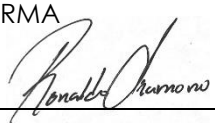
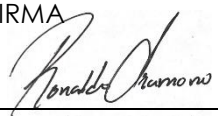
N° INFORME	**0**	**FECHA INFORME:**	30/09/2024
TIPO DE INFORME GEOTÉCNICO:		PAVIMENTO HIDRAULICO	
PROYECTO:	**MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA (IMAT) EN EL MARCO DEL CONTRATO "REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS ESPECIALIZADOS REQUERIDOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN".**		
ODS 264-24	**CLIENTE:**	SERTET S.A.S	
	DIRECCIÓN:	MONTERIA – CORDOBA.	

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	MOTIVO DEL CAMBIO	RUTA DE ATENCIÓN A OBSERVACIONES	FECHA DEL CAMBIO



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

ELABORADO	REVISADO	VERIFICADO	VALIDADO
FIRMA 	FIRMA 	FIRMA 	FIRMA 
LIC. PROFESIONAL	LIC. PROFESIONAL	LIC. PROFESIONAL	LIC. PROFESIONAL
NOMBRE: RONALDO ANDRES CHAMORRO SOÑETT	NOMBRE: RONALDO ANDRES CHAMORRO SOÑETT	NOMBRE: JORGE ELIECER MORALES PADILLA	NOMBRE: JORGE ELIECER MORALES PADILLA
PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil	PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil	PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil/ Especialista en Geotecnia	PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil / Especialista en Geotecnia

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS ____ 4

ÍNDICE DE TABLAS ____ 4

1. INTRODUCCIÓN ____ 5
2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO ____ 6
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ____ 8
4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ____ 9
   5.1. Caracterización de la Subrasante ____ 11
5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS ____ 13
   6.1. Nivel freático ____ 13
   6.2. Perfil Estratigráfico ____ 13
7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO ____ 16
   7.1. Potencial de Expansión ____ 16
8. ANÁLISIS RESULTADOS ENSAYO CBR ____ 21
   9.1 CBR de diseño ____ 22
   9.2 Metodología de Ivanov para selección de espesor mínimo de mejoramiento ____ 24
9. ESTRUCTURA RECOMENDADA ____ 27
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ____ 28
11. LIMITACIONES ____ 31

ANEXOS ____ 32

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio. 8
Figura 2. Localización de los apiques realizados (clínica imat – cc. buenavista).... 10
Figura 3. Exploración en campo y extracciones de muestras. 12
Figura 4. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn. 19
Figura 5. Resultados de CBR-Subrasante..... 22
Figura 6. Ecuación 1. 25
Figura 7. Modelo estructural seleccionado (imat – cc Buenavista) 27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programa de exploración y ensayos. 9
Tabla 2. Coordenadas de las perforaciones realizadas. 10
Tabla 3. Resumen de resultados de Laboratorio..... 15
Tabla 4. Clasificación suelos expansivos. 16
Tabla 5. Presión probable de expansión de campo. 18
Tabla 6. Resultados de CBR. 22
Tabla 7. Selección del CBR de diseño. 23
Tabla 8. Definición de la subrasante en función del % que pasa el tamiz No 200. . 24
Tabla 9. Fuente: Tabla 8.12 Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante..... 24
Tabla 10. Resumen Capacidad de soporte equivalente metodología IVANOV Clinica imat – cc Buenavista. 26

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Cualquier proyecto de construcción debe involucrar como parte de los estudios y diseños necesarios para llevarlo a feliz término un estudio de mecánica de suelos. La importancia de este estudio radica en el hecho de que la estructura de pavimento esta soportada por la masa de suelo y por lo tanto se hace necesario conocer las propiedades y características mecánicas de los elementos que lo constituyen.

El presente documento contiene las características geotécnicas del suelo de subrasante para la estructura del Pavimento, las cuales fueron realizadas por la presente consultoría, de igual manera se consignan los resultados de laboratorio para el estudio geotécnico **MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA - CORDOBA (IMAT).**

En el documento se detallan la ubicación de los apiques, caracterización básica y ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio), potencial de expansión de los apiques, así como el análisis de los resultados de laboratorio para el proyecto y recomendaciones de mejoramiento para la estructura de pavimento.

INGELABCON S.A.S. Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

- Presentar los resultados del estudio de suelos correspondiente al **MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA - CORDOBA (IMAT)**; con el fin de que las diferentes especialidades involucradas en el proyecto apliquen la información sobre las características físico-mecánicas del subsuelo.

- Llevar a cabo una serie de exploraciones adicionales, las cuales constan de DOS (2) apiques y DOS (2) PDC para la caracterización del material de campo con la finalidad de verificar el tipo de suelo encontrado en el tramo del proyecto.

- El propósito del informe es desarrollar una investigación en campo y en laboratorio de las características físicas y mecánicas de los diferentes estratos de suelo encontrados en los apiques con el fin de determinar la competencia mecánica de los mismos.

- Realizar clasificaciones de suelos y obtener los parámetros de resistencias respectivos para el cálculo de la capacidad del suelo de fundación.

- Determinar mediante ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas de los suelos representativos de subrasante y definir sectores de comportamiento homogéneo con base en los resultados de los apiques y CBR.

- Analizar los CBR realizados para definir el CBR de diseño y posterior a ello calcular el mejoramiento de la estructura de pavimento.

- Evaluar la susceptibilidad a la expansión de los suelos encontrados en la campaña de exploración, con el fin de sugerir si es el caso las recomendaciones necesarias para controlar los posibles efectos de la Expansividad en el proyecto.

- Proponer recomendaciones técnicas que contribuyan a la correcta ejecución del diseño de pavimentos en la etapa de construcción del proyecto.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

- Observar los niveles de aguas freáticas o aguas de infiltración, para de esta manera tenerlos en cuenta y plantear las alternativas del manejo de estas para controlar problemas de carácter constructivo y de capacidad de soporte.

