

Producto 11.

Ingeniería de detalle 100% - Geotecnia

Agosto de 2016



Anexo 7. Vías y aledaños



Contrato No.
1-02-25500-0690-2011

Fecha: Agosto de 2016

REALIZAR EL DISEÑO A NIVEL DE INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE "CANOAS" EN LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO CON ASISTENCIA QUÍMICA

CONTROL DE REVISIONES

TITULO DEL DOCUMENTO: Informe Producto No.11 - Versión Final “Anexo 7: Vías y Aledaños”	
CLIENTE: ACUEDUCTO DE BOGOTA	
PROYECTO: PTAR CANOAS	No. 89244
PROPUESTA:	No.

DESCRIPCION DE REVISIONES.

VERSION	DESCRIPCION Y/O ESTADO	FECHA DE APROBACION	OBSERVACIONES
0	Vías y Aledaños.	13-05-2016	Versión preliminar para revisión de Interventoría y del Cliente
1	Vías y Aledaños, Versión 1	01-18-2016	Incluye la información complementaria a la versión 0, del 13 de Mayo de 2016.

DESCRIPCIÓN DE ANEXOS.

<p>Anexo 1. Portería Norte Anexo 2. Portería Sur Anexo 3. Zona de mantenimiento y lavado Anexo 4. Báscula Anexo 5. Vías Anexo 6. Tablas para pavimento rígido (PCA) Anexo 7. Manual de diseño con bajos volúmenes de tráfico</p>
--

CONTROL DE REVISION Y APROBACION.

<p>REVISADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)</p> <p align="center">Solomon Abel Asistente Co-director Nacional Consorcio CDM Smith - INGESAM</p>	<p>APROBADO POR: (AREA/CARGO/FIRMA)</p> <p align="center">Robert Gaudes Director Internacional de la Consultoría Consorcio CDM Smith - INGESAM</p>
---	--

©2016 CDM SMITH. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, REUTILIZACIÓN DE DOCUMENTOS: DOCUMENTOS Y DISEÑOS SUMINISTRADOS POR EL SERVICIO PROFESIONAL, INCORPORADOS EN ESTE DOCUMENTO, SON PROPIEDAD DE CDM SMITH Y EAB, NO SERÁN UTILIZADOS, NI TOTAL NI PARCIALMENTE, PARA CUALQUIER OTRO PROYECTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CDM SMITH Y/O EAB.

PRODUCTO 11. ANEXO 7: VÍAS Y ALEDAÑOS

APROBACIÓN DEL INFORME

<p>Robert Gaudes Director Internacional de la Consultoría Consortio CDM Smith - INGESAM</p>	<p>Fernando Silva Director de la Interventoría Unión Temporal Canoas</p>
<p>Reinaldo Pulido Supervisor del Contrato de Consultoría N° 1-02-25500-0690-2011 Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá</p>	



**EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE
BOGOTÁ E.S.P.**

CONTRATO No. 1-02-25500-0690-2011

**REALIZAR EL DISEÑO A NIVEL DE INGENIERÍA DE DETALLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE "CANOAS" EN LOS COMPONENTES ASOCIADOS AL SISTEMA DE
TRATAMIENTO PRIMARIO CON ASISTENCIA QUÍMICA**

**PRODUCTO No. 11
ANEXO 7**

**VÍAS Y ALEDAÑOS
Versión Final**

Preparado por:
CONSORCIO
CDM Smith - INGESAM SAS

Agosto de 2016



OBJETO: PRESTACIÓN DE SERVICIOS PARA EL DISEÑO GEOTÉCNICO
DETALLADO DE LAS DIFERENTES ESTRUCTURAS DE LA FASE I DE LA PTAR
CANOAS.



INGENIERIA Y GEORIESGOS IGR SAS
NIT 830133204-8

INGENIERÍA Y GEORIESGOS IGR SAS

**INFORME DE DISEÑO GEOTÉCNICO DETALLADO PRODUCTO 4
IGRL-191-15**

Versión 4

Año 2016

Tabla de Contenido

LISTADO DE SÍMBOLOS	7
LISTADO DE ANEXOS	9
SECCIÓN 1 INTRODUCCIÓN	1-1
SECCIÓN 2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	2-1
2.1 ALCANCE	2-1
2.2 METODOLOGÍA	2-1
SECCIÓN 3 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3-1
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO PARA LA PTAR CANOAS	3-1
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3-2
3.2.1 Porterías de acceso.	3-2
3.2.2 Zona de mantenimiento y lavado	3-4
3.2.3 Zona de báscula	3-5
3.2.4 Vías.	3-6
3.2.5 Parqueaderos	3-7
SECCIÓN 4 CONDICIONES DEL SUBSUELO: CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	4-4
4.1 PORTERÍA NORTE	4-4
4.1.1 Límites de Consistencia y Contenido de Agua	4-4
4.1.2 Peso unitario y gravedad específico	4-6
4.1.3 Resistencia al corte no drenado (Cu)	4-6
4.1.4 Definición de perfil estratigráfico.	4-8
4.2 PORTERÍA SUR	4-8
4.2.1 Límites de consistencia y contenido de agua.	4-8
4.2.2 Peso unitario y gravedad específica.	4-10
4.2.3 Resistencia al corte no drenado (Cu)	4-10
4.2.4 Definición de perfil estratigráfico	4-12
4.3 ZONA DE LAVADO, MANTENIMIENTO Y BÁSCULAS	4-12
4.4 VÍAS Y PARQUEADEROS	4-13
4.5 PRESIÓN DE EXPANSIÓN	4-15
SECCIÓN 5 ANÁLISIS GEOTÉCNICOS	5-1
5.1 CAPACIDAD PORTANTE	5-1
5.2 ASENTAMIENTOS INMEDIATOS (S_e)	5-2
5.3 ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN (S_c)	5-4
5.4 COEFICIENTE DE REACCIÓN DEL SUELO (K_R)	5-6
SECCIÓN 6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO	6-1
6.1 PORTERÍA NORTE	6-1
6.1.1 Capacidad Portante	6-1
6.1.2 Asentamientos	6-3
6.1.1 Módulo de reacción	6-4
6.1.2 Potencial de expansión	6-5
6.1.3 Cortes Y Rellenos	6-6
6.2 PORTERÍA SUR	6-6

6.2.1	Capacidad Portante-----	6-6
6.2.2	Asentamientos-----	6-7
6.2.3	Módulo De Reacción -----	6-9
6.2.4	Asentamientos Por Consolidación -----	6-10
6.2.5	Potencial De Expansión -----	6-11
6.2.6	Cortes Y Rellenos -----	6-11
6.3	ZONA DE MANTENIMIENTO Y LAVADO -----	6-11
6.3.1	Capacidad Portante-----	6-12
6.3.2	Asentamientos inmediatos -----	6-12
6.3.3	Módulo De Reacción -----	6-13
6.3.4	Asentamientos Por Consolidación -----	6-14
6.3.5	Potencial De Expansión -----	6-14
6.3.6	Cortes Y Rellenos -----	6-14
6.4	BÁSCULAS -----	6-14
6.4.1	Capacidad Portante-----	6-15
6.4.2	Asentamientos-----	6-15
6.4.3	Potencial De Expansión -----	6-16
6.4.4	Cortes Y Rellenos -----	6-17
6.5	DISEÑOS DE VÍAS -----	6-17
6.5.1	Estimación del número de ejes -----	6-18
6.5.2	Diseño geotécnico -----	6-19
6.5.3	Verificación del diseño -----	6-23
6.5.4	Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (Análisis adicional) -----	6-24
6.6	DISEÑO DE PARQUEADEROS-----	6-25
6.6.1	Alternativa con pavimento flexible -----	6-26
6.6.2	Alternativa con adoquines -----	6-27
6.6.3	Alternativa con concreto rígido-----	6-30
SECCIÓN 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----		7-1
7.1	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA -----	7-1
7.2	ESTRUCTURAS-----	7-1
7.2.1	Porterías de Acceso -----	7-1
7.2.2	Bascula-----	7-2
7.2.3	Zona de Lavado y mantenimiento -----	7-2
7.3	VÍAS -----	7-2
7.4	PARQUEADEROS-----	7-2
7.5	LIMITACIONES-----	7-2
SECCIÓN 8 BIBLIOGRAFÍA-----		8-1

Lista de tablas

Tabla 4-1. Parámetros geomecánicos del perfil estratigráfico de la Portería Norte.....	4-8
Tabla 4-2. Parámetros geomecánicos del perfil estratigráfico de la Portería Sur.....	4-12
Tabla 4-3. Parámetros geotécnicos para las básculas y zona de lavado y mantenimiento	4-13
Tabla 4-4. Resumen de los resultados de laboratorio para Modulo Resiliente	4-14
Tabla 6-1. Parámetros de la capa portante para la Portería Norte.....	6-1
Tabla 6-2. Asentamientos inmediatos para la placa.....	6-3
Tabla 6-3. Módulos de Reacción para la placa.....	6-4
Tabla 6-4. Parámetros de la capa portante para la Portería Sur	6-6
Tabla 6-5. Asentamientos inmediatos para la placa.....	6-8
Tabla 6-6. Módulos de Reacción para la placa.....	6-9
Tabla 6-7. Resumen parámetros de compresibilidad Portería Sur.....	6-11
Tabla 6-8. Resumen de los asentamientos por consolidación Portería Sur	6-11
Tabla 6-9. Parámetros de la capa portante para la zona de Báscula	6-12
Tabla 6-10. Resumen de los asentamientos por consolidación Portería Sur	6-14
Tabla 6-11. Parámetros de la capa portante para la zona de Báscula	6-15
Tabla 6-12. Asentamientos inmediatos y por consolidación para las básculas	6-16
Tabla 6-13. Determinación del Factor Camión.	6-18
Tabla 6-14. Resultados de la condición 1 de Pavimento.	6-23
Tabla 6-15. Verificación de diseño condición 1 de Pavimento.	6-24
Tabla 6-16. Resultados para el parqueadero en pavimento flexible.....	6-27
Tabla 6-17. Verificación de diseño para el parqueadero en pavimento flexible.....	6-27
Tabla 6-18. Efecto de la subbase granular sobre los valores de K	6-30
Tabla 6-19. Verificación del espesor de la placa de concreto para el parqueadero.	6-31
Tabla 6-20. Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje	6-32

Lista de figuras

Figura 3-1 Localización general del área de estudio de la PTAR Canoas.....	3-1
Figura 3-2 Localización de todas las estructuras que componen la Fase I de la PTAR Canoas	3-2
Figura 3-3 Vista en planta de las porterías de acceso	3-3
Figura 3-4 Vista frontal completa típica de las porterías de acceso	3-3
Figura 3-5 Vista transversal de las porterías de acceso	3-4
Figura 3-6. Localización de la zona de lavado de la PTAR Canoas.....	3-4
Figura 3-7. Esquema de la báscula propuesta.	3-5
Figura 3-8. Localización de la Báscula.....	3-5
Figura 3-9. Vista en planta de la vías PTAR Canoas.....	3-6
Figura 3-10. Esquema de los vehículos a transitar (Izquierda C3S2 y derecha C3).	3-6
Figura 3-11. Esquema en planta de los parqueaderos (superior parqueadero principal e inferior parqueaderos auxiliares)	3-7
Figura 4-1. Carta de Casagrande Portería Norte.....	4-5
Figura 4-2 Límites de Consistencia e Índice de Liquidez en profundidad.	4-5
Figura 4-3 Peso unitario y la gravedad específica en profundidad.	4-6
Figura 4-4 Variación de las lecturas de torque con la profundidad y perfil de Cu.	4-7
Figura 4-5. Carta de Casagrande Portería Sur.	4-9
Figura 4-6 Límites de Consistencia e Índice de Liquidez en profundidad.	4-9
Figura 4-7 Peso unitario en profundidad.....	4-10
Figura 4-8 Variación de las lecturas de torque con la profundidad y perfil de Cu.	4-11
Figura 4-9. Distribución del Módulo Resiliente en profundidad.....	4-14
Figura 4-10 Variabilidad de la presión de expansión en función de la profundidad	4-15
Figura 5-1 Variación α , ar y $\alpha prom$ en función de la relación L/B (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)	5-3
Figura 5-2 Variabilidad de F1 y F2 VS H/B, (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001) .	5-4
Figura 5-3 Deformaciones de la placa a partir de la carga generada, (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001).....	5-6
Figura 6-1 Carga admisible para zapatas cuadradas	6-2
Figura 6-2 Carga admisible para los cimientos corridos.	6-2
Figura 6-3 Asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas.....	6-3
Figura 6-4 Asentamientos inmediatos para cimientos continuos	6-4
Figura 6-5 . Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.	6-5
Figura 6-6 Módulos de Reacción para los cimientos corridos.....	6-5
Figura 6-7 . Carga admisible para zapatas cuadradas.....	6-7
Figura 6-8 Carga admisible para los cimientos corridos.	6-7
Figura 6-9 Asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas.....	6-8
Figura 6-10 . Asentamientos inmediatos para cimientos continuos	6-9
Figura 6-11 . Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.....	6-10
Figura 6-12 . Módulos de Reacción para los cimientos corridos.....	6-10
Figura 6-13 Capacidad portante para la zona de lavado y mantenimiento	6-12
Figura 6-14 Asentamiento elástico esperado para los diferentes tipos de cemento en la zona de lavado y mantenimiento	6-13
Figura 6-15 Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.....	6-13
Figura 6-16 . Capacidad portante para la zona de básculas	6-15
Figura 6-17 Esquema de la cimentación de la báscula.	6-16
Figura 6-18 . Cuneta típica para el diseño de la vía de la PTAR Canoas.....	6-20

Figura 6-19 Condición 1 de Pavimento (medidas en cm).....6-21

Figura 6-20 . Condición 2 de Pavimento (medidas en cm).....6-21

Figura 6-21 . Diseño de la vía condición 1.....6-22

Figura 6-22 . Diseño de la vía condición 2.....6-22

Figura 6-23 . Alternativa 1 siguiendo el “Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito”.....6-25

Figura 6-24 . Alternativa 2 siguiendo el “Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito”.....6-25

