



MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE
PAVIMENTO RÍGIDO Y LA OPTIMIZACIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO EN EL BARRIO VILLAS DEL 2000 DEL MUNICIPIO DE SAN
VICENTE DE CHUCURÍ, SANTANDER

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

ELABORADO POR:

DANIEL STIVEN ALVAREZ DIAZ
INGENIERO CIVIL
M.P. No. 151037-0640205 STD



DEPARTAMENTO DE SANTANDER
MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURI
MAYO DE 2026





Contenido

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ALCANCE Y OBJETIVOS	5
2.1	OBJETIVO GENERAL	5
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
3	LOCALIZACION DEL PROYECTO	6
3.1	LOCALIZACION GENERAL	6
3.2	LOCALIZACION ESPECIFICA	6
4	ALCANCE DE LOS TRABAJOS	8
4.1	ALCANCE GENERAL DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO	8
4.2	LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS Y CARACTERIZACIÓN EN CAMPO	8
4.3	CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y EVALUACIÓN MECÁNICA	9
4.4	VARIABLES DE TRÁNSITO ESPECÍFICAS (CATEGORÍA DE DISEÑO)	9
4.5	CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE	10
4.6	MATERIALES QUE SE UTILICEN COMO CAPA DE SUB RASANTE	11
4.7	MATERIAL DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO	12
4.8	CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS	13
4.8.1	MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA CORRELACIÓN DE UNIDADES Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	13
4.8.2	ESPECIFICACIÓN DEFINITIVA DEL MATERIAL PARA CONTROL DE OBRA	14
4.9	JUNTAS	15
4.10	TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL	15
4.11	RESUMEN DE VARIABLES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO	16
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
6	ANEXOS	21
6.1	ANEXO 1. Planos modulación de losas - despiece estructural de estructura de pavimento	21
7	BIBLIOGRAFÍA	21

Tabla de Figuras

Figura 1	Localización general del Proyecto	6
Figura 2	Localización general	7
Tabla 1	Tramo destinados a construcción de pavimentos	7
Tabla 2.	Categorías de tránsito para la selección de espesores.	10





Tabla 3. Material de soporte para el pavimento.	12
Tabla 4. Especificaciones de concreto para estructura de pavimento.	14
Tabla 5. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento.	16
Tabla 6. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal	16
Tabla 7. Recomendaciones para pasadores	17
Tabla 8. Recomendaciones para barras de anclaje	17
Tabla 9. Esquema representativo de un pavimento de concreto	18
Tabla 10. Resúmenes variables de diseño.	18
Ilustración 1. Detalle placa de borde 1.95x2.50 m	18
Ilustración 2. Detalle placa de borde 2.25x2.50 m	19
Ilustración 3. Detalle placa de borde 2.00x2.50 m	19
Ilustración 4. Detalle sección transversal Carrera 0B	19
Ilustración 5. Detalle sección transversal Calle 12	20
Ilustración 6. Detalle sección transversal Carrera 0A	20



Banco De Programas Y Proyectos	Código TRD 30.13	Pág. 4 de 24
	Actualización: 23-12-2015	Versión 03

1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la infraestructura vial urbana actúa como un catalizador del ordenamiento territorial, la salud pública y la valorización socioeconómica de los entornos residenciales. En el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, la consolidación de calzadas transitables exige soluciones de ingeniería que mitiguen las complejas condiciones topográficas y geotécnicas de la región. Bajo esta premisa, el presente documento técnico detalla de forma desglosada el diseño estructural de las capas que conformarán el pavimento rígido en concreto hidráulico para las vías del Barrio Villas del 2000, proyectado en directa articulación con la optimización de sus redes de servicios públicos domiciliarios.

La selección de pavimentos de concreto rígido para este sector responde a criterios de sostenibilidad técnica y eficiencia financiera. A diferencia de las estructuras flexibles, el concreto hidráulico ofrece ventajas competitivas críticas para la malla vial local Chucureña: una distribución de esfuerzos optimizada que minimiza la presión transmitida a la subrasante, una vida útil prolongada, un costo de mantenimiento sustancialmente reducido y una resistencia superior ante las variaciones hidráulicas provocadas por la escorrentía superficial.

Este informe individualiza los parámetros mecánicos, los perfiles estratigráficos y las solicitaciones de carga que actúan específicamente sobre los ejes del barrio Villas del 2000. Tomando como base analítica la modelación macro del proyecto, se configuran las especificaciones de espesores de losa, bases granulares de soporte y esquemas de transferencia de carga que garantizarán la estabilidad y durabilidad de la obra bajo los estándares de la ingeniería nacional.





2 ALCANCE Y OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer y justificar de manera desglosada el diseño estructural del pavimento rígido en concreto hidráulico para los cinco (5) tramos viales objeto de intervención en el barrio Villas del 2000 del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander, tomando como referencia directa el estudio de suelos local, el análisis de tránsito residencial y las directrices metodológicas del "Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito".

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Individualizar la caracterización geométrica y de localización de los tramos 1, 2 y 3 pertenecientes al sector de Villas del 2000, definiendo sus longitudes, anchos operativos y coordenadas técnicas de control.
- Analizar el comportamiento geotécnico específico de la subrasante en el barrio a partir de los apiques y ensayos de laboratorio ejecutados, determinando los tramos que requieren mejoramiento estructural mediante pedraplén y sellos granulares.
- Definir los espesores definitivos de las losas de concreto hidráulico MR-2 (40 MPa) y de la Base Granular de soporte, de acuerdo con las variaciones de la capacidad portante (CBR) encontradas en cada una de las calles del sector.
- Detallar la modulación de juntas y el acero de refuerzo (dovelas de transferencia de carga y barras de anclaje longitudinal) requerido para cada tipología de losa, asegurando la continuidad estructural del rodamiento