- Hacer recomendaciones del proceso constructivo tales como excavaciones y manejo de aguas freáticas.

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la **MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA - CORDOBA (IMAT).**

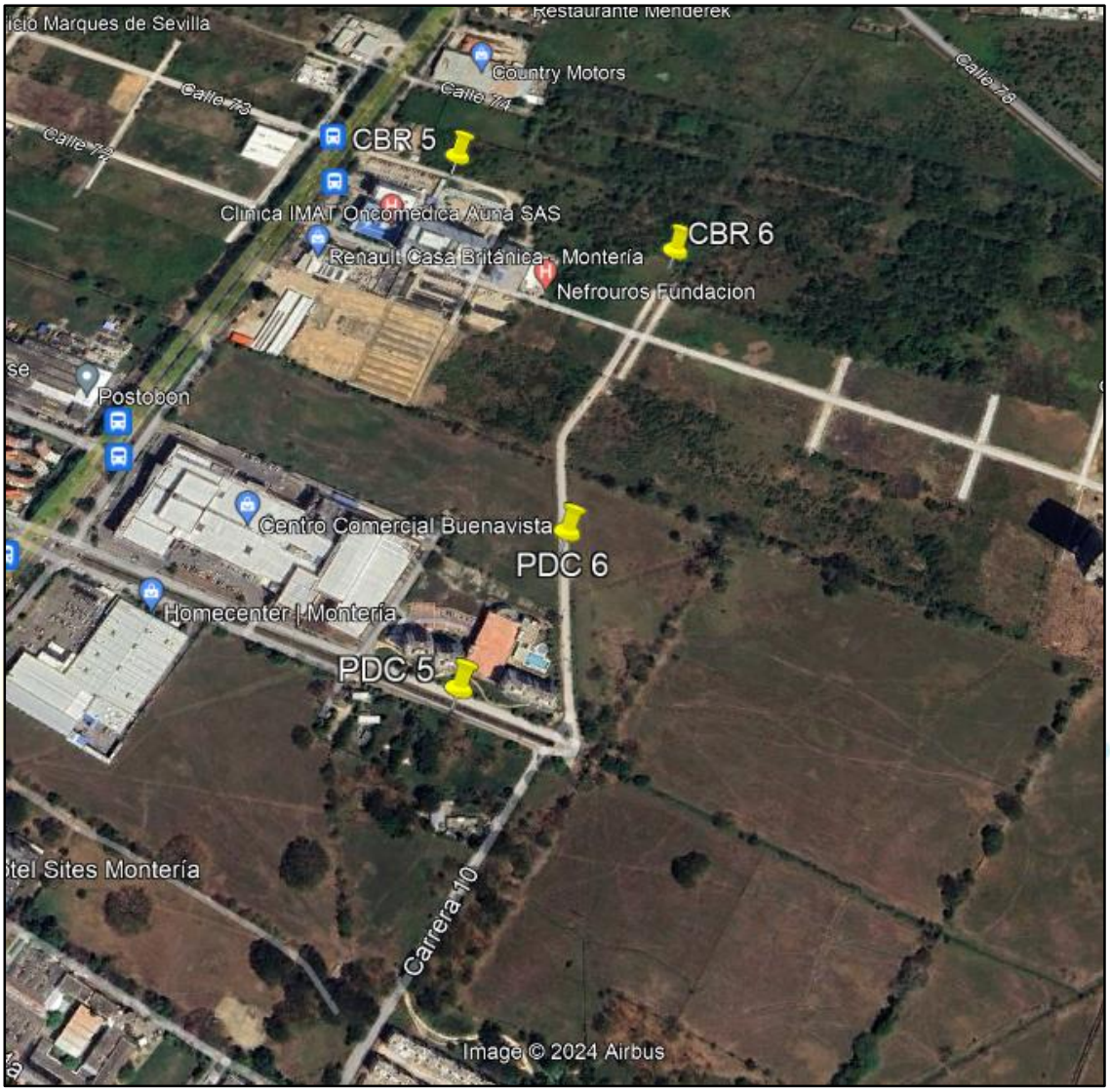


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

La empresa INGELABCON S.A.S, realizó un estudio de mecánica de suelos en el municipio de san carlos - Córdoba.

La exploración geotécnica para el diseño de pavimentos en pavimento rígido consistió en la realización de DOS (2) apiques y DOS (2) PDC para la extracción de muestras en moldes para la realización del ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) a una profundidad de 1.50 m, del cual las muestras para la caracterización básica del suelo de subrasante. El programa de exploración en campo y las pruebas de laboratorio contemplan lo siguiente:

PROGRAMA DE EXPLORACIÓN	CANTIDAD
Apiques	2
PDC	2
Ensayos CBR	2
Contenido de humedad	7
Límites de Atterberg	6
Granulometrías	7
Cantidad de material que pasa el tamiz No.200	7

Tabla 1. Programa de exploración y ensayos.
Fuente: Propia.

De cada perforación se obtuvo muestras representativas del terreno cada metro de profundidad aproximadamente, con el fin de llevarlas al laboratorio para realizarles las pruebas necesarias para identificar las propiedades y características del terreno, al momento de realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio).

Se realizó en campo ensayos de clasificación preliminar. Todas las perforaciones realizadas se realizaron dentro del área del proyecto ya mencionado. La localización geográfica de la exploración geotécnica realizada para el diseño de la estructura de pavimento se presenta a continuación:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

UBICACIÓN GENERAL	UBICACIÓN ESPECIFICA	PUNTO	COORDENADAS	
			OESTE	NORTE
CLINICA IMAT	CALLE 73	APIQUE 5	75°51'35.68"	8°46'56.19"
CLINICA IMAT – CC. BUENAVISTA	CALLE 68 – 72 / CARRERA 10	APIQUE 6	75°51'28.79"	8°46'52.58"
		PDC 6	75°51'32.17"	8°46'42.90"
		PDC 5	75°51'35.20"	8°46'38.07"

Tabla 2. Coordenadas de las perforaciones realizadas.
Fuente: Propia.

