DISEÑO DE PAVIMENTO

CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA CARRERA 16 ENTRE CALLE 16 Y CALLE 31 EN EL MUNICIPIO DE MAGANGUE, BOLIVAR

Luis Carlos Araujo

INGENIERO CIVIL - M.P. 22202-350106COR
ESPECIALISTA EN VIAS TERRESTRES

MARZO DE 2025
MUNICIPIO DE MAGANGUÉ
DEPARTAMENTO DE BOLIVAR

	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
NOMBRE	LUIS CARLOS ARAUJO NIÑO		
M.P.	22202-350106COR		
FECHA	MARZO DE 2025		
FIRMA			

INDICE DE MODIFICACIONES

INDICE DE REVISION	CAPITULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACION	OBSERVACIONES
0		MARZO DE 2025	Entregado para revisión

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCION 3
2. OBJETIVOS 3
3. GENERALIDADES 4
3.1 LOCALIZACION 4
4. CARACTERISTICAS DE LA VIA EN ESTUDIO 5
4.1 ESTADO ACTUAL 5
4.2 LONGITUD 5
5.1 RESULTADOS DE LABORATORIO 5
6. ESTUDIO DE TRANSITO 6
Del estudio de tránsito se toma el tránsito de diseño 6
7. MODULO DE ROTURA 7
8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 7
8.1 PARAMETROS DE DISEÑO: 7
8.2 EVALUACION DEL ESPESOR DE DISEÑO 7
9. DISEÑO DE LAS JUNTAS DE PAVIMENTO 8
9.1 JUNTAS LONGITUDINALES 8
9.2 JUNTAS TRANSVERSALES 9
9.2 JUNTAS DE CONSTRUCCION 11
10. MODULACION DE JUNTAS 11
11. SELLADO DE JUNTAS 12
12. REFUERZO DE LOSAS IRREGULARES 13
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 13
14. ANEXOS 14

1. INTRODUCCION

Con el fin de mejorar el estado de las vías de comunicación terrestre del municipio de Magangué, se ha considerado la Construcción de pavimento rígido en la carrera 16 entre calle 16 y calle 31. Por tal razón se han adelantado los estudios básicos previos para este proyecto, entre estos están estudios de suelos, estudio de tránsito, levantamiento topográfico, estudio hidrológico y también diseño para las estructuras de pavimento en concreto rígido de la vía.

En el presente informe se describe la metodología usada para el diseño estructural del pavimento, inicialmente se analiza detalladamente la topografía del sitio, los resultados obtenidos en los estudios de suelos y las condiciones de materiales de construcción de la zona. Posterior a esto con las condiciones particulares de nuestra vía se procede al diseño estructural, para lo cual se utiliza, el Software: BS-PCAA (Programa de Diseño de Pavimentos Rígidos - Método PCA – Universidad del Cauca – Facultad de Ingeniería Civil).

Con los resultados obtenidos en esta alternativa de diseño se procede a seleccionar la propuesta que mejor se ajuste a las condiciones de nuestra vía, con las condiciones particulares encontradas, y que cumpla con los criterios de seguridad, capacidad de soporte de las repeticiones de carga de tránsito y los criterios de economía.