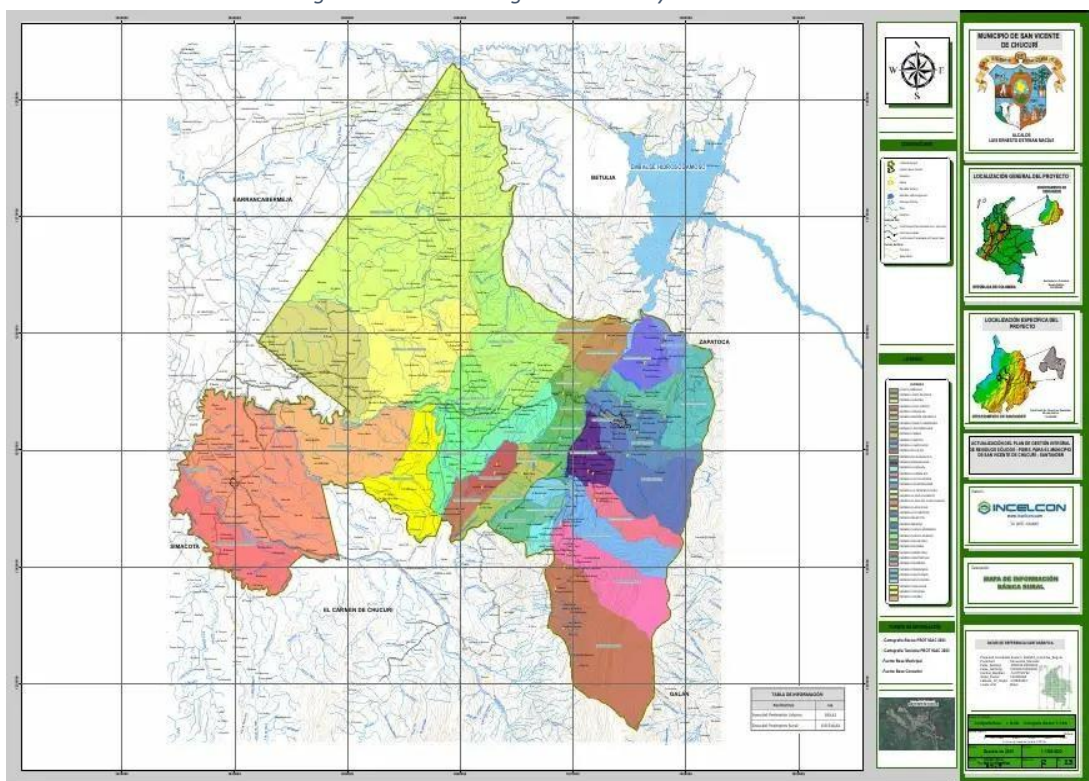


3 LOCALIZACION DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACION GENERAL

El municipio de San Vicente de Chucurí, está enmarcado entre las coordenadas planas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC - con origen Bogotá NORTE: 1°226.000 a 1°283.000 y ESTE: 1°036.000 a 1°083.000. Ubicado en la provincia de Mares, al centro occidente del departamento de Santander, a una distancia de 98 Km. de la ciudad de Bucaramanga, capital departamental, posee un área rural de 1195,51 Km² (119.514,41 Has) Conformada por 37 veredas y 5.394 predios. El área urbana posee una superficie de 185,41 Has (1, 18541 Km²), cuenta con 30 Barrios y 3.647 predios (3.345 viviendas.).

Figura 1 Localización general del Proyecto



3.2 LOCALIZACION ESPECIFICA

El proyecto denominado "MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y LA OPTIMIZACIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL BARRIO VILLAS DEL 2000 DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ, SANTANDER" se encuentra localizado en la zona urbana del municipio de San Vicente de Chucurí, específicamente en el barrio Villas del 2000, perteneciente al casco urbano del municipio.

El barrio Villas del 2000 forma parte del área urbana consolidada del municipio y ha sido priorizado por la administración municipal a través de la Secretaría de Planeación e Infraestructura, en atención a las necesidades de transitabilidad, acceso a servicios públicos domiciliarios y mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de la población residente. Las vías objeto de intervención se encuentran actualmente en mal estado, sin pavimentación y con deficiencias estructurales en las redes existentes,





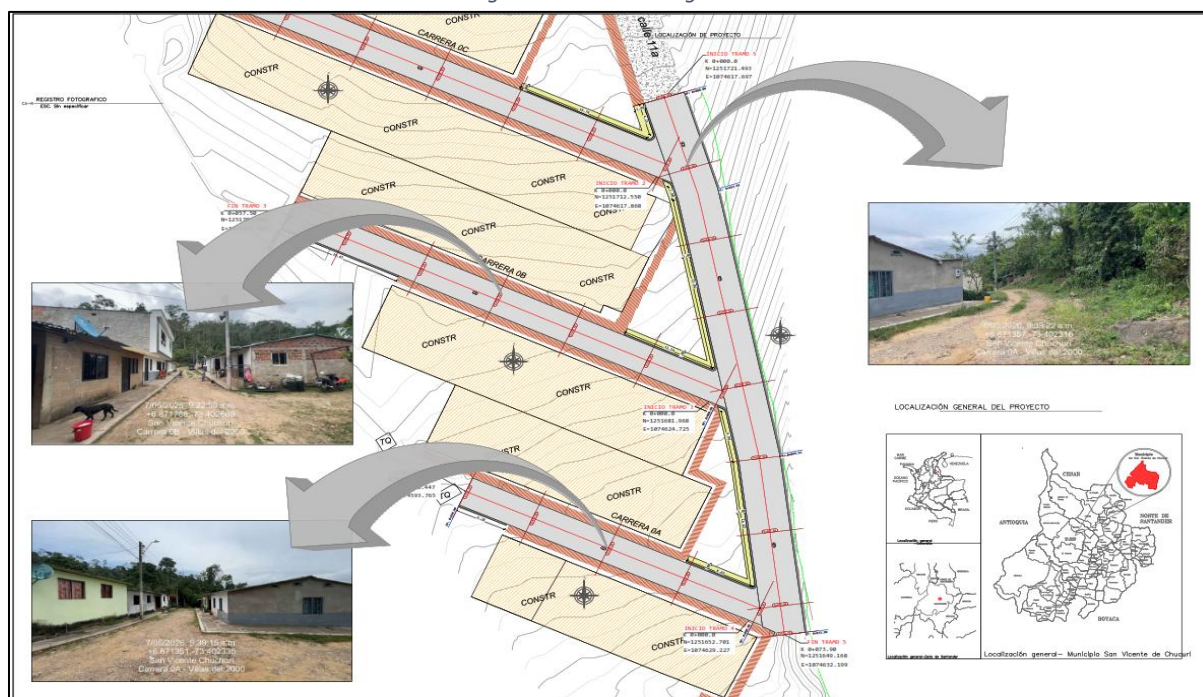
situación que genera impactos negativos sobre la movilidad urbana, la salubridad pública y la calidad de vida de los habitantes del sector.

