ALCALDÍA DE
FLORIDA
VALLE

DISEÑO DE PAVIMENTO

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 12A BIS CON CARRERA 32A WATERLOO EN EL MUNICIPIO DE FLORIDA VALLE

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. NORMAS GENERALES. 3
3. GENERELIDADES. 3
4. PERIODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL 4
5. DETERMINACIÓN UNIDADES DE DISEÑO. 5
6. CATEGORIZACIÓN DE LA SUBRASANTE 6
7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) 7

7.1. FACTORES DE DISEÑO 7
7.2. MATERIAL DE SOPORTE PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO 8
8.3 VARIABLE TRANSITO VEHICULAR. 10
8.4 MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE. 11
8.5 CORRELACIÓN PARA EL CALCULO DEL MODULO DE REACCIÓN CONJUNTO. 12
8.6 RESISTENCIA DEL CONCRETO. 13
8.7 ANALISIS POR FATIGA Y EROSIÓN 14
8.6 DIMENSIONES DE LA LOSA 15
8.7 PASADORES DE CARGA 16
8.8 BARRAS DE ANCLAJE 18
8.9 EMPALMES ENTRE PAVIMENTOS 18
8.10 DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE 19

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 20
9.6 Estructura de pavimento obtenida 20
10 BIBLIOGRAFIA 21
ANEXOS. 22

Tablas.

Tabla 1. Clasificación tipo de suelo. 6
Tabla 2. Clasificación Por Categoría y Ejes..... 11
Tabla 3. Resistencia del concreto, ICPC - INVIAS. 13
Tabla 4. Relación espesor - Diámetro pasador. 16
Tabla 5. Tiempo de Evacuación Vs Calidad..... 19
Tabla 6. Calidad de Drenaje. 20

Ilustraciones.

Ilustración 16. Juntas. 16
Ilustración 17. Colocación pasadores de carga. 17
Ilustración 18. Descripción pasa juntas barras de amarre. 17
Ilustración 19. Empalmes entre pavimentos. 18
Ilustración 20. Transición de losas. 19

1. INTRODUCCIÓN

Ante solicitud realizada por el municipio de Florida Valle, se efectuó el diseño para una estructura de pavimento rígido para una vía localizada dentro del casco urbano del municipio. Dicho tramo corresponde a la calle 12ABIS con carrera 32ª en el barrio Waterloo, zona urbana del municipio de Florida Valle.

El estudio se para realizar la selección del tipo de pavimento y su estructura, esto esté sujeto a muchas variables, dentro de las cuales están los criterios técnicos y los factores económicos de la zona; hay condiciones que favorecen la utilización de un tipo de pavimento, otras que le quitan posibilidades por lo que es necesario apreciar la pertinencia de una solución en particular.

Los pavimentos son diseñados y construidos para prestar un servicio durante un periodo de diseño determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad con un costo apropiado; es necesario tener en cuenta varios elementos para la realización del diseño, dentro de los cuales cabe resaltar la importancia de la capacidad de soporte del suelo, el transito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con los que se construirá.

En el presente informe se hace el análisis de las variables que fueron tenidas en cuenta en cada tramo para la elaboración del diseño de la estructura del pavimento, y los chequeos con la metodología de la PCA presentados en el compendio de anexos.

2. NORMAS GENERALES.

Se realizó la caracterización de los materiales de la subrasante en el terreno, a través de los métodos mencionados a continuación.

Ensayo de la relación de soporte de la subrasante para suelos compactados (NTC 2122 – ASTM 1883).

3. GENERELIDADES.

Este informe tiene por objeto los estudios y diseños para la CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 12ABIS CON CARRERA 32A WATERLOO EN EL MUNICIPIO DE FLORIDA VALLE. El cual se encuentra en superficie en tierra.

Dentro de este informe se presentará el diseño de pavimento a recomendar para la implementación de éste a lo largo del tramo vial según los sectores que sean estipulados

de acuerdo con el análisis de la información recolectada en campo, dando una mayor importancia a la información geotécnica del tramo y a las solicitaciones de tránsito. Así mismo se realizarán las recomendaciones constructivas mínimas, para lograr que durante el desarrollo de la construcción se cumplan las hipótesis de diseño.

El principal objetivo del diseño de un pavimento es proveer una estructura que sea factible desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental, que optimicen el nivel de servicio ofrecido a los usuarios, utilizando calidades de materiales constitutivos preferiblemente de la zona, de manera que se ajusten a las condiciones previstas del tránsito y ambiente, así como demostrando también eficiencia económica.

Los Objetivos específicos del Estudio para el Diseño del Pavimento para el proyecto CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 12ABIS CON CARRERA 32A WATERLOO EN EL MUNICIPIO DE FLORIDA VALLE. son los siguientes:

- Verificar los datos recolectados en la exploración geotécnica del tramo en estudio con el fin de definir el perfil estratigráfico de los tramos viales de que hacen parte del estudio.
- Presentar las consideraciones geotécnicas, de tránsito y geométricas, generales para el diseño de la estructura del pavimento de los tramos en estudio.
- Plantear una alternativa de diseño técnica y económicamente viable para la construcción del pavimento.
- Presentar los aspectos básicos que se requieren para el desarrollo de la construcción como son las consideraciones referentes a fuentes de materiales, los diseños de mezclas y las características de los materiales a emplear.

4. PERIODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El período de diseño puede ser definido como el lapso transcurrido desde que se entrega al servicio la estructura, hasta que los deterioros producidos por el tránsito y los agentes ambientales normales hacen que la vía pierda su funcionalidad. Conviene recordar que, a la luz del conocimiento actual, el diseño de un pavimento constituye un complejo problema físico-mecánico donde se interrelacionan variables tan diversas como las asociadas al ambiente, la geometría de las calzadas, las cargas del tránsito, los suelos de soporte, los materiales de construcción y la calidad de la construcción y del mantenimiento.1

De acuerdo a lo expresado en el análisis del tránsito, se ha establecido que el periodo de diseño estructural corresponde a 20 años (pavimento rígido) con base en las siguientes consideraciones:

No es políticamente aceptable para las administraciones municipales cargar con grandes rehabilitaciones a pavimentos recientemente construidos.

Los costos de los usuarios son altos y los costos originados por interrupciones del tránsito probablemente cancelen cualquier ahorro resultante de la elección de un período de diseño estructural más corto.

La geometría de las vías planteadas es fija.

De acuerdo con la PCA, la vida de los pavimentos de concreto puede variar desde menos de 20 años, para aquellos pavimentos con deficiencias de diseño y construcción, hasta más de 40 años en aquellos que no presentan deficiencias. El periodo de diseño comúnmente utilizado para el diseño de un pavimento rígido es de 20 años. Sin embargo, puede ser mayor o menor obedeciendo principalmente a justificaciones económicas.

5. DETERMINACIÓN UNIDADES DE DISEÑO.

Para el estudio de la subrasante se deben establecer unidades de diseño o sectores que guarden homogeneidad en cuanto a los siguientes parámetros: condiciones geológicas, condiciones geotécnicas, condiciones topográficas, condiciones de drenaje y condiciones ambientales. Las bases para definir las unidades de diseño las constituyen los estudios preliminares existentes y el avance y desarrollo del estudio.

En una unidad de diseño se deben realizar los siguientes estudios:

- Condiciones geológicas.
- Condiciones geotécnicas.
- Condiciones topográficas.
- Condiciones de drenaje.
- Estabilidad volumétrica.
- Posibilidad de mejoramiento o de estabilización.
- Condiciones de ambientales.

Las bases para definir las unidades de diseño homogéneas, las constituyen los estudios preliminares los cuales deben incluir aspectos tales como: geología (información de fallas, tipos de suelos, cursos de aguas, problemas de erosión y reptación, etc.), planos topográficos, pluviometría; obtenidos a partir de fotografías y fotogrametría, condiciones climáticas de la zona, estudios realizados en el área y estudios en el avance y desarrollo del estudio.

Con base en la exploración geotécnica realizada a los tramos, se obtuvieron los resultados de laboratorio para los ensayos de humedad del terreno natural, CBR, limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad y granulometría para una profundidad de 1.50 m. Por medio de un (01) apique en la vía a diseñar. El resultado establece un CBR de 5.4%, como criterio de diseño.

6. CATEGORIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

De acuerdo con estos parámetros se establece la clasificación del tipo de suelo. En donde de acuerdo con la clasificación del instituto nacional de vías, la subrasante del terreno se encuentra dentro de la clase o tipo S3.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm²)
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 1. Clasificación tipo de suelo.

Para el caso particular del proyecto, se tiene que el CBR de diseño inicial de 2.4%. Un suelo con un CBR menos a 3% se considera MALO.

En el proceso de diseño, de acuerdo con el Manual de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS, se consideran 4 tipos de suelos así:

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	CBR ≤ 3	Malo
S2	3 < CBR ≤ 5	Regular
S3	5 < CBR ≤ 10	Bueno
S4	CBR > 10	Muy Bueno

Tabla 3. Categorización de la resistencia de la subrasante

7. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA)

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo de vida útil determinado. Para el diseño del pavimento es necesario considerar varios elementos, dentro de los cuales se encuentra la capacidad de soporte del suelo, las cargas vehiculares asociadas al tránsito que circulará sobre la vía durante su periodo de diseño, las condiciones del clima y los materiales con los que se construirá.

7.1. FACTORES DE DISEÑO

El procedimiento de diseño de la PCA, incluye los siguientes aspectos:

A. El grado de transferencia de carga según el tipo de pavimento considerado.

B. El efecto del uso de bermas de concreto, ligadas al pavimento.

C. El efecto del uso del concreto pobre como subbase, para reducir esfuerzos y deflexiones, suministrando un soporte adecuado para el paso de vehículos pesados sobre las juntas y controlar así la erosión en la subbase causada por las deflexiones repetidas del pavimento.

D. Dos criterios de diseño: (1) fatiga, para mantener los esfuerzos del pavimento producidos por la acción repetida de las cargas, dentro de límites de seguridad, y con ello prevenir la fatiga por agrietamiento y (2) erosión, para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas.

E. En el diseño se consideran ejes sencillos, tándem y tridem.

Después de seleccionar el tipo de pavimento de concreto (simple con o sin dovelas, reforzado con juntas y dovelas, o continuamente reforzado), el tipo de subbase si es necesaria y el tipo de berma (con o sin berma de concreto), el espesor de diseño está determinado por cuatro factores de diseño:

A. Resistencia a la flexión del concreto (módulo de rotura, Sc).
B. Resistencia de la subrasante o del conjunto subrasante y subbase (K).

C. Los pesos, frecuencias y tipos de las cargas por eje de los vehículos pesados que circularán por el pavimento.
D. El periodo de diseño, que usualmente se toma como 20 años, pudiendo ser mayor o menor de acuerdo al tipo de vía.

7.2. MATERIAL DE SOPORTE PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

La subbase se recomienda para prevenir el fenómeno del bombeo, sin embargo, su presencia tiene como consecuencia un incremento en la capacidad de soporte del pavimento que se puede aprovechar para efectos de diseño porque puede disminuir el espesor de la losa. El manual de diseño de pavimentos en concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito tiene en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, el suelo natural, las bases granulares (Artículo INV330-22) y las bases estabilizadas con cemento (Artículo INV-341-22), de 150 mm de espesor.

Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante.

Para el presente estudio de diseño de pavimento, se optará por una capa de apoyo en subbase granular con un espesor de 200 mm para la unidad de diseño CLASE C.

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos sulfatos indicados.

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. *Standard*)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
	Pasa tamiz (%)								
SBG-50 (Nota)	100	70 — 95	60 — 90	45 — 75	40 — 70	25 — 55	15 — 40	6 — 25	2 — 15
SBG-38 (Nota)	-	100	75 — 95	55 — 85	45 — 75	30 —60	20 — 45	8 — 30	2 —15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Nota: el número indica el tamaño máximo, en milímetros, de las partículas en la gradación empleada.

La elección de la clase del material depende directamente del nivel de tránsito al que se verá expuesta la estructura vial.

Con base en las consideraciones y proyecciones realizadas en el estudio de tránsito se establece que el requerimiento del material corresponde a Clase C.

Tabla 7 Categorías de tránsito ICPC - INVIAS

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2
T_0	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1´000.000
T_1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1´000.000 a 1´500.000
T_2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1000	1´500.000 a 5´000.000
T_3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5´000.000 a 9´000.000
T_4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9´000.000 a 17´000.000
T_5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17´000.000 a 25´000.000
T_6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25´000.000 a 100´000.000

Tabla 1-23. Categorías de tránsito para la selección de espesores

Tabla 8 Niveles de Tránsito INVIAS - 2022

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

Se establece asi pues una subbase granular clase C, la cual deberá ser instalada según los parámetros establecidos en las especificaciones técnicas.

8.3 VARIABLE TRANSITO VEHICULAR.

De acuerdo con el manual de diseño del INVIAS, se han establecido categorías de tránsito, las cuales se asocian a los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje cada 1000 camiones.

El tipo de vías se refiere a la clasificación de esta según su importancia, la cual está definida por el transito promedio diario semanal de vehículos que circulas por la sección de la vía; los ejes acumulados de 8.2 toneladas son los ejes equivalentes que se espera que pasen por el carril durante el periodo de diseño, el manual de diseño del INVIAS considera un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo con los resultados obtenidos en el aforo realizado, se determina que las vías en estudio pertenecen a una categoría T1, dado que el tramo analizado presenta un TPDs inferior a los 200 vehículos/día.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1´000.000
T 1	(Vs) – (M o A) – (CC)	201 a 500	1´000.000 a 1´500.000
T 2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1´500.000 a 5´000.000
T 3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5´000.000 a 9´000.000
T 4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9´000.000 a 17´000.000
T 5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17´000.000 a 25´000.000
T 6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25´000.000 a 100´000.000

Tabla 2. Clasificación Por Categoría y Ejes.

Se obtuvieron los siguientes datos generales para el tramo a intervenir en el municipio de Florida, de acuerdo con los datos obtenidos en el estudio de tránsito, los cuales se resumen a continuación.

Definiéndose el espectro de cargas asociado a cada tipo de vehículo y las repeticiones de carga esperadas durante el periodo de diseño, tal como se resume a continuación:

Vehiculos	Peso (kN)	Cantidad	Porcentaje	Repeticiones esperadas primer año	Repeticiones esperadas vida util
C2P	67,67	9	9%	3285	79816,85979
C3	274,59	2	2%	730	17737,07995
Automovil	68,65	75	79%	27375	665140,4982
C2G	147,1	6	6%	2190	53211,23986
BUSES	98,06	3	3%	1095	26605,61993
		95	100%		

8.4 MODULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE.

Tomando en cuenta que el CBR de diseño (subrasante natural) tiene un valor de 2.4%, se debe aplicar la siguiente formula:

Para valores de CBR ≤ 10%:

$$k(MPa/m) = 2.55 + 52.5 * [\log CBR]$$

En donde:

k(MPa/m) = Modulo de reacción de la subrasante.

CBR= Capacidad de soporte de la subrasante.

Reemplazando

$$k_{(MPa/m)} = 2.55 + 52.5 * [\log 2.4]$$

$$= 22.51\ \boldsymbol{MPa/m}$$

8.5 CORRELACIÓN PARA EL CALCULO DEL MODULO DE REACCIÓN CONJUNTO.

Datos de entrada:

Valor de K para la subrasante= 22.51 MPa/m

Espesor de la capa de apoyo subbase= 225 mm

De acuerdo a la siguiente tabla se puede establecer el valor del K conjunto subrasante/subbase por medio de interpolación según los anteriores datos de entrada.

Tabla 9 Efecto de la subbase granular sobre los valores de K

Tabla No. 7-21
Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg³	Mpa/m	Lb/pulg³	Mpa/m	Lb/pulg³	Mpa/m	Lb/pulg³	Mpa/m	Lb/pulg³
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

Fuente: PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Thickness design for concrete highway and street pavements. PCA EB209P.Skokie (Illinois), 1984. p. 6.

Se debe interpolar para obtener el valor de la tabla para 225mm para los valores de K de subrasante de 20 y 40 Mpa/m, para 22.51 Mpa/m.

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} * (X - X_0)$$

VALOR DE K PARA LA SUBRASANTE (MPa/m)	VALOR DE K PARA LA SUBBASE (MPa/m)
20	35
22.51	**37.76**
40	57

El módulo de reacción conjunto subrasante / subbase corresponde a 37.76 Mpa/m.

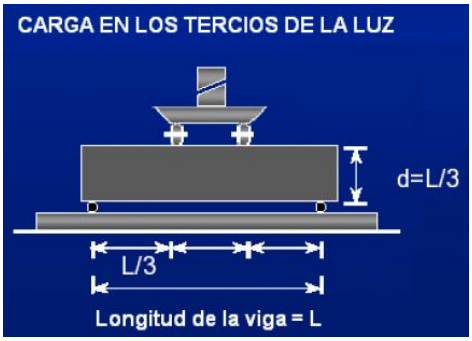
8.6 RESISTENCIA DEL CONCRETO.