La localización de las perforaciones en el lote se muestra en la imagen a continuación:



Figura 2. Localización de los apiques realizados (clínica imat – cc. buenavista)[1].
Fuente: Google Earth.

[1] Imagen obtenida mediante GOOGLE EARTH (Nota: Las imágenes de Google EARTH no son en tiempo real)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

5.1. Caracterización de la Subrasante

La subrasante es el suelo que sirve como fundación a la estructura de pavimento. Su correcta caracterización y determinación de capacidad estructural es fundamental para la evaluación y diseño de las capas subyacentes que formarán la plataforma de soporte ante las solicitaciones del tránsito.



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com



Figura 3. Exploración en campo y extracciones de muestras.
Fuente: Propia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

5. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para los materiales encontrados mediante la exploración geotécnica, se caracterizó el material que compone el suelo de soporte (subrasante) sobre el cual estará apoyada la estructura de pavimento. Lo anterior basado en los ensayos de laboratorio de granulometría, humedades naturales, límites de Atterberg, CBR inalterado y sumergido. En el siguiente numeral se realiza el análisis para los resultados obtenidos de los apiques ejecutados en el proyecto.

6.1. Nivel freático

El nivel freático no es un valor constante y depende de una serie de factores que incluyen en su comportamiento, entre los cuales se destacan las precipitaciones y la época del año. En época de verano, debido a la evaporación por el calor intenso, el nivel tiende a descender mientras en épocas lluviosas, el nivel se acercará más a la superficie.

Durante la exploración realizada no se encontró el nivel freático.

6.2. Perfil Estratigráfico

En la siguiente tabla se presenta el cuadro resumen de los resultados obtenidos para la caracterización del material de subrasante, límites de Atterberg, humedades naturales, granulometría y clasificación según recomendaciones del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – USCS y la AASHTO. En el **Anexo 1**, se presentan los resultados de ensayos de caracterización.

Los perfiles estratigráficos de los apiques realizados se anexan en este documento y en ellos se encuentran todos los parámetros geotécnicos necesarios, medidos, correlacionados y calculados para realizar los análisis respectivos para el diseño geotécnico de la estructura que hace parte del presente proyecto.

El análisis de los resultados de la exploración y ensayos de laboratorio, permiten establecer las siguientes características geotécnicas:

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

En resumen, se evidencian estratos de:

- ✓ Grava limosa (GM).
- ✓ Arena limosa (SM).
- ✓ Arena arcillosa (SC).
- ✓ Arcilla de baja plasticidad con presencia de arena (CL).
- ✓ Arcilla de mediana plasticidad (CL).
- ✓ Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL).
- ✓ Arcilla de alta plasticidad con presencia de arena(CH).
- ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad (CH).
- ✓ Arcilla arenosa de muy alta plasticidad (CH).
- ✓ Limo arenoso (ML).
- ✓ Limo de alta plasticidad (ML).
- ✓ Limo de alta plasticidad con presencia de arena (ML).

- El nivel freático no se encontró en todos los apiques realizados

- La humedad más alta registrada de todas las muestras obtenidas es del 35%. La mínima humedad registrada es de 6%.

- El grado de plasticidad muestra que los límites líquidos de todos los estratos de "Arcilla" varían entre 27% y 79%, para el estrato de "limo" es de 55%, para los estratos de "arena" varían entre 25% Y 52%. El límite plástico de todos los estratos de "Arcilla" varían entre 17% y 38%, para el estrato de "limo" es de 31%, Para los estratos de "arena" varían entre 13% y 28%. De igual manera para los estratos de "Arcilla" el menor índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 10% y el mayor un valor de 26%, para el estrato de "limo" es de 24%, para los estratos de "Arena" el menor índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 4% y el mayor un valor de 24%.

- El contenido de humedad en laboratorio para todos los estratos de arcilla fue de promedio 25%.

- El contenido de humedad en laboratorio para todos los estratos de limo fue de promedio 23%.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

- El contenido de humedad en laboratorio para todos los estratos de arena fue de promedio 12%.

- El contenido de humedad en laboratorio para el estrato de grava fue de promedio 6%.

A continuación, se presentan el cuadro de resumen de los apiques, arrojando los resultados obtenidos para la caracterización del material de subrasante, límites de Atterberg, humedades naturales, granulometría y clasificación según recomendaciones del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – USCS y la AASHTO.

UBICACIÓN GENERAL	UBICACIÓN ESPECIFICA	Apique / PDC	Profundidad de la muestra (m)			Ensayos de Caracterización							SUCS	AASHTO
			Inicial	Final	Media	%Hum NAT.	LL (%)	LP (%)	IP (%)	IL	Pasa N°4	Pasa N°200		
CLIINICA IMAT	CALLE 73	APIQUE 5	0.00	0.50	0.25	6%	0%	0%	0%	N/A	46%	9%	GM	A-1-b(0)
			1.20	1.50	1.35	11%	27 %	14 %	13 %	-0.30	68%	28%	SC	A-2-4(0)
CLINICA IMAT - CC. BUENAVISTA	CALLE 68 - 72 / CARRERA 10	APIQUE 6	0.00	0.50	0.25	15%	26 %	16 %	10 %	-0.19	70%	26%	SC	A-2-4(0)
			1.20	1.50	1.35	30%	79 %	38 %	41 %	-0.20	100 %	63%	CH	A-7-5 (20)
		PDC 6	0.00	0.50	0.25	7%	30 %	26 %	4%	-5.45	72%	21%	SC	A-1-b(0)
			1.20	1.50	1.35	27%	61 %	35 %	26 %	-0.32	100 %	97%	CH	A-7-5 (20)
		PDC 5	0.00	1.00	0.50	10%	38 %	28 %	10 %	-1.68	78%	24%	SC	A-1-b(0)

Tabla 3. Resumen de resultados de Laboratorio.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

7. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO

De acuerdo con la caracterización realizada en el sector analizado se estableció una tipología del perfil estratigráfico consistente de un material predominante arcilloso. Dada la caracterización de los materiales presentes en el proyecto se analizará la presencia de suelos con potencial expansivo.

