2022



ORELLANA TORRES WILSON ALEXIS
0705372522

DEDICATORIA

Este trabajo previo a la obtención del título profesional como Ingeniero Civil, se lo dedico con mucho orgullo a mi familia de hogar y a mis docentes, por haber estado siempre presente dándome su apoyo en todo lo que esté a su alcance para poder alcanzar mis objetivos académicos.

Wilson Alexis Orellana Torres

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer especialmente a mi padre Wilson Orellana y mi madre Fanny Torres por brindarme todo su apoyo desde que me inicié con las ganas de superarme académicamente, nunca vacilando en desistir y poniendo todos sus esfuerzos para que yo pueda lograr todas las metas que me propusiera en la vida. Por eso es que yo les debo toda mi gratitud por ser la persona que supieron formar.

No obstante, no puedo dejar de agradecerle a la UTMACH y a sus docentes que, con su gran labor y vocación, fueron de ayuda en mi crecimiento personal y profesional.

Wilson Alexis Orellana Torres

RESUMEN

Los gobiernos locales, tienden a decantar más por el costo de un proyecto civil que por el diseño, sin prestar mucha atención a los detalles y análisis técnicos que conlleven el caso, esto puede llevar a largo plazo un gasto mucho más significativo al momento de realizar mantenimientos regulares o incluso tener una vida útil más corta de lo esperado en dicha infraestructura. Por eso es muy importante más que el valor, es el análisis técnico previo, tipo de obra y utilidad.

Estos detalles sirven para considerar con más razón, el empleo del pavimento rígido en todas las vías principales del país, en especial las vías de primer orden que son las que conectan ciudades y sirven para el crecimiento económico e industrial del sector empresarial, al ser las más utilizadas para el transporte de productos que conlleven toda actividad económica, y por tal motivo hacen usos de transportes pesados y que un pavimento rígido sería una buena elección al ser más duraderos, menos mantenimiento, firmes y con mucha más tiempo de vida útil, cosa que con un pavimento flexible no se lograría a largo plazo.

Por tal motivo este trabajo investigativo está basado en las normas de construcción nacional e internacional para el diseño y construcción de pavimentos rígidos implementando además la colocación de barras de transferencias de cargas, o también llamados Dowells o Dovelas, que serán analizadas también para una elección correcta de las mismas según las características del terreno y dimensiones de los paneles de pavimento.

Palabras claves: Dowells, Dovelas, Paneles Dinámicos, Vías de primer orden, Losas de Hormigón Rígido, Barras de Transferencia de cargas

ABSTRACT

Local governments tend to opt more for the cost of a civil project than for the design, without paying much attention to the details and technical analysis that the case entails, this can lead to a much more significant expense in the long term when carrying out regular maintenance or even have a shorter useful life than expected in said infrastructure. That is why it is very important more than the value, it is the previous technical analysis, type of work and utility.

These details serve to consider with more reason, the use of rigid pavement in all the main roads of the country, especially the first order roads that are the ones that connect cities and serve for the economic and industrial growth of the business sector, as they are the most used for the transport of products that involve all economic activity, and for this reason they make use of heavy transport and that a rigid pavement would be a good choice as they are more durable, less maintenance, firm and have a much longer useful life, something that with a flexible pavement would not be achieved in the long term.

For this reason, this investigative work is based on national and international construction standards for the design and construction of rigid pavements, also implementing the placement of load transfer bars, or also called Dowells or Dovelas, which will also be analyzed for a correct choice. of the same according to the characteristics of the land and dimensions of the pavement panels.

Keywords: Dowells, Dovelas, Dynamic Panels, First Order Roads, Rigid Concrete Slabs, Load Transfer Bars

CONTENIDO

	pag.
1 INTRODUCCIÓN	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GENERALES	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 MARCO TEORICO	10
3.1 DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS	10
3.2 PAVIMENTO RÍGIDO	10
3.3 VÍAS DE PRIMER ORDEN	11
4 DISEÑO DE LA LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO	11
4.1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	11
4.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO	12
4.3 MÓDULO DE RUPTURA.....	12
4.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	12
4.5 JUNTAS DE TRANSFERENCIAS DE CARGAS	13
4.6 JUNTAS TRANSVERSALES (DOWELLS).....	14
4.7 JUNTAS LONGITUDINALES	16
4.8 DISPOSICIÓN DE LAS BARRAS DE UNIÓN LONGITUDINAL.....	17
4.9 SEPARACIÓN ENTRE LAS JUNTAS DE PAVIMENTO.....	18
4.10 ACERO DE REFUERZO	19
4.11 ASERRADO DE LAS JUNTAS	20
4.12 SELLADO DE JUNTAS	21
5 CONCLUSIONES	23
6 BIBLIOGRAFÍA	25
7 LISTA DE ILUSTRACIONES	27
8 LISTA DE TABLAS	27
9 ANEXOS	28
9.1 ANEXO 1.....	28
9.2 ANEXO 2.....	34
9.3 ANEXO 3.....	34
9.4 ANEXO 4.....	34

1 INTRODUCCIÓN

El pavimento rígido o hidráulico está diseñado a base de cemento, áridos y agua. En algunos casos se hace el uso de mallas metálicas para darle más resistencia contra la refacción y temperatura. Este pavimento está colado en una sola capa dentro de un molde, en donde cada cierta longitud se coloca unas barras de transferencia de cargas transversales a la vía llamadas Dowells, formando así un panel dinámico de pavimento rígido, ya que, al pavimentar una vía de este tipo, se deben conformar de muchos de estos paneles para dar por completada una vía de pavimento rígido.