Para elegir el MR del concreto se tienen en cuenta el número de camiones por día. De acuerdo al TPDs (Tránsito promedio diario semanal) calculado con base en los aforos de campo, se procede a su definición acorde a lo indicado en el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito:

TPDS:77 vehículos mixtos

Tabla 3. Resistencia del concreto, ICPC - INVIAS.

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8



Al tener un numero de camiones por día menor a 25, se establece que la resistencia del concreto corresponde a 3.8 mPa.

8.7 ANALISIS POR FATIGA Y EROSIÓN

Teniendo en cuenta todas las variables que afectan el diseño, mediante el programa PCA CALCULO diseñado por los ingenieros JEFFERSON CASTRO MEZA y ARMANDO OROBIO QUIÑONEZ, se realiza la modelación de la estructura rígida incluyendo los siguientes valores de los parámetros de diseño:

a. Tránsito de ejes simples, tándem y trídem

b. Resistencia K del apoyo

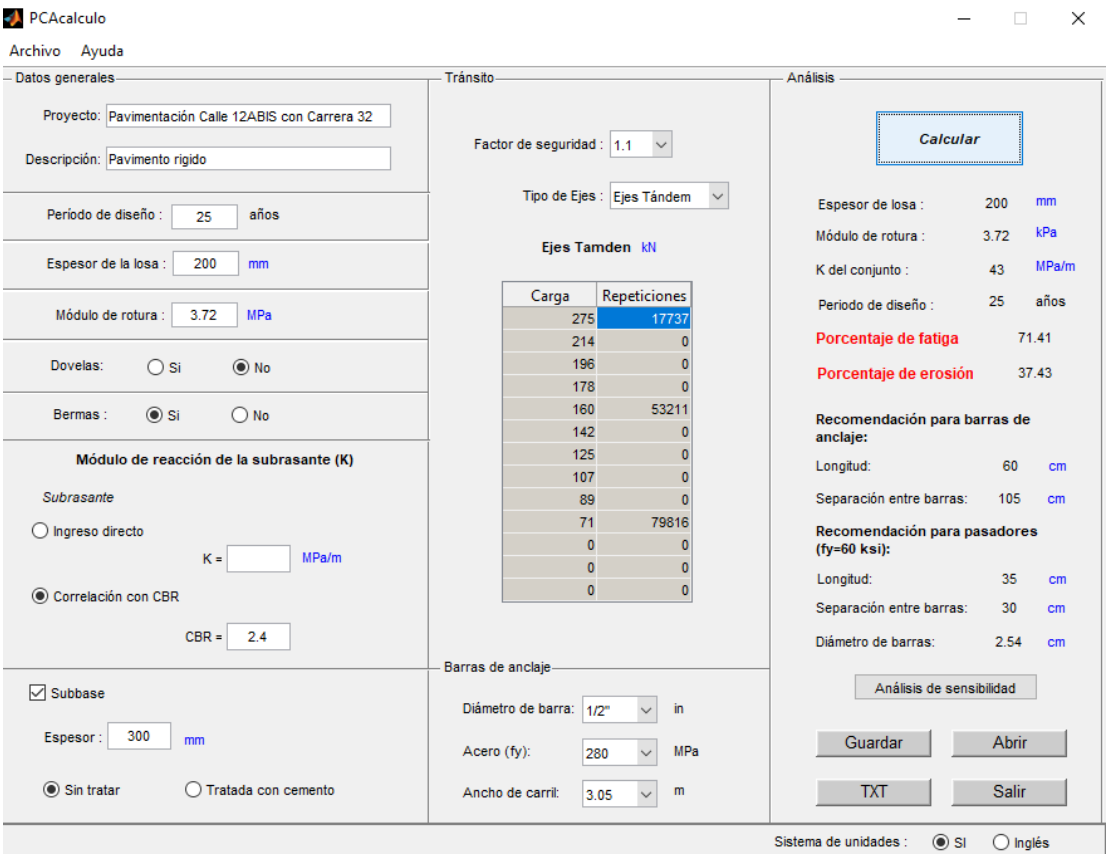
c. Espesor de losa (valores supuestos a iterar)

d. Módulo de rotura igual a 3.72 MPa

e. Vía sin berma y con pasadores.

f. Factor de seguridad de carga igual a 1.1

g. Factor de mayoración de repeticiones igual a 1.0.



Se realiza un proceso iterativo de definición del espesor de la losa de concreto hasta encontrar el adecuado que se encuentre dentro de un porcentaje de consumo que no supere el 100% pero que tampoco sea tan bajo que la estructura quede sobre dimensionada. Se presenta el resultado del cálculo para 19, 20 y 21 cm de losa MR 38.

ESPESOR (mm)	Σ FATIGA	Σ EROSIÓN	¿CUMPLE?
190	213.14	53.95	NO
200	71.20	37.40	SI
210	26.01	27.37	SI

En el proceso, las iteraciones mostraron que por encima de los 20cm las losas se mantendrán dentro de un margen adecuado de serviciabilidad para el periodo de diseño. Por efectos económicos se elige la de menor espesor que se mantiene cumpliendo el parámetro crítico de fatiga, es decir 20cm de concreto MR 3.72 Mpa. Sobre una subbase granular SBG Clase C de 30 cm de espesor.

8.6 DIMENSIONES DE LA LOSA

Considerando que para el diseño la relación de esbeltez de las placas debe ser máximo 1.25 (largo/ancho), entonces para la modelación se parte de los siguientes criterios:3

Criterio 1: Criterio ideal. Longitud = ancho, losas cuadradas.