Figura 6-25 . Esquema de la estructura de parqueadero en pavimento flexible6-26

Figura 6-26 . Flujo grama para el diseño de un pavimento con adoquines.....6-28

Figura 6-27 . Estructura de parqueadero en adoquines (unidades en cm).....6-29

Figura 6-28 . Estructura de parqueadero en pavimento rígido (unidades en cm)6-31

Listado de símbolos

B: Ancho del cimientto

L: Largo del cimientto

C: Cohesión

Cc: Coeficiente de compresión

Cr: Coeficiente de recompresión

CPTu: Ensayo con penetración con cono

Df: Profundidad de cimentación

D: Diámetro de pilote

DMT: Ensayo Dilatómetro de Marchetti

Es: Modulo de Young

e_0 : Relación de Vacíos

Fis: Factores de corrección por forma (F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$)

Fid: Factores de corrección por profundidad (F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$)

Fii: Factores de corrección por inclinación de la carga (F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$)

Fig: Factores de corrección por inclinación del talud (F_{cg} , F_{qg} , $F_{\gamma g}$)

Fit: Factores de corrección por inclinación de la base (F_{ct} , F_{qt} , $F_{\gamma t}$)

Fit: Factores de corrección por compresibilidad (F_{cc} , F_{qc} , $F_{\gamma c}$)

FS: Factor de seguridad

γ_t : Peso unitario total

H_c : Espesor de capa

$H_{crí}$: Altura crítica – Altura de la excavación para un factor de seguridad igual a 1

I: Índice de influencia

IL: Índice de líquidez

Kr: Coeficiente de reacción del suelo

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Ni: Factores de capacidad de carga en función de ϕ (N_c , N_q , N_γ)

Ns: Número de estabilidad

OCR O RSC: Relación de sobre consolidación

Padm: Fuerza admisible

PF: Nomenclatura de sondeos mecánicos

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residual

q: Sobrecarga del suelo sobre el nivel de cimentación

q₀: Carga aplicada sobre el cimiento

Q: Capacidad portante

Qadm: Capacidad portante admisible

q_t: Resistencia de punta del ensayo de penetración con cono corregida

Se: Asentamientos

Su: Resistencia al corte no drenado

Wn: Humedad natural

Z: Profundidad a la cual se calcula el incremento de esfuerzo

σ_v : Esfuerzo vertical total

σ_p' : Esfuerzo de pre consolidación

ϕ : Angulo de fricción interno del suelo

ν : Relación de Poisson

α : Parámetro que está en función de L/B

σ'_0 Esfuerzo vertical efectivo inicial

$\Delta\sigma_{prom}$ Incremento de esfuerzos inducido por la cimentación

μ_t : Factor de corrección por grietas de tensión

Listado de anexos

Anexo A	Portería Norte
Anexo B	Portería Sur
Anexo C	Zona de mantenimiento y Lavado
Anexo D	Báscula
Anexo E	Vías
Anexo F	Tablas para pavimento rígido (PCA)
Anexo G	Manual de diseño con bajos volúmenes de tráfico.

Sección 1

Introducción

La empresa INGENIERÍA Y GEORIEGOS IGR SAS a través del subcontrato suscrito con el consorcio CDM Smith – INGESAM, realizó el diseño geotécnico detallado de diferentes estructuras de la Fase I de la PTAR Canoas, ubicado en cercanías al municipio de Soacha, departamento de Cundinamarca, En este documento se presenta, el análisis geotécnico y de cimentación para el producto 5 denominado "Diseño geotécnico detallado de estructuras de Vías, parqueadero, porterías y básculas", el cual comprende las siguientes estructuras.

1. Vías
2. Parqueaderos
3. Porterías
4. Zona de básculas
5. Zona de lavado y mantenimiento de vehículos

Con la realización de este estudio, se identificó los tipos de suelos presentes en el área del proyecto y se establecieron las condiciones y parámetros geomecánicos de estos suelos, que se utilizaron para la evaluación de capacidad portante y la capacidad de soporte de la subrasante, que permitió el óptimo diseño de cimientos, los espesores de pavimento y predecir los asentamientos inmediatos.

Finalmente, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones que se deben tener en cuenta para el diseño y construcción de los accesos a la planta de tratamiento.

Sección 2

Descripción de los trabajos

En esta sección se presenta la descripción general de los trabajos ejecutados para la realización del diseño geotécnico y de pavimento para la ingeniería de detalle de la Fase I de la PTAR Canoas. Esta descripción incluye el alcance y la metodología aplicada por dar cumplimiento con los compromisos adquiridos.

2.1 Alcance

Prestar los servicios para el diseño geotécnicos detallado de las diferentes estructuras de la Fase II de la PTAR Canoas, requerido para "Realizar el diseño a nivel de ingeniería de detalle de la planta de tratamiento de aguas residuales de Canoas en los componentes asociados al sistema de tratamiento primario con asistencia química", que ejecuta el Consorcio CDM Smith – INGESAM para la EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARRILLADO Y ASEO DE BOGOTA E.S.P , en las condiciones, modos y plazos determinados en el marco de la ejecución del contrato CANOAS, según lo señalado en el contrato y los términos de referencia suministrados a INGENIERIA Y GEORIEGOS IGR SAS de acuerdo con las indicaciones de CDM SMITH INC.

2.2 Metodología

La metodología de trabajo empleada para los trabajos de diseño para la ingeniería de detalle se presenta a continuación.

Para el diseño de la cimentación de las porterías de acceso vehicular y los espesores de pavimento se utilizó métodos semi-empíricos convencionales, de acuerdo a las características propias de cada una de estas. De acuerdo con la información geotécnica: perfiles de suelo, ensayos de laboratorio, ensayos in situ y los resultados de las exploraciones realizadas por CDM Smith Inc, se determinaron los modelos geotécnicos para sus respectivos análisis.

En el caso de las porterías, básculas y zona de lavado se estableció la capacidad portante del perfil de suelo de cada estructura teniendo en cuenta las diferentes alternativas de cimentación, los asentamientos (inmediatos y consolidación) generados por el aumento de esfuerzos, módulos de reacción y recomendaciones para cada una de las estructuras.

Los espesores de pavimento de las vías y parqueaderos fueron determinados por el método racional, para ello se utilizó el software WINDEPAV elaborado por la Universidad del Cauca para la Investigación Nacional de Pavimentos de Colombia - INPACO - de 1994 y el método de la PCA para pavimentos rígidos.

Sección 3

Localización y descripción del proyecto

3.1 Ubicación del área de estudio para la PTAR Canoas

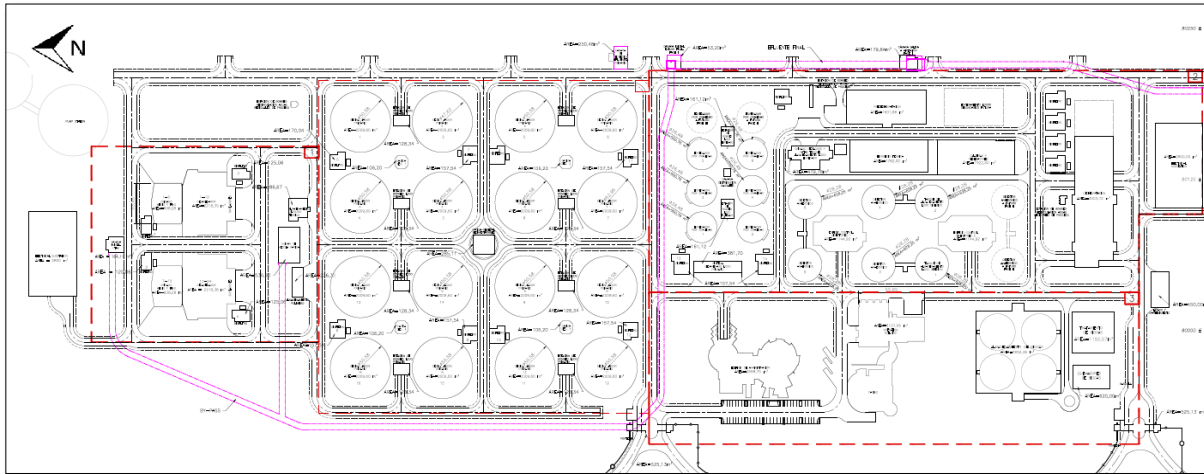
El área donde se construirá la PTAR Canoas se localiza dentro de la cuenca media del río Bogotá, en jurisdicción del municipio de Soacha, en el sector identificado por la CAR como Soacha – Salto del Tequendama. Los terrenos del predio se localizan en la margen occidental del río Bogotá, entre el cauce del río y la Avenida Longitudinal de Occidente (ALO), en el tramo que comunica el embalse del Muña con el sector de Mondoñedo. En la Figura 3-1 se presenta la localización general del área de estudio de la PTAR Canoas y en la Figura 3-2 se muestra el plano de localización de todas las estructuras que la componen.

Figura 3-1 Localización general del área de estudio de la PTAR Canoas



Fuente de imagen: Google Maps y Bing,

Figura 3-2 Localización de todas las estructuras que componen la Fase I de la PTAR Canoas.



3.2 Descripción del proyecto

El producto V comprende los accesos a las diferentes instalaciones y edificios de la PTAR Canoas, se observa una topografía poco variable, con pendientes cercanas al 2%. De acuerdo a los requerimientos del cliente, el pavimento será flexible y los espesores deberán soportar vehículos tipo C3 y C3S2 (según el Manual de INVIAS). A continuación se describirán las estructuras que hacen parte de este producto.

3.2.1 Porterías de acceso.

De acuerdo con la información procedente del cliente, se trata de dos estructuras de un piso cada una está soportada sobre una placa de 6,00 m por 8,15 m, en los costados de cada estructura se ubica la vía de acceso a la PTAR la cual tiene un ancho 7,20 m por sentido y un muro en piedra con sección transversal 0,40 m por 4,58 m que soporta el techo que cubre toda la portería.

La portería principal, que se encuentra al norte (ahora en adelante Portería Norte), se proyecta construirla sobre la cota 2553,16 m.s.n.m. es decir que se realizara una explanación de 2,23 m en promedio; la portería de servicio, que se encuentra al sur (ahora en adelante Portería Sur), se proyecta sobre la cota 2556,99 m.s.n.m. con una explanación de 0,60 m.

Las cargas transmitidas por esta estructura son: carga muerta 15 kN/m² y una carga viva de 10 kN/m², para el muro de piedra se toma como peso unitario el valor de 24 kN/m³ por lo tanto transmite una carga de 4,40 kN/m². Es de aclarar que hasta la fecha el cliente solo presentó los esquemas de la Portería Norte, por lo que se asumió que la Portería Sur tiene la misma configuración. A continuación se muestran los esquemas generales que fueron tenidos en cuenta para los análisis.

