DISEÑO DE PAVIMENTO

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL CORREGIMIENTO DE VILLA CONTO, MUNICIPIO DE RIO QUITO - DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ



MUNICIPIO DE RÍO QUITO
DEPARTAMENTO DEL CHOCÓ
JUNIO DE 2025

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

INTRODUCCIÓN

El presente diseño tiene como principal objetivo, presentar una alternativa eficiente, técnica y económicamente viable, que garantice el mejoramiento del confort y seguridad de los usuarios del proyecto, al igual que satisfacer las necesidades del mismo. El análisis de la estructura de pavimento tiene como principal directriz optimizar los recursos disponibles para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada, además, de lo anterior es importante establecer que toda estructura de pavimento, cuenta con una curva de deterioro ajustado a diversos factores que afectan su funcionalidad y en la cual se establecen una serie de mantenimientos periódicos encaminados a recuperar el índice de servicio de la vía a lo largo de su vida útil.

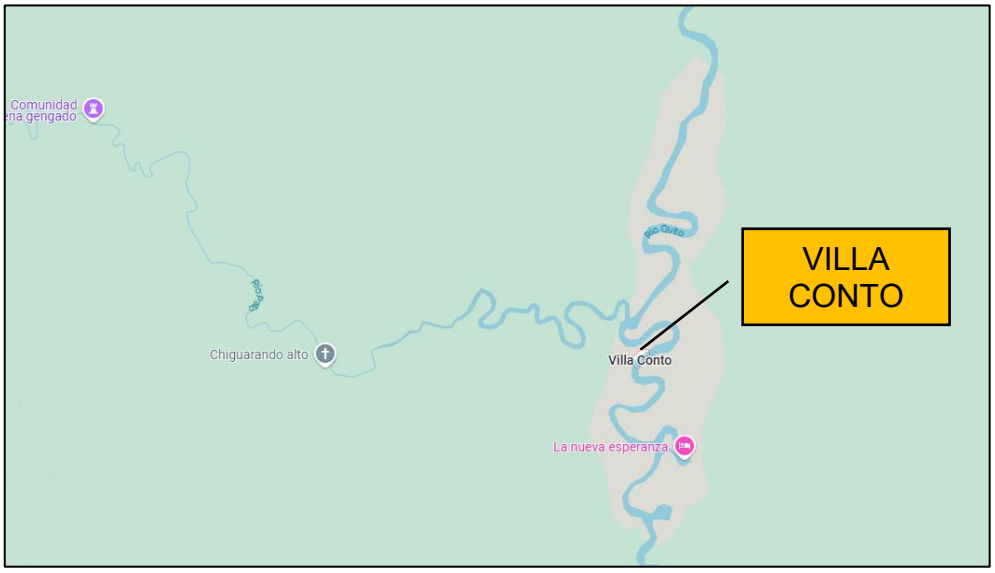
Lo anterior con el fin de procurar el mejoramiento de algunas de las vías al interior del del corregimiento de Villa Conto.

El presente diseño se realizará para un número de ejes equivalentes obtenido para un periodo de diseño de 20 años (Ndis), y se tendrá en cuenta la información correspondiente a la evaluación geotécnica y caracterización de la subrasante realizada en a lo largo de los tramos a mejorar.

Se presenta una recomendación o alternativa de diseño que contempla la construcción de una losa de concreto como componente principal del modelo estructural, la cual funcionará como capa de rodadura. Se construirá sobre una o granular que proveerá el apoyo adecuado a las placas de concreto del pavimento rígido.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área de estudio se localiza en zona rural del municipio de Río Quito, específicamente en el Corregimiento de Villa Conto, en el departamento del Chocó.





Localización general del corregimiento de Villa Conto

PARÁMETROS DE DISEÑO

TRÁNSITO DE DISEÑO

El estudio de tránsito arrojó un Ndis de 436036 EE, con un número de vehículos tipo C2-P y C2-G no mayor a 20 vehículos diarios.
Esto categoriza el proyecto en un nivel de tránsito NT1, el cual corresponde a vías cuyo tránsito de diseño es menor a 500.000 EE.

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

El CBR característico o CBR de diseño para este proyecto es de 3.07% lo que es igual a un Mr de 36.08 MPa, el cual se obtuvo en el estudio de suelos.

