

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS
MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE
PAVIMENTO RÍGIDO, EN EL BARRIO LA
PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN -
SUCRE

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

CONSIDERACIONES BASICAS.

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO: METODO SIMPLIFICADO DEL INVIAS: En este método se presenta de la manera más clara, completa y concisa posible las particularidades de los pavimentos de concreto, las variables que influyen en su comportamiento y, por ende, en la determinación de los espesores de las capas que lo constituyen, las características que hacen que este pavimento gane o pierda competitividad frente a otras alternativas de pavimentación y una guía para escoger las dimensiones de las losas y las propiedades del concreto

CRITERIOS DE DISEÑO: FATIGA Y EROSION

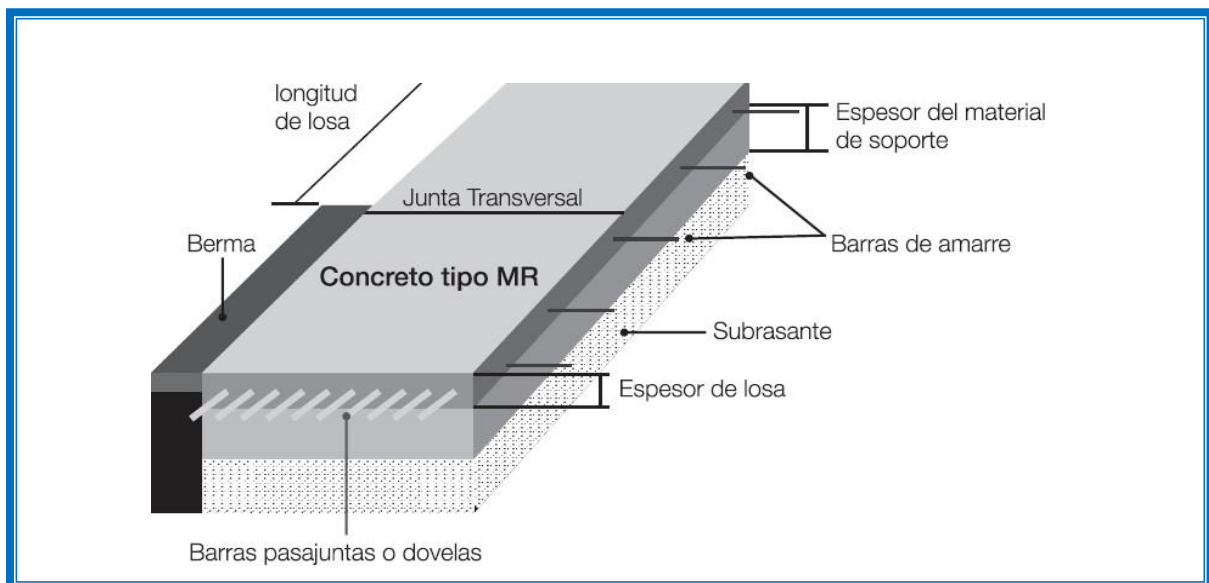
EJES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO: EJES SENCILLO Y EJES TAMDEN

PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS

CRECIMIENTO DEL TRÁFICO: TRANSITO ATRAIDO

CRECIMIENTO NORMAL DEL TRANSITO

TRANSITO GENERADO



DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

La vía en estudio es una vía rural, el suelo predominante de la unidad de diseño es una matriz compuesta arcillas, arenas con gravas, clasificadas según la U.S.C CL SM, con los siguientes parámetros para los cálculos y diseños de pavimento rígido de MR=38

Transito inicial	TPD=183
Tasa de crecimiento del transito vehicular	I = 3%
Tasa de vehículos comerciales	>80%
Periodo de diseño del pavimento	20 años
Factor de Camión	1.3
CBR	2 – 5%

PARAMETROS PARA LA BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO

GRADACION DEL MATERIAL PARA BASE GRANULAR		ESPECIFICACIONES PARA LA BASE GRANULAR
Tamiz mm	Porcentaje Que pasa	
38.100	100	El material grueso debe tener al menos una cara fracturada
25.400	70 - 100	El limite liquido del material que pasa el tamiz 0,425 <= 25%
19.100	60 - 90	El desgaste del material en la maquina de los Ángeles <= 50%
9.520	45 - 75	La perdida de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio será < 12%
4.760	30 - 60	La perdida de peso en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio será < 18%
2.000	20 - 50	El mínimo equivalente arena aceptable es 30%
0.425	10 - 30	La compactación de la base será mínimo el 95% de la del Proctor Modificado.
0.074	5 - 15	

ANALISIS DE TRANSITO

Para el estudio y diseño del pavimento rígido a colocar en los tramos de las vías tomaremos como valor representativo el máximo valor del TPD obtenido en la vía, que para el presente proyecto corresponde a la vía CALLE 14A, CARRERA 12A, CALLE 12 Y CARRERA 12B EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE con un TPD=183

PARAMETROS DE DISEÑO		VALOR
Periodo de diseño		20
Tasa de crecimiento		3%
Ancho de calzada a pavimentar en pavimento rígido		5
Factor direccional		0.5
Composición de los vehículos comerciales	Autos	48.79%
	C2p	15.40%
	C2g	10.71%
	Furgones	25.10%

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

VIA CALLE 14A, CARRERA 12A, CALLE 12 Y CARRERA 12B EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE

RESUMEN AFORO VEHICULAR								
CALLE 14A EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE								
SEMANA DEL 06 AL 12 DE DICIEMBRE DE 2021								
DIRECCION	MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO, EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN – SUCRE							
	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado	domingo	TPD
Autos	93	83	83	89	84	90	102	89
furgones	50	28	33	40	47	65	58	46
C2-Pequeño	19	25	25	29	28	37	34	28
C2-Grande	8	20	15	22	23	24	25	20
buses	0	0	0	0	0	0	0	0
TPD	183	Vehiculos						
48.79%	Autos							
0.00%	buses							
25.10%	furgones							
15.40%	C2 - Pequeño							
10.71%	C2 - Grande							

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

PROYECTO	MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO, EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN – SUCRE				
CALCULO DEL TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO Y TOTAL					
TRANSITO DIARIO	183	TASA DE CRECIMIENTO %	3		
FACTOR SENTIDO	0.5	FACTOR CARRIL	0.8		
		PERIODO DE DISEÑO (Años)	20		
VEHICULOS	PORCENTAJE	NUMERO VEHICULOS DIARIOS	FACTOR DANO UNICAUCA	TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO	NUMERO VEHICULOS ACUMULADOS
VEHICULOS	%	183			
AUTOS	48.79%	89	0	0	AUTOS 349,714.09
FURGONES	25.10%	46	0.42	19	FURG 179,901.00
BUSES	0.00%				BUS
CAMIONES	26.11%	48			
C2P	58.98%	28	0.31	9	C2P 110,406.53
C2G	41.02%	20	2.89	57	C2G 76,780.18
C3		0	5.31	0	C3 -
C3S2		0	8.37	0	C5 -
C3S3		0	6.29	0	C6 -
TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO				85	
TRANSITO EQUIVALENTE TOTAL ACUMULADO				332,024.45	TOTAL 716,801.79

r =	Tasa de crecimiento	$(G)(Y) = \frac{(1+r)^T - 1}{r}$
n =	Periodo de diseño	
G =	Factor de de crecimiento	$(G)(Y) = 25.54 \text{ TRANSITO PROYECTADO}$
Fd =	Factor de Distribución en Dirección	
Fc =	Factor de Distribución por Camil	
$E_{equiv} = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMIÓN_i \times TPD_i (G)(Y)(Fd)(Fc) \times 365$		