Figura 3-3 Vista en planta de las porterías de acceso

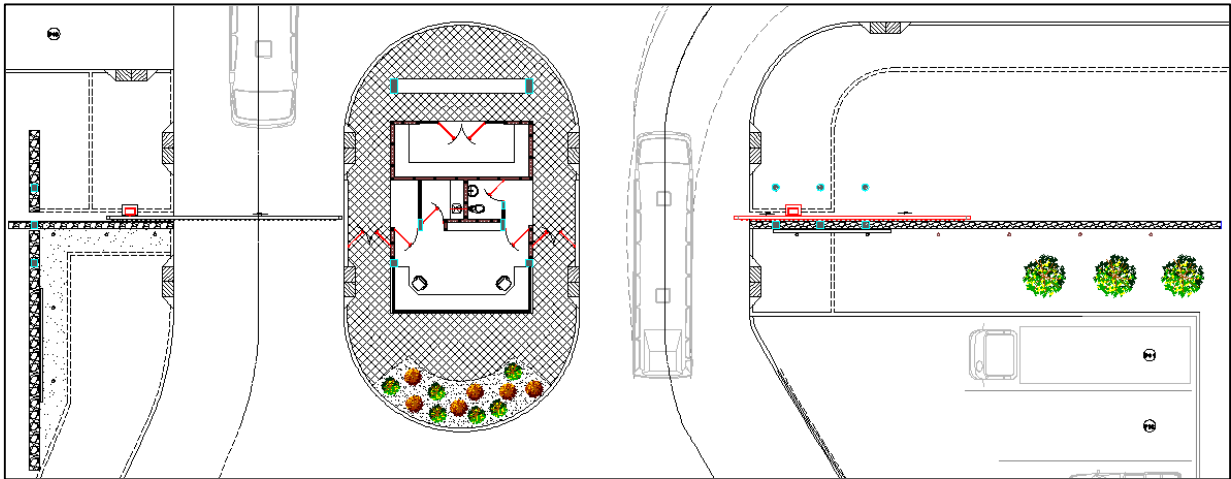


Figura 3-4 Vista frontal completa típica de las porterías de acceso

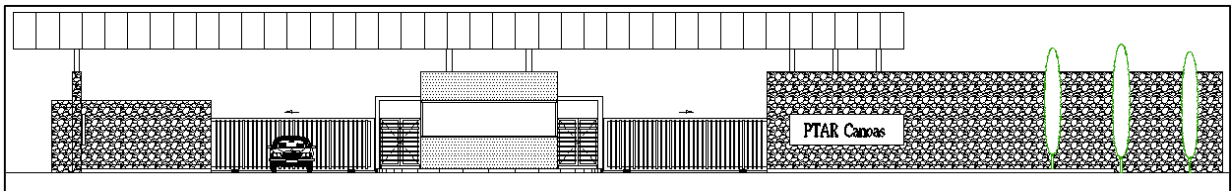


Figura 3-1 Vista frontal ampliada de las porterías de acceso

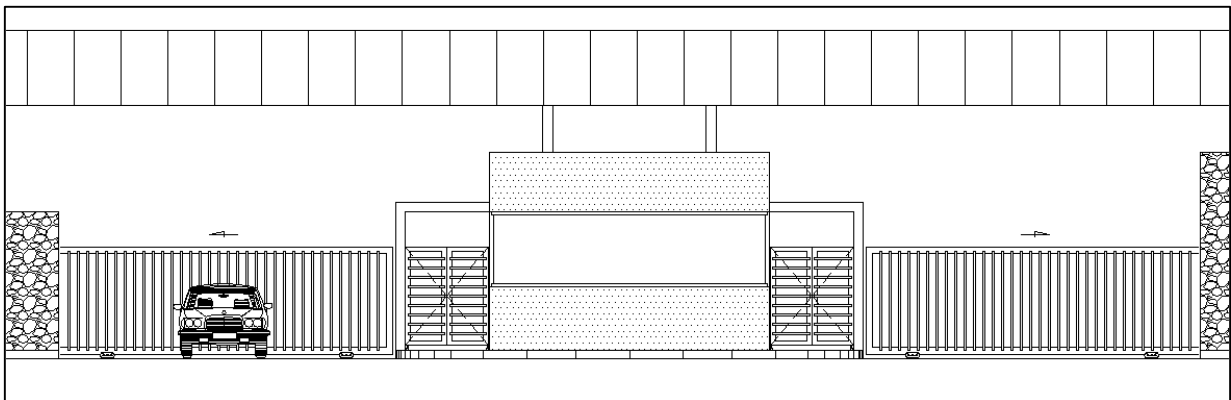
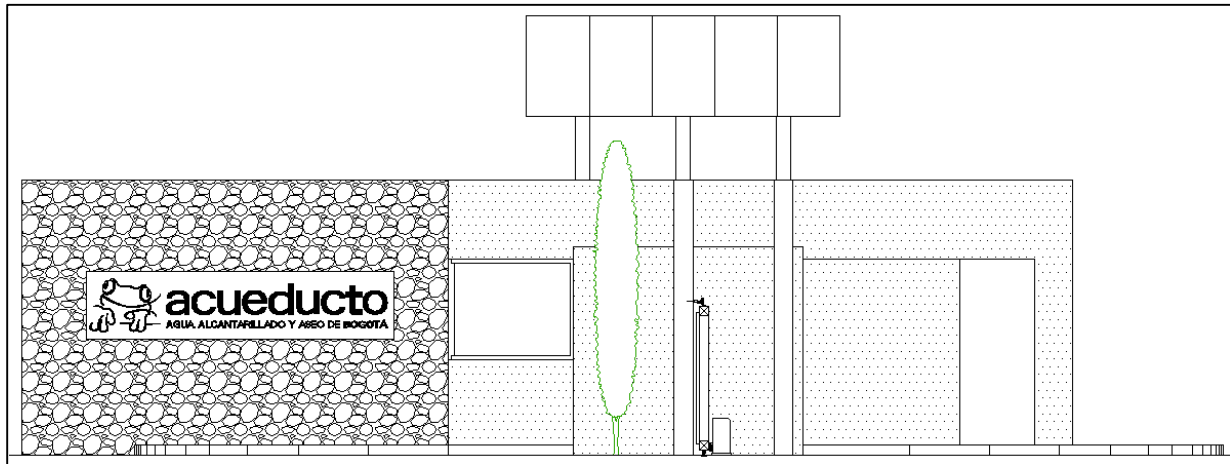


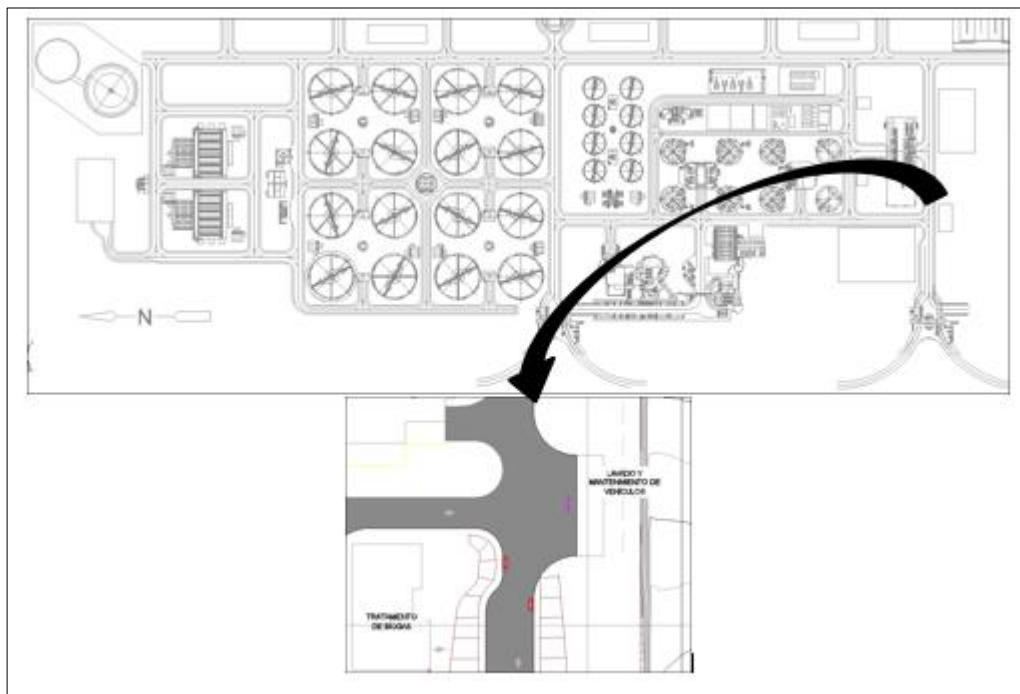
Figura 3-5 Vista transversal de las porterías de acceso



3.2.2 Zona de mantenimiento y lavado

Esta zona se localizará entre el Edificio de Deshidratación y el Tratamiento de Biogás, posee un área de 450 m² con dimensiones de 15 m x 30 m, será ubicada sobre la cota 2553,4 m.s.n.m. con una explanación de 0,50 m aproximadamente. En figura 3-6 se muestra la ubicación dentro de la PTAR Canoas

Figura 3-6. Localización de la zona de lavado de la PTAR Canoas



3.2.3 Zona de báscula

Estará ubicada en cercanías a la Portería Sur, cuenta con una forma rectangular con dimensiones de 5,0 m x 17,0 m, se plantea una estructura compuesta por una placa apoyada sobre 2 o 3 apoyos simples como se ilustra en la figura 3-7, se estima la carga de la combinación bascula – camión en cerca de 782 kN, los cuales se distribuyen entre 2 a 3 apoyos donde transmitirían un máximo 391 kN al suelo.

Donde se colocará la báscula se plantea una explanación de 0,20 m aliviando 3,4 kN/m² de esfuerzo, por lo cual se recomienda realizar un mejoramiento en el suelo de apoyo de la placa, en la figura 3-8 se encuentra la ubicación de la báscula dentro de la PTAR Canoas.

Figura 3-7. Esquema de la báscula propuesta.

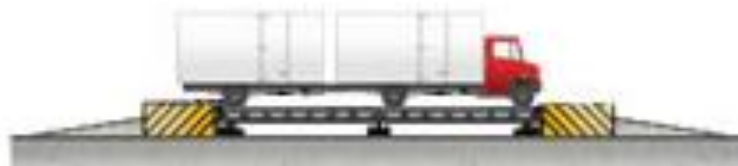
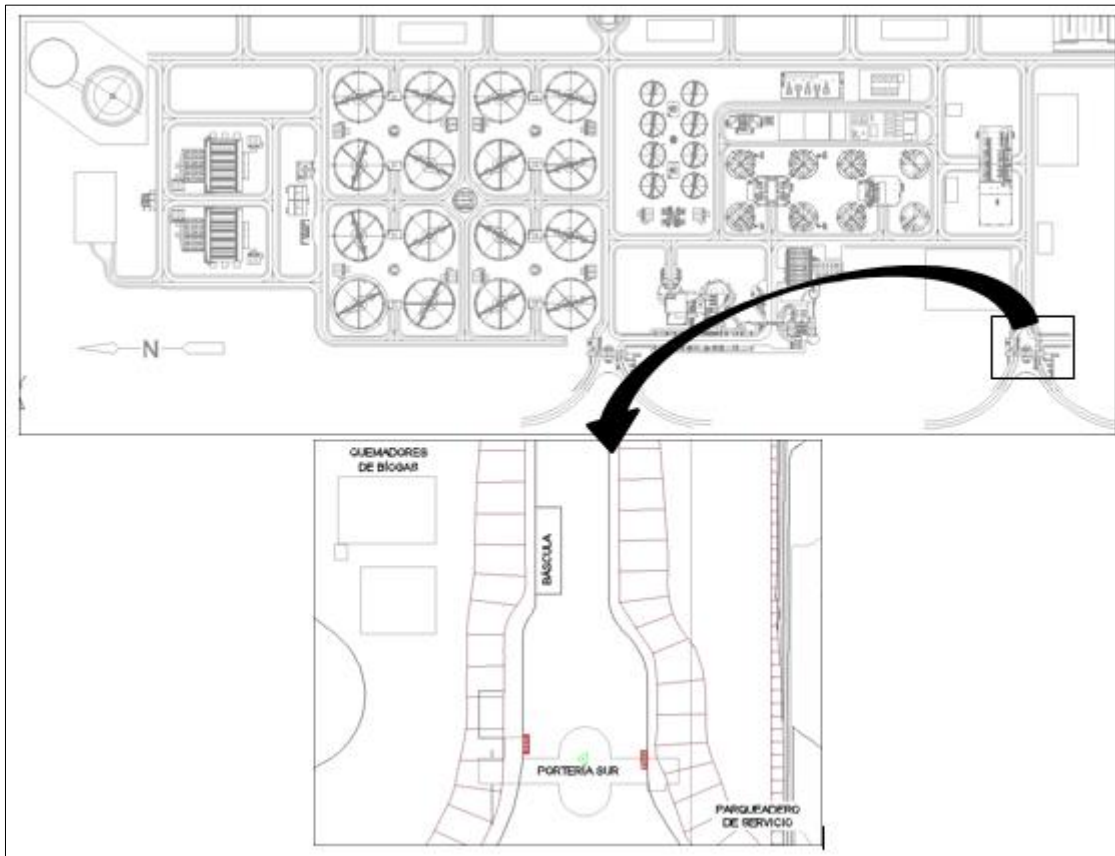


Figura 3-8. Localización de la Báscula



3.2.4 Vías.

Comprende los accesos a cada una de las estructuras que componen la PTAR Canoas, se plantea una estructura flexible de ancho aproximado de 7,5 m, soportaran vehículos de carga tipo C3 y C3S2, con carga de 10 toneladas y 17 toneladas respectivamente, y vehículos particulares. En la figura 3-9 se muestra el esquema de las vías y en la figura 3-10 se muestran los vehículos pesados que transitarán por la PTAR Canoas (esquemas tomados del INVIAS).

Figura 3-9. Vista en planta de la vías PTAR Canoas.

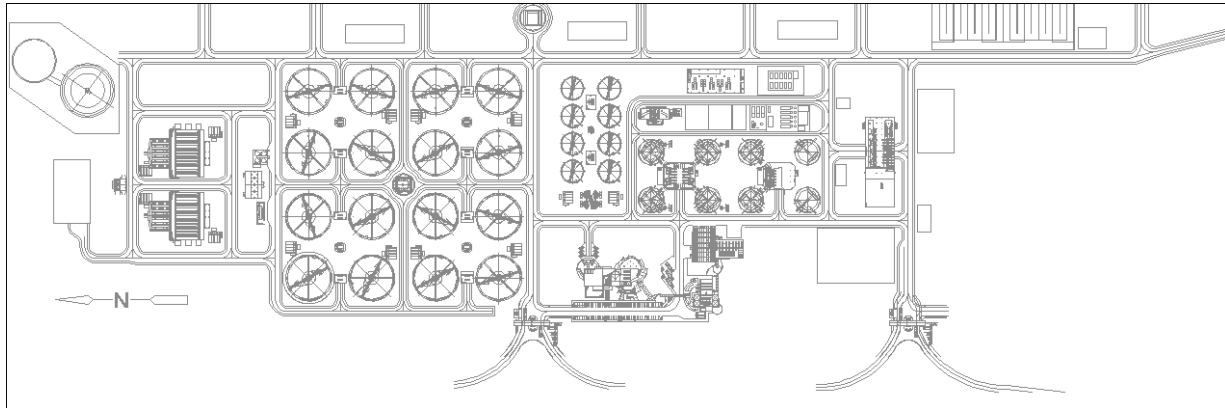
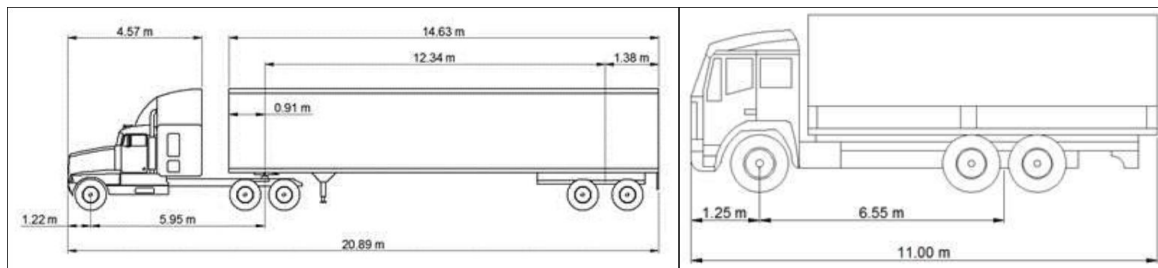


Figura 3-10. Esquema de los vehículos a transitar (Izquierda C3S2 y derecha C3).



De acuerdo con información suministrada por el cliente la frecuencia de estos vehículos es:

- Entrega de polímeros para el pretratamiento, 2 camiones tipo C3 cada 15 días
- Entrega de cloruro férrico, 9 camiones tipo C3 diarios
- Entrega de polímeros para predeshidratación y posdeshidratación, 13 camiones tipo C3 cada 15 días
- Evacuación de arenas, 35 camiones tipo C3 por día
- Evacuación de biosólidos 55 camiones tipo C3S2 por día.
- Evacuación de cribados 20 camiones tipo C3 por día.