La localización del proyecto en la zona urbana del municipio facilita su integración con la malla vial existente del casco urbano y con las redes de servicios públicos domiciliarios operadas por la entidad prestadora local, generando un impacto positivo directo en la movilidad peatonal y vehicular, el saneamiento básico y las condiciones generales de habitabilidad del barrio Villas del 2000 y su área de influencia inmediata.

Tabla 1 Tramo destinados a construcción de pavimentos.

TRAMO	BARRIO	DIRECCION	LONG (ML)	ANCHO (ML)	LOCALIZACION DEL TRAMO		
					ELEMENTOS	ABSCISA	COORDENADAS
1	VILLAS DE 2000	CARRERA 0B ENTRE CALLES 12 Y 12A	57,50	3,90	Inicio Tramo	0+000.00	N: 1251681,968 E: 1074624,725
					Fin Tramo	0+057.50	N: 1251705,685 E: 1074572,345
2	VILLAS DE 2000	CARRERA 0A ENTRE CALLES 12 Y 12A	38,80	4,00	Inicio Tramo	0+000.00	N: 1251652,701 E: 1074629,227
					Fin Tramo	0+038.80	N: 1251668,447 E: 1074593,765
3	VILLAS DE 2000	CALLE 12 ENTRE CARRERAS 0A Y 0C	73,90	5,00	Inicio Tramo	0+000.00	N: 1251721,493 E: 1074617,697
					Fin Tramo	0+073.90	N: 1251649,168 E: 1074632,199

Figura 2 Localización general





4 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

4.1 ALCANCE GENERAL DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

El alcance de la evaluación geotécnica y estructural para los tramos seleccionados del barrio Villas del 2000 comprendió la ejecución de actividades planificadas de campo, laboratorio y oficina, orientadas a definir las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación que soportará el pavimento rígido. El alcance específico se ejecutó bajo la siguiente metodología:

- **Exploración de Campo:** Apertura de apiques a cielo abierto ubicados estratégicamente sobre los ejes viales de la Carrera 0B, Carrera 0A y Calle 12, alcanzando las profundidades críticas de desplante para identificar la estratigrafía y recolectar muestras alteradas e inalteradas de suelo.
- **Ensayos de Laboratorio:** Ejecución de pruebas bajo normatividad INV para la caracterización completa de la matriz arcillosa, incluyendo ensayos de humedad natural, límites de consistencia (Límite Líquido y Límite Plástico), granulometría por tamizado y el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR de Laboratorio INV E 148-13) para determinar los módulos de reacción.
- **Fase de Análisis de Oficina:** Correlación analítica de los resultados de laboratorio para clasificar los materiales (sistemas USC y AASHTO), zonificar cualitativamente la subrasante, evaluar los fenómenos de inestabilidad y determinar los espesores óptimos de losa mediante las cartillas de diseño del INVIAS y el ICPC.

4.2 LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS Y CARACTERIZACIÓN EN CAMPO

Para garantizar que el modelado estructural responda fielmente a las condiciones de apoyo reales de cada calle, se individualiza el registro topográfico y la lectura de campo de los apiques correspondientes a los tramos seleccionados:

- **Carrera 0B (Entre Calles 12 y 12A - Tramo 3):** Exploración ejecutada en las coordenadas geoespaciales norte N: 1251687.680 y este E: 1074620.301. El subsuelo expuso un comportamiento estable sin presencia crítica de humedad libre superficial al momento de la inspección.
- **Carrera 0A (Entre Calles 12 y 12A - Tramo 4):** Exploración ejecutada en las coordenadas geoespaciales norte N: 1251658.307 y este E: 1074626.308. En este punto se identificó visual y mecánicamente un suelo de consistencia blanda con alta susceptibilidad a la deformación y presencia del fenómeno de "colchón elástico" bajo esfuerzos de compactación.
- **Calle 12 (Entre Carreras 0A y 0C - Tramo 5):** Exploración ejecutada en las coordenadas geoespaciales norte N: 1251683.057 y este E: 1074627.016. El apique evidenció una matriz de suelo fino compactada con niveles moderados de humedad, representativa de las transiciones topográficas del barrio.



4.3 CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y EVALUACIÓN MECÁNICA

Los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras de los tres tramos denotan la presencia dominante de suelos finos cohesivos (arcillas y limos de plasticidad variable), clasificados típicamente bajo los grupos AASHTO A-6 y A-7 y clasificaciones unificadas CL, CH o MH.

A nivel del parámetro fundamental de diseño, los resultados del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) arrojaron los siguientes valores de diseño y clasificaciones cualitativas particulares:

TRAMO	DESCRIPCION	CBR Diseño	CLASIFICACION
1	Carrera 0B	8%	Regular
2	Carrera 0A	3%	Muy pobre a regular
3	Calle 12	7%	Regular

Analizando las propiedades mecánicas individuales, los tramos de la Carrera 0B (CBR = 8%) y la Calle 12 (CBR = 7%) exhiben una capacidad portante moderada que se enmarca dentro del estándar aceptable para servir de apoyo directo a las capas superiores de pavimento, controlando de forma nativa los esfuerzos de deflexión vertical.

Por el contrario, el suelo de la Carrera 0A registra un comportamiento crítico con un CBR de diseño de apenas el 3.0%. Al tratarse de un suelo de finos arcillosos con baja capacidad portante y alta susceptibilidad a la retención de agua, este material no es apto para actuar como lecho directo de apoyo, ya que induce el riesgo de asentamientos diferenciales, fallas por fatiga prematura y el fenómeno de bombeo de finos a través de las juntas de la losa de concreto. Por lo anterior, para estabilizar la plataforma de la Carrera 0A, el documento establece de forma obligatoria la ejecución de un mejoramiento estructural mediante una sustitución de material con piedra bolo (pedraplén) en un espesor de 40 cm, sellado con material granular, garantizando así la homogeneidad en la rigidez del soporte vial.