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Para el estudio y diseño del pavimento rígido tomaremos como valor representativo el máximo valor del TPD obtenido en la vía, que para el presente proyecto corresponde a la vía en el TRAMO VIA CALLE 14A, CARRERA 12A, CALLE 12 Y CARRERA 12B EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE con un TPD=183.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) - (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) - (M ó A) - (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) - (A) - (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) - (A) - (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) - (A) - (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) - (A) - (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) - (A) - (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los conteos realizados en la de las vías se tiene un TPD de 183 y con un total de 716.801 ejes acumulados de 8.2 t, y de acuerdo al tipo de pavimento a construir la cual es calle en 2 direcciones, setiene además en cuenta que es una vía secundaria dentro del municipio, ancha de acuerdo al tipo de vías se arrojaría una categoría del tránsito, T₀ con un rango de ejes acumulados menores o iguales a 1.000.000.

OBTENEMOS UNA CATEGORIA DE T₀

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Conocido el CBR de diseño y el valor de N, de la tabla se determina el espesor de la placa de concreto y de la base y súbbase granular como estructura de soporte de la vía.

CBR DE DISEÑO

Para determinar el CBR de diseño, se realizó un ensayo de CBR en estado natural y un CBR en inmersión, empleando para el diseño la condición más desfavorable debido a las condiciones húmedas de la sub rasante en estado húmedo.

- El CBR promedio encontrado en la vía y para ser usado en los diseños es de

SONDEO No.	CBR	CBR SUMERG
1	4.4	3.07
2	6.6	4.5
3	7.8	4.3
4	8.0	4.5
CBR PROMEDIO	6.70	4.09

Datos de los ensayos realizados sobre las muestras extraídas.

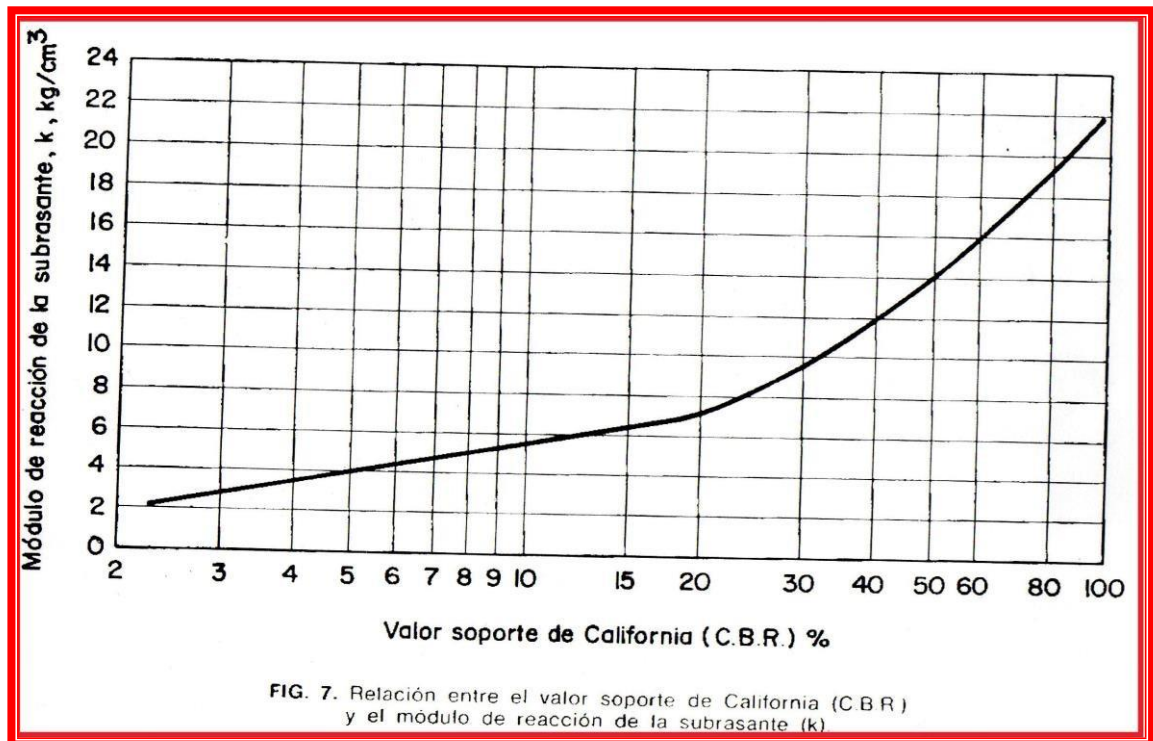
Fuente: Elaborado por la presente consultoría

según los ensayos realizados obtenemos un CBR prom. = 6.70 y un CBR SUMERG Prom. =4.09

para efectos de diseños tomaremos el valor promedio del CBR Sumerg para establecer la relación del CBR de diseño según la norma INVIAS, según la tabla

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Con base en los resultados de laboratorio y las características del subsuelo, se determinó para el tramo en estudio, con un CBR de 4.09%.



Datos de referencia para los ensayos realizados sobre las muestras extraídas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría

Para el CBR de diseño se tomará la clasificación de INVIAS que está en el orden de 2 – 5% para una sub rasante tipo S2

- Conocido el CBR de diseño y el valor de N, de la tabla se determina el espesor de la placa de concreto y de la base y subbase granular como estructura de soporte de la vía.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

- Utilizando el sistema de dos capas de BURMISTER se obtiene para el caso de tener que realizar mejoramiento con sub base:20 cms
- Se determina un espesor de sub base Esp=20 cms.
- No existen condiciones de fallas o movimientos en masa que puedan afectar el funcionamiento de la vía.

PARA CBR ENTRE 2 Y 5 TENEMOS EL MODULO RESILENTE Y CLASE Y TIPO DE VIA S2

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1.000
S4	20 - 10	1.000 - 2.000
S5	> 20	> 2.000

Tabla 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

**Datos de referencia para los ensayos realizados sobre las muestras extraídas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría**

Se pudo observar que los sondeos realizados una arcilla inorgánica de media a alta plasticidad $LL \geq 30$ e Índice de Plasticidad $IP \geq 20\%$. Según el INVIAS Norma E 132-13 el potencial de expansión de un suelo puede determinarse mediante los Límites de Atterberg. El suelo clasifica con grado se expansión de media a alto.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Debido a la alta expansividad del suelo se recomienda colocar la capa de sub base para pavimento de 20 cms para dotar a la estructura de la estabilidad suficiente para que sea capaz de soportar los cambios volumétricos que pueden presentarse en la Subrasante debido a las características del suelo encontrado, también se recomienda la colocación de un geotextil entre la sub base y la sub rasante.

MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

La calidad del suelo que conforma la subrasante es un factor de relativa importancia en el diseño de espesores de afirmados. Esta, usualmente, se caracteriza por el módulo de reacción de la subrasante K , que representa la presión de una placa circular rígida de 76 cm de diámetro dividida por la deformación que dicha presión genera. Su unidad de medida es el kg/cm^3 . Si no es posible realizar el ensayo correspondiente, generalmente se calcula correlacionándolo con otro tipo de ensayo más rápido, tal como el ensayo CBR. Para fines prácticos se proponen las siguientes categorías de subrasante:

Categoría Subrasante	Clasificación U.S.C.S.	Clasificación AASHTO	CBR (%)	K (kg/cm^3)
a.) Muy buena	GW, GP, GM, GC	A1-a, A1-b	> 25	> 8
b.) Buena	SC - SM	A2-6, A2-7	6 a 25	4 a 8
c.) Deficiente	ML, CL, MH, CH, OH, OL	A-5, A-6, A7-5, A7-6	2 a 6	2 a 4

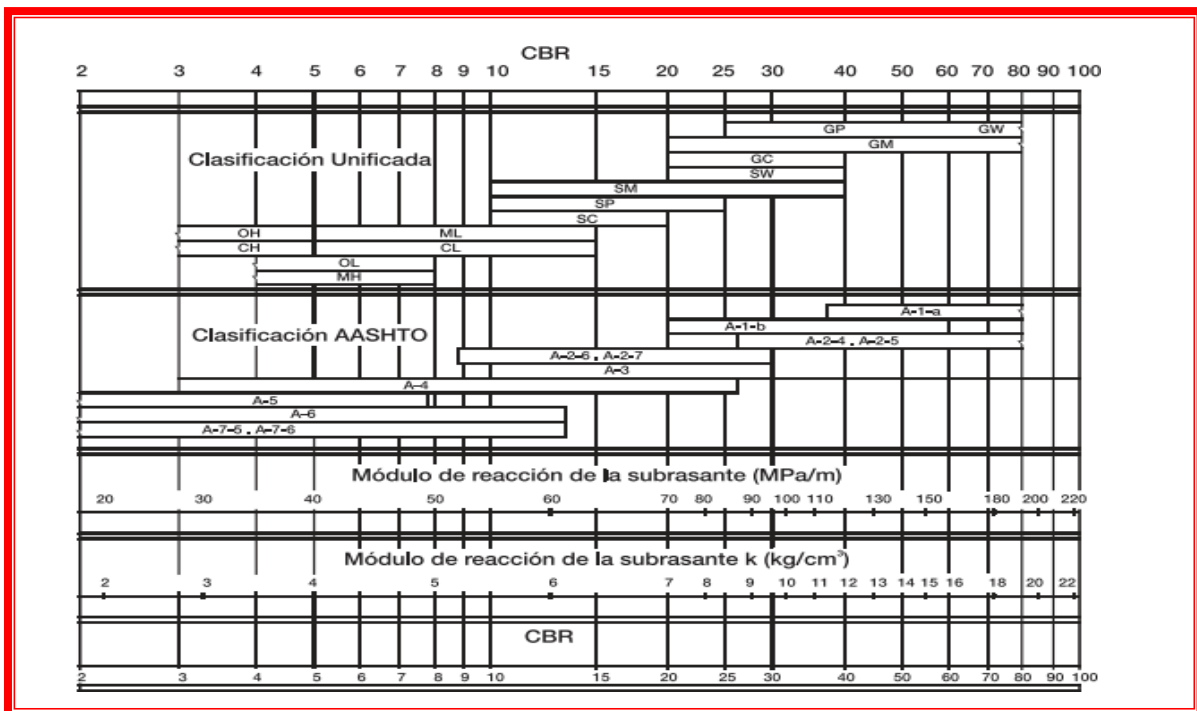
Fuente: Guía para el Diseño y la Construcción de Pavimentos Rígidos. Ing. Aurelio Salazar Rodríguez, 1998.

Datos de referencia para los ensayos realizados sobre las muestras extraídas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño tomaremos un valor de $K=3.0 \text{ Kg/cms}^3$

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO



Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

VALOR DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO DEL PAVIMENTO

Se contempló el valor de la resistencia de diseño del pavimento teniendo en cuenta las consideraciones de tráfico al cual será sometida la vía luego de ser pavimentada y además teniendo en cuenta el tráfico atraído en la zona y la existencia de zonas de explotación de materiales que incrementaban el tráfico de vehículos pesados en la misma

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tabla 3-4. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Cabe destacar que para obtener un módulo de rotura de MR=38, no se puede obtener con un concreto de 3000 PSI, ya que el valor del módulo de rotura es aproximadamente igual a un 15% del valor de la resistencia a la compresión del concreto por lo que se debería tener un concreto de 3500 PSI de resistencia a la compresión para obtener un concreto de MR mayor o igual a 38 de la siguiente forma:

$$3500 \text{ PSI} = 245 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el MR es aproximadamente el 15% de la resistencia a la compresión tenemos que:

$$245 \times 15\% = 36.8 \text{ se aproxima a } 38$$

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Entonces debemos utilizar un concreto de 3500PSI de resistencia a la compresión para obtener un módulo de rotura mayor o igual al especificado en el respectivo diseño.

Además, se estableció para dicho pavimento una transferencia de carga como se establece a continuación

DENOMINACION DE LA TRANSFERENCIA DEL SISTEMA DE CARGA

DENOMINACION DE TRANSFERENCIA DEL SISTEMA DE CARGA	
DENOMINACION	DESCRIPCION
D	DOVELAS
BA	BORDILLO Y ANDEN

CONOCIENDO T_0 , S_2 , TRANSFERENCIA DE CARGA CON DOVELAS, BORDILLO, ANDENES, UNA BASE GRANULAR Y UN MR 1 TENEMOS

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

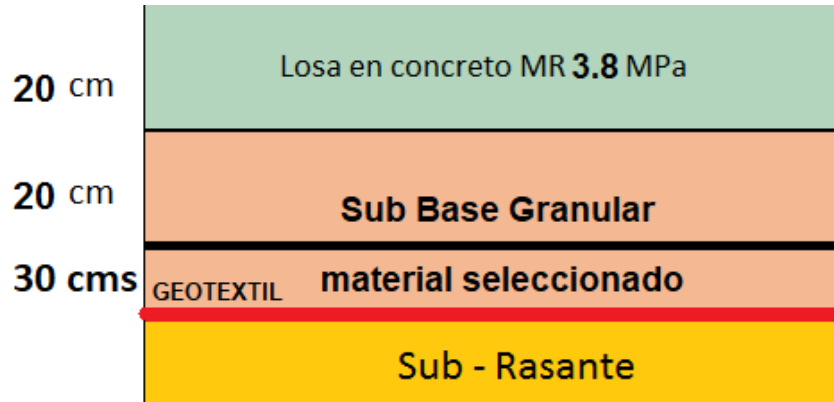
ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
		Tránsito T0																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	20	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	29	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	28	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

Con la base granular determinadas se determina un espesor de 20 cm para la losa de concreto, según la alternativa de diseño y construcción presentada

En estas condiciones la alternativa adoptada corresponde a solución requerida para la vía proyectada, dando cabida al volumen de tránsito esperado en el periodo de diseño, aun conservándose la estructura del pavimento en buen estado.