Si bien el CBRc es mayor a 3%, hay que considerar que la subrasante es de composición arenosa limosa y en épocas de lluvias esta se ablanda y produce barro. Por esta razón se recomienda que la losa se instale sobre una capa de material granular y no apoyarla directamente sobre el suelo de subrasante. Esta capa se puede realizar con material de río TM=3” de 30 cm. y se obtendrá la capacidad portante equivalente CPE con el cual se realizará el diseño del pavimento.

A continuación, se presenta el cálculo del incremento esperado en el módulo de reacción debido a la presencia de una capa de no menos de 30 cm de este tipo de material debidamente compactada. Para este fin se aplicará la fórmula de Ivanov.

$$Ecc\frac{Es}{1-(\frac{2}{PI})(1-(\frac{1}{n^{3.5}}))arctan(n)*(Hm/(2*a))}$$

$$n=(\frac{Em}{Es})^{1/2.5}$$

Dónde:

H (m): Espesor de reemplazo en cm.

Es: Módulo de la subrasante (Kg/cm2)

Em: Modulo del material de mejoramiento (Kg/cm2)

Ecc: Modulo del sistema combinado (Kg/cm2)

n: relación entre módulos

a: radio de la huella en mm.

METODO DE IVANOV

						a =	15.07
CBR		$E_{inferior}$	$E_{superior}$	n	$n^{3.5}$	h_1(cm)	$h_1/2a$
Subrasante	Material Granular	Kg/cm^2	Kg/cm^2				
3.07	15.00	360.80	836.92	1.40	3.25	30.00	1.00

(I)	(J)					
Tan $^{-1}$ (n*h_1/2	1-(1/$n^{3,5}$)	2/π	2/π* J*I	$E_{equivalente}$	CBR	$E_{equivalente}$
(rad)				Kg/cm^2		psi
0.95	0.69	0.64	0.42	651.71	***6.21***	9310.21

Cálculo del incremento en la subrasante Método de Ivanov. Fuente: ING. CARLOS HIGUERA SANDOVAL. CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS – USTA TUNJA. 2012

Realizados los respectivos cálculos con esta metodología, la subrasante tendrá una capacidad portante equivalente CPE de 6.21%. Con este nuevo valor de CBR se hará el cálculo de la estructura de pavimento para todo el tramo vial del proyecto.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Debido a que no es posible disponer de la información detallada sobre la distribución de cargas por eje a partir de pesajes en básculas u otra fuente aceptable, se realizará el diseño del pavimento rígido utilizando el procedimiento simplificado de la PCA (*Portland Cement Association*).

RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

- La subrasante está compuesta principalmente de Arena limosa sin plasticidad **SM**. Con la instalación de una capa de soporte de 30 cm. de material granular TM 3" cuyo CBR sea menor o igual al 15% se obtendrá un Módulo de resiliencia combinado de 6.21% (CBR) o lo que es igual a 56.62 MPa.

- El número de vehículos pesados diarios, en el primer año de servicio en el carril de diseño es 20. Sobre el carril de diseño circularán el 100% de los vehículos.

- El concreto a utilizar tendrá una resistencia a la flexión mayor o igual a 3.8 MPa (>3500 PSI). Debido a que las características de los agregados pétreos de la zona no permiten la elaboración de concretos de alta resistencia, no se considerarán resistencias superiores dentro del diseño del pavimento rígido.

- **$N_{DISEÑO}$ = 436036 = 0.44 x 10^6 ejes de 8,20 Ton**

MÉTODO SIMPLIFICADO DE LA PCA.

CATEGORÍAS DE CARGA POR EJE

Categoría de carga por eje	Descripción	TPD	TPDC		Máx. cargas por eje (KN)	
			%	Diario	Ejes simples	Ejes tándem
1	Calles residenciales, carreteras rurales (bajo a medio)	200 – 800	1–3	hasta 25	98	160
2	Calles colectoras, carreteras rurales (alto). Calles, carreteras primarias (bajo)	700 – 5000	5–18	40 – 1000	115	195
3	Calles y carreteras primarias (medio). Autopistas urbanas e intermunicipales (bajo a medio)	3000 – 12000 (2 carriles) 3000 – 50000+ (4 carriles+)	8-30	500-5000	133	230
4	Calles y carreteras primarias (alto). Autopistas urbanas e intermunicipales (medio a alto)	3000 – 20000 (2 carriles) 3000 – 150000 (4 carriles+)	8-30	1500-8000 o más	151	267