4.4 VARIABLES DE TRÁNSITO ESPECÍFICAS (CATEGORÍA DE DISEÑO)

El análisis del espectro de carga vehicular para los tres tramos seleccionados del barrio Villas del 2000 (Calle 12, Carrera 0A y Carrera 0B) se realiza de acuerdo con los resultados del censo volumétrico y las pautas de distribución espacial en entornos urbanos consolidados. Debido a las limitaciones geométricas intrínsecas de estas vías peatonales y de acceso residencial caracterizadas por secciones transversales estrechas que restringen el flujo a un único carril de circulación efectiva con sobreanchos mínimos, la ingeniería del proyecto adopta un criterio de máxima seguridad estructural para el cálculo de fatiga de las losas.

Bajo este escenario, se establece que el 100% del Tránsito Promedio Diario (TPD) registrado en las estaciones de aforo utilizará la misma calzada sin posibilidades de distribución por múltiples carriles independientes. Por consiguiente, el coeficiente de distribución por carril y por sentido se fija técnicamente en el 100% (Factor = 1.0), obligando a que la totalidad de los ejes comerciales actúen de manera concentrada sobre las mismas bandas de rodadura del



pavimento rígido.

Al procesar los datos de campo depurados y aplicar los modelos de proyección exponencial a 20 años bajo las tasas diferenciadas (3.5% para livianos y motocicletas; 2.0% para comerciales rígidos C2), los volúmenes de demanda final arrojaron que en ninguna de las tres calles objeto de desglose el TPD de diseño supera el umbral crítico de los 200 vehículos diarios. De acuerdo con el marco metodológico del "Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito", esta condición volumétrica clasifica formalmente a la Carrera 0A, la Carrera 0B y la Calle 12 dentro de la Categoría de Tránsito T0 (Tránsito Muy Bajo o Residencial Local).

Tabla 2. Categorías de tránsito para la selección de espesores.

Fuente: Tabla 3-1 Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
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 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

En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado:	
M: Medias	
Vt: Vía terciaria	A: Anchuras
Vs: Vía secundaria	CC: Carreteras de 2 direcciones
Vp: Vía principal	MC: Carreteras multicarriles
E: Estrechas	AP: Autopistas

A pesar de ser una categoría de bajo volumen, el cálculo del Número Acumulado de Ejes Equivalentes de 8.2 Toneladas absorbe las solicitudes de los camiones de basura del municipio y vehículos de distribución de alimentos, proporcionando el espectro de fatiga necesario para el diseño de espesores

4.5 CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE

Una vez definidos los parámetros mecánicos mediante el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y asociados a la Categoría de Tránsito T0, se procede a realizar la clasificación y zonificación técnica de la subrasante para los tres tramos de Villas del 2000, siguiendo los rangos estandarizados de la normativa de pavimentos rígidos del INVIAS. Esta clasificación organiza el suelo de fundación en categorías de rigidez que gobiernan de forma directa la necesidad de mejoramientos y el espesor final de la losa de concreto hidráulico:

- **Tramo Carrera 0B (Entre Calles 12 y 12A):** Los ensayos de laboratorio reportaron un CBR de diseño del **8.0%**. Al encontrarse en el rango mayor o igual al 5.0% y estrictamente menor al 10.0%, el suelo de fundación de este corredor se clasifica técnicamente como



Subrasante Categoría S3 (Calidad Regular). Esta condición denota que el suelo posee una capacidad portante interna suficiente para resistir las deflexiones elásticas sin requerir adición de pedraplenes, sirviendo como un apoyo directo y estable para la base granular.

- **Tramo Carrera 0A (Entre Calles 12 y 12A):** La evaluación geotécnica identificó en este sector un comportamiento crítico, registrando un \$CBR\$ de diseño de apenas el **3.0%**. Al ubicarse en el rango mayor o igual al 2.0% y menor al 5.0%, se clasifica formalmente como **Subrasante Categoría S2 (Calidad Muy Pobre a Regular)**. Debido a la alta compresibilidad de sus finos arcillosos y a la baja rigidez del lecho, esta subrasante se zonifica como área de intervención especial, ratificando la obligatoriedad de ejecutar el bloque de mejoramiento de 40 cm con piedra bolo para elevar artificialmente el módulo de reacción de la plataforma de soporte.
- **Tramo Calle 12 (Entre Carreras 0A y 0C):** Las muestras ensayadas para este eje vial arrojaron un \$CBR\$ de diseño del **7.0%**. Al igual que la Carrera 0B, este valor se indexa dentro del rango del 5.0% al 10.0%, clasificando el corredor dentro de la **Subrasante Categoría S3 (Calidad Regular)**. El suelo ofrece un módulo de resiliencia homogéneo que controla de forma nativa los esfuerzos de alabeo en la estructura del pavimento, prescindiendo de sustituciones masivas de suelo.

4.6 MATERIALES QUE SE UTILICEN COMO CAPA DE SUB RASANTE

El análisis y control de la calidad de los materiales que componen la subrasante o suelo de fundación en la Calle 12, la Carrera 0A y la Carrera 0B del barrio Villas del 2000, exige la aplicación estricta de criterios normativos para mitigar los riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas o limos de alta compresibilidad típicos de la región. Con base en las especificaciones del proyecto macro y las normativas viales vigentes, se establecen los siguientes parámetros de aceptación y rechazo para la plataforma de apoyo:

- **Materiales Aptos para la Subrasante:** Se consideran técnicamente aptos para conformar el lecho de apoyo aquellos suelos clasificados bajo los grupos unificados GW, SW, SM y ML, incluyendo los suelos arcillo-arenosos tipo SC, siempre y cuando la fracción arcillosa no exhiba propiedades de alta plasticidad o potencial de expansión crítico.
- **Criterios de Restricción y Rechazo:** Quedan categóricamente rechazados como lecho directo de apoyo aquellos materiales que presenten un Índice de Plasticidad superior a 40 ($IP > 40$), un Límite Líquido mayor a 70 ($LL > 70$), un contenido de materia orgánica superior al 3% o un porcentaje de expansión lineal medido en el ensayo CBR mayor o igual al 2%.
- **Tratamiento para Suelos de Media y Alta Plasticidad:** En las secciones de la calzada donde se identifiquen materiales tipo CL, MH, CH o CL-ML con Límites Líquidos oscilando entre el 50% y el 100%, es obligatorio ejecutar análisis de laboratorio





complementarios orientados a estabilizar la matriz del suelo. Para reducir los valores del Límite Líquido y, consecuentemente, contraer el Índice de Plasticidad, se autoriza la implementación de tratamientos mecánicos mediante el esqueleto de arena y piedra que confiera soporte a la plataforma arcillosa, o tratamientos químicos mediante la adición e incorporación homogénea de cal viva o cemento.