7.1. Potencial de Expansión

Es de interés analizar el potencial de expansión de los suelos de origen lacustre ya que estos están conformados por materiales clasificados con una mediana plasticidad presentando índices de plasticidad (IP) menores a 30%. En la zona del proyecto, se evidencian características correspondientes a suelos expansivos, tales como grietas en la superficie del terreno, fisuras o pérdida de verticalidad en edificaciones vecinas causadas por procesos de expansión y contracción volumétrica. De acuerdo con las observaciones anteriores, se planteó considerar las siguientes características del suelo, en lo correspondiente a las arcillas analizadas que son en su mayoría de excesiva plasticidad y seguido de mediana y baja, presentan un potencial de expansión alto.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm2	Límite Líquido LL en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Índice de plasticidad menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta*
Muy Alto	>30	>63	<10	>32	>37	>100
Alto	20-30	50-63	6-12	23-45	18-37	>100
Medio	10-20	39-50	8-18	12-34	12-27	50-100
Bajo	<10	<39	>13	<20	<17	<50

Tabla 4. Clasificación suelos expansivos.
Fuente: NSR-10, Capítulo H.9 Tabla H.9.1

De acuerdo con el análisis de los resultados de los ensayos de límites de consistencia, los cuales no deben tomarse como un indicador directo y concluyente de la expansión, se calculó la humedad de equilibrio (si la humedad natural está por debajo de dicho valor, el material buscará satisfacer la demanda de agua hasta llegar a este valor) como valor complementario.

$$W_{eq} = 0{,}47\,LL + 3.6 \qquad \text{(H. 6.1.4, NSR 98)}$$

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

Con base en la presión probable de campo (expansión) de acuerdo con la NSR 98 (H.6.1.5) se determina la magnitud de la presión de levantamiento para efectuar un análisis primario de equilibrio de presiones, es decir, positiva (sobrecarga), presión negativa (expansión) y elementos externos requeridos (reforzamiento o estabilización con cal y/o cemento en función de los resultados).

$$LogP_{ex} = -1{,}868 + 2{,}08LL + 0{,}065\gamma_d - 2{,}69W_n$$

Donde:

P_{ex}:	Presión probable de expansión de campo.
LL	límite líquido (%)
γ_d	Peso unitario seco (kg/cm^3)
W_n	Humedad natural del suelo (%)

En la siguiente Tabla, se presenta la presión probable de expansión de campo:

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

UBICACIÓN GENERAL	UBICACIÓN ESPECIFICA	Apique	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
						LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
CLINICA IMAT	CALLE 73	APIQUE 5	0.00 - 0.50	1	GRAVA LIMOSA	0	0	0	6.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.108
			1.20 - 1.50	2	ARENA ARCILLOSA	27	14	13	11.00	-0.30	Expansible	Bajo	medio	16.3	Potencial Alto	1.310	0.186
CLINICA IMAT - CC. BUENAVISTA	CALLE 68 - 72 / CARRERA 10	APIQUE 6	0.00 - 0.50	1	ARENA ARCILLOSA	26	16	10	14.56	-0.19	Expansible	Bajo	Bajo	15.8	Potencial Alto	1.600	0.221
			1.20 - 1.50	2	ARCILLA ARENOSA DE MUY ALTA PLASTICIDAD	79	38	41	30.11	-0.20	Expansible	muy alto	muy alto	40.7	Potencial Alto	1.355	0.735
		PDC 6	0.00 - 0.50	1	ARENA ARCILLOSA	30	26	4	6.74	-5.45	Expansible	Bajo	Bajo	17.7	Potencial Alto	1.600	0.435
			1.20 - 1.50	2	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	61	35	26	26.95	-0.32	Expansible	alto	alto	32.3	Potencial Alto	1.400	0.404
		PDC 5	0.00 - 1	1	ARENA ARCILLOSA	38	28	10	10.35	-1.68	Expansible	Bajo	Bajo	21.5	Potencial Alto	1.600	0.511

Tabla 5. Presión probable de expansión de campo.
Fuente: Propia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