2. OBJETIVOS

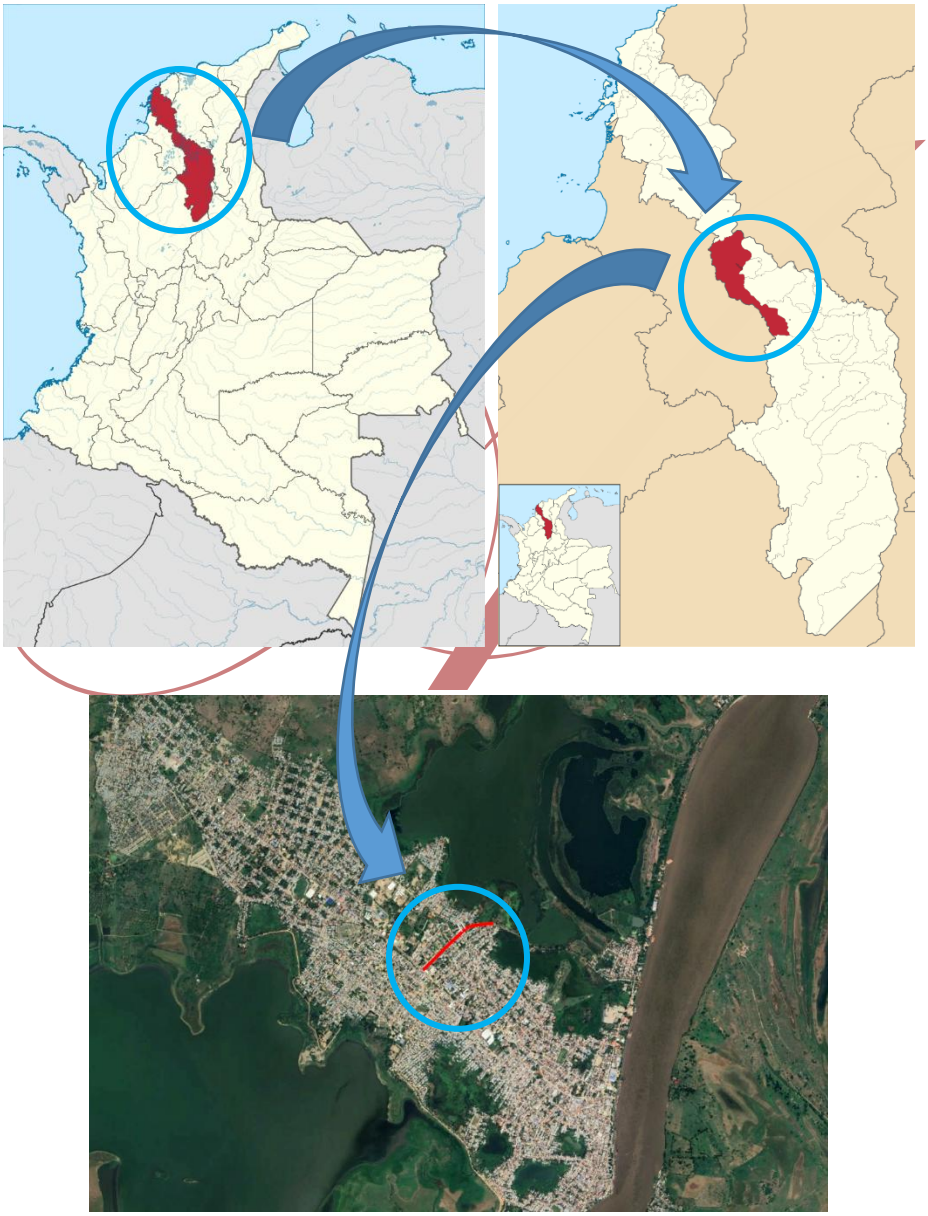
El presente informe tiene por objeto general realizar cálculos para determinar una estructura de pavimento con la capacidad de soportar las cargas de tránsito.

El objetivo secundario de este estudio es evaluar las condiciones geométricas de la via para ofrecer una solución acorde a las necesidades, así como también entregar planos de detalles de secciones, dimensiones, modulación y refuerzos.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACION

Magangué es un municipio colombiano localizado a orillas del río Magdalena, en el departamento de Bolívar.



Fuente: Google Maps

4. CARACTERISTICAS DE LA VIA EN ESTUDIO

El proyecto contempla la Construcción de pavimento rígido en la carrera 16 entre calle 16 y calle 31 en el municipio de Magangué, Bolívar; incluyendo andenes para circulación peatonal.

4.1 ESTADO ACTUAL

La calle en estudio se encuentra en gran parte en pavimento en concreto rígido con deterioro avanzado entre calle 16 y calle 20, disminuyendo la seguridad de la vía.

También se encuentra un tramo de la vía entre calles 20 y 31 que su rasante se encuentra en material granular afirmado sin revestimiento, que presenta irregularidad y en época invernal se dificulta mucho la circulación peatonal y vehicular por la saturación y afectación al terreno.

4.2 LONGITUD

El tramo en estudio tiene una longitud de 753 metros.

5. CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

Comprende un resumen de los aspectos generales relacionados con la información obtenida de los apiques y la respectiva caracterización de los suelos encontrados a lo largo del corredor de la vía, en este caso enfocados principalmente al diseño de alternativas para el mejoramiento mediante pavimento en concreto hidráulico de la vía.