En el Ecuador y en la mayoría de países del mundo, usan regularmente el pavimento flexible (asfáltico) más que el pavimento rígido (hidráulico), por ser de un menor costo y por la facilidad que tiene al momento de construirlo, con la desventaja de que requiere mucho más mantenimiento a largo plazo y esto generaría molestias e interrupciones en el tránsito vial y peatonal. [1]

En este informe se va a mostrar la manera en que se diseña un pavimento rígido, tomando como primer dato un análisis de circulación vehicular como ejemplo en una determinada vía de primer orden, usando como fuente de información estudios previos un lugar en particular, el Manual de Pavimentos Rígidos del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador y normativas nacionales e internacionales. En estas normas se detalla con precisión la manera correcta de elegir los elementos a emplearse según las dimensiones de la obra, el tipo y calidad de materiales, maquinarias y herramientas en general. Este trabajo no se va a enfocar en los costos ni en los cronogramas de trabajo, sino en el diseño en sí de cada panel de hormigón que conformará la vía completa.

Como este análisis lo conforman diversas temas o partes de estudio, se lo va a seccionar en diferentes procesos:

1. Introducción, en donde se da una visión generalizada en donde va enfocado este informe.
2. Los objetivos generales y específicos
3. Desarrollo, en donde se estudian las fuentes y conceptos del tema a tratar
4. Conclusiones

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Generales

Diseñar paneles de hormigón portland, haciendo uso de barras de transferencia de carga (Dowells) para vías de primer orden.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar las cargas de tráfico que harán uso las vías de pavimento rígido
- Dar a conocer las metodologías de construcción de un panel de hormigón
- Conocer el propósito que tiene el colocar barras de transferencia en los paños del pavimento
- Adoptar criterios específicos tanto para la aceptación, como para el rechazo de los materiales a emplearse.

3 MARCO TEORICO

En el país no se cuenta con un método o manual normado de diseño de pavimentos rígidos y flexibles por lo que se opta por los métodos más usados que son el ASSHTO 93, el método PCA y el método de los módulos resilientes y dinámicos (RACIONAL).

3.1 Definición de pavimentos

Se llama pavimento a una estructura que sirve como capa de rodadura, en especial cuando es construida por una tipo carpeta. Los pavimentos más conocidos son los rígidos, flexibles o mixtos. También hay otros tipos como adoquines o piedras, pero esos entran en otro contexto. [2] [3]

3.2 Pavimento Rígido

Es un pavimento de hormigón simple, constituido por paneles de losas de hormigón. Estas losas son colocadas sobre una base, sub-base y/o sub-rasante, hechos con materiales pétreos seleccionados según los requerimientos de la vía, y estos a su vez es colado sobre moldes que van hasta los 5 metros de largo por 3.6 metros de ancho aproximadamente. [4] [5]

3.3 Vías de Primer Orden

Son las vías que sirven para la integración de las principales zonas de producción y poblacional del país, que conectan provincias y a su vez a los países circundantes.

También son conocidos por conectar con zonas de puertos y aeropuertos a nivel nacional e internacional, que para su construcción involucra convenios gubernamentales nacionales e internacionales. Son vías en donde transitan alrededor de 700 vehículos diarios, incluidos los de tránsito pesado y que comúnmente están fabricados con hormigón rígido de doble calzada. [6] [7]

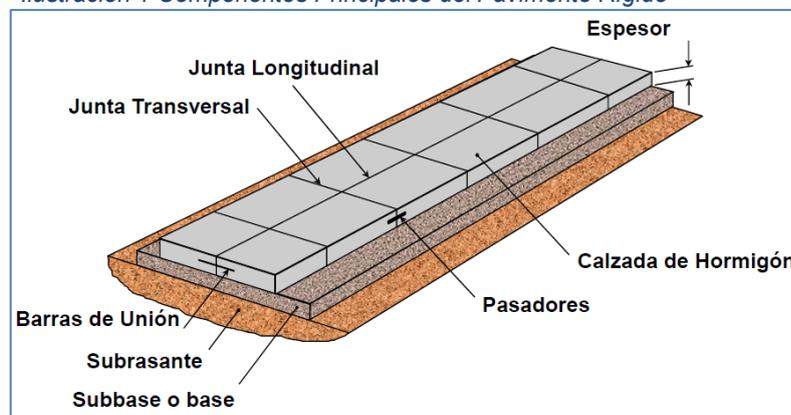
4 DISEÑO DE LA LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO

Primeramente, para empezar a hacer un diseño de pavimentos, se debe tener en claro qué tipos de vehículos harán uso de la vía. La tipología a ser empleada dependerá del tipo de cargas que soportará, el espesor de la losa y el tipo de uso como carreteras, autopistas, estaciones de servicio de combustible, zonas industriales o zonas urbanas. Para vías de primer orden, en donde harán uso los vehículos pesados, se tomará una consideración de 48 Tons aproximadamente para evaluar el diseño de la vía de pavimento. [8]

El diseño del espesor de la losa de pavimento por el método AASHTO 93, será contenido en el *Anexo 1* al final del documento, por lo que ahora se va a enfocar en los criterios de diseño y condiciones para dimensionar las losas.

4.1 Componentes Principales del Pavimento Rígido

Ilustración 1 Componentes Principales del Pavimento Rígido



Fuente: ICPA, Instituto del Cemento Portland Argentino

4.2 Propiedades del Concreto

Para el diseño de pavimentos de hormigón, influyen dos propiedades que son importantes para la elección adecuada de la resistencia del hormigón, según el tipo de infraestructura a ser diseñada en vías.

- Módulo de ruptura (MR)
- Módulo de Elasticidad (E_c)

4.3 Módulo de Ruptura

El módulo de ruptura se usa esencialmente cuando el hormigón trabaja flexión, como es en el caso de los pavimentos, losas y vigas, y se lo calcula mediante ensayos de laboratorio aplicando la norma NTE INEN 2554:2011, aplicando una carga a la distancia de 1/3 del largo de la viga. [9]

Los valores en laboratorio varían entre los 39 Kg/cm² hasta los 48 Kg/cm²

Tabla 1, Módulo de ruptura recomendados

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm ²	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Para las vías de primer orden, la AASHTO recomienda un módulo de ruptura de 48.0 Kg/cm², lo que equivaldría a una resistencia del concreto de 320 Kg/cm², esto es porque el módulo de ruptura equivale entre el 10% y el 15% del valor de la resistencia del hormigón.