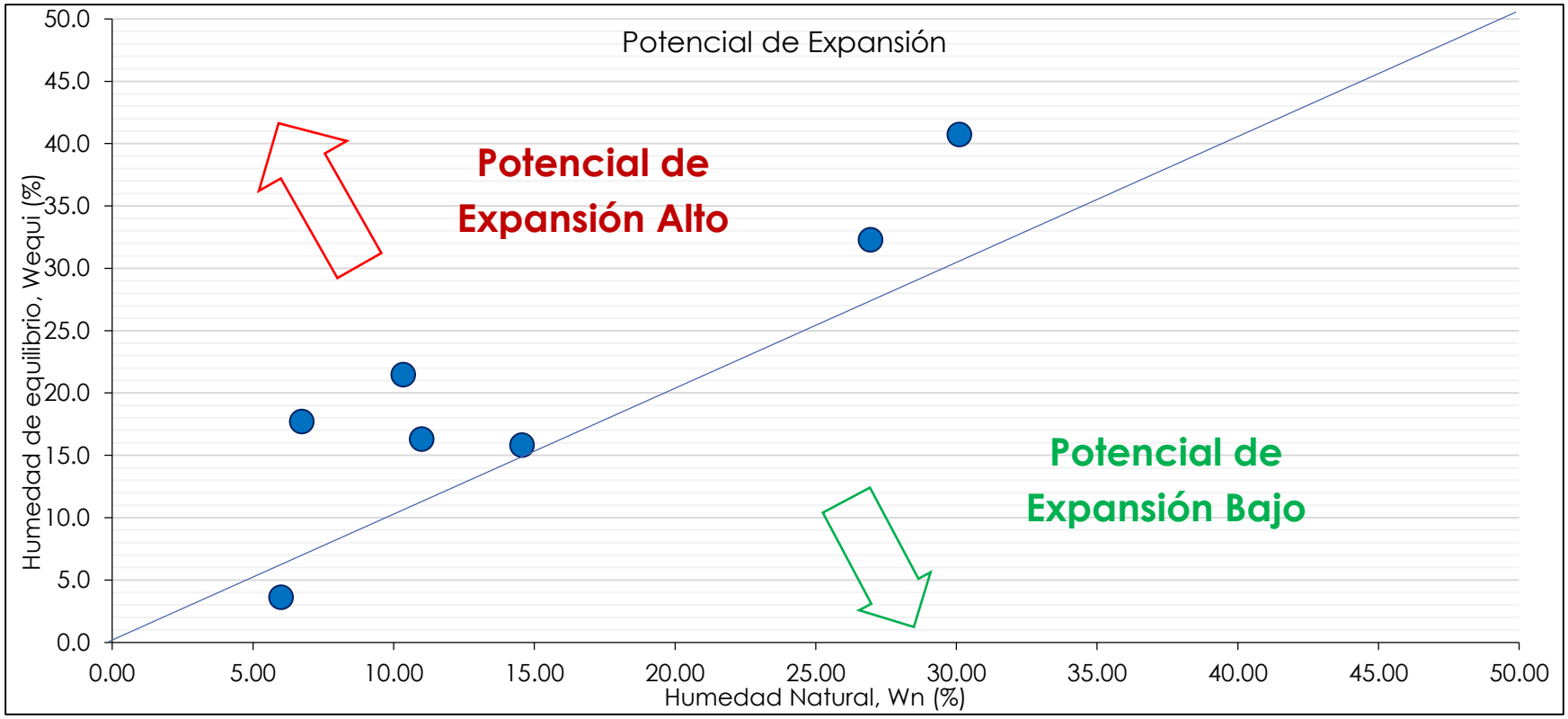


Figura 4. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn.
Fuente: Propia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

Teniendo en cuenta la Figura anterior respecto a los resultados obtenidos en laboratorio de los ***apiques***, se observa que parte de los materiales muestran valores de humedad de equilibrio variable con respecto a la humedad natural (dichos valores se encuentran por encima de la línea continua de pendiente 1:1), en términos generales se puede manifestar que existe un potencial de expansión probable para todas las muestras **Alto**.

De la evaluación realizada, se tiene que la presión probable de expansión de campo oscila entre ***0.108 Ton/m² y 0.735 Ton/m²***. Sin embargo, comparando los valores calculados de la presión probable de expansión de campo y el potencial de expansión calculados en función de los límites de consistencia y la humedad de equilibrio, se hace necesario la incorporación de mejoramiento por Expansividad o presión probable, debido a que los valores de presión presentados son **Altos** y figuran un peligro para la estructura de pavimento.

A partir del ejercicio anterior se concluye que todos los materiales que componen el sector de estudio ***presentan un potencial expansión Alto y bajo***. Posterior al análisis de capacidad portante, se podrá concluir sobre la necesidad de un espesor de mejoramiento mayor o igual, al requerido para aumentar dicha capacidad del suelo. En el **Anexo 3**, se presenta la memoria de cálculo del Análisis de potencial de expansión.

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

8. ANÁLISIS RESULTADOS ENSAYO CBR

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante o competencia mecánica de los materiales de fundación de la estructura del pavimento se realizaron (2) ensayos PDC y (2) apiques.

Ensayo Penetrómetro Dinámico de Cono PDC

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo fundación, levemente cementados. Este ensayo consiste en dejar caer la punta en forma de cono del equipo en el suelo, deslizar el martillo hasta dejarlo caer libremente, luego medir la profundidad en (mm) marcada en la regla, Los resultados de la prueba PDC se expresan en términos de índices de penetración de cono dinámico, definido como el desplazamiento vertical descendente del PDC producido por la fuerza que ejerce la caída del martillo deslizante (mm/golpe) y con los valores obtenidos se puede realizar la conversión a CBR. Existen varias fórmulas o correlaciones que nos permiten hallar el CBR de diseño, para lo cual utilizaremos la correlación proporcionada por la norma INV E-172-22 para todo tipo de suelos.

Para la correlación de los valores de CBR del presente informe, Se determinaron en base a los autores Livneh and ishai, 1967, harison, 1976 y research data. A continuación, se resumen los valores obtenidos:

CBR OBTENIDO POR MEDIO DE ENSAYO DE PDC	
PDC	**CBR**
5	1.47
6	0.77

Para el diseño de un pavimento rígido, la condición de la subrasante juega un papel fundamental para poder desarrollar un diseño óptimo, por tal motivo es necesario conocer su potencial expansivo y su capacidad portante la cual es expresada por medio de la resistencia al corte o rigidez bajo carga cíclica. Para este diseño se utiliza el ensayo desarrollado por Stanton y Porter en 1929 "CBR Californian Bearing Ratio". En Colombia este ensayo se realiza bajo los lineamientos que se especifican por INVIAS (INV. E-148-13), basado en AASHTO 193-72. En este ensayo el CBR se determina como parámetro mecánico y puede ser realizado in situ o en laboratorio. Cabe resaltar que, para caracterizar la subrasante en laboratorio, se debe realizar sobre muestras inalteradas, dicho de otra forma, no se

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

puede cuantificar de manera directa este parámetro mecánico sobre suelos friccionantes o gruesos (gravas y arenas).