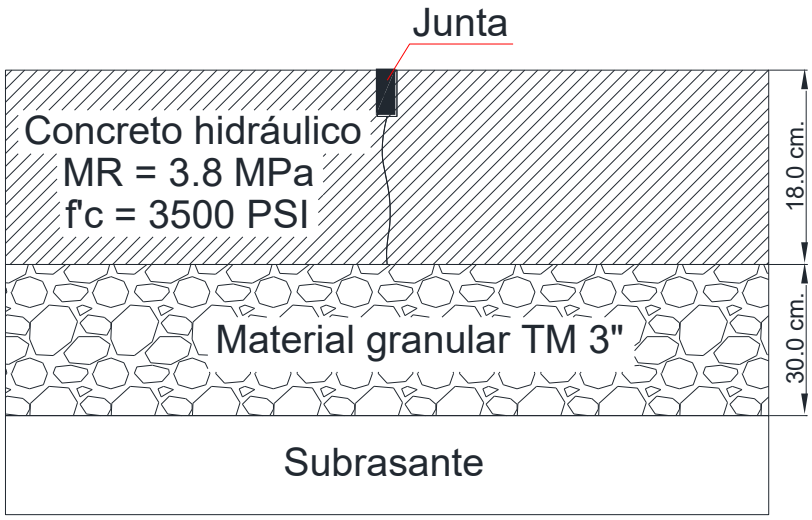
La Categoría de Carga por Eje asumida = **1**

Con base en la Tabla 8.14 del libro DISEÑO DE PAVIMENTOS del Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, se establecen los espesores de concreto rígidos mínimos para los diferentes módulos de ruptura (MR) del concreto para pavimentos con juntas y confinamiento lateral.

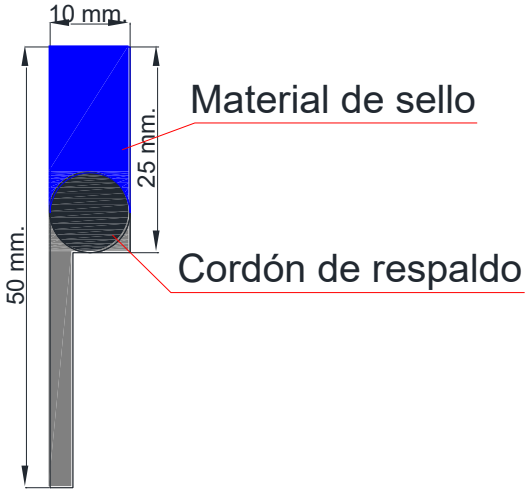
ALTERNATIVA DE DISEÑO

Pavimentos con dovelas y confinamiento (con berma o sardinel de concreto).

ESPESOR DE LA LOSA = 180 mm.



DETALLE DE JUNTA

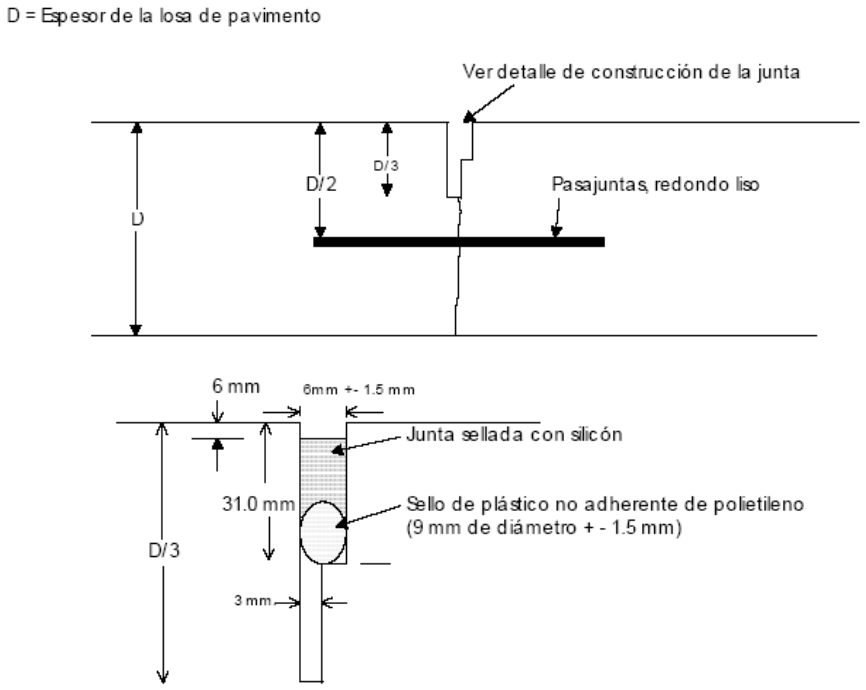


DOVELAS Y BERMAS

Dada la configuración de las vías internas del proyecto, en las cuales se requieren andenes, sardineles, pozos de inspección, cuentas, sumideros, entre otros; es recomendable realizar un confinamiento de las losas del pavimento. Por tal razón se considerará para el diseño del pavimento la construcción de bermas y la instalación de pasadores o dovelas trasversales para transferencia de carga.