ESPEOR DEL PAVIMENTO RIGIDO ES DE 20 CMS

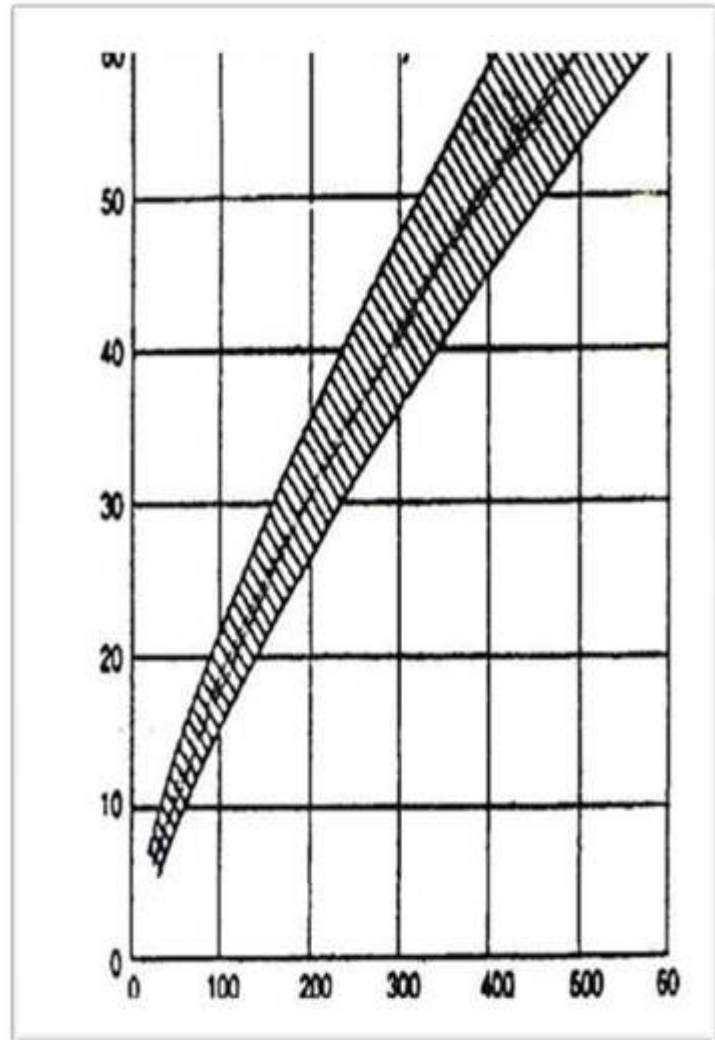
DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO



DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Dado que la capa de subrasante presenta material de regulares características se permite que este sea retirado y reemplazado por un material granular tipo subbase granular de 20 cm mínimo y por último para que constructivamente sea más eficiente se determina un espesor de losa de 20 cm con un concreto MR2 de 3.8 MPa (por correlación aproximadamente 245

Kg/cm² a la compresión).



En Pavimentos de Concreto Hidráulico se exige:
 $MR \geq 38 \text{ kg/cm}^2$ o
 sea $f'c \geq 245$
 kg/cm^2

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

CALCULO DEL NUMERO DE REPETICIONES ADMISIBLES DE CADA EJE

CARGA	CARGA x F.S.	ESFUERZO ft	RELACION DE ESFUERZO	N° DE REPETICIONES ADMISIBLE POR DIA	REPETICIONES ADMISIBLES POR DIA Y POR CARRIL
TON	TON	Kg/Cm ² .			
9.02	9.92	18.90	0.473	Infinitas	Infinitas
10.00	11.00	19.20	0.480	Infinitas	Infinitas
10.50	11.55	20.50	0.513	400,000.00	55.00
11.00	12.10	21.00	0.525	270,000.00	27.00
12.00	13.20	22.50	0.563	110,000.00	10.00
13.00	14.30	25.00	0.625	16,000.00	1.00
14.00	15.40	26.50			-
15.00	16.50	27.14			-

Periodo de Diseño = 20 Años x 365 Dias.

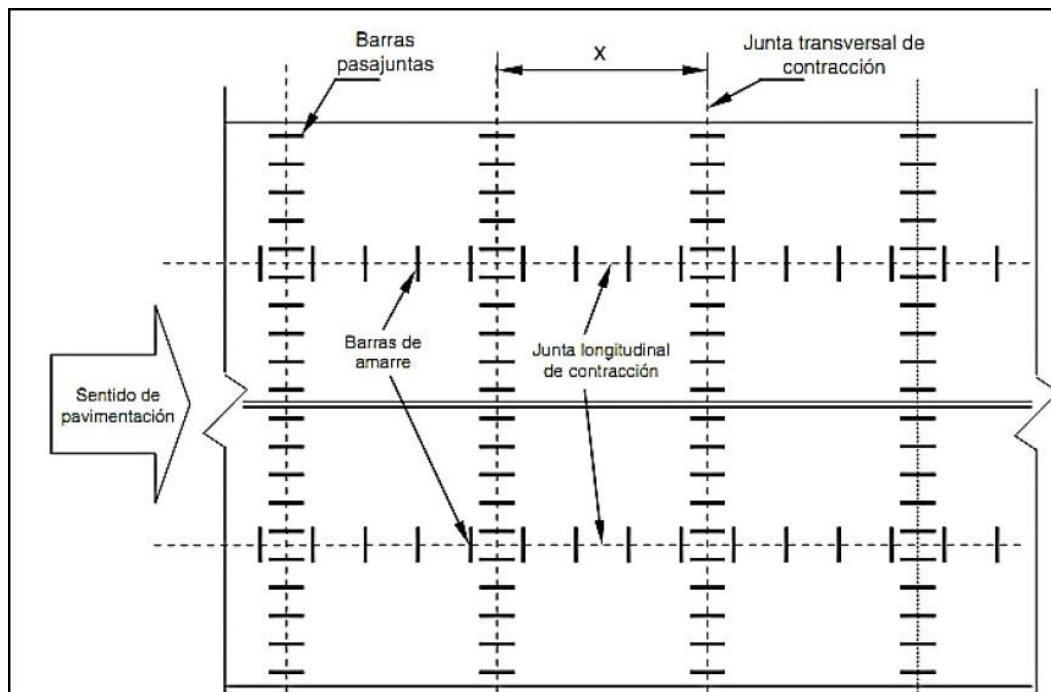
7,300 Dias

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

DISEÑO DE JUNTAS.

El concreto hidráulico como superficie de rodadura, se encuentra sujeto a diferentes esfuerzos, entre los cuales se encuentra: las cargas de tránsito, contracción y expansión del concreto (el concreto al endurecer ocupa menos volumen que cuando está fresco) y diferencias de temperatura o humedad entre la fibra superior y la inferior, entre otras. Con el fin de contrarrestar estos esfuerzos, no es suficiente el proporcionar un espesor adecuado, si no proyectar juntas longitudinales y transversales que impidan una fisura mientro temprano del concreto, estas juntas deben estar diseñadas técnicamente, y se dividen en longitudinales y transversales

Figura 12. Detalle de juntas, vista en planta.



Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido. 2004

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Juntas longitudinales.

Se colocan juntas longitudinales para dividir la calzada en dos franjas iguales con lo cual se facilita la construcción del pavimento, sin embargo, estas juntas se dotarán de barras de anclaje para impedir que se desplacen las losas de un carril, respecto a las del otro y para resistir la fuerza de tracción causada por la fricción generada entre la losa y el conjunto de subrasante más material granular.

Se recomienda emplear la siguiente tabla para la escogencia de las barras de anclaje, en función del espesor del pavimento adoptado.

Espesor de losa (cm)	Barras de $\Phi 9.5$ mm (3/8")				Barras de $\Phi 12.7$ mm (1/2")			Barras de $\Phi 15.9$ mm (5/8")				
	Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 m	3.35 m	3.65 m
Acero de $f_y=1.875$ kgf/cm² (40000 Psi)												
15.00		80	75	65		120	120	120		120	120	120
17.50		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20.00	45	60	55	50	60	105	100	90	70	120	120	120
22.50		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25.00		45	45	40		85	80	70		120	120	120
Acero de $f_y=2.800$ kgf/cm² (60000 Psi)												
15.00		120	110	100		120	120	120		120	120	120
17.50		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20.00	65	90	80	75	85	120	120	120	100	120	120	120
22.50		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25.00		70	65	60		120	115	110		120	120	120

Tabla 16. Recomendaciones para selección de las barras de anclaje.
Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento. (I.C.P.C).
Pavimentos de Concreto, Manual de Diseño, Piloto Ltda. Medellín 1996.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

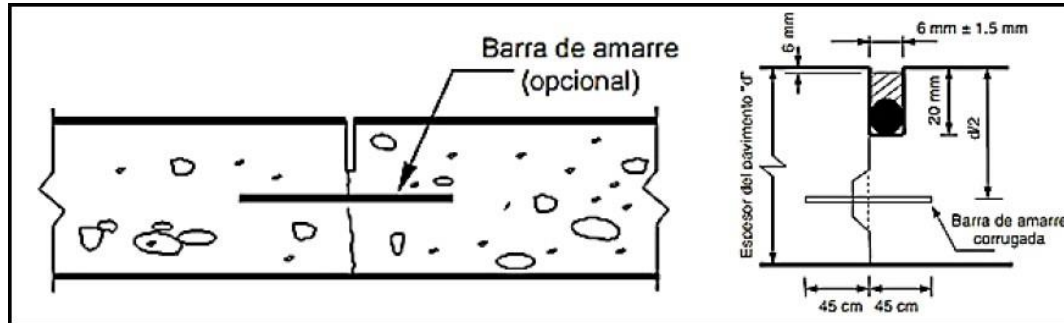


Figura 13. Detalle de junta longitudinal.

Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto Rígido. 2004.

Juntas transversales.

Con el fin de controlar las grietas del concreto causadas por el fenómeno de retracción, de fraguado del hormigón y por las acciones climáticas: temperatura y humedad, las juntas transversales se colocan en la unión de cada placa y se complementara con la colocación de pasadores de carga, que son, barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia mínimo de 60KSI, medidas en el concreto fresco.

Las dovelas, para poder cumplir con su objetivo, deben ser fáciles de instalar, lisas y al menos dos terceras partes de su longitud deben estar recubiertas con un material anti adherente, con el propósito de no restringir los desplazamientos horizontales de las losas. Además, deben ser resistentes a la fatiga y a la corrosión.

Se recomienda emplear barras de acero liso tal como se muestra en la siguiente tabla acorde a las alternativas planteadas.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Espesor del pavimento (mm)	Diametro del pasador		Longitud total (mm)	Separacion entre centro (mm)
	(mm)	(pulg)		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 17. Recomendación para la selección de los pasadores de carga.
Fuente: American Association of State of Highway and transportation AASHTO. Guide for Design of Pavement Structure 1986. Washington: AASHTO1986, P.V.



Figura 14. Detalle de junta transversal.
Fuente: Manual Pemex para diseño de pavimentos en concreto rígido. 2004.

Diseño de las juntas.

A continuación, se presenta El resumen de las características de la barras de anclaje y pasadores de carga para el diseño.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

BARRAS DE ANCLAJE					
TRAMO	Fy	Espesor de Pav (mm)	Long (mm)	Diametro(Pulg)	entre barras (m)
1	40	200	600	1/2"	1,05

Tabla 18. Resumen características de las barras de anclaje.
Fuente: Elaboración Propia

PASADORES DE CARGA					
TRAMO	Fy	Espesor de Pav (mm)	Long (mm)	Diametro(Pulg)	Separacion (mm)
1	60	200	350	1"	300

Tabla 19. Resumen características de los pasadores de carga.
Fuente: Elaboración Propia.

Espaciamiento de juntas.

El diseño de las juntas transversales se realiza con el fin de controlar la figuración del concreto por contracción y alabeo; por lo tanto, el espaciamiento entre ellas debe ser 5 m, se ha demostrado que cuando la separación se aproxima a 4.5 m, permiten controlar prácticamente todas las fisuras el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida útil es mejor.

En consecuencia, para el cálculo de los espaciamientos de juntas se optará por el método de **verificación por alabeo**.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Dimensionamiento tentativo.

Se tienen las dimensiones iniciales que se utilizan tentativamente. Se procede a evaluar los esfuerzos internos más críticos como para garantizar el dimensionamiento inicial, ya que la acumulación del fenómeno de la fatiga puede causar la ruptura.

Tentativamente se tiene:

- a) Separación de juntas transversales en función del espesor de la losa:
 $S = (21 \text{ a } 24) D$.
- b) La relación larga /ancho debe encontrarse entre un intervalo de 1.00 y 1.4, sin embargo, se recomienda no exceder a 1.2.
- c) En función del radio relativo de rigidez de la losa y la rigidez del suelo de soporte), la longitud de la losa debe ser máximo 5.5 veces este valor.

Tentativa a): $S = (21 \text{ a } 24) D$

MODULACION DE LAS LOSAS				
Medidas de la losa (m)				
L = ?		e=	0,2	
A =	3,5	Tentativo = 23		
Tentativa N° 1		S= (21 a 24)D	4,6	m
		Tentativo = 1,2		
Tentativa N° 2		(L/A)=(1 y 1.4)	4,2	m

Tabla 20. Dimensionamiento tentativo
Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Se asumirá un valor tentativo, resultado del inciso b) para cada ancho de losa del proyecto (2.5m) propuesto por la asociación colombiana de productores de Concreto, Departamento Ingeniería Área de Pavimentos. Bogotá 2003.

Luego tenemos que para el ancho de losa de 2.5 m la longitud es:

$L = 1.2 \times 2.5 = 3.00$ m, y conservando el ancho como recomendación del método

Como diseño adoptamos un largo de losa de 3.00 m de longitud.

Ahora se verifican las losas de ancho de 2.5 por alabeo y verificar el cumplimiento del método.