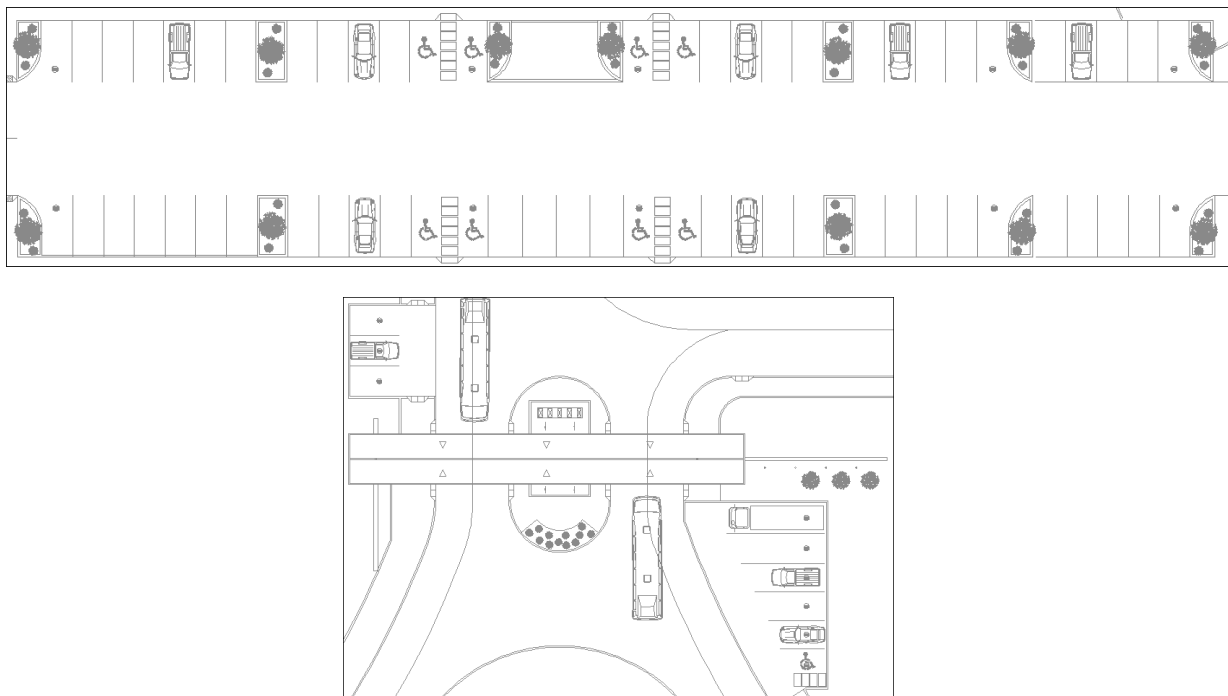
Por lo que se determina que el tránsito promedio diario (TPD) es de 120 vehículos pesados.

3.2.5 Parquederos

Se plantea una zona de parqueadero principal ubicada en la zona administrativa de la PTAR Canoas y dos zonas de parqueadero auxiliares ubicadas en cada portería, los esquemas se muestran en la figura -11 el parqueadero principal es un área rectangular de dimensiones 27 m x 97 m aproximadamente y posee una capacidad 62 vehículos, los parqueaderos ubicados en cada portería tienen forma rectangular de dimensiones 8 m x 9 m y triangular rectangular con base de 27 m y altura 13 m, ambos parqueaderos tienen una capacidad de 9 vehículos.

El parqueadero principal se encuentra sobre la cota 2552,5 m.s.n.m. en este sitio se plantea una explanación entre 1,9 m a 2,9 m, situación que obligará a realizar un mejoramiento de la subrasante, las zonas de parqueaderos auxiliares se encuentran a la misma cuota de las porterías.

Figura 3-11. Esquema en planta de los parqueaderos (superior parqueadero principal e inferior parqueaderos auxiliares)



Sección 4

Condiciones del subsuelo: Caracterización geotécnica

En esta sección se presenta la caracterización geotécnica del subsuelo, actividad en la cual fue adoptada la exploración geotécnica entregada por CDM Smith-INGESAM, la cual cuenta con un total de cuarenta y nueve (49) perforación profundas, siete (7) Dilatómetros Planos de Marchetti DMT y catorce (14) ensayos CPTu con piezoconos.

En el caso particular del Producto 5 “Diseño Geotécnico de Vías, Parqueaderos, Porterías y Básculas”, se realizaron perfiles independientes en las dos porterías de acceso con base en los resultados de las perforaciones PF45 (Portería Norte) y PF41 (Portería Sur), se utilizaron los perfiles geotécnicos del Producto 1, Producto 2 y Producto 4 del presente subcontrato para determinar los materiales de subrasante para las vías, los parqueaderos, para la báscula y zona de lavado y mantenimiento se usará el perfil geotécnico determinado en el Producto 4.

Para las porterías se realizaron análisis comparativos de los límites de consistencia y contenido de agua, resultados de los ensayos de veleta de campo, los pesos unitarios totales y secos, y gravedad específica, estos parámetros permitieron definir el perfil estratigráfico establecido en cada estructura.

A continuación se presentan los análisis realizados para cada una de las estructuras de los parámetros mencionados.

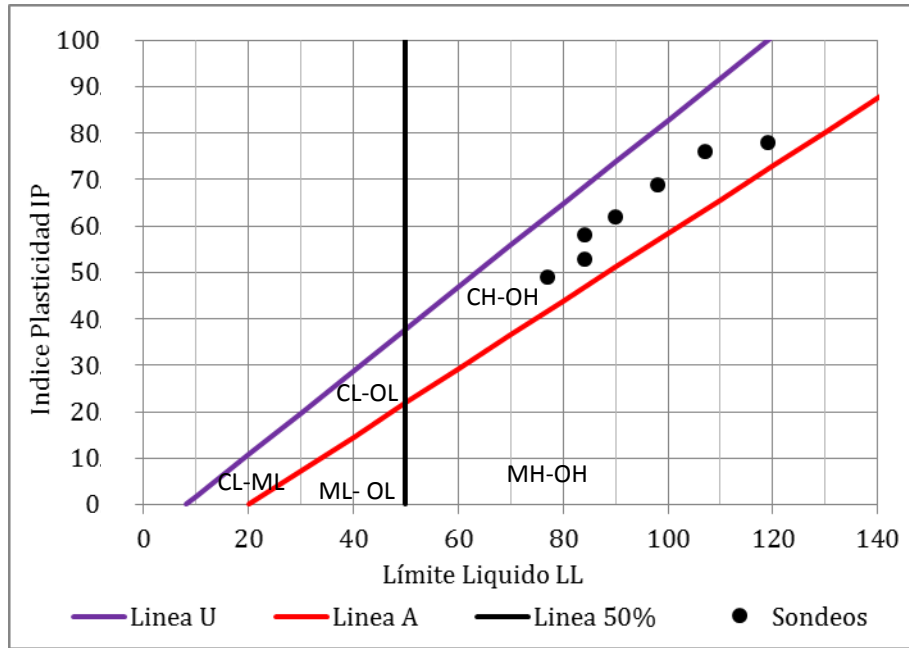
4.1 Portería Norte

4.1.1 Límites de Consistencia y Contenido de Agua

resultados obtenidos en el ensayo de Límites de Atterberg y Contenido de Humedad Natural determinó que el Límite Líquido de los materiales encontrados varían entre 80% a 120%, el Límite Plástico es cercano al 30% y el Contenido de Humedad esta entre 30% a 70%; se calculó el Índice de Liquidez, se observó que varía entre 0,15 a 0,55. La carta de plasticidad muestra materiales arcillosos de alta a muy alta plasticidad como se muestra en figura 4-1.

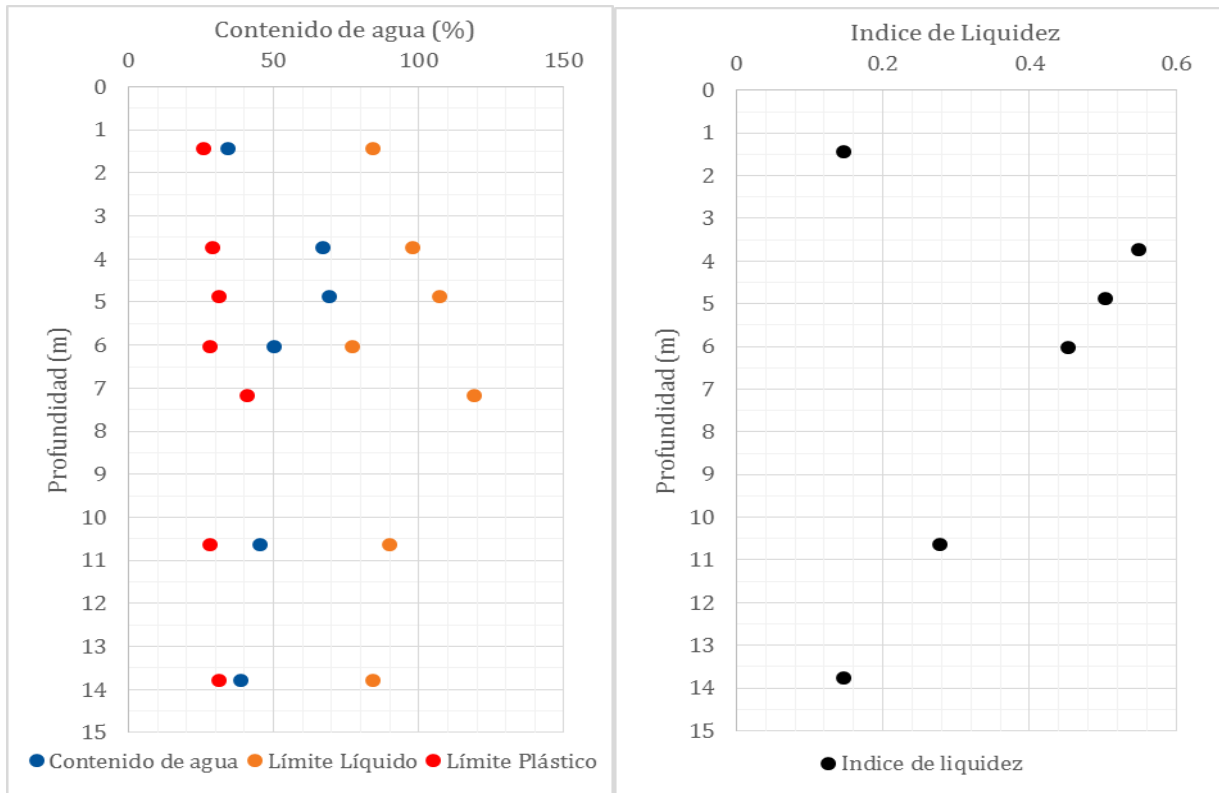
En la figura 4-2 se presenta la variación de los Límites de Consistencia, Contenido de Agua e Índice de Liquidez en profundidad.

Figura 4-1. Carta de Casagrande Portería Norte.



Símbolo	G	S	M	C	O	H	L
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limo orgánicos y arcillas	Alta plasticidad	Baja plasticidad

Figura 4-2 Límites de Consistencia e Índice de Liquidez en profundidad.



4.1.2 Peso unitario y gravedad específica

Según los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio el peso unitario total varía entre 15 kN/m³ a 19 kN/m³, el peso unitario seco entre 9.0 kN/m³ a 14 kN/m³ y la gravedad específica se encuentra en 2,7, en la figura 4-3 se muestra la variación que tienen estos parámetros en profundidad del perfil de suelo.

Figura 4-3 Peso unitario y la gravedad específica en profundidad.



4.1.3 Resistencia al corte no drenado (Cu)

Los resultados obtenidos del sondeo PF45 determinan la presencia de arcillas de alta a muy alta plasticidad, por lo que fue posible realizar el ensayo de veleta de campo. Las lecturas de torque tomadas varían entre 70 lb in hasta 150 lb.in, con base en estos resultados se determinó la resistencia al corte no drenado del perfil de suelo, la figura 4-4 muestra la variación de las lecturas de torque en profundidad y el perfil de resistencia la corte no drenado determinado para cada una de las capas definidas (de acuerdo al ítem 4.1.4).