4.4 Módulo de Elasticidad

Es una propiedad del hormigón que indica cuánto tiende a desplazarse o deformarse axialmente, por lo que, a mayor elasticidad, tendrá mayor rigidez, y eso provocará que el hormigón menore su desplazamiento o deformación.

Para el cálculo del modo de Elasticidad, nos basamos en la norma NEC-SE-HM. [10]

$$E_c = 1.15 * \sqrt[3]{E_a} * \sqrt{f'_c}$$

En dónde:

E_c : Módulo de elasticidad del hormigón (GPa)

E_a : Módulo de Elasticidad del agregado (GPa)

f'_c : Resistencia a la compresión del hormigón (Mpa)

La lista de materiales con su respectivo módulo de elasticidad, se encuentra en el (Anexo 2).

4.5 Juntas de Transferencias de Cargas

La transferencia de cargas es la capacidad que tiene una estructura de pavimento rígido de distribuir los esfuerzos cortantes que son ejercidas por el peso vehicular sobre sus juntas periféricas de cada panel o losa de pavimento, con el objetivo de disminuir las deformaciones que se generan en las mencionadas juntas, evitando así deterioros y fisuras de forma irregular en el hormigón. [11]

La AASHTO utiliza el sistema de transferencia de carga mediante un factor **J**. [12] [13] Depende de algunos factores para que la efectividad de transferencia de cargas sea la adecuada:

- Por la cantidad y tipo de tráfico vehicular
- Por el uso de pasajuntas o barras Dowells
- Por el uso de barras laterales de anclaje de las losas

En la tabla siguiente se dan los valores del factor **J** para las distintas condiciones:

Tabla 2, Valor J para barra de transferencia de cargas

Banquina	Concreto	asfáltico	Hormigón vinculado A calzada	
	Si	No	Sí	No
Tipo de pavimento				
Hormigón simple o armado c/juntas	3,2	3,8 - 4,4	2,5 - 3,1	3,6 - 4,2
Hormigón armado continuo	2,9 - 3,2	—	2,3 - 2,9	—

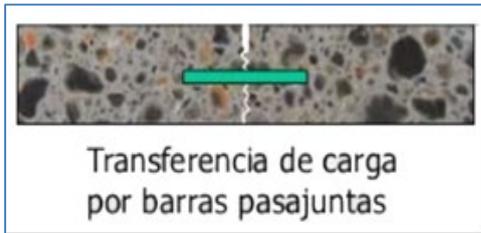
El uso de pasajuntas o barras de transferencia, es la manera más idónea de diseñar

pavimentos rígidos, pero para un tráfico liviano se puede obviar este mecanismo y hacer uso de la trabazón de agregados en las juntas.

Utilizar las barras pasajuntas cuando:

- El tráfico pesado sea igual o mayor al 25% del tráfico total
- Cuando el número de ejes equivalentes sea igual o mayor a 5 millones de ESAL's (Equivalent Single Axle Load) "Carga de Eje Equivalente Simple"

Ilustración 2 Transf. de cargas por barras pasajuntas



Fuente: Iván Sánchez, IC-UFPS

Ilustración 3 Transf. de cargas por trabazón de agregados



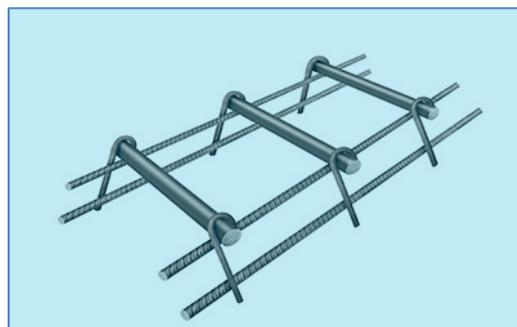
Fuente: Iván Sánchez, IC-UFPS

4.6 Juntas Transversales (Dowells)

Es un muy buen mecanismo de transferencia de cargas, que van situados en las juntas transversales de las losas de pavimentos para permitir un desplazamiento en las juntas por dilatación y/o fraguado de las losas y evitar así las fisuras en los bordes ocasionados por el flujo de cargas.

Por lo general están diseñadas con un determinado número de barras lisas de gran diámetro que son ensambladas en una canastilla metálica prefabricada, que sirve para alinearlas y situarlas a la mitad del espesor de la losa de pavimento. También se hace uso de moldes para las losas en donde también son ubicadas en la mitad de la misma. Son sólidos y firmes con lo que soportan el vaciado del hormigón in situ.

Ilustración 4 Dowells



Fuente: Novacero

Las especificaciones técnicas de las barras de pasajuntas y de las canastillas metálicas

están basados en las normas **ASTM A-615M** y la **ASTM A-82/A-496** respectivamente. Dentro de las recomendaciones para elegir la barra pasajuntas adecuada es que siempre sea lisa para ayudar con el desplazamiento o hacer uso de pasadores con capuchón deslizante.