JUNTAS TRANSVERSALES

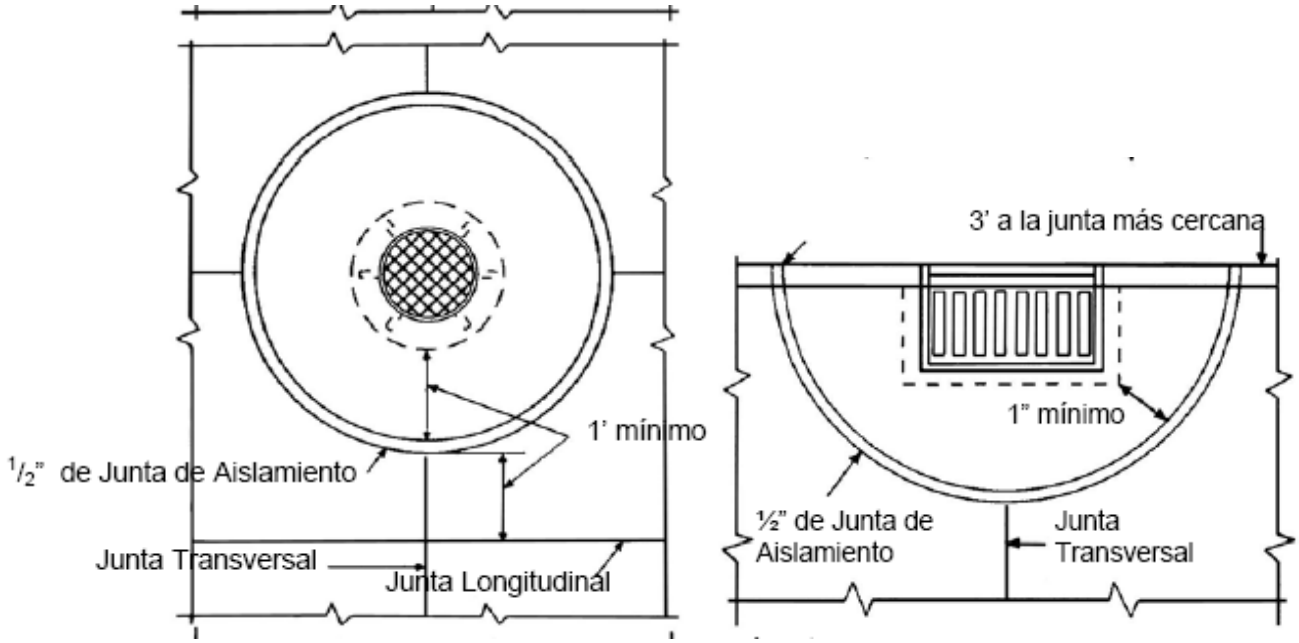
La longitud máxima entre juntas es de 2,60 metros. Sin embargo, se recomienda diseñar las juntas según la distribución espacial del proyecto y los componentes presentes en el mismo.



Fuente: Pavimentos de Concreto CEMEX. Ed. Amarillo AM. México. 2010. Pág. 108

En el diseño de las juntas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Evite losas de forma irregular.
- La separación máxima entre juntas transversales deberá ser de 24 veces el espesor ó 5.0 metros, la que sea menor.
- Mantenga losas tan cuadradas como sea posible, ya que losas angostas y largas tienden a agrietarse en mayor cantidad que las cuadradas.
- Todas las juntas de contracción transversales deberán ser continuas a través de la guarnición y tener una profundidad igual a 1/3 del espesor del pavimento.
- En las juntas de aislamiento, el relleno deberá ser a toda la profundidad y extenderse por toda la junta.
- Cuando el área pavimentada cuenta con estructuras de drenaje, coloque si le es posible las juntas de manera que coincidan con las estructuras.
- En las juntas de aislamiento se debe trabajar un material prefabricado como relleno de la abertura entre las losas. Este relleno es un material no absorbente ni reactivo, que normalmente es cartón asfaltado. El relleno será colocado mediante estacas en la base y una vez que el concreto ha endurecido se retirarán ¾" (20 mm) del relleno para dejar espacio al sello de la junta.