- Coeficiente de expansión térmica Para la grava. $\alpha = 10.8$ °C
- Diferencia de temperatura. $\Delta T = 0.6$ °C/cm
- Poisson. $M = 0.15$
- Apoyo. $K = 30$ Mpa/m

DIFERENCIA DE TEMPERATURA	
$\Delta = \delta t * H$	
Gradiente de Teperatura durante el Dia δt	2.5 A 3.5 °F/Pulg
	0.55 A 0.77 °c/mm
temperatura durante la noche	La mitad de estos valores

Tabla 21. Diferencias de temperaturas.
Fuente: Diapositiva clases de pavimento.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

VALORES DEL COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TERMICA DEL CONCRETO		
Tipo de Agregado Gueso	Coeficiente de Expansión Termica α	
	$*10^{-6} / ^\circ\text{C}$	$*10^{-6} / ^\circ\text{F}$
CUARZO	11.9	6.6
ARENISCA	11.7	6.5
GRAVA	10.8	6.0
GRANITO	9.5	5.3
BASALTO	8.6	4.8
CALIZA	6.8	3.8

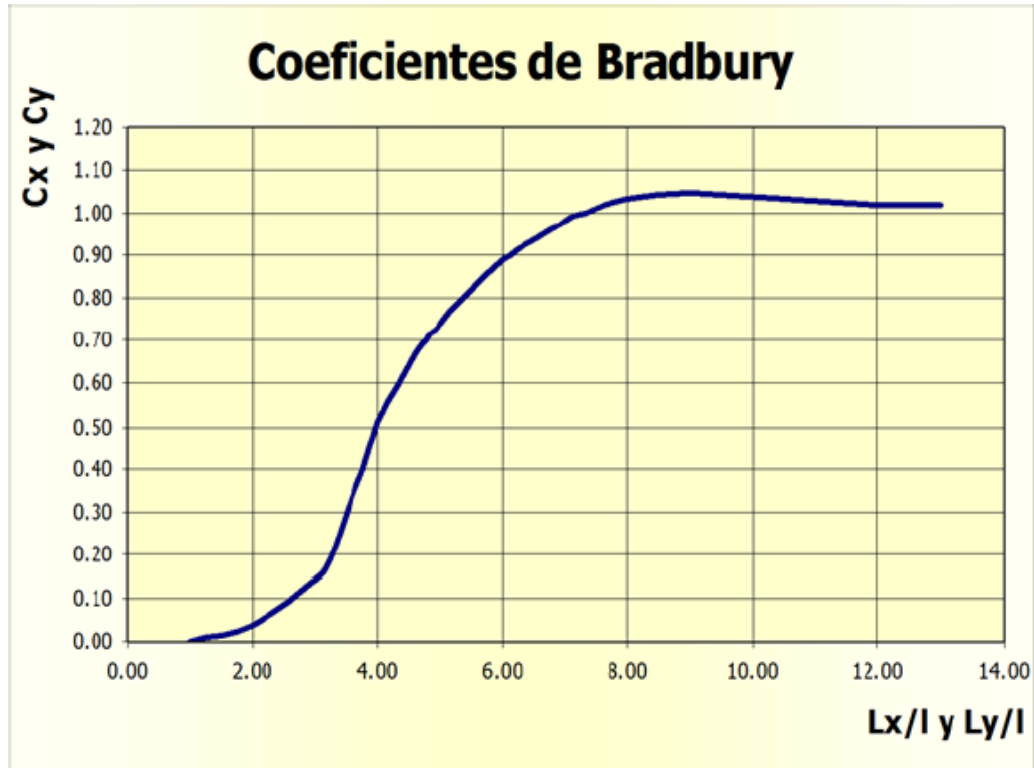
Tabla 22. Coeficiente de expansión.
Fuente: Diapositivas clase de pavimentos.

Cálculo del Radio de Rigidez:

RADIO DE RIGIDEZ		
Modulo conc	280.000	Kg/cm ²
Espesor	20	cm
Poisson	0,15	
K =	1,70	Kg/cm ²
I =	102,95	cm

Tabla 23. Radio de rigidez.
Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo de los coeficientes de Bradbury en la siguiente gráfica.



Gráfica 4. Gráfica del coeficiente de Bradbury.
Fuente: Diapositivas clases de pavimento.

Calculo:

Largo de losa: $L= 3.0$ m

Ancho de losa: $A= 2.5$ m

Radio de rigidez: $l= 102.95$ cm

$$Lx/l \quad \gg \quad 300/102.95=2.91$$

$$Ly/l \quad \gg \quad 250/102.95=2.42$$

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Entrada a la gráfica con estos valores y obtenemos los esfuerzos de borde y esfuerzos internos, Cx y Cy.

Tenemos que:

$$C_x = 0.52$$

$$C_y = 0.30$$

Calculando con estos valores obtenemos los esfuerzos:

$$\delta_{borde} = \frac{E_{CON} * \alpha * \Delta t}{2} * C_x =$$

$$\delta_{Interno} = \frac{E_{CON} * \alpha * \Delta t}{2} * \frac{C_x + \mu * C_y}{1 - \mu^2} =$$

ΔT	12,0	°C
E	280.000	Kg/cm ²
α	6,80E-06	°C
δt	0,60	°C/mm
Cx	0,52	
Cy	0,3	
δ_{borde}	5,94	Kg/cm²
$\delta_{interno}$	6,60	Kg/cm³

Tabla 24. Cálculo de los esfuerzos de borde y esfuerzos internos.
Fuente: Elaboración Propia.

Se concluye con los datos anteriores y de acuerdo con el concepto de fatiga previamente dado, se tiene que los esfuerzos no sobrepasan los límites (0.45MR),

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

y se recomiendan menores para que la estructura de concreto funcione adecuadamente y no sufra agrietamientos por alabeo. Es probable que, al aumentar la longitud de las losas, el cálculo cumpla con estos parámetros, sin embargo, es conveniente diseñar bajo un concepto conservador ya que no se sabe a qué esfuerzos adicionales puedan estar sometidos estos pavimentos.