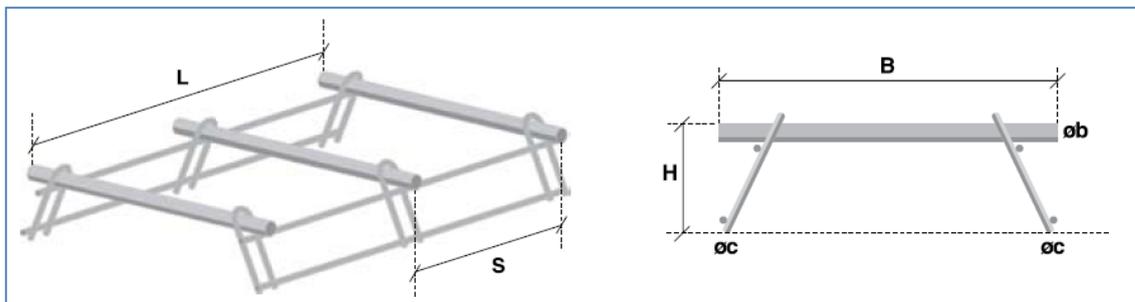
La fábrica de aceros *IdealAlambrec BEKAERT*, dentro de su catálogo de productos nos sugiere la elección de las barras acorde a la siguiente tabla:

Tabla 3, Dimensiones para la barra Dowell

Selección de la Barra Lisa del Dowell		
Espesor de la Losa H [cm]	Diámetro x Longitud Barra Lisa $\varnothing \times L$ [mm]	Espaciamiento entre Barras Centro a centro [mm]
12,5 <H <15,0	20 x 350	300
17,5 <H <20,0	25 x 400	300
20,0 <H <25,0	28 x 450	300
22,5 <H <27,5	32 x 500	300

Esta tabla está hecha para usarse con hormigones desde los 210 Kg/cm² hasta los 350 Kg/cm² de resistencia. [14]

Ilustración 5, Componentes de una armadura Dowell



Fuente: *IdealAlambrec*

En donde:

- L:** Longitud de canastilla entre ejes
- B:** Longitud de barra lisa
- S:** Espaciamiento entre barras lisas
- H:** Altura al eje de la barra
- øb:** Diámetro de barra cilíndrica lisa
- øc:** Diámetro varilla de la canastilla

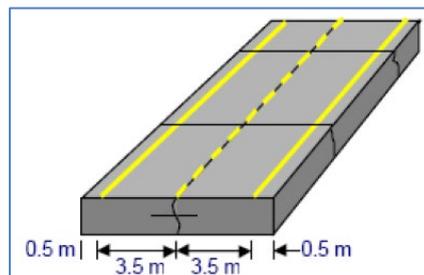
4.7 Juntas Longitudinales

Son barras de anclaje que se colocan a los costados de los paños de pavimentos y al centro del eje central, con el fin de alinearlas y unir las a las guarniciones o banquetas, y así, evitar las fisuras irregulares y descontroladas que se crean en la superficie de la losa. También controla en la reducción de los esfuerzos máximos que se generan en la losa por efecto de las cargas.

Al realizar el vaciado de uno o más carriles, la transferencia de carga también se produce por el efecto de la trabazón mecánica de los agregados, aunque siempre va a ser recomendado hacer el uso de varillas corrugadas según las recomendaciones de la AASHTO.

Los criterios de instalación de barras laterales se detallan a continuación:

Ilustración 6, Ancho de carril



Fuente: Jorge Córdova, Diseño de Pavimentos

Con un ancho de carril mayor o igual a 4.0 metros

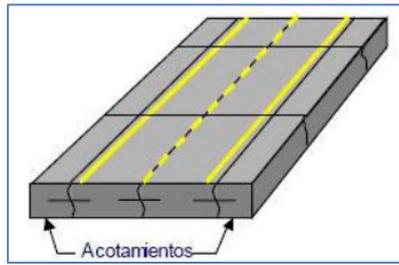
Ilustración 7, Carriles con Bordillos



Fuente: Jorge Córdova, Diseño de Pavimentos

Cuando se hallen o construyan guarniciones o bordillos.

Ilustración 8, Carriles con acotamientos



Fuente: Jorge Córdova, Diseño de Pavimentos

Cuando se construyan acotamientos o bermas.

4.8 Disposición de las Barras de Unión Longitudinal

Las barras de anclaje longitudinales se las coloca perpendicularmente en el tramo longitudinal de la calzada, siempre a la mitad del espesor de la losa de pavimento. Tener en cuenta que las barras de anclaje, no deben colocarse en al menos 40 cm de proximidad las barras de juntas transversales, esto es para que no interfiera o modifique el funcionamiento de las barras Dowells. [15]

Su dimensionamiento es basado en el esfuerzo que estará sometida para mantener a las losas de pavimento juntas, al espesor de la losa, a la fricción con el área de contacto y la distancia al borde libre más cercano.

Para obtener la cuantía del acero necesaria para que absorba los esfuerzos de tracción, se debe emplear la siguiente fórmula:

$$A_{BU} = \frac{\gamma * E * L * \mu * S}{f_s}$$

siendo:

A_{BU} : Sección mínima de acero, por cada losa de pavimento

γ : Peso unitario del hormigón

E : Espesor de la losa

L : La distancia al borde libre más cercano

μ : Coeficiente de fricción entre la losa de pavimento y la base del terreno

S : Distancia de separación de las juntas transversales

f_s : Tensión admisible del acero

Tabla 4, Coeficientes de fricción, según el material del suelo

Coeficientes de fricción recomendados [AASHTO 1993]	
Tipo de material en el apoyo de la calzada	Coeficiente de Fricción, p
Tratamiento superficial	2,2
Estabilizado con cal/cemento/asfalto	1,8
Material granular	1,5
Subrasante Natural	0,9

Luego para obtener el largo de cada varilla, se debe tener en cuenta la tensión de adherencia admisible entre el hormigón y el acero. Se la puede calcular con la siguiente fórmula:

$$l = 2 * \frac{A_{BU} * fs}{p * f_{ah}}$$

En donde:

l : largo de la varilla de unión

A_{BU} : área de la sección transversal de la barra de unión

fs : tensión admisible del acero

f_{ah} : tensión admisible de adherencia entre el hormigón y el acero

p : perímetro de la sección transversal de la barra de unión

Se puede considerar una tensión de adherencia entre el hormigón y el acero de 2 MPa y usando acero que tenga un punto de influencia de 240 MPa, se puede determinar por aproximación la longitud mínima requerida haciendo uso de los diámetros comerciales:

[15]

Tabla 5, Coeficientes de fricción según el material del suelo

Largo mínimo de las barras de unión.			
Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm ²]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

4.9 Separación entre las juntas de pavimento

Para determinar una separación de los paños de pavimento, se tiene en cuenta ciertos factores como la rigidez de la base, el clima, el espesor de la losa, el tránsito que hará uso y la elasticidad del hormigón.