La información presentada en este capítulo compila las diferentes actividades de campo y laboratorio realizadas a lo largo del corredor estudiado por el Ingeniero Geotecnista.

5.1 RESULTADOS DE LABORATORIO

APIQUE	PROFUNDIDAD		PROPIEDADES FÍSICAS									
	Inicio	Final	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plástico	Humedad	% Gravas	% Arenas	% Finos	Tipo de suelo		Potencial de Expansión
	cm	cm	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASTHO	
1	0	150	39,66	18,25	21,41	16,14	0,00	48,40	51,60	CL	A-6	Altamente Expansiva
2	0	150	43,35	26,45	16,90	21,65	0,00	21,50	78,50	ML	A-7-6	Moderada
3	0	150	53,83	27,50	26,33	20,11	0,00	16,20	83,80	CH	A-7-6	Altamente Expansiva
4	0	150	39,45	23,37	16,08	22,64	1,70	21,70	76,60	CL	A-6	Moderada

Tabla 6. Propiedades físicas. (Fuente. Realizado por el autor).

Extraído del estudio de suelos

APIQUE	PROPIEDADES MECANICAS			
	CBR ANTES DE INMERSION	CBR DESPUES DE INMERSION	MODULO DE REACCION	PRESIÓN ADMISIBLE
	%	%	MPa/m	
1	8,24	5,54	43,32	Medio
2	5,69	3,67	32,27	Bajo
3	8,62	4,72	38,62	Medio
4	7,42	2,92	27,42	Bajo

Extraído del estudio de suelos

CBR promedio = 4.2%

Tipo S2

Clase o Tipo	CBR (%)
S1	< 2
S2	2 - 5
S3	5 - 10
S4	10 - 20
S5	>20

Tabla 2-13. Clasificación de la subrasante de acuerdo a su resistencia

Módulo de reacción para la subrasante = 35.40 MPa/m,

Por tener un valor bajo de CBR, el estudio de suelos recomienda utilizar mejoramiento para tener un módulo de reacción del conjunto subrasante-mejoramiento más alto, este nos da 58.53 MPa/m y un K combinado mejoramiento-subbase = 70 MPa/m

6. ESTUDIO DE TRANSITO

Del estudio de tránsito se toma el tránsito de diseño

TRANSITO DE DISEÑO		
EJE	CARGA	Repeticiones
SRS	2.5	432623
	4	728940
	6	592634
SRD	6	1161563
	11	355580
Tandem	21	0
	22	237054
Tridem	24	58263

7. MODULO DE ROTURA

El manual de diseño de pavimentos de concretos de bajo, medios y altos volúmenes de tráfico, recomienda utilizar valores entre el rango de 3.8 a 4.5 Mpa, para este proyecto se determinó utilizará un valor modular mayor o igual a 4.0 MPa, es el parámetro fundamental para prevenir el criterio de falla por fatiga.

7.1 Factor de mayoracion de repeticiones

Para el proyecto se tomó una tasa de crecimiento anual del 3% y un periodo de diseño de 20 años lo cual establece un factor de 1.3, el cual afecta las repeticiones esperadas para dar un margen de seguridad.

Tasas anuales de crecimiento de tránsito y sus correspondientes factores de proyección		
Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3.5	1.4	2
4	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6	1.8	3.2

8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

8.1 PARAMETROS DE DISEÑO:

- ✓ Periodo de diseño: 20 años
- ✓ Transito: indicado en el estudio de transito
- ✓ Pasadores de carga: Si
- ✓ Factor de seguridad de carga: 1.0

  Factor de mayoracion de repeticiones: 1.3
- ✓ Modulo de rotura: 4.0 a 4.2 MPa
- ✓ Bermas en concreto: No
- ✓ Bordillos y andenes: Si

8.2 EVALUACION DEL ESPESOR DE DISEÑO

Consumo de fatiga y erosión: El cálculo del espesor de pavimento se realizará haciendo uso del método de la PCA, en el cual se consideran dos criterios de falla: por fatiga debido a la repetición de cargas y por erosión de las capas de apoyo. Un espesor adecuado será aquel que cumpla de manera simultánea con los dos criterios, es decir, que tanto el consumo de fatiga como el de erosión no superen el 100% disponible.