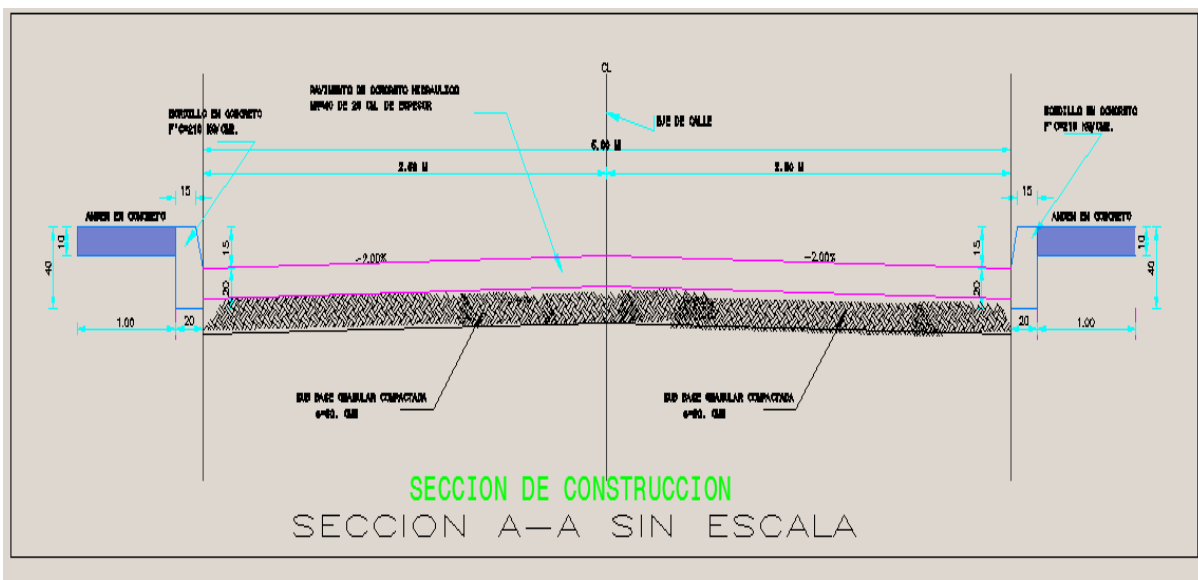
Como recomendación del método, los esfuerzos no deben pasar de 14 Kg/cm^2 .

La siguiente tabla Muestra El resumen de la modulación de losas.

PASADORES DE CARGA				
TRAMO	Ancho calzada (m)	Espesor de Pav (mm)	Ancho losa (m)	Largo Losa (m)
1	5.00	200	2.50	3.00

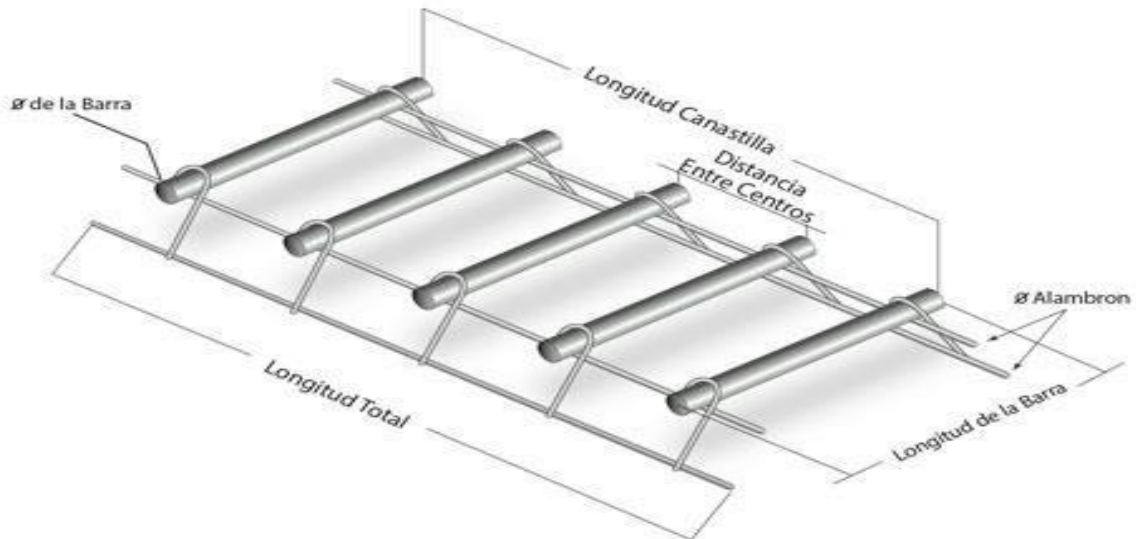
Tabla 25. Resumen de la estructura definitiva del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

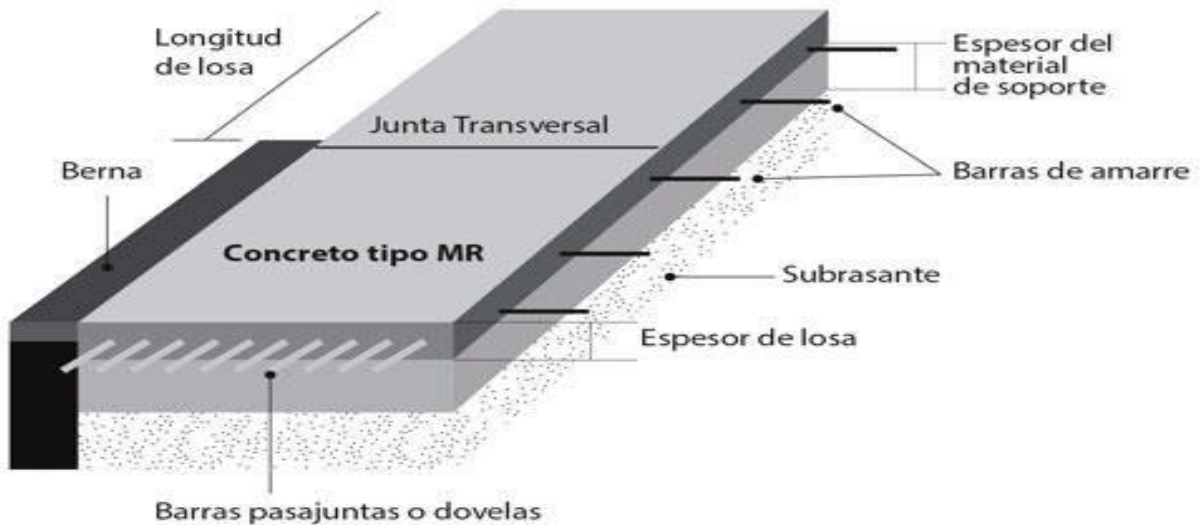


DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Gráfico canastilla con barras pasajuntas o dovelas apoyo simple