En algunas ocasiones para la elección estimada de la distancia de separación los paños de pavimento, se podría observar las vías aledañas de cuanto es el aproximado de espaciamiento entre ellas. De no poseer esa información, también se puede recurrir a la siguiente fórmula para encontrar una separación apropiada:

$$Sep. Máxima = K * e$$

En dónde:

K : es una constante igual a 21 para bases tratadas con asfalto o cemento, y 24 para bases granulares o no tratadas.

e : espesor de la losa de pavimento

Otro detalle a tener en cuenta es que se deben considerar diseñar losas lo más cuadradas posibles, o al menos que la relación largo-ancho no supere los 1.25.

Para el ancho del paño se las debe construir a una distancia entre 3.5 m a 3.6 m, que es lo que ocupa un ancho de carril. [16]

4.10 Acero de Refuerzo

Es un tipo de malla de forma cuadriculada que es utilizada en el diseño de pavimentos para el control de fisuras por acción de cambios de la temperatura. Estas mallas deben ser colocadas a unos 5 cm de la base de la losa de pavimentos y un máximo de la mitad del centro de la misma, también dejando un espaciamiento de 5 cm del contorno de toda la losa de pavimento. [2]

La cantidad de acero puede calcularse mediante la siguiente fórmula: [17]

$$As = \frac{\gamma_c * D * L * F}{2f_s}$$

En dónde:

As : Cantidad del acero medida por su longitud de largo o ancho de la malla (mm²/m)

γ_c : Peso unitario del hormigón

D : Espesor de la Losa

L : Longitud entre las juntas (largo del paño)

F : Factor de fricción que va a depender del tipo de material de la base

f_s : Fluencia del acero, la AASHTO recomienda 0.7 fy

Tabla 6, Factor de fricción de materiales granulares

Tipo de material bajo la losa	F
Tratamiento superficial	2,2
Estabilización con cal	1,8
Estabilización con asfalto	1,8
Estabilización con cemento	1,8
Grava de río	1,5
Piedra chancada	1,5
Arenisca	1,1
Subrasante natural	0,9

Ver anexo 3, (Mallas Armex)

Ilustración 9, Mallas electrosoldadas



Fuente: CODEPA, Pavimentación de Concreto y Acabado

4.11 Aserrado de las Juntas

El aserrado de juntas consiste en el corte transversal y longitudinal de los perímetros cada paño o losa de pavimento rígido, específicamente en las juntas de una losa con otra adyacente, con el fin de darle el espaciamiento requerido a las mismas para que tengan el desplazamiento natural el concreto por acción de las fuerzas ejercidas por el tránsito vehicular, por la contracción del hormigón al momento del curado y por la temperatura del ambiente.

Para ejercer estos cortes, se hace empleo de una Aserradora de Hormigón entre las 7 a 12 horas del colado del hormigón, para así evitar fisuras por contracción y fraguado. Se emplean dos tipos de cortes: uno para poder debilitar la línea de fisura y el otro corte para darle forma al espaciamiento en donde se colocará el sellante de juntas.

Cabe mencionar que el uso de aserradores se hará solamente cuando se cole el hormigón continuamente, sin moldes o encofrados sobre las barras Dowells o las barras de anclaje longitudinales. [18] [15]

Ilustración 10, Máquina Aserradora



Fuente: Raúl Vicente, Juntas, Intersecciones y Transiciones.

Se recomienda una profundidad del aserrado mínima de $\frac{1}{3}$ del espesor del paño de pavimento cuando se tenga bases tratadas y de $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa cuando se tenga bases granulares o no tratadas. [19]

4.12 Sellado de juntas

Antes de colocar cualquier tipo de material para el relleno de las juntas, se debe limpiar las áreas, asegurando que queden libre de escombros, retirando la mayor cantidad de tierra y materiales extraños ajenos a la estructura, haciendo uso de alguna varilla o sopleteando con aire comprimido. El material sellante debe aplicarse dentro del espaciado de las juntas, evitando los derrames en la calzada y limpiando el exceso de ser necesario.

La función de colocar estos sellantes en las juntas del pavimento, es para evitar que ingrese agua y cualquier tipo de materiales incomprensibles en el espaciado de las juntas. El ingreso de agua empeora el estado de las capas inferiores de las losas de pavimento, dañando la firmeza de la base, sub-base y hasta subrasante, formando fisuras, erosiones, hundimientos. El ingreso de materiales duros, reducen el movimiento normal de las losas, y, además, podría provocar despostillamientos lo que genera daños severos en los paños de pavimento.

Como material sellante se puede utilizar cemento asfáltico mezclado con agregado fino, mezclas plásticas de aplicación en caliente o frío, siendo principalmente de caucho, neopreno, asfalto, silicona, y materiales poliméricos. [20]

Ilustración 11, Material sellante de junta



Fuente: Pavimentos, Hugo Quintana y Fredy Reyes

El material sellante debe quedar 6 mm por debajo de superficie externa de la losa, para evitar que entre en rozamiento con el tráfico vehicular.

Para proceder con la colocación del material sellante, se debe esperar entre los 21 y 28 días después del colado del hormigón, con la precaución de no permitir la circulación vehicular antes del sellado. No se debe colocar el sellador a una temperatura menor a los 5° ni en tiempo de lluvia.

Ilustración 12, Material plástico de las juntas



Fuente: CYPE Ingenieros S.A.