- **Protocolo de Sustitución para Suelos Críticos (Aplicación Carrera 0A):** En aquellos puntos específicos donde el terreno de apoyo natural corresponda a suelos finos altamente inestables tipo MH, CH u OH con Límites Líquidos cercanos o superiores al 100%, estos materiales serán rechazados de forma definitiva para el desplante directo de la estructura. Bajo esta condición, que guarda directa relación con el comportamiento elástico y el efecto "colchón" identificado durante la compactación en la Carrera 0A (CBR = 3%), se ordena la remoción y sustitución del material inadecuado en un espesor mínimo de 30 a 40 cm, utilizando para el reemplazo bloques de piedra seleccionada (pedraplén) o materiales granulares de sustitución que certifiquen una capacidad portante nativa superior (CBR > 20%).
- **Control de Fragmentos Rocosos y Migración de Finos:** Si durante las actividades de excavación y corte de la explanación se detectan afloramientos o fragmentos de roca aislados, estos no serán admitidos como lecho de soporte debido a que inducen puntos de apoyo rígidos discontinuos. Se procederá con la remoción mecánica de estos bloques endurecidos para homogeneizar la rasante. Asimismo, se deberá controlar técnicamente la humedad del suelo y prever el uso de geotextiles de separación para impedir la migración de finos arcillosos desde la subrasante hacia la capa de base granular, evitando la contaminación y pérdida de capacidad de soporte de la estructura de pavimento.

4.7 MATERIAL DE SOPORTE PARA EL PAVIMENTO

La selección e ingeniería de la capa intermedia de soporte para el proyecto en el barrio Villas del 2000 responde a la necesidad de conformar una plataforma rígida, uniforme y con alta capacidad de drenaje interno que proteja a las losas de concreto de los esfuerzos térmicos y de las sobrecargas dinámicas. Para la modelación y desglose de las alternativas estructurales de las tres vías en estudio, se consideran los tres tipos de soporte normativos contemplados en las especificaciones generales del INVIAS, cuyo efecto directo se traduce en elevar artificialmente el módulo de reacción de la subrasante natural:

Tabla 3. Material de soporte para el pavimento.

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Invias





4.8 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO PARA PAVIMENTOS

La definición de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para las losas de rodadura en los tramos de la Calle 12, la Carrera 0A y la Carrera 0B del barrio Villas del 2000 se realiza bajo los criterios de rigidez y resistencia a la fatiga exigidos por la normativa de pavimentos rígidos. A diferencia de las estructuras convencionales de edificación basadas únicamente en la resistencia a la compresión simple ($f'c$), la ingeniería de pavimentos rígidos adopta como parámetro gobernante la resistencia a la tracción por flexión o Módulo de Rotura (MR), debido a que las losas se ven sometidas a esfuerzos de flexotracción críticos inducidos por el paso de las ruedas vehiculares y los gradientes térmicos.

- **Módulo de Rotura Adoptado (MR):** Para los tres tramos en estudio se especifica de manera estricta un concreto hidráulico con un Módulo de Rotura de MR 2, equivalente a 4.0 MPa (40 kg/cm²) a los 28 días de curado.

4.8.1 MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA CORRELACIÓN DE UNIDADES Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Para establecer con absoluta claridad y precisión el valor de resistencia a la compresión simple ($f'c$) equivalente en libras por pulgada cuadrada (PSI), se desarrolla a continuación el procedimiento matemático dividido en dos fases: la aplicación de la ecuación empírica de correlación de materiales y la conversión geométrica de unidades internacionales al sistema inglés.

Paso 1: Estimación del $f'c$ teórico en Megapascasles (MPa)

La literatura técnica internacional de la *American Concrete Institute* (ACI) y las correlaciones típicas adoptadas por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC) para pavimentos rígidos locales establecen que el Módulo de Rotura (MR) se relaciona con la resistencia a la compresión mediante la siguiente expresión matemática exponencial:

$$MR = k * \sqrt{f'c}$$

Donde k es un coeficiente empírico que depende del tipo de agregado y la dosificación de la mezcla. Para agregados triturados de alta calidad (como los exigidos para el municipio de San Vicente de Chucurí), el estándar técnico adopta un valor promedio de $k = 2.5$ (cuando las unidades se expresan en MPa).

Despejando la resistencia a la compresión ($f'c$) de la ecuación:

$$\sqrt{f'c} = \frac{MR}{k}$$



$$f'c = \left(\frac{MR}{k}\right)^2$$

$$f'c = \left(\frac{40}{2.5}\right)^2$$

$$f'c = 256 \frac{kg}{cm^2}$$

Paso 2: Conversión de Unidades a PSI

Para transformar la resistencia mecánica obtenida del Sistema Internacional al Sistema Inglés, se emplean los factores de conversión físicos fundamentales:

$$14.2235 \text{ PSI} = 1 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'c = 3641 \frac{kg}{cm^2}$$

4.8.2 ESPECIFICACIÓN DEFINITIVA DEL MATERIAL PARA CONTROL DE OBRA

Establecido el formalismo matemático de la consultoría, se define que el concreto hidráulico destinado a la fundición de las losas en el barrio Villas del 2000 poseerá los siguientes parámetros mecánicos unificados e invariables para los procesos de rotura de cilindros y vigas:

Tabla 4. Especificaciones de concreto para estructura de pavimento.

Propiedad mecánica (28 días)	Valor Nominal	Unidad de medida
Modulo de rotura a la flexotracción	4.0	MPa (Megapascuales)
Resistencia mínima a la compresión	28.0	MPa (Megapascuales)
Resistencia equivalente comercial	4000	PSI (Libras/Pulgada cuadrada)

- **Relación Agua/Cemento y Trabajabilidad:** Para garantizar una baja permeabilidad de la matriz cementante y proteger la estructura de los agentes climáticos, la relación agua/cemento (\$A/C\$) en peso máxima permitida se fija en 0.42. El asentamiento en el cono de Abrams (Slump) de la mezcla transportada a obra se controlará estrictamente entre 1.5 y 3.0 pulgadas para sistemas de vaciado convencional, impidiendo la segregación y asegurando el cumplimiento estricto del valor de 4000 PSI de diseño.