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCAA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD					
K_Subrasante	Espesor	Modulo Rotura	Factor Mayoracion Repeticion	consumo Fatiga	consumo Erosion
(Mpa/m)	(mm)	(Mpa)			
70	200	4.0	1.3	276.43	33.08
70	200	4.2	1.3	112.50	33.08
70	220	4.0	1.3	10.58	14.32
70	220	4.2	1.3	0.00	14.32

9. DISEÑO DE LAS JUNTAS DE PAVIMENTO

Las juntas son parte importante de los pavimentos rígidos y se proyectan 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 los generados por los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto. A continuación, se hará referencia al tratamiento a seguir a los diferentes tipos de juntas que se deben considerar en el diseño.

9.1 JUNTAS LONGITUDINALES

Con el fin de impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro, se recomienda dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, cuyo acero debe cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-13, admitiéndose aceros con resistencia de 187,5 MPa (40.000 psi) y 280 MPa (60.000 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, tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito-INVÍAS 2008.

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

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Al escoger barras corrugadas de diámetro ½" (fy=60.000 psi), según la Tabla 6.1, se requieren longitudes mínimas 0.85 m. y separaciones máximas de 1.20 m. entre barras consecutivas. Además de las juntas longitudinales descritas, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación. En todo caso, el método más común para finalizar las labores de construcción es rematando la obra contra una formaleta de madera que genera una cara lisa, por lo cual es necesario dotar esta junta de pasadores de carga, a través de dovelas lisas con las características indicadas en la Tabla 6.2. Cabe anotar que las mencionadas formaletas tienen que estar dotadas de agujeros para insertar las dovelas. Este tipo de juntas transversales de construcción no necesitan el corte inicial para debilitar la sección, siendo sólo necesaria la realización del corte secundario para conformar la caja en la que se alojará el material de sello.

9.2 JUNTAS TRANSVERSALES

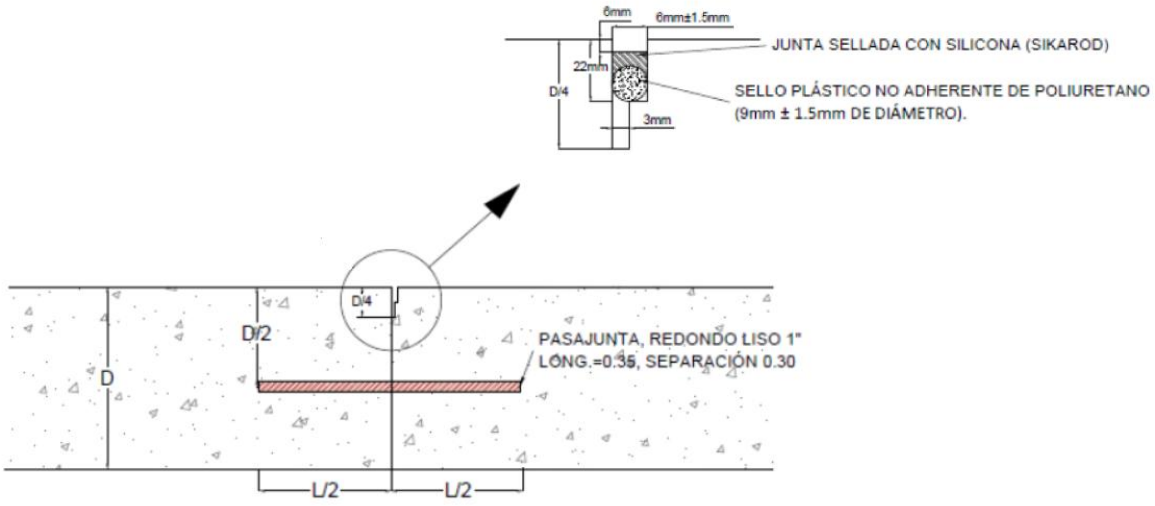
Para el caso de las juntas de contracción transversal, se deberá disponer de barras de transferencia (dovelas) ubicadas a través de las juntas transversales, las cuales están constituidas por varillas de acero liso y de cortas longitudes, con límite de fluencia mínimo de 60.000 psi, de acuerdo con los artículos INV-500-13 e INV-640-13, metidas 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 está orientada principalmente a 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. 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 antiadherente, con el propósito de no restringir los desplazamientos horizontales de las losas. En la Tabla 6.2, tomada del Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito-INVÍAS 2008, se indican las dimensiones, espaciamiento y longitud de los pasadores a utilizar en cada caso.