5 CONCLUSIONES

- Se tomaron los puntos más importantes y resumidos para tener en claro la manera más apropiada de poder diseñar paneles de hormigón, basados en normativas nacionales e internacionales.
- Hay que tener en cuenta que no se hizo estudios de tráfico por no ahondar tanto al tema principal, si no que se hizo una estimación de datos generales para tránsito pesado, porque las vías de primer orden están aptas para ello.
- Se dice diseño de paños, por la razón que las cargas perpendiculares que se ejerce a la calzada no se efectúan distributivamente a toda la dimensión de la vía, si no a las losas independientes de pavimento, por eso el diseño es específico para paneles individuales, que, en conjunto de cientos de ellos, darán la estructura completa de una vía para tránsito vehicular.
- El nivel de confiabilidad para vías de primer orden, debe estar entre el 80 % al 99%, al ser tan imprescindibles y no se espera que haya interrupciones en el tránsito, por el motivo de que eso generaría pérdidas económicas en todos los sectores.
- El uso de barras de transferencia es un componente estructural sumamente importante, porque le brinda firmeza, linealidad y evita las fisuras descontroladas. El no hacer uso de ellas merece otro caso de estudio y rediseño de la losa de pavimento para soportar la misma fuerza aplicada sobre ellas.
- Tener en cuenta que siempre se debe usar barras lisas para las juntas transversales y barras corrugadas para las juntas longitudinales. Se ha visto casos que, al no poseer barras lisas, por cualquiera que sea el motivo, se le coloca forros plásticos en las barras para que esta genere la superficie lisa que deberían tener. Es un acto que podría funcionar en ciertos eventos, pero no siempre va a ser recomendable, ya que, por el transcurso de los años y los esfuerzos soportados, el plástico tiende a degradarse y deteriorarse.
- Las losas de hormigón para pavimentos, no deben exceder los 5 metros de longitud, por razones de seguridad y control sobre los esfuerzos, es más

difícil asegurar firmeza, mayor probabilidad de generación de fisuras, deterioro temprano de la estructura en general, por ser una estructura de grandes dimensiones.

- Para garantizar un buen trabajo de durabilidad de pavimento, no se debe dejar de lado la construcción de drenajes. Estos deben evacuar el contenido de aguas por acción de las lluvias o por algún efecto ambiental, en tiempo máximo de dos horas. Un pavimento sumergido en agua, en donde se encuentre completamente saturado, provocaría daños a largo plazo como erupciones, fisuras en las juntas, hundimientos por daños en las capas de bases inferiores y desplazamientos de las losas.

6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. H. Higuera Sandoval y Ó. F. Pacheco Merchán, «Patología de Pavimentos Articulados,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 9, nº 17, p. 77, Julio-Diciembre 2010.
- [2] M. d. T. y. O. P. d. Ecuador, Vol. 3, ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES, Quito, 2013.
- [3] G. Guzman y D. Mogrovejo, «Gestión sostenible del pavimento flexible, rígido y articulado del centro urbano del Cantón Girón,» *Maskana*, vol. 8, nº 1, pp. 207-2017, 2017.
- [4] P. M. V. Estefanía, «Guía Metodológica para Diseño de Construcción de Pavimentos para el Ecuador,» Sangolquí, 2016.
- [5] J. P. Covarrubias, «Diseño de losas de hormigón con geometría optimizada,» *Revista ingeniería de construcción*, vol. 27, nº 3, pp. 181-197, 2012.
- [6] MINTRANSPORTE, «GUÍA PARA REALIZAR LA CATEGORIZACIÓN DE LA RED VIAL NACIONAL,» 2017.
- [7] O. O. Germán, «El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia,» *Revista de Ingeniería*, vol. 1, nº 44, pp. 20-27, 2016.
- [8] G. d. I. R. d. Perú, «Normas Legales 11,» Lima, 2018.
- [9] INEN, «HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL HORMIGÓN. (UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS).,» Quito, 2011.
- [10] NEC, «ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO NEC-SE-HM,» 2014.
- [11] M. Barreda, M. Naber, I. Quispe Sallo y J. Sota, «Fisuras de contracción en pavimentos de hormigón y el aserrado de juntas,» *ALCONPAT*, vol. 3, nº 2, pp. 115-125, 2013.
- [12] I. O. V. Cordo, «Diseño de Pavimentos (AASHTO-93),» Estados Unidos, 2006.
- [13] M. Castro Vásquez, L. Castro Vásquez y P. Castro Vásquez, «Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido,» *Polo del Conocimiento*, vol. 5, nº 9, pp. 640-663, 2020.
- [14] IdealAlambrec Bekaert, 2021. [En línea]. Available: <https://idealalambrec.bekaert.com/-/media/Brands2017/Idealalambrec/Catalogos/SOLUCIONES-PARA-LA-CONSTRUCCIN-V02-baja.pdf>. [Último acceso: 3 Febrero 2022].
- [15] R. R. V. López, «Juntas, Intersecciones y Transiciones,» Buenos Aires, 2019.
- [16] I. M. B. Salas, «Tópicos de Pavimentos de Concreto, Diseño, Construcción y Supervisión,» Lima, 2012.
- [17] AASHTO, «Guide for Design of Pavement Structures,» Washington, 1993.
- [18] R. M. Rebolledo, «Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos,» Valdivia, 2010.
- [19] Á. García Meseguer y R. Fernández Sánchez, «Construcción de un

- pavimento rígido de carretera de montaña: el acceso al Valle de los Caídos,» *Informes de la Construcción*, vol. 22, nº 216, p. 49, 12 1969.
- [20] F. R. L. Hugo Rondón Quintana, Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño, Primera Edición ed., J. Mikán, Ed., Bogotá: ECOE Ediciones Ltda., 2015, p. 595.
- [21] I. B. d. C. y. e. Hormigón, «MANUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS TOMO 2 NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS,» 2012.
- [22] M. DNP, «Construcción de Pavimentos Rígidos en Vías Urbanas de Tránsito,» Bogotá, 2017.