Criterio 2: Longitud de la losa = 25 D (donde D=espesor de la losa (m)).

Criterio 3: Longitud de la losa = ancho del carril × 1.25 (Criterio AASHTO).

Para las losas rectangulares se toma el menor valor entre el criterio 2 y 3; si dicho valor es inferior al criterio ideal, se tomará este último como longitud de losa elegida.

Ancho de Losa (m)	D (m)	Criterio Ideal L=A	L = 25D	Criterio AASHTO L=A*1.25	LONGITUD ELEGIDA (m)	RE=L/A<1.25
3.30	0.20	3.30	5.00	4.125	4	1.21

8.7 PASADORES DE CARGA

Se consideran dos tipos de transferencia de carga entre las juntas transversales del pavimento, por varillas (pasadores) para la transferencia de carga o por trabazón de agregados. La colocación de varillas para la transferencia de las cargas en las juntas trasversales de contracción mejora el comportamiento del pavimento en relación con la posibilidad de falla por escalonamiento, especialmente cuando se trata de altos volúmenes de tránsito, se tendrá en cuenta en las dovelas y barras de anclaje, el acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con diámetros de más de 15 mm, y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores de 15 mm.

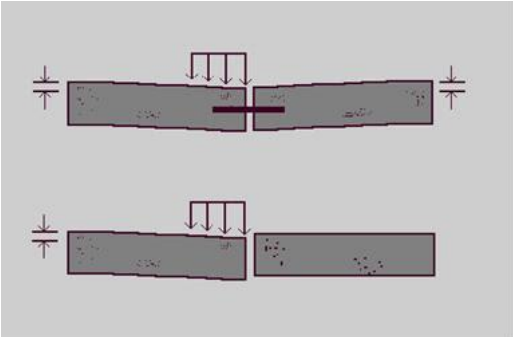


Ilustración 1. Juntas.

Espesor del pavimento (mm)	diámetro del pasador *		longitud (mm)	separación entre centros (mm)
	mm	pg		
160-180	22,2	7/8	350	300
190-200	25,4	1	350	300
210-230	28,6	1 1/8	400	300
240-250	31,8	1 1/4	450	300
260-280	34,9	1 3/8	450	300
290-300	38,1	1 1/2	500	300

Tabla 4. Relación espesor - Diámetro pasador.

Se recomienda implementar barras de amarre de diámetro:1/2”, con longitud de 60 cm y separación de 95 cm. Para las barras de transferencia de carga se deberán implementar barras de diámetro:1”, con longitud de 35 cm y separación de 30 cm.

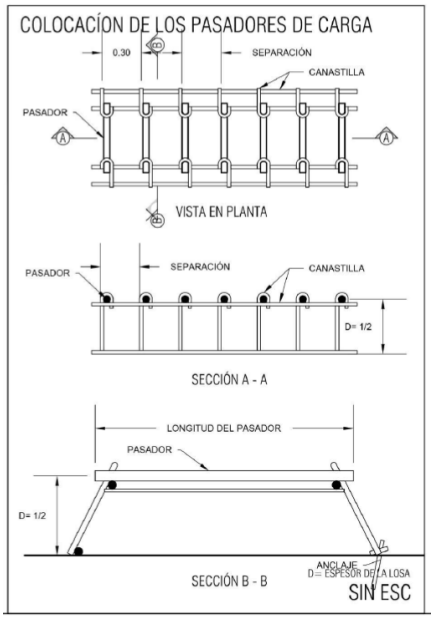


Ilustración 2. Colocación pasadores de carga.

La implementación de bermas de concreto ancladas al pavimento, produce alguna transferencia de carga que da lugar a reducciones en los esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas vehiculares, lo cual de acuerdo al manual de diseño del INVIAS es un criterio a tener en cuenta para determinar el espesor del pavimento.

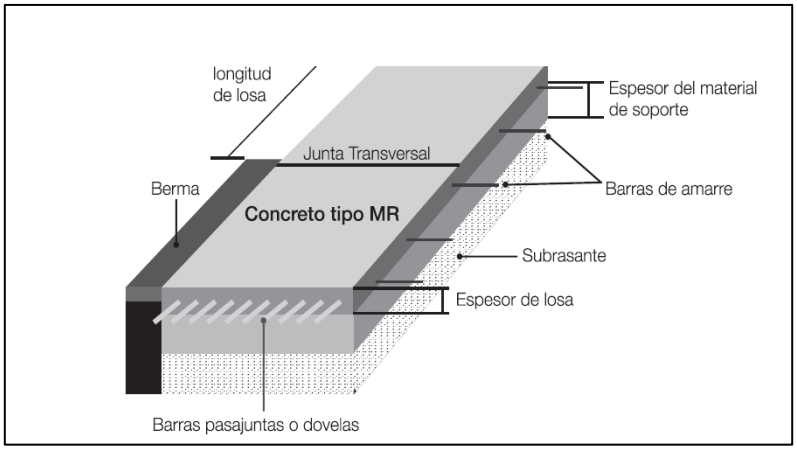


Ilustración 3. Descripción pasa juntas barras de amarre.

Para este diseño no se tomarán en cuenta las bermas, pero la existencia de andenes laterales permite confinar el pavimento.

8.8 BARRAS DE ANCLAJE

Tabla 12 Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje.