De los ***2 apiques*** realizados en campo, se obtuvo **2** *resultado de* ***CBR inalterado*** espacialmente a lo largo de la vía, estos se tomaron para el cálculo del CBR de diseño, así se logró valorar el comportamiento de la subrasante a la compresión en función del módulo resiliente.

A continuación, se resumen los valores obtenidos:

N° de Apique	TIPO DE CBR	CBR					
		Sin sumergir			Sumergido		
		CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)	CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)
CBR5	INALTERADO	5.45	4.53	37.61%	1.50	1.09	61.63%
CBR6	INALTERADO	8.46	6.75	30.11%	1.97	1.44	53.51%

Tabla 6. Resultados de CBR.
Fuente: Propia.

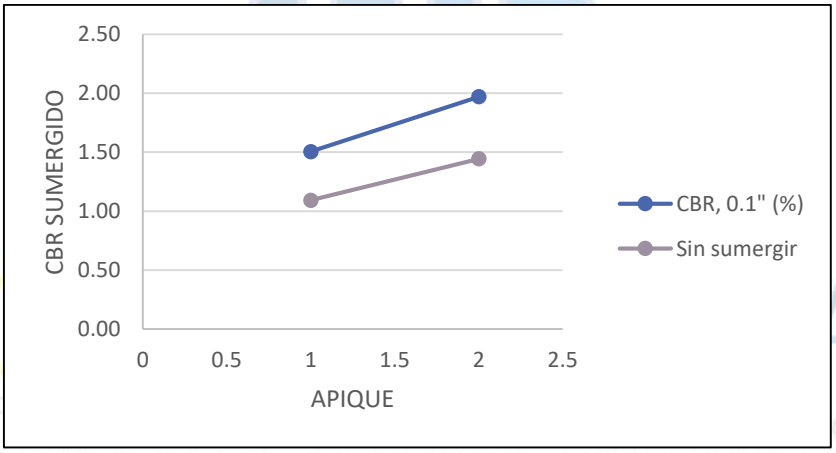


Figura 5. Resultados de CBR-Subrasante.
Fuente: Propia.

9.1 CBR de diseño

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante se realizaron **2 apiques y 2 PDC**, a los cuales se les pudo realizar la inmersión de 4 días **a 2 de CBR** para determinar el CBR de diseño.

La necesidad de utilizar el CBR sumergido obedece a que los niveles freáticos son superficiales en épocas de invierno, adicional a esto se busca contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura. En la **tabla 8** se puede observar los resultados obtenidos por cada apique.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

Nota: Se utiliza el CBR sumergido con el objetivo de contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura, es decir, un nivel de saturación del suelo de subrasante.

El análisis del CBR de diseño se realizará aplicando la siguiente metodología para su selección: cuando se tengan menos de 5 resultados, se recomienda tomar el menor valor de resistencia, cuando se tengan 5 resultados o más, se pueden usar otros métodos por ejemplo por el criterio de la media o del Instituto de Asfalto. (Sánchez Sabogal Fernando, Modulo 6: Evaluación de la subrasante) o percentil 75. De acuerdo con lo anterior el CBR de diseño será igual al valor promedio por tramo analizado y obtenido siendo este el más crítico.

Localización general	Localización especifica	Apique N°	Muestra	Profundidad (m)	CBR (%)	Descripción	CBR (%) Seleccionado
CLINICA IMAT	CALLE 73	APIQUE 5	2	1.20 - 1.50	1.50	Arena arcillosa (SC).	1.45
CLINICA IMAT – CC. BUENAVISTA	CALLE 68 – 72 / CARRERA 10	APIQUE 6	2	1.20 - 1.50	1.97	Arcilla arenosa de muy alta plasticidad (CH).	
		PDC 6	2	1.20 - 1.50	0.77	Limo de alta plasticidad (MH).	
		PDC 5	1	0.00 - 1.00	1.47	Arena arcillosa (SC).	

Tabla 7. Selección del CBR de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Este parámetro es de gran importancia a la hora de evaluar condiciones de mejoramiento o reemplazo de la subrasante, definir si son suelos granulares de los cuales nos interesa conocer la resistencia o si son suelos finos de los cuales nos interesa la estabilidad volumétrica. Adicional se puede evaluar la alternativa de la instalación de un geotextil, ya sea tejido o no tejido en función del CBR de diseño y la granulometría.

Generalmente los suelos de subrasante son suelos arcillosos o materiales finos con alta plasticidad, los cuales tienden a ser colapsables. Los resultados geotécnicos, permiten observar dentro del análisis granulométrico de las muestras estudiadas en función del porcentaje que pasa el tamiz No 200 que tipo de material es: suelos finos tipo arcillas de baja, mediana y excesiva plasticidad. Ver **tabla 8.**

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

Localización general	Localización especifica	Apique N°	Muestra	Profundidad (m)	% Que Pasa Tamiz No 200 (%)	Tipo de Suelo
CLINICA IMAT	CALLE 73	APIQUE 5	2	1.20 - 1.50	90%	Arena arcillosa (SC).
CLINICA IMAT – CC. BUENAVISTA	CALLE 68 – 72 / CARRERA 10	APIQUE 6	2	1.20 - 1.50	20%	Arcilla arenosa de muy alta plasticidad (CH).
		PDC 6	2	1.20 - 1.50	42%	Limo de alta plasticidad (MH).
		PDC 5	1	0.00 - 1.00	22%	Arena arcillosa (SC).