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

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

De acuerdo con la mencionada Tabla, para este caso se deberá utilizar como mecanismo de transferencia de carga dovelas de 1” de diámetro mínimo, 35 cm de longitud y una separación centro a centro entre dovelas de 30 cm.



9.2 JUNTAS DE CONSTRUCCION

Lo más frecuente es construir los pavimentos de concreto por carriles, generando juntas longitudinales. Este es el caso del presente proyecto, en donde se recomienda seguir esta metodología durante la construcción, con el fin de contar con espacio disponible para la circulación del personal de obra y disposición de materiales y equipos dicha junta cumple también la función de disipar los esfuerzos generados por alabeo en las losas debido principalmente a gradientes térmicos.

10. MODULACION DE JUNTAS

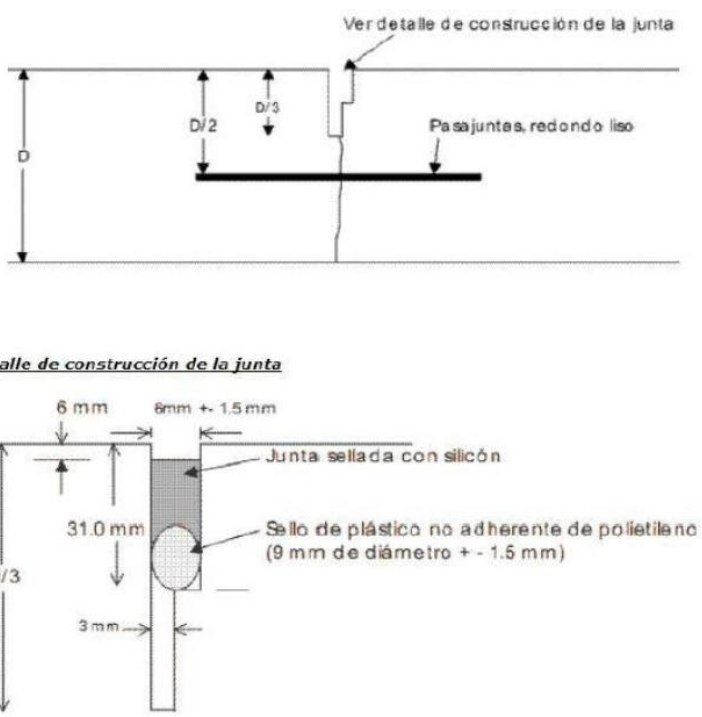
Para la modulación de las losas se tendrá en cuenta dos tramos, de tal manera que cada carril posea un ancho libre de 3.5 y 3.0 metros. De aquí resulta que constructivamente la obra se ejecutará por carriles. Para fines de separación de las juntas transversales, estas se trabajarán separadas entre 3.5 m y 3.0 m, longitudes que cumple con la relación de esbeltez máxima entre dimensiones en planta considerando valores entre 0,8 y 1,20. Adicionalmente, la separación máxima establecida entre las juntas transversales (3.75m) cumplen también con la restricción de que sea menor a 25 veces el espesor es decir 5.0m. Para la modulación de las losas, se debe considerar que, en el presente proyecto, se presentan anchos de pavimento típicos de calzada de 6.00 m y 7.00m. De acuerdo con el diseño geométrico.

Tramo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Ancho Carril (m)	Largo (L)	Esbeltez	Chequeo 0.8<E<1.2
Tramo 1	0.00	475.00	3.5	3.5	1.00	OK
Tramo 2	475.00	752.60	3.0	3.5	1.17	OK

11.SELLADO DE JUNTAS

El ancho de corte de las juntas en su parte superior deberá ser de 6 mm. Especial cuidado deberá dársele al menisco o espacio libre entre el sello y el tope de la junta, con el fin de poder garantizar una adecuada durabilidad, dado que un exceso en el material de sello ocasionará desgarres del mismo debido a la acción del tránsito.

Se recomienda que el material de sello lo constituya una masilla de silicona u otro material de características adecuadas, la cual debe ser contenida en la cavidad de la junta, previa colocación de una cintilla de poliuretano. En la Figura se presenta un detalle de la geometría y el sellado de una junta de contracción con dos alternativas diferentes para la escogencia del material de sellado.