ESPESOR DE LA LOSA, cm	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, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m		
		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m
Acero de fy = 187.5 MPa (40,000 lb/pulg^2)												
15.0	450	0.80	0.75	0.65	600	1.20	1.20	1.20	700	1.20	1.20	1.20
17.5		0.70	0.60	0.55		1.20	1.10	1.00		1.20	1.20	1.20
20.0		0.60	0.55	0.50		1.05	1.00	0.90		1.20	1.20	1.20
22.5		0.55	0.50	0.45		0.95	0.85	0.80		1.20	1.20	1.20
25.0		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 lb/pulg^2)												
15.0	650	1.20	1.10	1.00	850	1.20	1.20	1.20	1000	1.20	1.20	1.20
17.5		1.05	0.95	0.85		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
20.0		0.90	0.80	0.75		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
22.5		0.80	0.75	0.65		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
25.0		0.70	0.65	0.60		1.20	1.15	1.10		1.20	1.20	1.20

De acuerdo a lo anterior, las barras de anclaje para el proyecto con anchos de carril de 3.00 m tendrán las siguientes características en función de los espesores de la losa (200 mm):

Diámetro de la barra, φ = 12.7 mm (½").

Acero de fy = 280 MPa (60.000 lb/pulg2).

Longitud de la barra = 600 mm

Separación entre centros = 0.95 m

8.9 EMPALMES ENTRE PAVIMENTOS

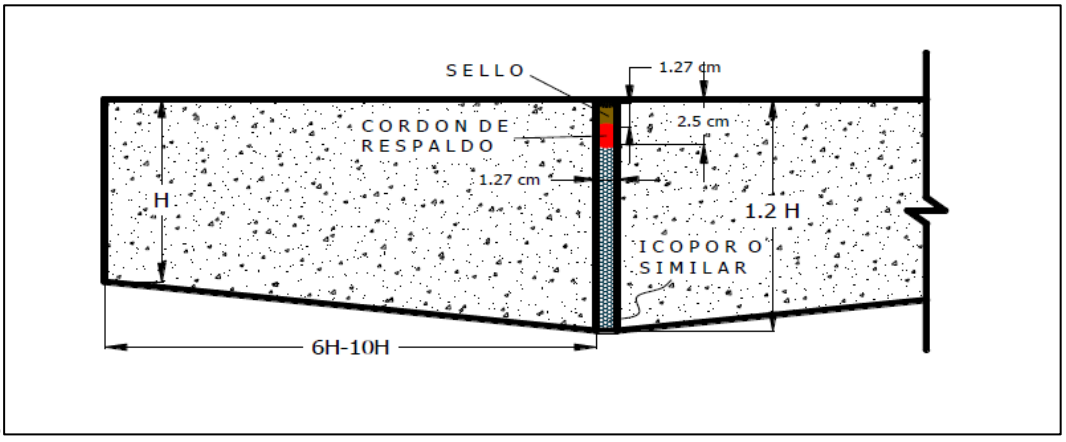


Ilustración 4. Empalmes entre pavimentos.

Para dicha zona es necesario realizar una estructura de transición que garantice la integralidad de las secciones en contacto, evitando las desportilladuras que se generen debido al efecto del impacto adicionas de los vehículos proporcionado por cambios bruscos en la continuidad de lisura en la superficie.

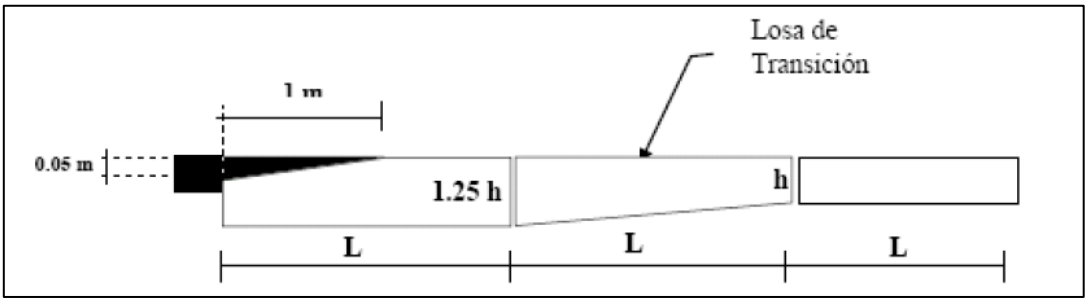


Ilustración 5. Transición de losas.

8.10 DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DRENAJE

Teniendo en cuenta que en el área urbana de la ciudad la época de precipitaciones máximas en el año va del mes de abril al mes de junio de acuerdo a la información climática recopilada del IDEAM, lo que equivale a que, de los 12 meses del año, 3 meses (25% del año) presenta niveles importantes de lluvia.

De esta forma, considerando la calidad de drenaje aceptable para la vía como condición crítica y 25% de tiempo en el año en que la estructura estaría cerca a niveles de humedad próximos a la saturación, según la siguiente tabla se recomienda tomar valores de coeficientes de mi entre 1.00 a 0.80, para lo cual se tomara 1,0 para la base granular y 0,8 para el material granular de rio y para la sub-base granular, de acuerdo a las consideraciones de estructuras de drenaje para la vía.

TIEMPO DE EVACUACIÓN	CALIDAD DE DRENAJE
2 horas	Excelente
1 día	Bueno
1 semana	Aceptable
1 mes	Pobre
No Drena	Muy pobre

Tabla 5. Tiempo de Evacuación Vs Calidad.

CALIDAD DEL DRENAJE	% NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A SATURACIÓN			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.4-1.35	1.35-1.30	1.30-0.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.08-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy Pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Tabla 6. Calidad de Drenaje.