Tabla 8. Definición de la subrasante en función del % que pasa el tamiz No 200.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

9.2 Metodología de Ivanov para selección de espesor mínimo de mejoramiento

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la **tabla 10,** debe tener un valor de CBR mínimo de 3% para afirmados y subbase y además debe cumplir con las especificaciones del artículo **230-22** de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Tabla 9. Fuente: Tabla 8.12 Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante.

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es $Mr=2555*(CBR^{0.64})$ *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Figura 6. Ecuación 1.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)
E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)
E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2)
n: Modulo ponderado de las capas
s: Espesor del material de mejoramiento (cm)
a: Radio del área cargada (cm)
La **ecuación 1** permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia y CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 10%, de esta forma podemos conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la **tabla 10** se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

CBR de Subrasante (%):	1.45
CBR del mejoramiento (%):	10.00

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}(n)\left(\frac{h_1}{2a}\right)}$$

$$n = \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm²)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm²)	CBR eq (%)	n	2a
1.45	227.9	784.1	5.0	264.7	**1.84**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	10.0	308.3	**2.34**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	15.0	355.2	**2.92**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	20.0	402.2	**3.55**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	25.0	447.3	**4.19**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	30.0	489.8	**4.83**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	35.0	529.2	**5.45**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	40.0	565.5	**6.04**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	45.0	599.0	**6.61**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	50.0	629.8	**7.15**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	55.0	658.1	**7.66**	1.64	30.14
1.45	227.9	784.1	60.0	684.3	**8.14**	1.64	30.14

Tabla 10. Resumen Capacidad de soporte equivalente metodología IVANOV Clinica imat – cc Buenavista.

De lo anterior se infiere que el espesor del material que actuará como mejoramiento de la estructura de pavimento es **35 cm** a lo largo de todo su trayecto, además de presentar un **CBR de 10%,** para garantizar un CBR de Diseño Equivalente de **5%.**

Por otra parte, al momento de evaluar el potencial de expansión se puede apreciar que la estructura compensa con las presiones ejercidas por el terreno.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

9. ESTRUCTURA RECOMENDADA

Esta consultoría selecciona el mejoramiento con geotextil recomendado por la metodología de IVANOV que cumple con la condición de separación y adicional a eso cumple con la condición de refuerzo. Ver **Figura 7.** A continuación se presenta una tabla resumen contemplando las diferentes unidades de diseño.

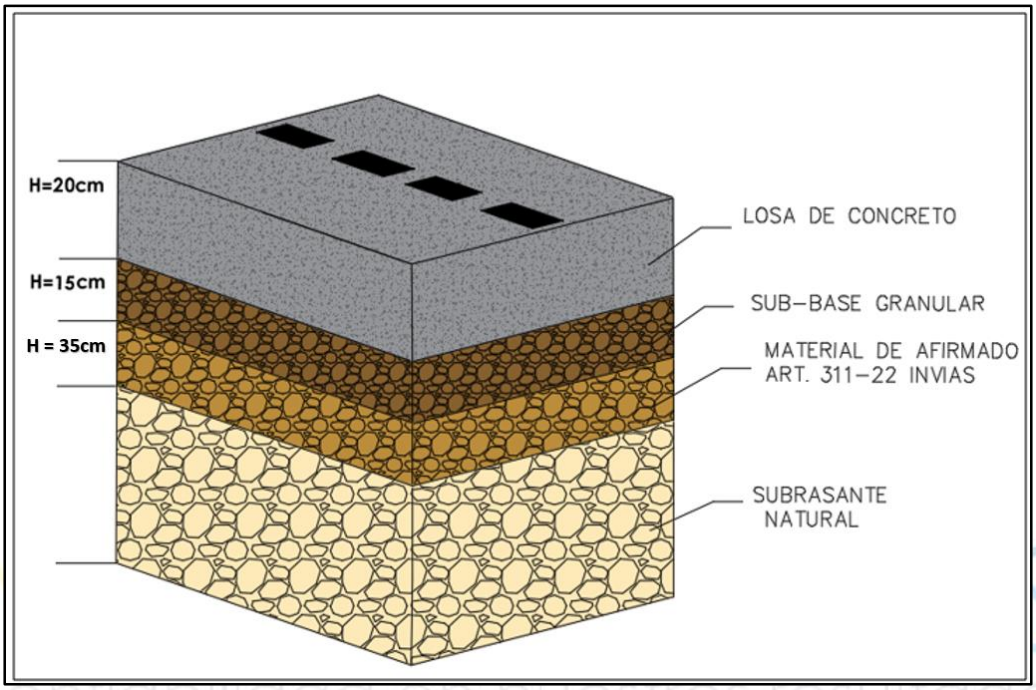


Figura 7. Modelo estructural seleccionado (imat – cc Buenavista)
Fuente: Elaboración propia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los tipos de suelos encontramos en todos los tramos fueron los siguientes:

  - ✓ Grava limosa (GM).
  - ✓ Arena limosa (SM).
  - ✓ Arena arcillosa (SC).
  - ✓ Arcilla de baja plasticidad con presencia de arena (CL).
  - ✓ Arcilla de mediana plasticidad (CL).
  - ✓ Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL).
  - ✓ Arcilla de alta plasticidad con presencia de arena(CH).
  - ✓ Arcilla arenosa de alta plasticidad (CH).
  - ✓ Arcilla arenosa de muy alta plasticidad (CH).
  - ✓ Limo arenoso (ML).
  - ✓ Limo de alta plasticidad (ML).
  - ✓ Limo de alta plasticidad con presencia de arena (ML).

- Durante la exploración en campo no se encontró el nivel freático en los apiques realizados.

- La humedad más alta registrada de todas las muestras obtenidas es del 35%. La mínima humedad registrada es de 6%.