7 LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1 Componentes Principales del Pavimento Rígido	11
Ilustración 2 Transf. de cargas por barras pasajuntas.....	14
Ilustración 3 Transf. de cargas por trabazón de agregados	14
Ilustración 4 Dowells.....	14
Ilustración 5, Componentes de una armadura Dowell.....	15
Ilustración 6, Ancho de carril	16
Ilustración 7, Carriles con Bordillos	16
Ilustración 8, Carriles con acotamientos	17
Ilustración 9, Mallas electrosoldadas	20
Ilustración 10, Máquina Aserradora	21
Ilustración 11, Material sellante de junta.....	22
Ilustración 12, Material plástico de las juntas.....	22

8 LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1, Módulo de ruptura recomendados	12
Tabla 2, Valor J para barra de transferencia de cargas	13
Tabla 3, Dimensiones para la barra Dowell	15
Tabla 4, Coeficientes de fricción, según el material del suelo.....	18
Tabla 5, Coeficientes de fricción según el material del suelo.....	18
Tabla 6, Factor de fricción de materiales granulares.....	20
Tabla 7, Módulo de elasticidad de agregados pétreos	34

9 ANEXOS

9.1 Anexo 1

	<h2 style="margin: 0;">DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO</h2>																								
PROYECTO:	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO																								
ORGANISMO PROPONENTE:																									
<h3>MÉTODO AASTHO -93</h3>																									
<p>Es uno de los métodos mas utilizados y de mayor utilización a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos.</p>																									
<h3>FORMULACIÓN DE DISEÑO</h3>																									
<p>La ecuación básica de diseño a la que llegó AASTHO para el diseño de pavimentos rígidos, desde un desarrollo analítico, se encuentra plasmada también en monogramas de cálculo, éstos esencialmente basados en los resultados obtenidos de la prueba experimental de la carretera AASTHO. La ecuación de diseño para pavimentos rígidos modificada para la versión actual es la que a continuación se presenta:</p>																									
<h3>FORMULA GENERAL AASTHO</h3>																									
$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}}$																									
$+ (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right]$																									
Donde:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">D</td><td style="padding: 2px;">= Espesor de la losa del pavimento en (in)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">W18</td><td style="padding: 2px;">= Tráfico (Número de ESAL's)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Zr</td><td style="padding: 2px;">= Desviación Estándar Normal</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">So</td><td style="padding: 2px;">= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">ΔPSI</td><td style="padding: 2px;">= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Po</td><td style="padding: 2px;">= Serviciabilidad Inicial</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Pt</td><td style="padding: 2px;">= Serviciabilidad Final</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">S'c</td><td style="padding: 2px;">= Módulo de Rotura del concreto en (psi).</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Cd</td><td style="padding: 2px;">= Coeficiente de Drenaje</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">J</td><td style="padding: 2px;">= Coeficiente de Transferencia de Carga</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Ec</td><td style="padding: 2px;">= Módulo de Elasticidad de concreto</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">K</td><td style="padding: 2px;">= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).</td></tr> </table>	D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)	W18	= Tráfico (Número de ESAL's)	Zr	= Desviación Estándar Normal	So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico	ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)	Po	= Serviciabilidad Inicial	Pt	= Serviciabilidad Final	S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).	Cd	= Coeficiente de Drenaje	J	= Coeficiente de Transferencia de Carga	Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto	K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).
D	= Espesor de la losa del pavimento en (in)																								
W18	= Tráfico (Número de ESAL's)																								
Zr	= Desviación Estándar Normal																								
So	= Error Estándar Combinado de la predicción del Tráfico																								
ΔPSI	= Diferencia de Serviciabilidad (Po-Pt)																								
Po	= Serviciabilidad Inicial																								
Pt	= Serviciabilidad Final																								
S'c	= Módulo de Rotura del concreto en (psi).																								
Cd	= Coeficiente de Drenaje																								
J	= Coeficiente de Transferencia de Carga																								
Ec	= Módulo de Elasticidad de concreto																								
K	= Módulo de Reacción de la Sub Rasante en (psi).																								
<h3>VARIABLES DEL DISEÑO</h3>																									
<p>ESPESOR (D).</p> <p>El espesor de losa de concreto, es la variable "D" que pretendemos determinar al realizar un diseño de pavimento rígido. El resultado del espesor se ve afectado por todas las demás variables que interviene en los cálculos. Es importante especificar lo que se diseña, ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación puede significar una variación importante en la vida útil.</p>																									

1.- ESTUDIO DE TRANSITO

1.1.- Transito (demanda)

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos con presión de 80 lb./pulg².

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o (1 + i)^{n-1}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

La demanda o volumen de tráfico (IMDA ó TPD), requiere ser expresado en términos de Ejes Equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) equivale al efecto de deterioro causado sobre el pavimento.

1.2.- Determinación del tránsito existente.

El volumen existente en el tramo, considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

a. El tránsito promedio semanal (TPDS) mediante conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+Sábado+Domingo), como mínimo, de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Así mismo en caso no hubiera información oficial, sobre pesos por eje, aplicable a la zona, se efectuara un censo de carga Vehicular durante 2 días consecutivos.

b. Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

c. Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

1.1. CALCULO DE LOS EJES EQUIVALENTES ESAL'S(W18)

ESAL's(W18) =	1.800.000,00
ESAL's(W18) =	1,80E+06

2. CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILIDAD.
Autopistas	90%
Carreteras	75%
Rurales	65%
Zonas industriales	60%
Urbanas principales	55%
Urbanas secundarias	50%

DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)	
Confiabilidad R (%)	Desviac. Están. (Zr)
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

$$R (\%) = 90,00 \quad \%$$

2.1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

$$Zr = -1,282$$

2.2. ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0,35
En sobre capas	0,4

$$So = 0,350$$

4. SERVICIABILIDAD (Δ PSI):

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes.

Como el índice de serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de serviciabilidad inicial la AASTHO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto.