La metodología utilizada para calcular la resistencia al corte no drenado, consiste en determinar la constante de la veleta que está en función de su geometría y esta expresada en la siguiente ecuación.

$$K = \left(\frac{\pi}{10^6}\right) \left(\frac{D^2 H}{2}\right) \left(1 + \frac{D}{3H}\right)$$

Donde:

- D : Diámetro la veleta
 H : Altura de la veleta

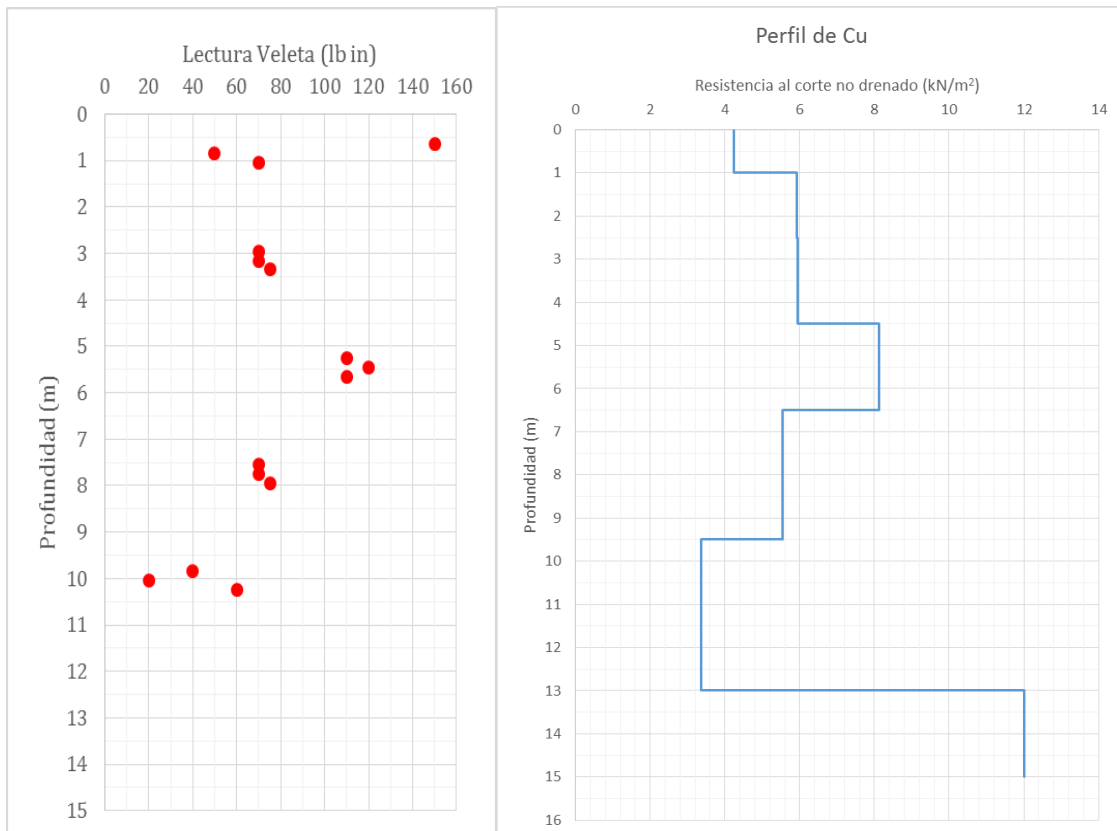
El valor de resistencia al corte no drenado usado para diseño se determinó dividiendo el valor de torsión leído de la prueba en campo entre la constante de la veleta y realizando una corrección λ que es dependiente de la plasticidad del material ensayado, para esta corrección se usó la ecuación de Bjerrum -1972, las ecuaciones se describen a continuación.

$$Cu = \lambda \frac{T}{K} \quad \lambda = 1.7 - 0.54 \log(IP)$$

Donde:

- Cu : Resistencia al Corte no Drenado
 T : Lectura de Torsión del Ensayo de Campo
 K : Constante de la Veleta
 λ : Factor de Corrección por Plasticidad (Bjerrum 1972)
 IP : Índice de Plasticidad

Figura 4-4 Variación de las lecturas de torque con la profundidad y perfil de Cu.



Adicionalmente, se tiene un ensayo de compresión confinada en la profundidad entre 13,50 m a 14,05 m, el valor de la resistencia al corte no drenado en este punto es de 120 kN/m², valor que fue adoptado para la última capa de suelo

4.1.4 Definición de perfil estratigráfico.

Con base a los resultados descritos anteriormente se determinaron 7 tipos de materiales en el sitio donde se construirá la Portería Norte, estos materiales son (en la Tabla 4-1 se encuentran los valores de los parámetros geomecánicos):

- **MATERIAL 1:** Comprende entre la cota de rasante actual hasta 1.0 m de profundidad, este material es una arcilla café con gris orgánica de muy alta plasticidad, consistencia blanda y presencia de raíces y oxidaciones.
- **MATERIAL 2:** Comprende entre 1.0 m hasta 2.5 m de profundidad, este material es una arcilla de color gris clara de muy alta plasticidad, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 3:** Comprende entre 2.5 m hasta 4.5 m de profundidad, este estrato será el que soporte la estructura de la Portería Norte, es una arcilla de color gris clara de muy alta plasticidad, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 4:** Comprende entre los 4.5 m hasta 6.5 m de profundidad, este material es una arcilla color gris con tonos violetas de plasticidad muy alta, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 5:** Comprende entre los 6.5 m hasta 9.5 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de muy alta plasticidad, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 6:** Comprende entre los 9.5 m hasta 13.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de muy alta plasticidad, consistencia blanda y con presencia de oxidaciones y lentes de arena fina.
- **MATERIAL 7:** Comprende entre los 13.0 m hasta +15.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de muy alta plasticidad, consistencia firme y con presencia de oxidaciones.

Tabla 4-1. Parámetros geomecánicos del perfil estratigráfico de la Portería Norte.

Mat.	Profundidad		Clasificación							Resistencia			Es (kN/m ²)
	Inicial (m)	Final (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Gs	γ_d (kN/m ³)	γ_t (kN/m ³)	Lectura Veleta (lb in)	λ	Cu Veleta (kN/m ²)	
1	0,0	1,0	36	-	-	-	2,7	14,0	19,0	50	0,740	42,3	14667,5
2	1,0	2,5	38	82	22	60	2,7	14,0	19,0	70	0,740	59,3	14667,5
3	2,5	4,5	64	100	35	65	2,7	9,0	16,0	72	0,721	59,4	17686,3
4	4,5	6,5	60	120	30	90	2,7	11,0	16,0	110	0,645	81,2	60708,0
5	6,5	9,5	-	120	40	80	2,7	11,0	17,0	72	0,672	55,4	14667,5
6	9,5	13	42	85	24	61	2,7	11,0	17,0	40	0,736	33,7	17686,3
7	13	15	40	82	25	57	2,7	13,0	18,0	-	-	120,0	14346,5

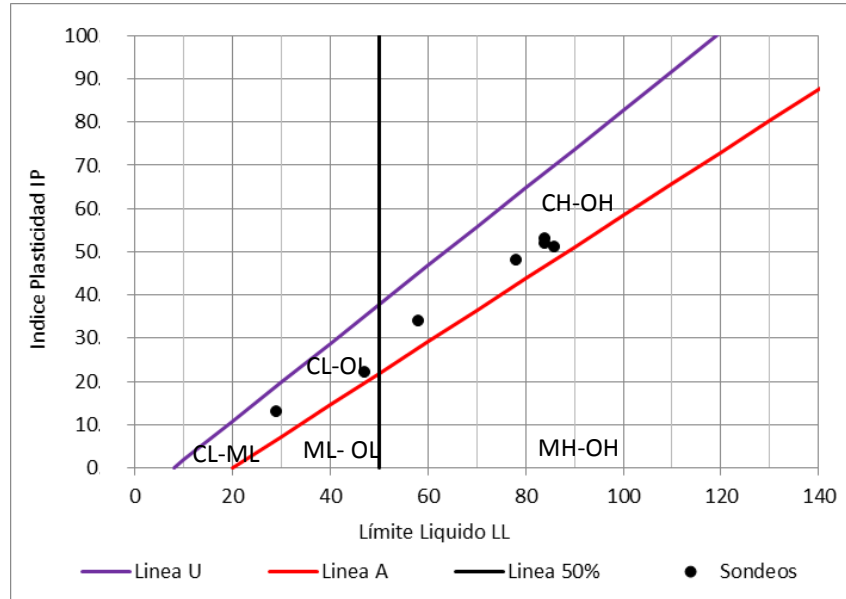
4.2 Portería sur

4.2.1 Límites de consistencia y contenido de agua.

Los resultados obtenidos en el ensayo de Límites de Atterberg y Contenido de Humedad Natural determinó que el Límite Líquido de los materiales encontrados varían entre 30% a 85%, el Límite Plástico varían entre 15% a 35% y el Contenido de Humedad esta entre 25% a 70%; se calculó el Índice de Liquidez, se observó que varía entre -0,10 a 0,70. La carta de plasticidad muestra materiales arcillosos que van de baja plasticidad a muy alta plasticidad como se muestra figura 4-5 y figura 4-6 se

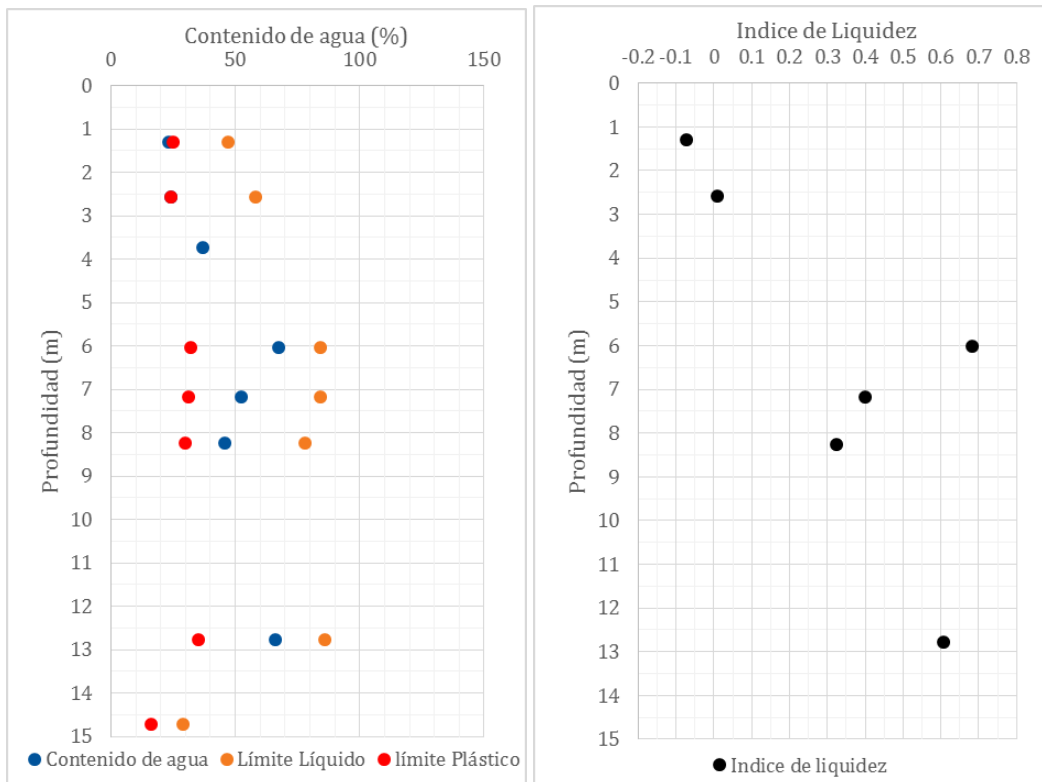
presenta la variación de los Límites de Consistencia, Contenido de Agua e Índice de Liquidez en profundidad.

Figura 4-5. Carta de Casagrande Portería Sur.



Símbolo	G	S	M	C	O	H	L
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limo orgánicos y arcillas	Alta plasticidad	Baja plasticidad

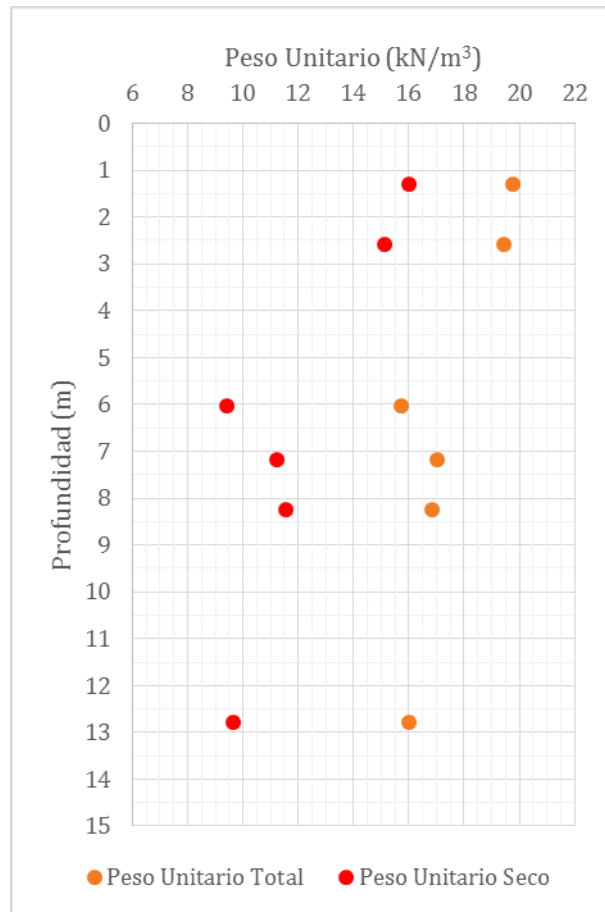
Figura 4-6 Límites de Consistencia e Índice de Liquidez en profundidad.



4.2.2 Peso unitario y gravedad específica.

Según los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio el peso unitario total varía entre 16 kN/m³ a 20 kN/m³, el peso unitario seco entre 9,5 kN/m³ a 16,0 kN/m³. Se realizaron 3 ensayos de Gravedad Especifica obteniendo un valor de 2.7. En la figura 4-7 se muestra la variación que tienen los pesos unitarios en profundidad del perfil de suelo.

Figura 4-7 Peso unitario en profundidad.