4.9 JUNTAS

La modulación y dimensionamiento de las juntas en la Calle 12, la Carrera 0A y la Carrera 0B constituye el mecanismo geométrico encargado de controlar el agrietamiento natural provocado por la retracción plástica del concreto fresco y las tensiones por alabeo térmico diurno y nocturno. Debido a la configuración estrecha de las calzadas del barrio Villas del 2000, la disposición de las losas debe cumplir con estrictas relaciones de esbeltez para evitar fallas estructurales prematuras:

- **Relación de Esbeltez Largo/Ancho:** El diseño longitudinal y transversal de los cortes debe garantizar de forma obligatoria que la relación entre el lado mayor y el lado menor de cada losa individual no sea mayor a 1.30 ($\text{Largo} / \text{Ancho} \leq 1.30$). Se debe priorizar, en la medida en que la geometría de la calle lo permita, la conformación de losas con geometrías cuadradas homogéneas.
- **Control por Espesor de Losa:** Siguiendo las directrices técnicas del reglamento INVIAS y las recomendaciones para bajos volúmenes de tránsito, la longitud máxima del lado más largo de una losa no puede superar bajo ninguna circunstancia 22 veces el espesor de la misma ($L_{\text{máx}} \leq 22 \times h$).

4.10 TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL

El correcto funcionamiento estructural del pavimento rígido depende de la eficiencia con la que se transmitan las presiones de contacto desde una losa cargada hacia la losa contigua desocupada, evitando escalonamientos y fallas en los bordes. Asimismo, al carecer las vías urbanas locales de bermas laterales, los elementos de urbanismo actúan como los bloques de confinamiento del sistema.

- **Transferencia de Carga Transversal (Dovelas / Pasadores):** En las juntas transversales de contracción se ordena la colocación de barras de acero liso de alta resistencia (Pasadores), alineadas de manera perfectamente paralela al eje longitudinal de la vía. Para la Categoría de Tránsito T0 y los espesores de losa calculados (20 cm y 21 cm), se especifica el uso de barras lisas de diámetro de 1" o 1 1/8" con una longitud total de 40 a 45 cm, espaciadas simétricamente cada 30 cm. La mitad de la barra debe engrasarse para permitir el libre movimiento horizontal de las losas por contracción térmica, restringiendo exclusivamente el desplazamiento vertical.
- **Barras de Amarre Longitudinal (Varilla Corrugada):** Para mantener unidas las losas a lo largo del eje central de la calzada y evitar la apertura de la junta longitudinal de construcción, se insertarán barras de anclaje de acero corrugado de diámetro 1/2" con longitudes de 70 a 80 cm, espaciadas cada 60 a 75 cm. Al ser corrugadas, estas varillas garantizan una adherencia total con el concreto, impidiendo desplazamientos laterales provocados por empujes del terreno.
- **Confinamiento Lateral Integrado:** El confinamiento perimetral del pavimento rígido en Villas del 2000 se materializa mediante la construcción obligatoria y monolítica de los bordillos de concreto de 3000 PSI con sección de 0.20 m x 0.50 m (ítem 3.04). Estos





elementos actúan como vigas de amarre perimetrales que restringen la deflexión en los bordes exteriores de las losas, canalizan la escorrentía pluvial sobre la cuneta hacia los sumideros y confinan mecánicamente las capas de base granular y los andenes peatonales colindantes de 10 cm de espesor.

4.11 RESUMEN DE VARIABLES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO

Como cierre del capítulo analítico, se consolida la matriz paramétrica individualizada para los tres tramos desglosados del barrio Villas del 2000. Esta tabla resume las variables geotécnicas y mecánicas que gobernaron el cálculo de los espesores definitivos de las losas de concreto hidráulico, sirviendo como la línea base de control técnico para la ejecución de las obras y su respectiva fiscalización por parte de la interventoría:

Tabla 5. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos – INVIAS

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1 =38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2 =40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3 =42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4 =45 MPa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

Para T0 se registran las alternativas existentes para los demás parámetros:

Tabla 6. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal
Fuente: Manual de diseño de pavimentos – INVIAS

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				22	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



En relación a los parámetros que establece el manual respecto al diseño de juntas para el sistema de pavimento se establece lo siguiente:

Tabla 7. Recomendaciones para pasadores
Fuente: Manual de diseño de pavimentos – INVIAS

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 8. Recomendaciones para barras de anclaje
Fuente: Manual de diseño de pavimentos – INVIAS

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 $f_y = 187,5$ 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 $f_y = 280$ 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 9. Esquema representativo de un pavimento de concreto
Fuente: Manual de diseño de pavimentos – INVIAS

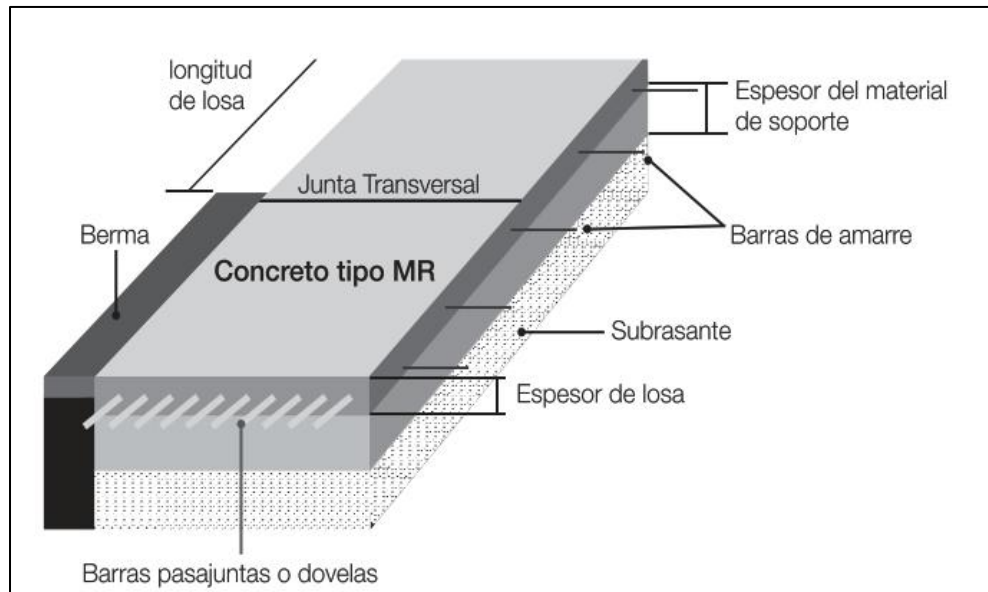


Tabla 10. Resúmenes variables de diseño.