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACION
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Δ PSI = 4,20

5. MÓDULO DE RUPTURA (S'c)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) ó módulo de ruptura normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

F'c = 350 Kg/cm²

S'c = 32(F'c)

-179,08

TIPO DE PAVIMENTO

S'c RECOMENDADO

	Psi
Autopistas	682.7
Carretera	682.7
Zonas Industriales	640.1
Urbanos principales	640.1
Urbanos Secundarios	597.4

S'c = 682,7 Psi

6. DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1,10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1,00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0,90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0,80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0,70

Para el caso los materiales a ser usados tiene una calidad regular de drenaje y esta expuesto en un 30% durante un año normal de precipitaciones.

Cd = 0,9

7. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos

Este concepto depende de los siguientes factores:

- Cantidad de Tráfico.
- Utilización de pasajuntas.
- Soprote lateral de las Losas.

La AASTHO recomienda un valor de 3.2 para pavimentos rígidos

J = 3,2

8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$f'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm²) = 350 Kg/cm²

$E_c = 4,7 \times (f'c)^{1/2}$ (En GPa)

$E_c = 17000 \times (f'c)^{1/2}$ (En Kg/cm²)

Con un módulo de elasticidad del agregado del Río Jubones es de $E_a = 110,5$

$E_c = 1,15 \times (E_a)^{1/3} \times (350)^{1/2}$ $E_c = 1052755.02$ Kg/cm²

$E_c = 14973696$ Psi

9. MODULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuestos algunas correlaciones de "K" a partir de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, siendo una de las más aceptadas por ASSHTO las expresiones siguientes:

$K = 2.55 + 52.5(\text{Log CBR})$ Mpa/m → CBR ≤ 10

$K = 46.0 + 9.08(\text{Log CBR})^{0.54}$ Mpa/m → CBR > 10

CBR sub rasante = 12,00 %

Según estudio realizado Laboratorio de Mecánica de suelos

$K = 58,63908106$

10. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO

Según la formula General AASHTO:

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}\right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I) Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

D = 8,000 in

$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.06 =$ **6,764 ... Ecuación I**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D + 1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

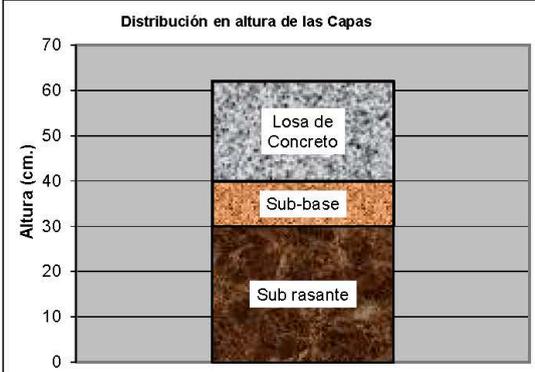
$+ (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[215.63 \frac{S'_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(E_c/k)^{0.25}})}\right] =$ **6,778 ... Ecuación II**

Espesor de la Losa de Concreto

D = 22,00 Cm

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Losa de C° Hidráulico	e= 8,67 Pulg.=	22
Sub-Base Granular	e= 4 Pulg. =	10
Sub rasante	e= 4 Pulg. =	30



9.2 Anexo 2

Módulo de elasticidad de agregados pétreos

Tabla 7, Módulo de elasticidad de agregados pétreos

Tipo	Procedencia	E _a (GPa)
Caliza (Formación. San Eduardo)	Guayaquil - Guayas	67.9
Chert (Formación. Guayaquil)	Guayaquil - Guayas	15.8
Diabasa (Formación. Piñón)	Chivería - Guayas	89.3
Tonalita	Pascuales - Guayas	74.9
Basalto (Formación. Piñón)	Picoazá - Manabí	52.5
Basalto	Pifo - Pichincha	27.2
Ígnea (Andesitas, basaltos, Granodioritas)	Río Jubones - El Oro	110.5
Volcánica	La Península - Tungurahua	17.5

9.3 Anexo 3

Mallas metálicas pre-soldadas para hormigón armado

Mallas Armex® Tipo R con apertura cuadrada

Código	Tipo de malla	Diámetro (mm)		Separación (cm)		Sección de acero as (mm ² /m)		Peso	
		Alambre L.	Alambre T.	Alambre L.	Alambre T.	As L	As T	kg/m ²	kg/plancha
188156	R-126	4,0	4,0	10	10	126	126	1,97	29,48
188164	R-196	5,0	5,0	10	10	196	196	3,07	46,06
188166	R-238	5,5	5,5	10	10	238	238	3,72	55,73
188168	R-283	6,0	6,0	10	10	283	283	4,42	66,32
188172	R-385	7,0	7,0	10	10	385	385	6,02	90,27
188176	R-636	9,0	9,0	10	10	636	636	9,95	149,22
188150	R-64	3,5	3,5	15	15	64	64	1,01	15,17
188152	R-84	4,0	4,0	15	15	84	84	1,32	19,81
188154	R-106	4,5	4,5	15	15	106	106	1,67	25,07
188158	R-131	5,0	5,0	15	15	131	131	2,06	30,95
188160	R-158	5,5	5,5	15	15	158	158	2,50	37,45
188161	R-188	6,0	6,0	15	15	188	188	2,97	44,57
188167	R-257	7,0	7,0	15	15	257	257	4,04	60,66
188170	R-335	8,0	8,0	15	15	335	335	5,28	79,23
188173	R-424	9,0	9,0	15	15	424	424	6,69	100,28
188175	R-524	10	10	15	15	524	524	8,25	123,80
188148	R-53	4,5	4,5	30	30	53	53	0,84	12,53

AsL: Área de acero (mm²/m) de los alambres longitudinales.

AsT: Área de acero (mm²/m) de los alambres transversales.

Dimensiones estándar: 6,25 x 2,40 m = 15m²

Medidas y especificaciones especiales bajo pedido

9.4 Anexo 4

Inspección y reconocimiento del pavimento rígido de la av. La Pajonal, en Machala