- El grado de plasticidad muestra que los límites líquidos de todos los estratos de "Arcilla" varían entre 27% y 79%, para el estrato de "limo" es de 55%, para los estratos de "arena" varían entre 25% Y 52%. El límite plástico de todos los estratos de "Arcilla" varían entre 17% y 38%, para el estrato de "limo" es de 31%, Para los estratos de "arena" varían entre 13% y 28%. De igual manera para los estratos de "Arcilla" el menor índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 10% y el mayor un valor de 26%, para el estrato de "limo" es de 24%, para los estratos de "Arena" el menor índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 4% y el mayor un valor de 24%.

- Se tiene que todas las muestras evaluadas del terreno natural presentan potencial expansivo alto y bajo.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

- Se analizó el potencial de expansión de los CBR realizados en la zona de estudio y se obtuvo que el potencial de expansión más crítico es de **0.735 Ton/m2.** Estas expansiones críticas se contrarrestan con la estructura de pavimento recomendada en esta consultoría.

- El material de mejoramiento que se deberá utilizar consiste en un suelo seleccionado tipo afirmado (Art. 311-22 del INVIAS).

- La estructura de pavimento recomendada (losa de pavimento y sub-base), se muestran por fines esquematización de la estructura de mejoramiento, dado que la presente consultoría no realizo el estudio de pavimento y dichos esperares pueden variar dependiendo del especialista encargado de dicho diseño (espesor de losa y sub-base).

- Se recomienda que durante la etapa constructiva se tenga en cuenta el manejo de las aguas. En caso de ser necesario utilizar motobombas para evacuar las aguas lluvias que eventualmente puedan caer en el sitio al momento de realizar las excavaciones, como también las aguas subterráneas presentes en la zona del proyecto. Para tal fin se debe realizar las excavaciones con una pequeña pendiente hacia algún punto donde se prevea la instalación de la bomba con el fin de facilitar la evacuación de aguas lluvias.

- Para mejorar la capacidad de la subrasante a un 5% del CBR y a la vez contrarrestar la posible expansión de los suelos encontrados en condiciones de saturación, se debe utilizar un material de mejoramiento mínimo de **35 cm** en toda la zona del proyecto.

- **Nota: Los espesores propuestos de losa de pavimento y sub-base granular se estipularon a nivel esquemático y no cuentan con un soporte de un estudio estructural de pavimento.**

- Se recomienda que durante la etapa constructiva no se exponga el suelo natural durante la excavación o movimientos de tierra requeridos por el diseño geométrico, en todos los casos se debe ajustar el diseño dependiente de la vía por encima del nivel actual de la misma.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

- El diseño debe satisfacer las condiciones hidráulicas para asegurar el buen funcionamiento del proyecto.

Esta consultoría, recomienda implementar un material de rajón con espesor de 40 cm en las zonas críticas donde se presenten problemas geotécnicos asociados con las características mecánicas de la subrasante (suelos blandos, alto potencial de expansión y bajas capacidad portante), con esto proporcionamos un terreno de fundación apto para soportar las cargas del tránsito en la etapa de construcción. Adicional reducimos la posibilidad de asentamientos diferenciales y mitigamos la presencia de problemas geotécnicos asociados con las características del subsuelo.

El material de rajón debe cumplir con los siguientes requisitos de granulometría:

- El tamaño máximo estará controlado por el valor menor que se obtenga al comparar los dos tercios (2/3) del espesor de la capa compactada.
- El porcentaje en peso de partículas menores al tamiz de 25,0 mm (1"), será inferior al treinta por ciento (30%).
- El porcentaje en peso de partículas que pasen el tamiz de 75 µm (No.200), será inferior al quince por ciento (15%).
- Sección 321-11 de las Especificaciones Técnicas Generales de Materiales y Construcción, para Proyectos de Infraestructura Vial y de Espacio Público.

Una vez realizada la acomodación del material dentro de la estructura, este deberá someterse a un sello mediante material granular (15 cm de espesor), con el fin de rellenar los vacíos que se encuentren debido al gran tamaño de las partículas, permitiendo así una compactación uniforme de la capa.

De lo mencionado anteriormente, y teniendo presente las recomendaciones de las distintas literaturas técnicas se infiere que el mejoramiento en los posibles puntos críticos que se encuentren al momento de la construcción de la vía dada las condiciones de plasticidad y expansividad del terreno es de 40 cm en material de pedraplén y debe ser sellado con material granular con un espesor de 15cm.

Nota: Se recomienda que el mejoramiento con piedra rajón en los tramos críticos que presenten problemas de estabilidad se realice en aproximadamente el 30% de la longitud total de la vía. Esta sugerencia se basa en experiencias previas, las cuales han demostrado que, en general, los suelos de Montería suelen requerir este porcentaje de intervención para lograr una mejora efectiva.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

11. LIMITACIONES

Este informe y las recomendaciones que aquí se consignan se realizan con base en los apiques realizados en campo y con las muestras obtenidas y llevadas a laboratorio, a las cuales se les practicaron los ensayos respectivos anteriormente descritos.

Si por cualquier motivo durante los trabajos de diseño y/o construcción surgen variaciones y se observan condiciones diferentes del suelo de subrasante, se solicita que se comuniquen con el consultor con el fin de realizar los ajustes que sean del caso.

RONALDO ANDRES CHAMORRO SOÑETT
ELABORO.
Ingeniero Civil
Celular: 300 219 21 26

JORGE ELIECER MORALES PADILLA
REVISO.
Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com

ANEXOS

- **Anexo 1. Ensayos Estratigráficos y Ensayos de laboratorio de caracterización.**
- **Anexo 2. Resultados de ensayo CBR.**
- **Anexo 3. Expansividad-Presión Probable.**
- **Anexo 4. Tabla de Ivanov**
- **Anexo 5. Resultado Ensayo PDC.**

INGELABCON S.A.S.
Confiabilidad en nuestros resultados

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9a # 34 – 35 barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – **Email:** ingelabcon@gmail.com