4.2.3 Resistencia al corte no drenado (Cu)

Los resultados obtenidos del sondeo PF41 determinan la presencia de arcillas de baja a muy alta plasticidad, por lo que fue posible realizar el ensayo de veleta de campo. Las lecturas de torque tomadas varían entre 70 lb in hasta 150 lb in, con base en estos resultados se determina la resistencia al corte no drenado del perfil de suelo, la figura 4-8 Muestra la variación de las lecturas de torque en profundidad y el perfil de resistencia la corte no drenado determinado para cada una de las capas definidas (de acuerdo al ítem 4.2.4)

La metodología utilizada para calcular la resistencia al corte no drenado, consiste en determinar la constante de la veleta que está en función de su geometría y esta expresada en la siguiente ecuación.

$$K = \left(\frac{\pi}{10^6}\right) \left(\frac{D^2 H}{2}\right) \left(1 + \frac{D}{3H}\right)$$

Donde:

- D : Diámetro la veleta
- H : Altura de la veleta

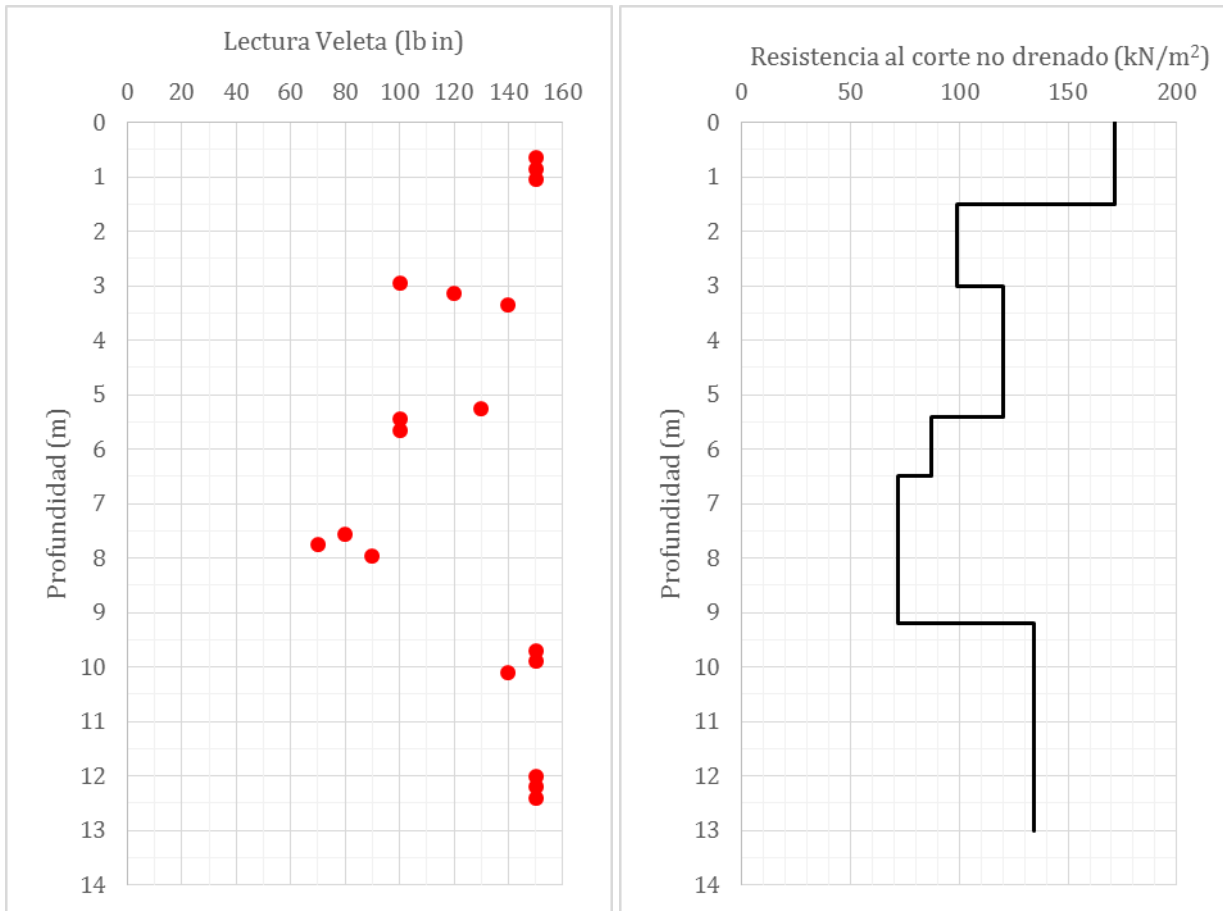
El valor de resistencia al corte no drenado usado para diseño se determinó dividiendo el valor de torsión leído de la prueba en campo entre la constante de la veleta y realizando una corrección λ que es dependiente de la plasticidad del material ensayado, para esta corrección se usó la ecuación de Bjerrum 1972, las ecuaciones se describen a continuación.

$$Cu = \lambda \frac{T}{K} \quad \lambda = 1.7 - 0.54 \log(IP)$$

Donde:

- Cu : Resistencia al Corte no Drenado
- T : Lectura de Torsión del Ensayo de Campo
- K : Constante de la Veleta
- λ : Factor de Corrección por Plasticidad (Bjerrum 1972)
- IP : Índice de Plasticidad

Figura 4-8 Variación de las lecturas de torque con la profundidad y perfil de Cu.



4.2.4 Definición de perfil estratigráfico

Con base a los resultados descritos anteriormente se determinaron 7 tipos de materiales en el sitio donde se construirá la Portería Norte, estos materiales son (en la Tabla 4-2 se encuentran los valores de los parámetros geomecánicos):

- **MATERIAL 1:** Comprende entre la cota de rasante actual hasta 1.5 m de profundidad, este material es una arcilla color gris orgánica de plasticidad media, consistencia firme y presencia de raíces y oxidaciones.
- **MATERIAL 2:** Comprende entre 1.5 m hasta 3.0 m de profundidad, este material será el que soporte la estructura de la Portería Sur, es una arcilla color gris clara de muy alta plasticidad, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 3:** Comprende entre 3.0 m hasta 5.4 m de profundidad, este material es una arcilla de color gris de plasticidad muy alta, consistencia media y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 4:** Comprende entre los 5.4 m hasta 6.5 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad muy alta, consistencia firme y presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 5:** Comprende entre los 6.5 m hasta 9.2 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de muy alta plasticidad, consistencia media y presencia de oxidaciones y lentes de arena.
- **MATERIAL 6:** Comprende entre los 9.5 m hasta 13.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de muy alta plasticidad, consistencia firme y con presencia de oxidaciones y fisuras.
- **MATERIAL 7:** Comprende entre los 13.0 m hasta +15.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad baja y con presencia de oxidaciones y lentes de arena.

Tabla 4-2. Parámetros geomecánicos del perfil estratigráfico de la Portería Sur.

Mat	Clas	profundidad		Clasificación							Resistencia			Es (kN/m ²)
		Inicial (m)	Final (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	G _s	γ _d (kN/m ³)	γ _t (kN/m ³)	Lec. Veleta (lb in)	λ	Cu Veleta (kN/m ²)	
1	CH	0,0	1,5	23	45	25	20	2,7	16,0	18,5	150	0,997	171,3	85640,87
2	CH	1,5	3,0	23	60	25	35	2,7	15,0	18,5	100	0,866	99,2	49581,68
3	CH	3,0	5,4	37	70	25	45	2,7	11,7	16,0	130	0,807	120,1	60070,46
4	CH	5,4	6,5	67	85	30	55	2,7	9,0	16,0	100	0,760	87,0	43514,26
5	CH	6,5	9,2	50	80	30	50	2,7	11,0	17,0	80	0,783	71,7	35834,96
6	CH	9,2	13,0	65	85	35	50	2,7	10,0	16,0	150	0,783	134,4	67190,55
7	CL	13,0	15,0	-	30	15	15	2,7	10,0	16,0	-	-	-	-

4.3 Zona de lavado, mantenimiento y básculas

De acuerdo a los análisis realizados en el Producto 4 del presente subcontrato el diseño detallado de estructuras de edificio de operaciones, mantenimiento y administrativos se determinaron 8 tipos de material (los parámetros de índice, resistencia y deformabilidad son descritos en la Tabla 4-3) los cuales son descritos a continuación:

- **MATERIAL 1:** Comprende entre los 0.0 m hasta 5.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris claro de plasticidad muy alta, consistencia media y con presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 2:** Comprende entre los 5.0 m hasta 9.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad muy alta, consistencia media y con presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 3:** Comprende entre los 9.0 m hasta 14.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad alta, consistencia media y con presencia de oxidaciones y fisuras.
- **MATERIAL 4:** Comprende entre los 14.0 m hasta 23.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad alta, consistencia firme y con presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 5:** Comprende entre los 23.0 m hasta 26.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad muy alta, consistencia media y con presencia de oxidaciones y lentes de arena.
- **MATERIAL 6:** Comprende entre los 26.0 m hasta 30.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad alta, consistencia firme y con presencia de oxidaciones.
- **MATERIAL 7:** Comprende entre los 30.0 m hasta 36.0 m de profundidad, este material es una arcilla color gris de plasticidad alta, consistencia firme y con presencia de lentes de arena.
- **MATERIAL 8:** Comprende entre los 36.0 m hasta 50.0 m de profundidad, este material es una arcilla arenosa color gris claro de plasticidad media, consistencia firme.

Tabla 4-3. Parámetros geotécnicos para las básculas y zona de lavado y mantenimiento

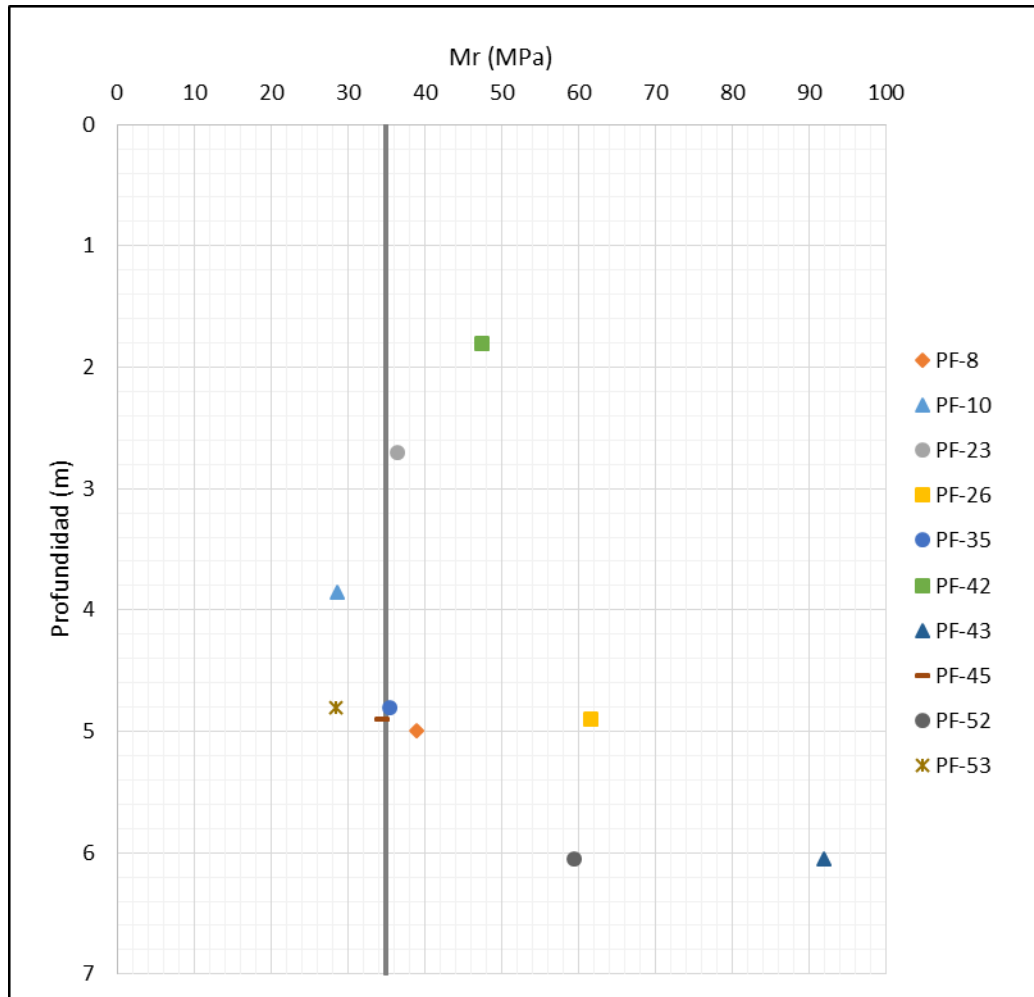
Profundidad (m)	Material	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_t (kN/m ³)	Cu (kN/m ²)	Es (kN/m ²) (400Cu)	Es (kN/m ²) (600Cu)	
0	5	1	62	78	27	51	17,2	70	28,0	42,0
5	9	2	77	108	37	71	16,1	80	32,0	48,0
9	14	3	49	44	19	26	16,9	90	36,0	54,0
14	23	4	40	72	27	45	17,0	100	40,0	60,0
23	26	5	121	174	110	64	13,0	65	26,0	39,0
26	30	6	52	45	21	24	18,2	100	40,0	60,0
30	36	7	59	60	27	33	150	110	44,0	66,0
36	50	8	35	41	21	20	17,5	180	100,0	150,0

4.4 Vías y parqueaderos

De acuerdo a los perfiles geométricos y geotécnicos de las vías y parqueaderos serán ubicados en materiales arcillosos de consistencia media a firme, por lo que se determinó un solo valor de Módulo Resiliente, este valor fue tomado a partir de los ensayos elaborados por CDM Smith (el resumen de los resultados se encuentra en la Tabla 4-4), teniendo en cuenta que la estructura de pavimento y parqueadero se encuentra a una profundidad máxima de 5,0 m con respecto al nivel actual del terreno, se toma el valor de 35,0 kN/m² para diseño de las capas. En la figura 4-9 se muestra la variación del Módulo Resiliente en profundidad, éstos sondeos fueron tomados sobre el diseño de las vías.