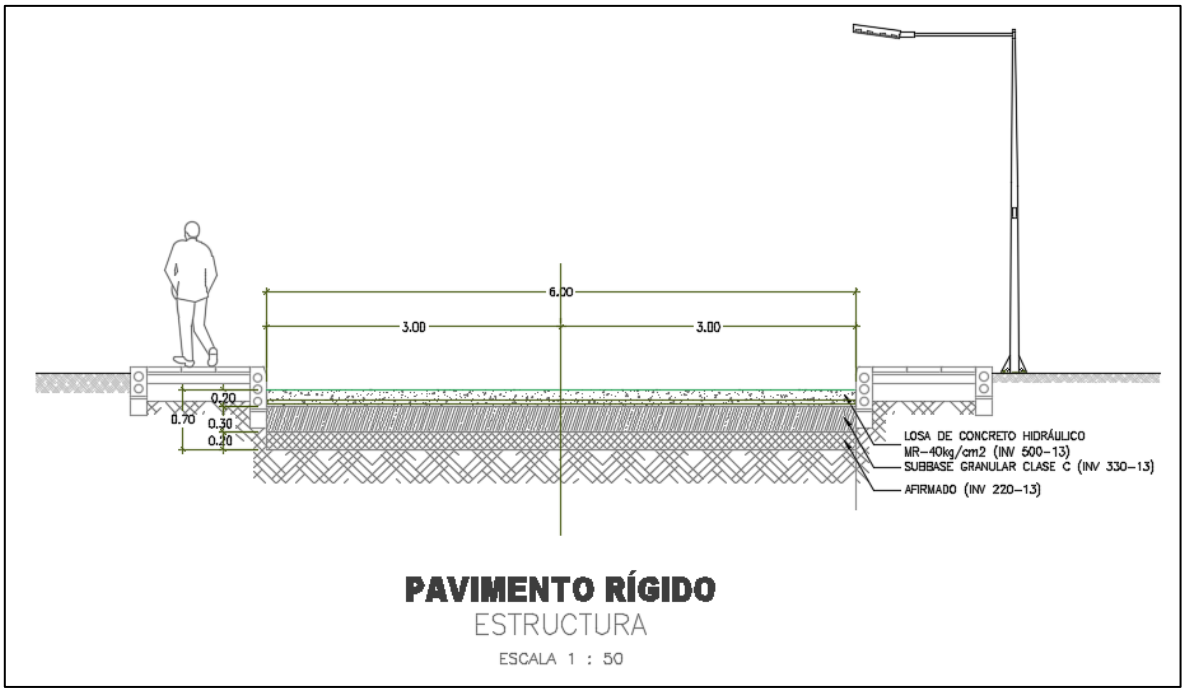
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.6 Estructura de pavimento obtenida.

Se plantea así, la siguiente estructura, una vez se realizan los chequeos mediante la metodología de la PCA.

Losa de concreto MR-38: 20 cm

Subbase granular: 30 cm



.

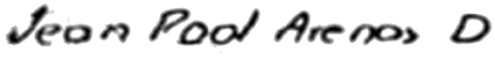
- ✓ Se deben tener en cuenta todas las recomendaciones realizadas por el diseñador hidráulico acerca del sistema de drenaje y subdrenaje, debido a que la estabilidad y durabilidad de la estructura depende de ellos en un alto porcentaje.

- ✓ Las capas granulares de la estructura de pavimentos deben protegerse de la migración de finos desde la subrasante para evitar la disminución de su capacidad de drenaje, igualmente, de la intrusión del suelo granular dentro del material de sub rasante para evitar que se disminuya su capacidad de soporte.

- ✓ Las capas granulares recomendadas para la estructura de pavimento en cada sector, deberán ser compactadas en capas no mayores a 0.15m de espesor o aquel que permita garantizar una densidad mínima de 98% para base granular de la densidad obtenida en el ensayo del Proctor modificado, para su verificación se recomienda realizar un ensayo de campo para cada 100 m2 de cada una de las capas compactadas.

10 BIBLIOGRAFIA

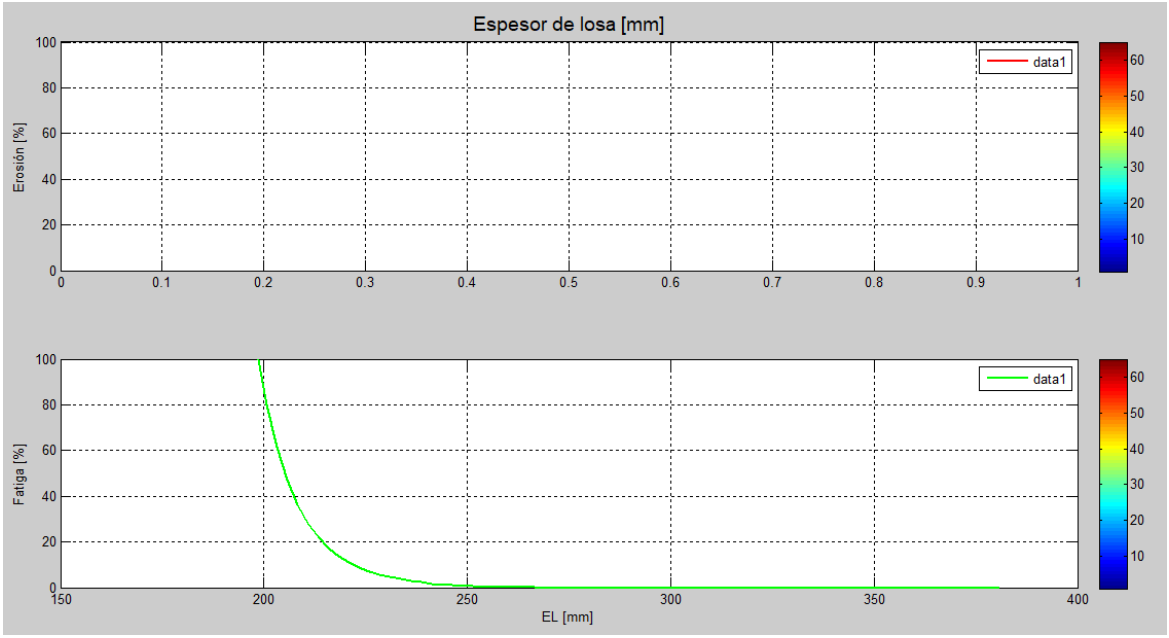
- ✓ MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS AASHTO 1993
- ✓ NORMA COLOMBIANA INVIAS.
- ✓ NORMA TECNICA COLOMBIANA (NTC)
- ✓ MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO.
- ✓ OSSO – INGEOMINAS
- ✓ METODOLGIA DE DISEÑO PCA.