Tramo	CBR (%)	Cat. Subrasante	Cat Transito	Capa de soporte (BG)	Espesor de losa	Mejoramiento
Carrera 0B	8.0%	S3	T0	15 cm	20 cm	No requiere
Carrera 0A	3.0%	S2	T0	15 cm	21 cm	Pedraplén 40 cm
Calle 12	7.0%	S3	T0	15 cm	20 cm	No requiere

Ilustración 1. Detalle placa de borde 1.95x2.50 m

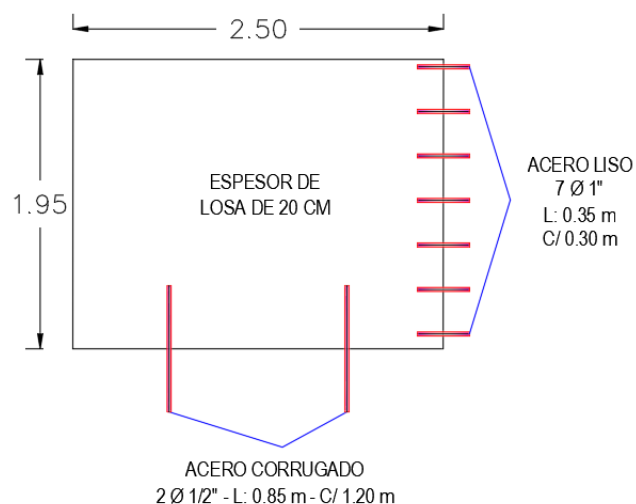




Ilustración 3. Detalle placa de borde 2.00x2.50 m

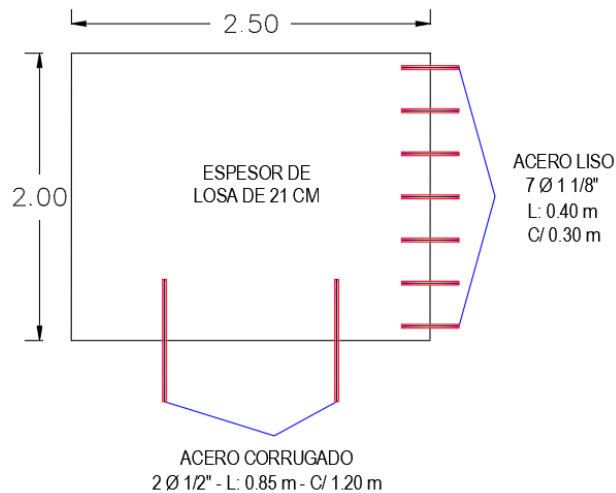


Ilustración 2. Detalle placa de borde 2.25x2.50 m

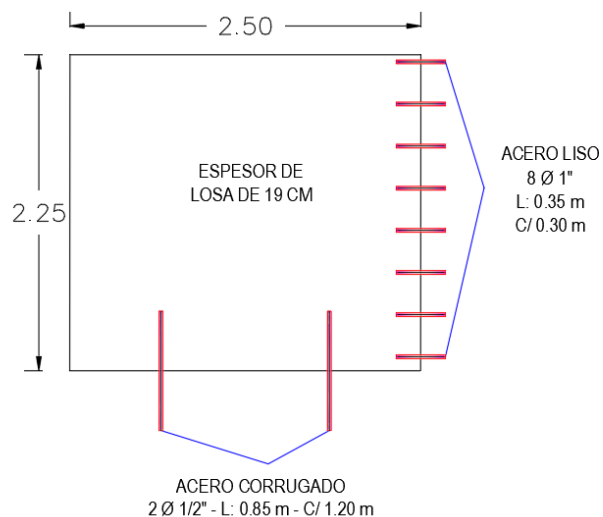
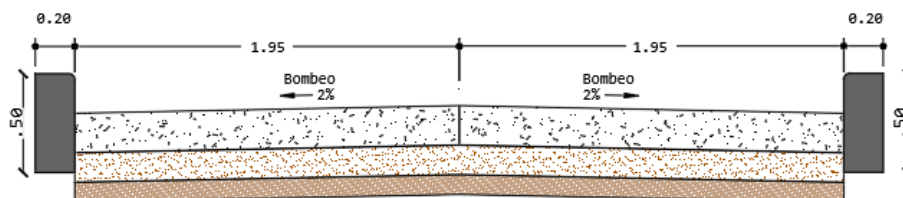


Ilustración 4. Detalle sección transversal Carrera 0B

SECCIÓN TRANSVERSAL PAVIMENTO RIGIDO - 3.90 m



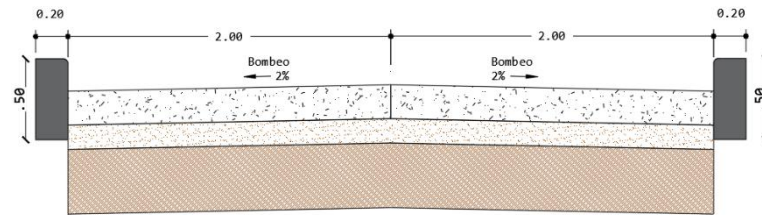
PAVIMENTO RIGIDO

Concreto MR 2 (40 MPa): 3.90 m de ancho por 20 cm de espesor
Bordillo concreto de 3000 psi: 20 cm de ancho y 50 cm de alto
Base granular: 15 cm de base granular



Ilustración 6. Detalle sección transversal Carrera 0A

SECCIÓN TRANSVERSAL PAVIMENTO RIGIDO Y MEJORAMIENTO - 4.00 m

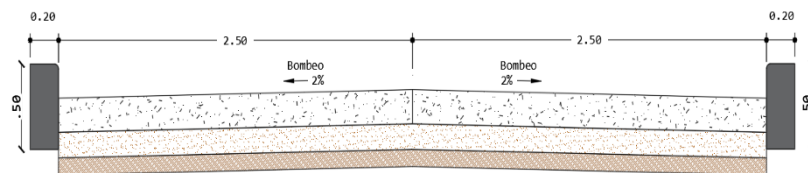


PAVIMENTO RIGIDO

Concreto MR 2 (40 MPa): 4.00 m de ancho por 21 cm de espesor
Bordillo concreto de 3000 psi: 20 cm de ancho y 50 cm de alto
Base granular: 15 cm de base granular
Mejoramiento: 40 cm de piedraplen para mejorar la subrasante