Tabla 4-4. Resumen de los resultados de laboratorio para Modulo Resiliente

Sondeo	Profundidad			Material	Mr (kN/m ²)
	Inicio (m)	Final (m)	Media (m)		
PF8	4.7	5.3	5.00	Arcilla con rastros de arena	38,891
PF10	3.6	4.1	3.85	Arcilla dura	28,677
PF23	2.4	3.0	2.70	Arcilla firme	36,369
PF26	4.6	5.2	4.90	Arcilla dura	61,660
PF35	4.5	5.1	4.80	Arcilla dura	35,493
PF42	1.5	2.1	1.80	Arcilla dura	47,369
PF43	5.8	6.3	6.05	Arcilla dura	91,923
PF45	4.6	5.2	4.90	Arcilla dura	34,500
PF52	6.0	6.1	6.05	Arcilla dura	59,500
PF53	4.5	5.1	4.80	Arcilla dura	28,415

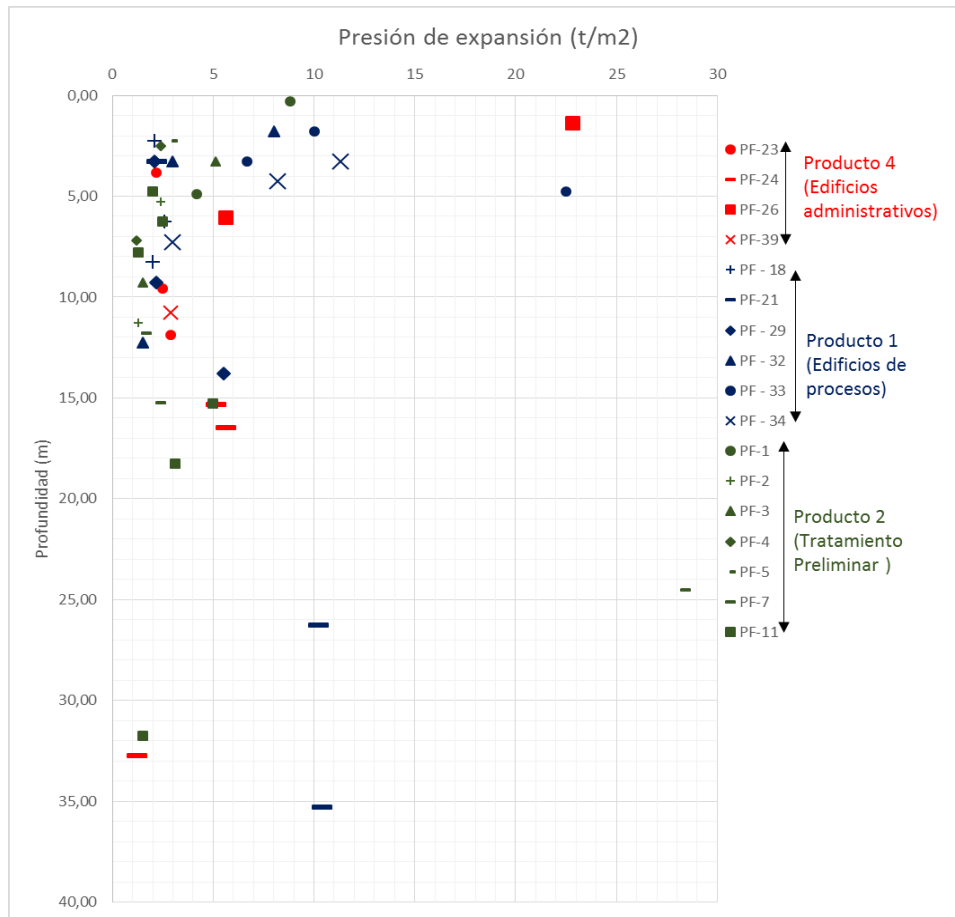
Figura 4-9. Distribución del Módulo Resiliente en profundidad.


La subrasante está conformada por materiales que son altamente plásticos con presiones de expansión altas por lo cual se deberá realizar un mejoramiento a la subrasante para evitar agrietamientos o hundimientos debidos a los cambios en los contenidos de agua

4.5 Presión de expansión

Por medio de ensayos de consolidación y expansiones controladas, se logró establecer la alta probabilidad que tienen los primeros metros de suelo a sufrir cambio volumétrico debido a la variabilidad de la humedad, situación que debe ser controlada en todas la subrasante de las diferentes vías que contienen la PTAR Canoas . En la Figura 4-10 se muestra la variabilidad de la presión de expansión para las perforaciones realizadas en las zonas del Producto 1, Producto 2 y Producto 4, en esta gráfica se puede ver que hasta los 5 m de profundidad se presentan valores de hasta 210 kN/m², con predominio de valores inferiores a 100kN/m². De 5 m hacia abajo se tiene hasta cerca de 13 m los valores de presión de expansión son del orden de 25kPa, a mayor profundidad los valores son dispersos, pero no revisten importancia para el proyecto, de todos modos el grado de plasticidad permite deducir que los suelos existentes presenta potencial alto de cambio volumétrico por cambios de humedad. Adicionalmente la gráfica nos muestra la homogeneidad de los primeros metros en toda la zona de estudio y que la zona activa puede alcanzar los 5 m de profundidad.

Figura 4-10 Variabilidad de la presión de expansión en función de la profundidad



Sección 5

Análisis geotécnicos

Con base en la caracterización geotécnica, se realizó el análisis de capacidad portante y asentamientos tanto inmediatos como por el efecto de la consolidación para las porterías de acceso; adicionalmente, se definen los asentamientos diferenciales que se están produciendo, lo cual, está en función de la rigidez que tenga la estructura.

5.1 Capacidad portante

Para el cálculo de la capacidad portante se utilizó el método propuesto por Vesic, el cual incluye factores de corrección por forma, compresibilidad, profundidad de la cimentación, inclinación de la carga, inclinación de la base y considera la influencia del talud del terreno en el cálculo de la capacidad portante, La evaluación de la capacidad portante se realizó para el nivel aproximado propuesto para la cimentación (Característica cada estructura), a partir de las propiedades geotécnicas encontradas para los materiales seleccionados, Las expresiones utilizadas para el cálculo de capacidad portante de cimentaciones superficiales por el método de Vesic, se presentan a continuación:

$$Qu = C \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} \cdot F_{ci} \cdot F_{cg} \cdot F_{cc} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qi} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} \cdot F_{qg} \cdot F_{qc} + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} \cdot F_{\gamma g} \cdot F_{\gamma c}$$

Dónde:

- C : Cohesión del suelo
- γ : Peso unitario del suelo
- B : Ancho de la cimentación
- q : Sobrecarga del suelo sobre el nivel de cimentación (γ, Df)
- Df : Profundidad de cimentación,
- Ni : Factores de capacidad de carga en función de ϕ (N_c, N_q, N_γ)
- ϕ : Angulo de fricción interno del suelo
- Fis : Factores de corrección por forma (Fcs, Fqs, F γ s)
- Fid : Factores de corrección por profundidad (Fcd, Fqd, F γ d)
- Fii : Factores de corrección por inclinación de la carga (Fci, Fqi, F γ i)
- Fig : Factores de corrección por inclinación del talud (Fcg, Fqg, F γ g)
- Fit : Factores de corrección por inclinación de la base (Fct, Fqt, F γ t)
- Fit : Factores de corrección por compresibilidad (Fcc, Fqc, Fc)

Debida la condición fina de los materiales, el tercer término de la ecuación sería 0; adicionalmente, los valores de cohesión se calcularán con un promedio ponderado, dándole más peso a las capas superficiales cuya S_u es menor, Por lo cual la expresión de capacidad portante para una condición no drenada está dada por:

$$\sigma_u = S_u * N_c + \gamma * D_f$$

Para los casos, donde la cimentación es circular, se utilizó la ecuación de Terzaghi, ya que esta si contempla el efecto de la forma circular para la capacidad portante de suelo, cuya expresión es la siguiente

En condición no drenada se tiene:

$$\sigma_u = 1,3 N_c + \gamma * D_f * N_q, \text{ (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)}$$

$$\text{Con } N_q = e^{\pi * \tan(\varphi)} * \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$N_c = (N_q - 1) * \text{Cot}(\varphi)$$

5.2 Asentamientos inmediatos (S_e)

Para el análisis de asentamientos inmediatos se tomarán las siguientes consideraciones:

○ **ASENTAMIENTO BASADO EN LA TEORÍA DE LA ELASTICIDAD**

Este asentamiento se estima usando la teoría de elasticidad de Hooke; Teóricamente, si se tiene una profundidad de cimentación $D_f=0$ y una profundidad de estrato incompresible $H=\infty$, el asentamiento para el centro y la esquina de la placa esta dad por:

$$S_e = \frac{B * q_0 * (1 - \nu^2) * \alpha}{1000 E_s} \quad [\text{Centro de Placa} - \text{Flexible}], \text{ (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)}$$

$$S_e = \frac{B * q_0 * (1 - \nu^2) * \alpha / 2}{1000 E_s} \quad [\text{Esquina de Placa} - \text{Flexible}]$$

Donde

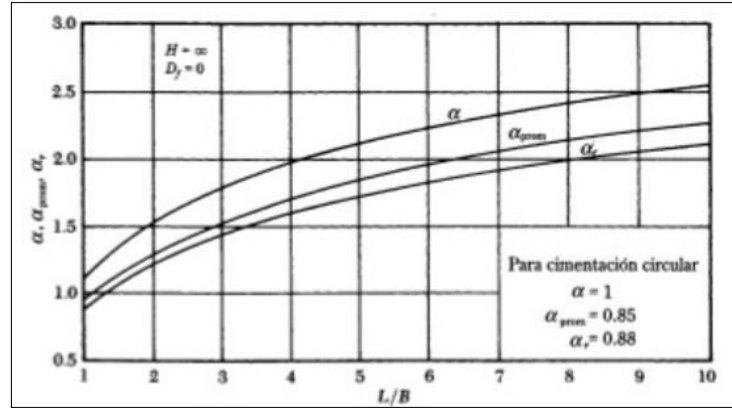
- B = Base del cimiento
- q_0 = Carga aplicada al cimiento (kPa)
- ν = Relación de Poisson
- E_s = Módulo de elasticidad (kPa)
- α = Parámetro que está en función de la relación L/B

En caso de un cimiento completamente rígido, el asentamiento se define a continuación

$$S_e = \frac{B * q_0 * (1 - \nu^2) * \alpha_r}{1000 E_s} \quad [\text{Cimentación Rígido}]$$

Donde α_r es un factor en función de la relación L/B, Este factor puede observarse en la Figura 5-1,

Figura 5-1 Variación α , α_r y α_{prom} en función de la relación L/B (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)



○ **ASENTAMIENTO ELÁSTICO DE CIMENTACIONES**

Janbu (1956) (Das B. M., Fundamentos de ingeniería geotécnica , 2001) propuso una ecuación que permite evaluar el asentamiento promedio de cimientos sobre suelos arcillosos en condición saturada, con una profundidad de excavación diferente de 0, utilizando la siguiente ecuación

$$S_e = \frac{A_1 * A_2 * B * q_0}{E_s} \quad [\text{Asentamiento Promedio}]$$

Donde A_1 es una función de la relación entre la profundidad del estrato incompresible y la base del cimiento, mientras A_2 es una función de la relación entre la profundidad de excavación y la base del cimiento,

○ **ASENTAMIENTO ELÁSTICO CUANDO $H < \infty$**

Steinbrenner (1934) (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001) propuso una ecuación que permite evaluar los asentamientos elásticos cuando el bulbo de esfuerzos ($1,5 * \text{Base del cimiento}$) se proyecta hasta profundidad tal, que alcance la capa rígida (incompresible), siendo la capa compresible en el presente perfil de estudio la capa que inicia a partir de los 37m, La ecuación propuesta por Steinbrenner se presenta a continuación:

$$S_e = \frac{B * q_0 * (1 - \vartheta s^2)}{E_s} (1 - \vartheta s^2) ((1 - \vartheta s^2)F1 + (1 - \vartheta s^2 - 2\vartheta s^2)F2) \quad [\text{Centro de Placa - Flexible}]$$

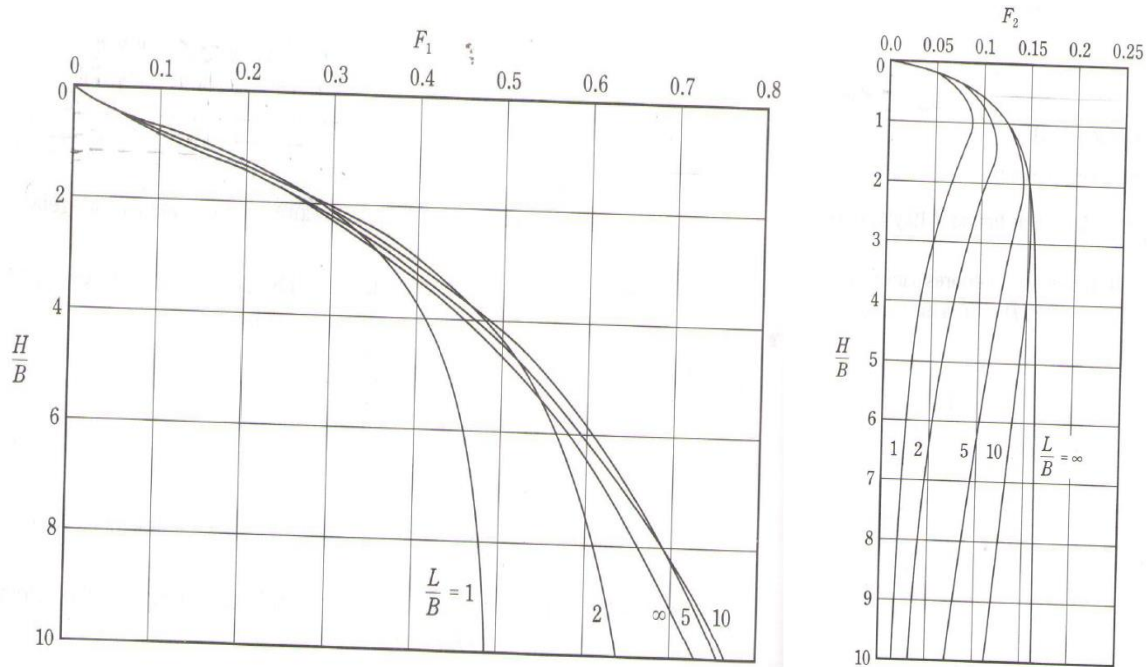
$$S_e = \frac{B * q_0 * (1 - \vartheta s^2)}{E_s} \frac{(1 - \vartheta s^2) ((1 - \vartheta s^2)F1 + (1 - \vartheta s^2 - 2\vartheta s^2)F2)}{2} \quad [\text{Esquina de Placa - Flexible}]$$

Donde

- B = Base del cimiento
- q_0 = Carga aplicada al cimiento (kPa)

- ν = Relación de Poisson
- E_s = Módulo de elasticidad (MPa)
- F_1 y F_2 son variaciones que dependen de H/B propuestas por Steinbrenner, las cuales se presentan en la Figura 5-2,

Figura 5-2 Variabilidad de F_1 y F_2 VS H/B , (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)



5.3 Asentamientos por consolidación (S_c)

Estos asentamientos se dan a lo largo del tiempo, en arcillas saturadas cuando son sometidas a cargas crecientes causadas por la construcción de alguna estructura; para calcular los asentamientos S_c , se usan las siguientes expresiones

$$S_c = \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_{prom}}{\sigma'_0} \right] \quad \text{Válido para arcillas Normalmente Consolidadas}$$

$$S_c = \frac{C_r H_c}{1 + e_0} \log \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_{prom}}{\sigma'_0} \right] \quad \text{Válido para arcillas pre consolidadas}$$

con $\sigma'_0 + \Delta\sigma_{prom} < \sigma'_p$

$$S_c = \frac{C_r H_c}{1 + e_0} \log \left[\frac{\sigma'_p}{\sigma'_0} \right] + \frac{C_c H_c}{1 + e_0} \log \left[\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_{prom}}{\sigma'_p} \right]$$

*Válido para arcillas pre consolidadas
con $\sigma'_0 < \sigma_p < \sigma'_0 + \Delta\sigma_{prom}$*

Dónde:

- C_c Coeficiente de Compresión,
- C_r es el coeficiente de recompresión
- H_c Espesor de la capa
- e_0 Relación de Vacíos inicial
- σ'_0 Esfuerzo vertical efectivo inicial
- $\Delta\sigma_{prom}$ Incremento de esfuerzos inducido por la cimentación
- σ'_p Esfuerzo efectivo vertical de preconsolidación

Para calcular el incremento de esfuerzo, se usa la teoría de Boussinesq (1885) (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001), cuya fórmula es la siguiente:

$$\Delta\sigma = q * I_c$$

Donde I_c es el factor de influencia que está en función de las dimensiones del cimiento y la profundidad y “q” siendo el esfuerzo de sobrecarga aplicado, Cabe resaltar, el factor de Influencia para el centro de la placa difiere al de la esquina.