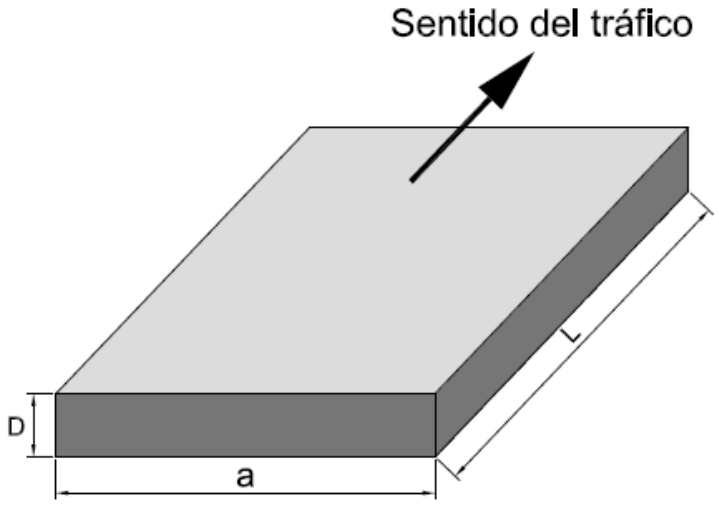
Fuente: Figura 4.5.7 Pozos de Visita y Figura 4.5.8. Alcantarillas
Pavimentos de Concreto CEMEX. Ed. Amarillo AM. México. 2010. Pág. 108

Las losas que por poseer una figura irregular o contar con aristas menores de 90° deben ir reforzadas con una parrilla de acero corrugado de diámetro 1/2” cada 30 centímetros.

DIMENSIONES DE LA LOSA

Con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas, es necesario definir los cortes o juntas a lo largo del pavimento rígido. Sea cual sea la alternativa seleccionada, para la distribución y modulación de las placas se deberá tener en cuenta lo siguiente.

Las losas se dimensionan de acuerdo a su relación de esbeltez, la cual está dada entre la longitud (**L**) y el ancho (**a**) y que debe oscilar entre 1 y 1,3. Se considera que losas cuadradas tienen un mejor comportamiento estructural.



Dimensiones de la losa en concreto

ESTRUCTURA RECOMENDADA

BARRAS PASAJUNTAS Y DE AMARRE

DOVELAS

Para lograr la transmisión de carga entre losas simultáneas se pueden utilizar varillas de transferencia de carga conocidas como pasadores de carga, o dovelas, que son barras de acero cortas y lisas con un límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (4200 kg/cm2 o 60000 psi) instaladas dentro del concreto fresco.

Los pasadores se instalan en las juntas de tal manera que le permitan a las losas separarse y unirse entre sí, pero no desplazarse verticalmente, y su función es, entonces, absorber los esfuerzos de cortante, generados por las cargas del tránsito al cruzar las juntas y transmitir a la losa adyacente entre el 40 y 45% de la carga de diseño, cuando esta se coloca cerca de la junta.

En el anexo 6 Tabla 6-2 del manual de pavimentos en concreto del Invias-ICPC se presenta un cuadro de recomendaciones para la selección de los pasadores de carga en función del espesor de la losa D seleccionado.

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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

Las barras de trasferencia requeridas para este pavimento deben tener las siguientes características:

Diámetro de barra (ϕ) = 7/8” (barra lisa)
Longitud = 35 cm
Separación = 30 cm
fy = 60.000 psi

BARRAS DE AMARRE

Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros deben cumplir con el Artículo INV 500 y lo que sea aplicable del Artículo 640, se admiten aceros con resistencia de 40000 psi y 60000 psi. La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la Tabla 6-1 del anexo 6 del manual de pavimentos en concreto del Invias-ICPC.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		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 fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Las barras de anclaje requeridas para este pavimento deben tener las siguientes características:

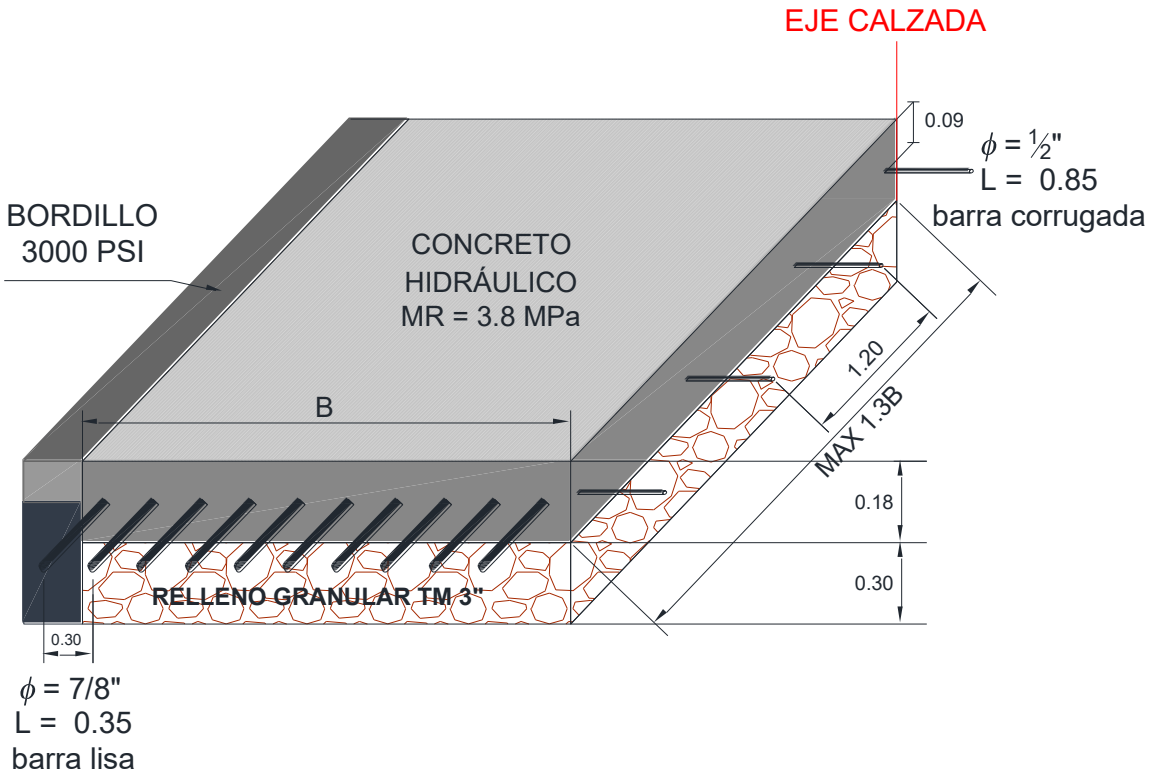
Diámetro de barra (ϕ) = ½" (acero corrugado)

Longitud = 85 cm

Separación = 120 cm

fy = 60.000 psi

Finalmente, y con la estructura de diseño ya seleccionada se obtiene la siguiente plantilla de pavimento rígido, la cual contiene toda la información necesaria para cuantificar las cantidades de acero y para el diseño de la formaleta que facilitará la construcción del pavimento.



Se sugiere trabajar con losas cuadradas con una medida de 2.50 m. x 2.50 m.

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

1. Escarificación y compactación previa de la subrasante, solo para conformar una superficie homogénea de soporte, no se espera en esta compactación aumentar el CBR.
2. Este pavimento requiere de una capa de soporte de 30 cm. de espesor como mínimo compuesta por material granular TM 3" y que aporte un CBR igual o mayor al 15%.
3. Se recomienda realizar las juntas de dilatación con dovelas con una separación máxima de 2.50 m.
4. Este tipo de pavimento trabaja principalmente a flexión, por lo cual se recomienda que su especificación de resistencia sea a flexión por tensión (S'c) o Módulo de Ruptura (MR) a los 28 días de curado. Los controles de resistencia a la compresión (f'c) pueden contribuir a corroborar la calidad del concreto instalado.
5. Todas las placas deberán contar con elementos de confinamiento tales como bordillos o sardineles. Estos deberán estar instalados antes de la colocación de la placa de concreto rígido y deben estar elaboradas en concreto de 210 kg/cm^2 (3000 PSI).
6. Todas las placas que lleven una forma irregular o que cumplan con una relación L/B > 1.3 deberán ir reforzadas con una parrilla de acero corrugado de diámetro 1/2" cada 30 centímetros.
7. Bombeo mínimo lateral 2.0%.

Atentamente,

WILLIAM ALFONSO BARAJAS TIBADUIZA
Ingeniero Civil Esp. Geotecnia Vial y Pavimentos
M.P. No. 25202181878 CND