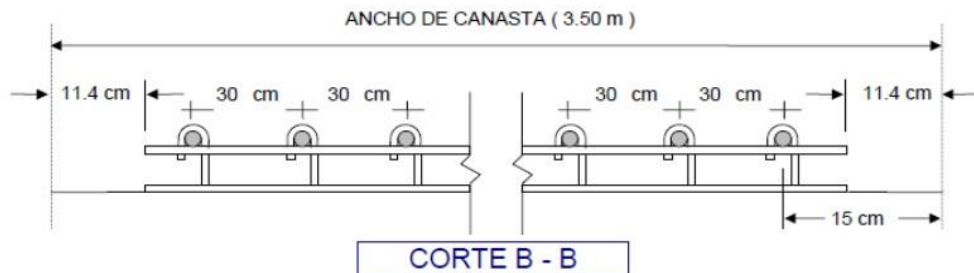
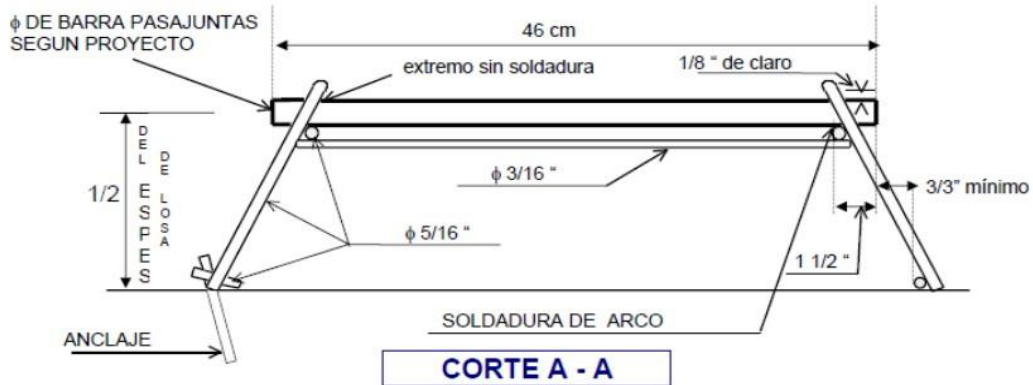
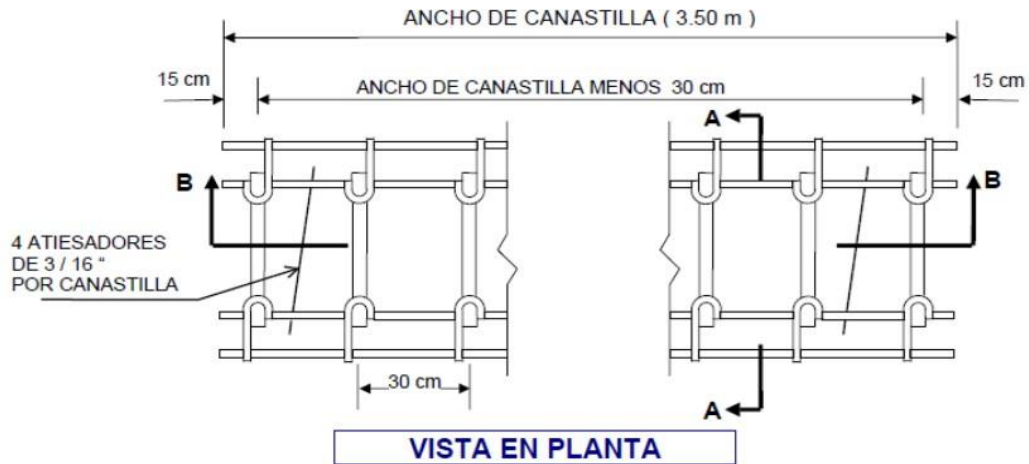
Esquema representativo de un pavimento de concreto



**Figura 15. Canastillas para colocación de dovelas.
Fuente: Galería Google.**

Figura 15. Detalle de las canastilla

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO



as para la colocación de dovelas.
Fuente: Asocreto.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para el procedimiento de diseño se usó el método simplificado del envías: En este método se presenta de la manera más clara, completa y concisa posible las particularidades de los pavimentos de concreto, las variables que influyen en su comportamiento y, por ende, en la determinación de los espesores de las capas que lo constituyen, las características que hacen que este pavimento gane o pierda competitividad frente a otras alternativas de pavimentación y una guía para escoger las dimensiones de las losas y las propiedades del concreto

Para el estudio y diseño del pavimento rígido a colocar en las vías tomaremos como valor representativo el máximo valor del TPD obtenido en la vía, que para el presente proyecto corresponde a la vía en el TRAMO VIA CALLE 14A, CARRERA 12A, CALLE 12 Y CARRERA 12B EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE con un TPD=183.

RESUMEN AFORO VEHICULAR								
CALLE 14A EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE								
SEMANA DEL 06 AL 12 DE DICIEMBRE DE 2021								
DIRECCION	MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO, EN EL BARRIO LA PAZ DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN - SUCRE							
	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	sabado	domingo	TPD
Autos	93	83	83	89	84	90	102	89
furgones	50	28	33	40	47	65	58	46
C2-Pequeño	19	25	25	29	28	37	34	28
C2-Grande	8	20	15	22	23	24	25	20
buses	0	0	0	0	0	0	0	0
TPD	183	Vehiculos						
	48.79%	Autos						
	0.00%	buses						
	25.10%	furgones						
	15.40%	C2 - Pequeño						
	10.71%	C2 - Grande						

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los conteos realizados en la de las vías se tiene un TPD de 183 y con un total de 716.801 ejes acumulados de 8.2 t, y de acuerdo al tipo de pavimento a construir la cual es calle en 2 direcciones, setiene además en cuanta que es una vía secundaria dentro del municipio, ancha de acuerdo al tipo de vías se arrojaría una categoría del tránsito, T0 con un rango de ejes acumulados menores o iguales a 1.000.000.

Para el CBR de diseño se tomará la clasificación de INVIAS que está en el orden de 2 – 5% para una sub rasante tipo S2

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1,000
S4	20 - 10	1,000 - 2,000
S5	> 20	> 2,000

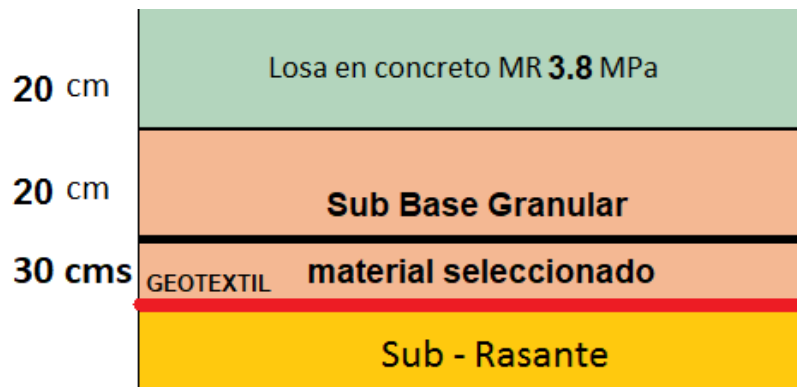
Tabla 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

- Conocido el CBR de diseño y el valor de N, de la tabla se determina el espesor de la placa de concreto y de la sub base granular como estructura de soporte de la vía.
- Utilizando el sistema de dos capas de BURMISTER se obtiene para el caso de tener que realizar mejoramiento con sub base:

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Se determina un espesor de sub base Esp=20 cms

Con la sub base granular determinadas se determina un espesor de 20 cm para la losa de concreto, según la alternativa de diseño y construcción presentada



Para el confinamiento y drenaje de las aguas superficiales se plantean andenes y bordillos a ambos lados de la estructura del pavimento rígido con un ancho de 85 cms y confinados con bordillos de 30 cms a ambos lados de la vía.

Se colocan juntas longitudinales para dividir la calzada en dos franjas iguales con lo cual se facilita la construcción del pavimento, sin embargo, estas juntas se dotarán de barras de anclaje para impedir que se desplacen las losas de un carril, respecto a las del otro y para resistir la fuerza de tracción causada por la fricción generada entre la losa y el conjunto de subrasante más material granular.

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

En estas condiciones la alternativa adoptada corresponde a solución requerida para la vía proyectada, dando cabida al volumen de tránsito esperado en el periodo de diseño, aun conservándose la estructura del pavimento en buen estado.



ROBERT PINEDA PEREA
M.P. 08202083631 ATL
INGENIERO CIVIL