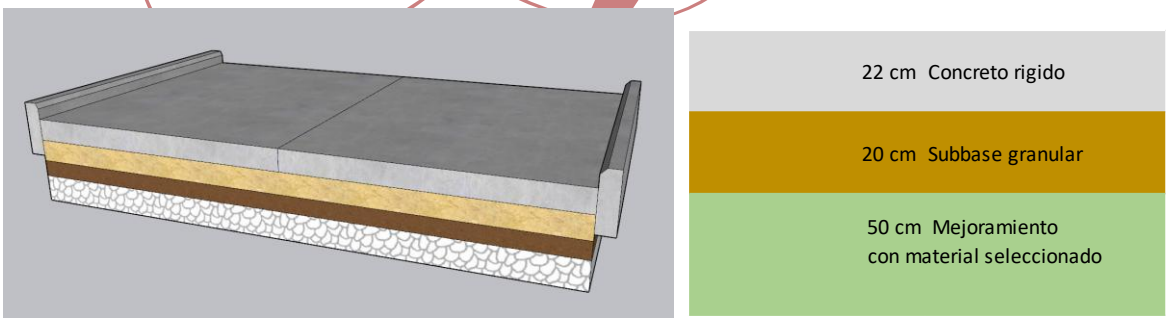
12. REFUERZO DE LOSAS IRREGULARES

Todas aquellas losas cuya forma sea irregular (ángulos diferentes a 90º o que contengan tapas de pozos de inspección, sumideros, etc.), deberán ser reforzadas.

Para ello se realizará la colocación de una parrilla localizada en el tercio superior de la losa, conformada con barras de acero corrugado (con Fy=60.000 psi), de diámetro ½ pulgada, con separación de 0.20 metros, en sentido transversal y longitudinal.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ La resistencia del concreto será 4,0 MPa
- ✓ El espesor de la losa será de 22cm
- ✓ Se realizará refuerzo de losas irregulares con barras de ½" separadas a 20cm en ambas direcciones.
- ✓ Se utilizarán barras de 1" con longitud de 35cm y separación de 30cm como pasadores de carga en las juntas transversales.
- ✓ Se utilizarán barras de ½" con longitud de 85cm y separadas cada 1,20m
- ✓ El pavimento tendrá bordillos de confinamiento en ambos extremos.
- ✓ La estructura de pavimento será:



LUIS CARLOS ARAUJO
INGENIERO CIVIL
ESP. EN VIAS TERRESTRES
MP: 222023501O6COR

14.ANEXOS

```
DISENO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCAA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD
TRANSITO

  **** EJES SIMPLES ****  **** EJES SIMPLES ****
  **** RUEDA SIMPLE ****  **** RUEDA DOBLE *****  **** EJES TANDEM ****  ****
EJES TRIDEM ****
     Carga  Repeticiones    Carga  Repeticiones    Carga  Repeticiones    Carga
Repeticiones
      (Tn)     Esperadas     (Tn)     Esperadas     (Tn)     Esperadas    (Tn)
  Esperadas

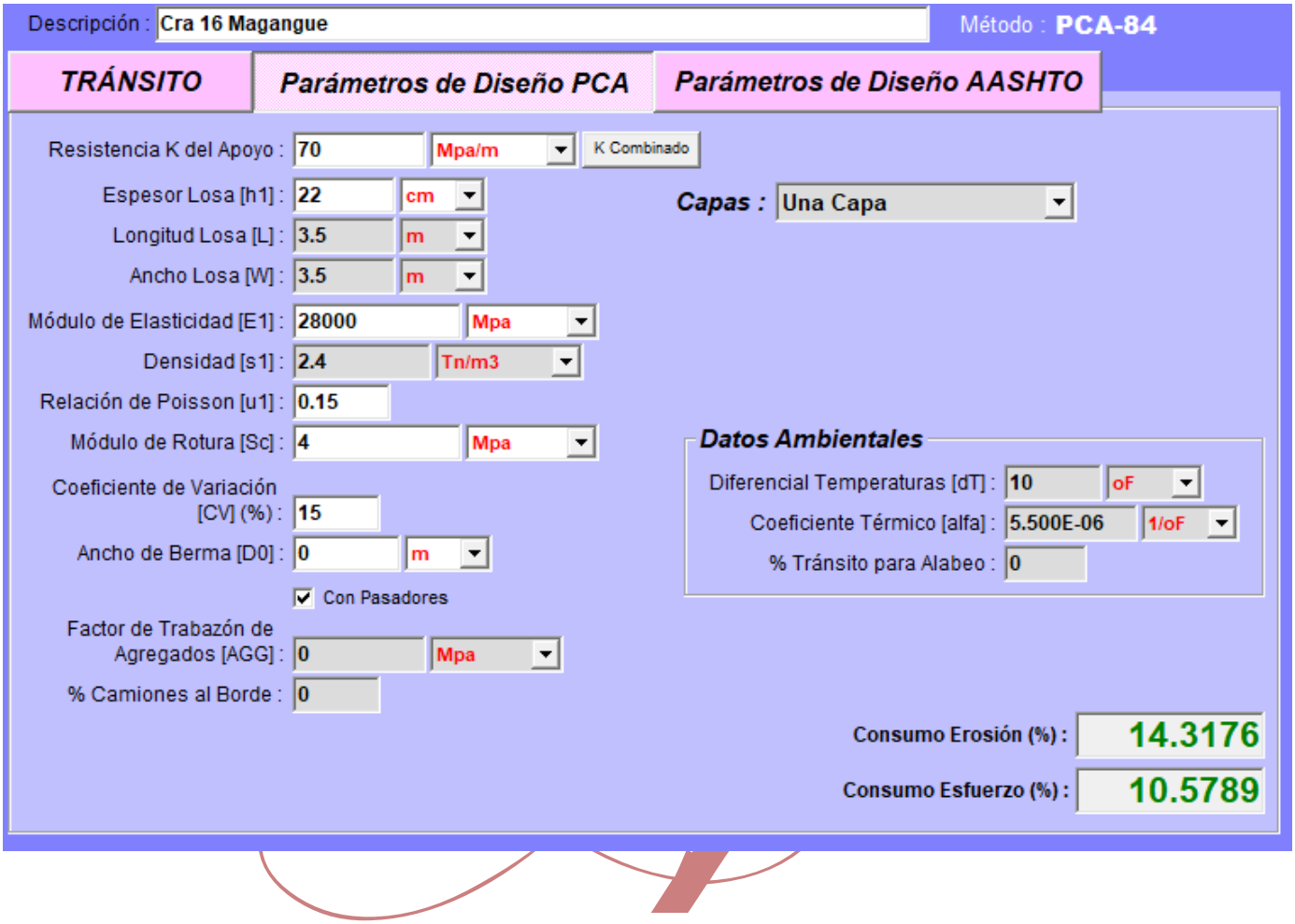
      2.50       432,623     6.00     1,161,563                         22.00
    237,054
      4.00       728,940    11.00       355,580
      6.00       592,634
```

```
DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS - METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCAA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

      K_Subrasante    Espesor Modulo_Rotura Factor May Consumo Consumo
           (Mpa/m)       (mm)         (Mpa) Repeticion  Fatiga Erosion

              70.0     200.00          4.0        1.3  276.43   33.08
              70.0     200.00          4.2        1.3  112.50   33.08
              70.0     220.00          4.0        1.3   10.58   14.32
              70.0     220.00          4.2        1.3    0.00   14.32
```


Descripción : Cra 16 Magangue
Método : PCA-84
TRÁNSITO
Parámetros de Diseño PCA
Parámetros de Diseño AASHTO
Resistencia K del Apoyo : 70 Mpa/m K Combinado
Espesor Losa [h1] : 22 cm
Capas : Una Capa
Longitud Losa [L] : 3.5 m
Ancho Losa [W] : 3.5 m
Módulo de Elasticidad [E1] : 28000 Mpa
Densidad [s1] : 2.4 Tn/m3
Relación de Poisson [u1] : 0.15
Módulo de Rotura [Sc] : 4 Mpa
Datos Ambientales
Diferencial Temperaturas [dT] : 10 oF
Coeficiente Térmico [alfa] : 5.500E-06 1/oF
% Tránsito para Alabeo : 0
Coeficiente de Variación [CV] (%) : 15
Ancho de Berma [D0] : 0 m
Con Pasadores
Factor de Trabazón de Agregados [AGG] : 0 Mpa
% Camiones al Borde : 0
Consumo Erosión (%) : 14.3176
Consumo Esfuerzo (%) : 10.5789