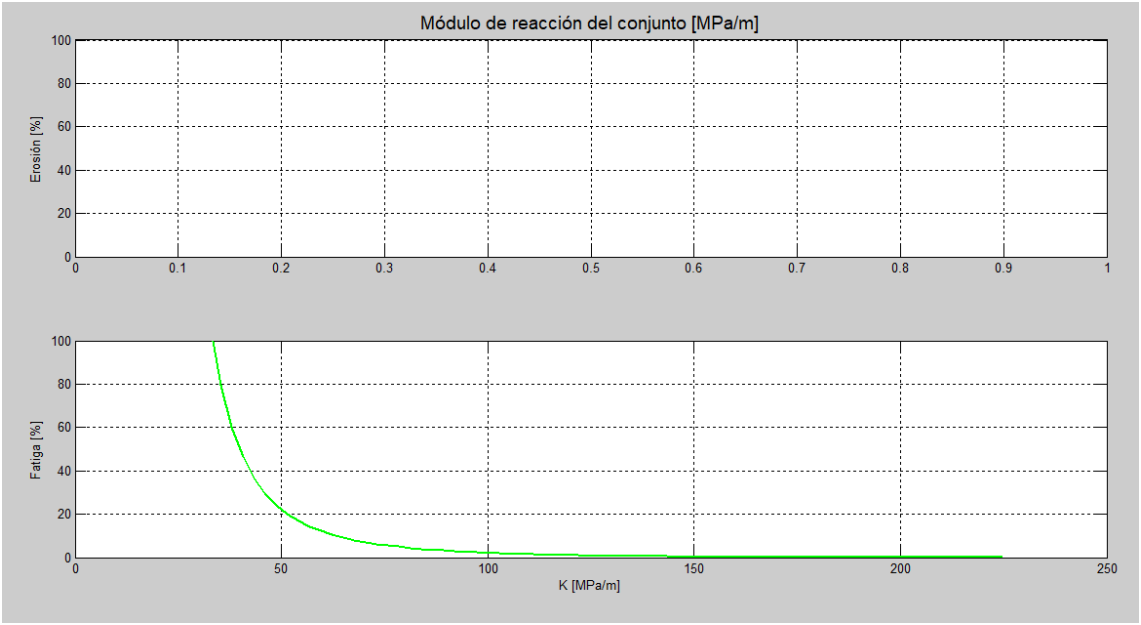


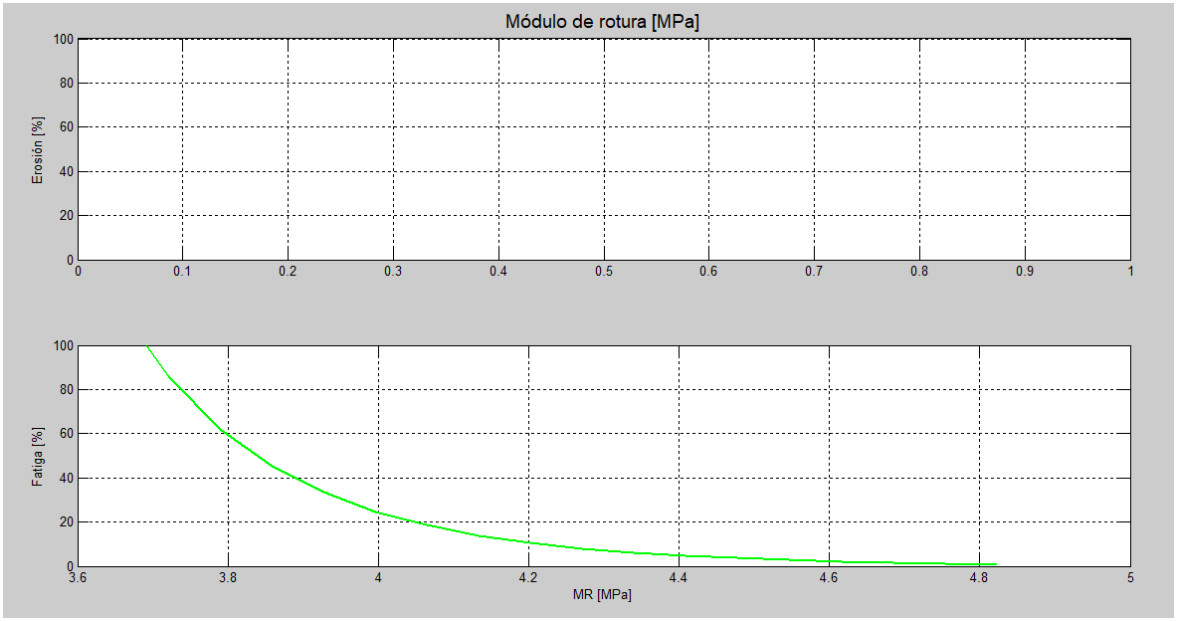
JEAN POOL ARENAS DUQUE
INGENIERO CIVIL
TP: 171037-0724603 VLL

ANEXOS.

1. Análisis de sensibilidad
2. Reporte metodología de diseño PCA






Módulo de rotura [MPa]
Erosión [%]
Fatiga [%]
MR [MPa]
0
20
40
60
80
100
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
3.6
3.8
4
4.2
4.4
4.6
4.8
5