Ilustración 5. Detalle sección transversal Calle 12

SECCIÓN TRANSVERSAL PAVIMENTO RIGIDO - 5.00 m



PAVIMENTO RIGIDO

Concreto MR 2 (40 MPa): 5.00 m de ancho por 20 cm de espesor
Bordillo concreto de 3000 psi: 20 cm de ancho y 50 cm de alto
Base granular: 15 cm de base granular

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los análisis geotécnicos de los apiques, los censos volumétricos de tránsito y la aplicación rigurosa de las metodologías de diseño para pavimentos rígidos urbanos, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones de obligatorio cumplimiento para el frente de obra en el barrio Villas del 2000:

- Se concluye que el dimensionamiento de las losas de concreto hidráulico con módulo de rotura MR 2 (40 MPa) responde satisfactoriamente a las condiciones de carga de la categoría de tránsito T0. De acuerdo con la zonificación de la subrasante, se autorizan y ordenan de manera estricta los siguientes espesores estructurales: Para la Carrera 0B y la Calle 12 (Subrasante Categoría S3), un espesor definitivo de losa de 20 cm; para la Carrera 0A (Subrasante Categoría S2), un espesor de losa de 21 cm. Estos espesores garantizan la resistencia a la fatiga durante el periodo de diseño de 20 años sin registrar agrietamientos estructurales prematuros.
- Debido a la baja capacidad portante nativa detectada en el sector de la Carrera 0A (CBR = 3%) y a la susceptibilidad del suelo arcilloso a generar deformaciones elásticas incontrolables (efecto colchón), se ratifica la recomendación obligatoria de ejecutar una excavación de descapote y remoción del suelo deficiente en un espesor de 40 cm. Este volumen removido debe ser sustituido por el ítem de mejoramiento con piedra



bolo (pedraplén), acuñado y sellado técnicamente con base granular al 10%, con el fin de uniformizar el módulo de reacción de la plataforma antes de proceder con las capas superiores.

- Para los tres tramos viales objeto de desglose, se concluye que la alternativa de soporte más eficiente es la colocación de una capa de Base Granular (BG) con un espesor constante de 15 cm. Esta capa intermedia debe cumplir rigurosamente con las especificaciones granulométricas y de caras fracturadas del Artículo INV-330-13, garantizando un índice de colapso nulo y actuando como la plataforma de nivelación para el formateado y el control del espesor de fundición de las losas.
- Se recomienda a la dirección de obra realizar la programación de los cortes de juntas transversales de contracción respetando una longitud entre 3.50 m y 4.00 m, asegurando que bajo ninguna circunstancia la relación larga/ancho de los paños supere el límite normativo de 1.30. Asimismo, se debe verificar que la longitud del paño no exceda 22 veces el espesor de la losa, ejecutando los cortes con un ancho de 3 a 4 mm y una profundidad equivalente a un tercio del espesor de la losa ($h/3$) en las primeras 6 a 12 horas posteriores al vertido, para guiar de forma eficiente el agrietamiento por retracción térmica.
- Es mandatorio garantizar la colocación horizontal y perfectamente paralela al eje vial de las dovelas lisas de 1" o 1 1/8" en las juntas transversales, verificando que la mitad de la barra quede lubricada y provista de capuchón para permitir las micro expansiones térmicas longitudinales de las losas contiguas. De igual forma, las barras de amarre corrugadas de 1/2" en la junta longitudinal central deben instalarse firmemente fijadas mediante sillas plásticas en el eje neutro del espesor, impidiendo la separación lateral de las bandas de rodadura bajo el tránsito vehicular residencial.
- Dado que el diseño geométrico de las calzadas contempla un bombeo bidireccional estándar del 2%, se recomienda coordinar la cota de acabado del pavimento con la construcción monolítica de los bordillos en concreto de 3000 PSI de 0.20 m x 0.50 m. Estos elementos deben encauzar el agua de escorrentía de forma continua hacia los sumideros pluviales de 10 pulgadas e impedir la infiltración lateral de humedad hacia la base granular y la subrasante, protegiendo mecánicamente las estructuras de los andenes peatonales colindantes y blindando la durabilidad de la malla vial intervenida.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1. Planos modulación de losas - despiece estructural de estructura de pavimento

7 BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO VÍAS (INVIAS). Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito. Bogotá D.C., Colombia.





MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo **DANIEL STIVEN ALVAREZ DIAZ**, identificado con cedula de ciudadanía No. 1.102.725.850 de San Vicente de Chucurí - Santander, Ingeniero Civil con Matricula Profesional No. 151037-0640205 STD del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería COPNIA, CERTIFICO: Que realicé el **DISEÑO DE PAVIMENTO**, teniendo en cuenta la **NORMATIVIDAD VIGENTE NACIONAL** concernientes para el proyecto “MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y LA OPTIMIZACIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN EL BARRIO VILLAS DEL 2000 DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE DE CHUCURÍ, SANTANDER” el cual da cumplimiento de la normativa y reglamentos vigentes, y estos no pueden ser modificados sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto.

La presente se expide en San Vicente de Chucurí, el día 25 de mayo de 2026.

Atentamente,

DANIEL STIVEN ALVAREZ DIAZ
INGENIERO CIVIL
M.P. No. 151037-0640205 STD





MATRICULA PROFESIONAL

151037-0640205 STD

R2022040527

INGENIERIA CIVIL



DANIEL STIVEN ALVAREZ
DIAZ
ID: 1102725850

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER





Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4220717

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que DANIEL STIVEN ALVAREZ DIAZ, identificado(a) con CÉDULA DE CIUDADANÍA 1102725850, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 151037-0640205 STD desde el 27 de Octubre de 2022, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2022040527.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los catorce (14) días del mes de Enero del año dos mil veintiséis (2026).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas, la Fila de firma del titular no invalida el Certificado.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositio/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 N° 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