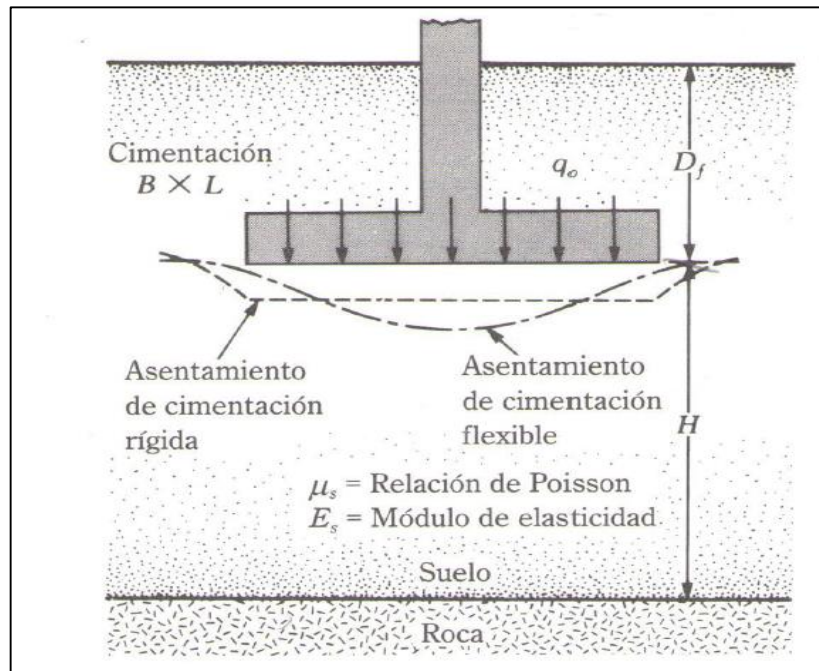
Para la condición completamente rígido, se usa el método 2:1, donde los esfuerzos se irán propagando, La ecuación que describe esta metodología se muestra a continuación

$$\Delta\sigma_{prom} = \frac{\sigma'_0 * B * L}{(B + z) * (L + z)},$$

Donde z es la profundidad

La Figura 5-3 establece el comportamiento de la placa a partir de los asentamientos generados por las cargas colocadas al suelo.

Figura 5-3 Deformaciones de la placa a partir de la carga generada, (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)



5.4 Coeficiente de reacción del suelo (K_r)

El objetivo de este parámetro es el de reemplazar una masa de suelo por resortes elásticos equivalentes, con una constante k por unidad de área, lo que realmente es una conveniencia matemática que facilita los cálculos de esfuerzos y deformaciones en las interfaces estructura - suelo, puesto que las deformaciones se hacen directamente proporcionales a los esfuerzos aplicados. Para calcularlo se tiene la siguiente relación:

$$K_r = \frac{\sigma_{aplicado}}{s_e}, \text{ (Das B. M., Principios de ingeniería de cimentaciones, 2001)}$$

Siendo s_e los asentamientos generados por la estructura.

Sección 6

Análisis geotécnico

6.1 Portería Norte

Como se dijo en el numeral 3 la Portería Norte transmitirá un esfuerzo de 25 kN/m² al suelo, en el sitio donde se ubica esta portería tendrá una explanación de 2,23 m, esta excavación liberará un esfuerzo de 42,37 kN/m² el cual es ejercido por este suelo, por lo tanto, la Portería Norte se encontrará en una condición sobre compensada y no presentará asentamientos por consolidación.

6.1.1 Capacidad Portante

La Portería Norte se recomienda cimentarla como mínimo a 0,50 m de la rasante proyectada (es decir que la cota mínima es 2552,66 m.s.n.m.) donde se encontrará una arcilla gris clara de muy alta plasticidad con oxidaciones, en la Tabla 6-1 se resumen las propiedades índice y mecánicas de este material; la capacidad portante del suelo de cimentación se encuentra entre 104 kN/m² y 170 kN/m² con un factor de seguridad de 3, según el tipo de cimiento a emplear, por lo tanto este material es capaz de soportar la estructura proyectada de la Portería Norte.

Tabla 6-1. Parámetros de la capa portante para la Portería Norte

Material	Clasificación							Resistencia		
	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	G _s	γ _d (kN/m ³)	γ _t (kN/m ³)	Lectura Veleta (lb in)	λ	Cu Veleta (kN/m ²)
Arcilla gris clara con oxidaciones	64	100	35	65	2,70	9,0	16,0	72	0,721	59,40

Se contemplaron cuatro tipos de cimientos: zapatas cuadradas con B variable de 0,50 m hasta 2,00 m, cimientos corridos con un L=8,15 m y B variable entre 0,40 m a 1,60 m, cimientos corridos con un L=6,00 m y B variable entre 0,40 m y 0,60 m, y placa de 6,00 m x 8,15 m. Para el caso de la placa se tiene una capacidad portante admisible entre 120 kN/m² y 135 kN/m², con una carga admisible entre 5800 kN y 6600 kN, en las Figura 6-1 y Figura 6-2 se presentan las cargas admisibles para los cimientos zapatas cuadrados y corridos.

Figura 6-1 Carga admisible para zapatas cuadradas

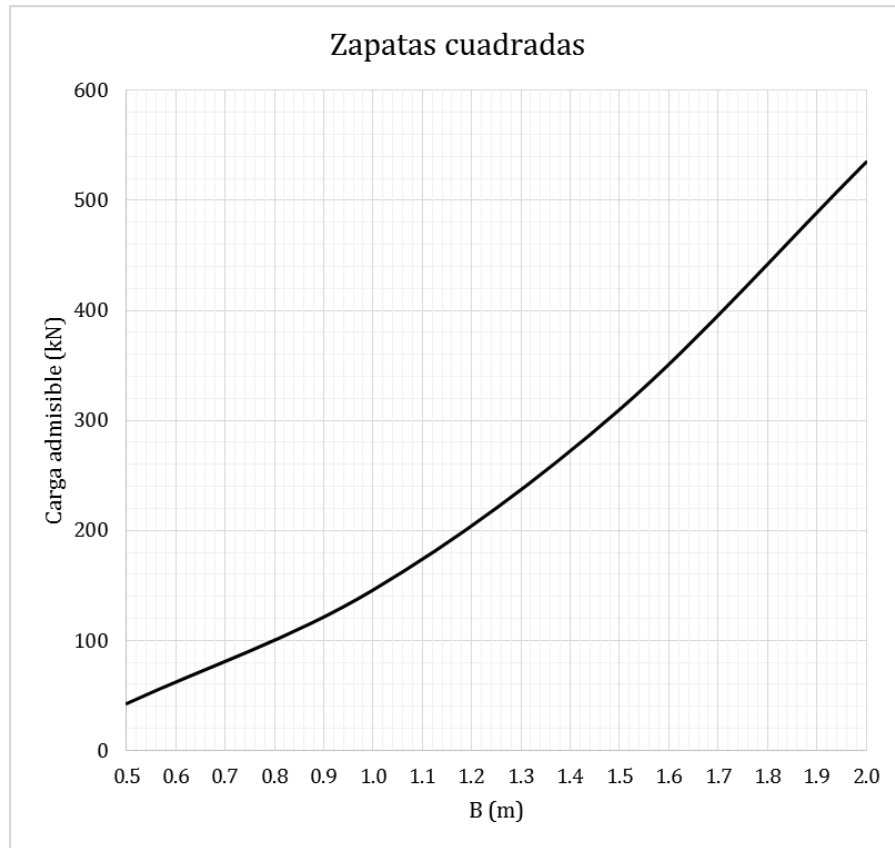
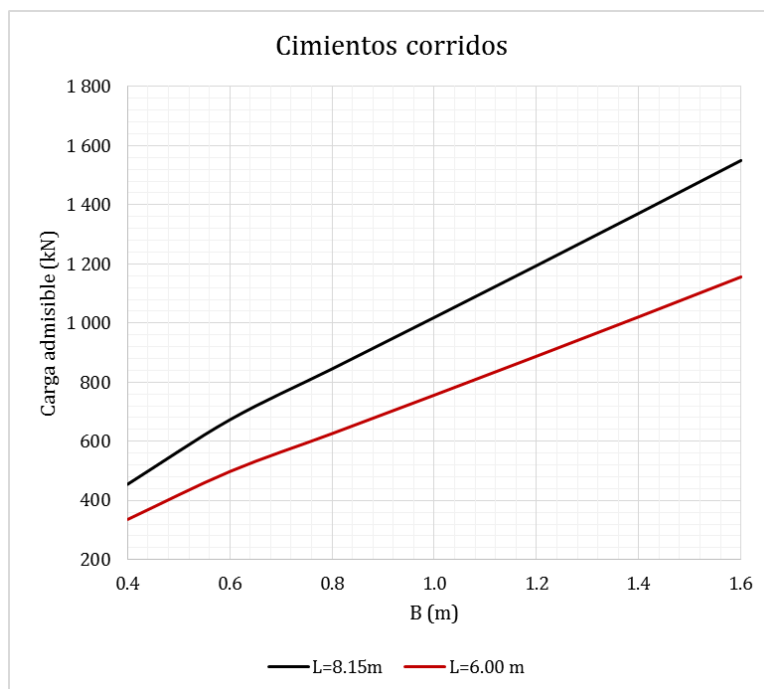


Figura 6-2 Carga admisible para los cimientos corridos.



6.1.2 Asentamientos

Se evaluaron los asentamientos inmediatos únicamente, ya que la estructura se encuentra sobre compensada; de acuerdo a la carga que transmite al suelo la Portería Norte (1222,50 kN) se estimó un número mínimo de cimientos necesarios para soportar la estructura, según el tipo de cimiento, y se hallaron los asentamientos producidos por estas cargas. Para ello se tomó un valor de módulo de Elasticidad de 30772,00 kN/m², el cual se obtuvo del promedio ponderado de las capas estratigráficas y se asumió un valor de la relación de Poisson de 0,45.

En general para cualquier tipo de cimiento a utilizar se esperan que los asentamientos inmediatos no superen los 1.50 mm en las zapatas cuadradas y corridos, mientras que en la placa se esperan 6.00mm. En las figura 6-3 y la figura 6-4 se encuentra los resultados de los asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas y cimientos corridos, y en la Tabla 6-2 se encuentra los asentamientos para placa.

Tabla 6-2. Asentamientos inmediatos para la placa

Tipo Cimiento	Ubicación	L (m)	B (m)	Qadm (KN/m ²)	Se (mm)
Flexible	Centro	8,15	6,00	25,00	6,08
Flexible	Esquina	8,15	6,00	25,00	3,04
Rígido	Centro	8,15	6,00	25,00	5,35
Rígido	Esquina	8,15	6,00	25,00	2,67

Figura 6-3 Asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas

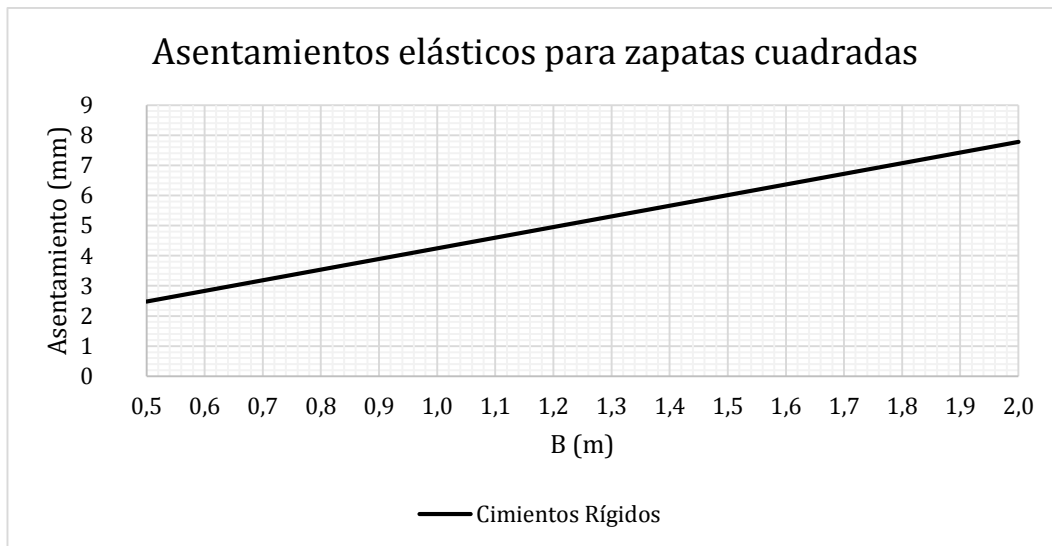
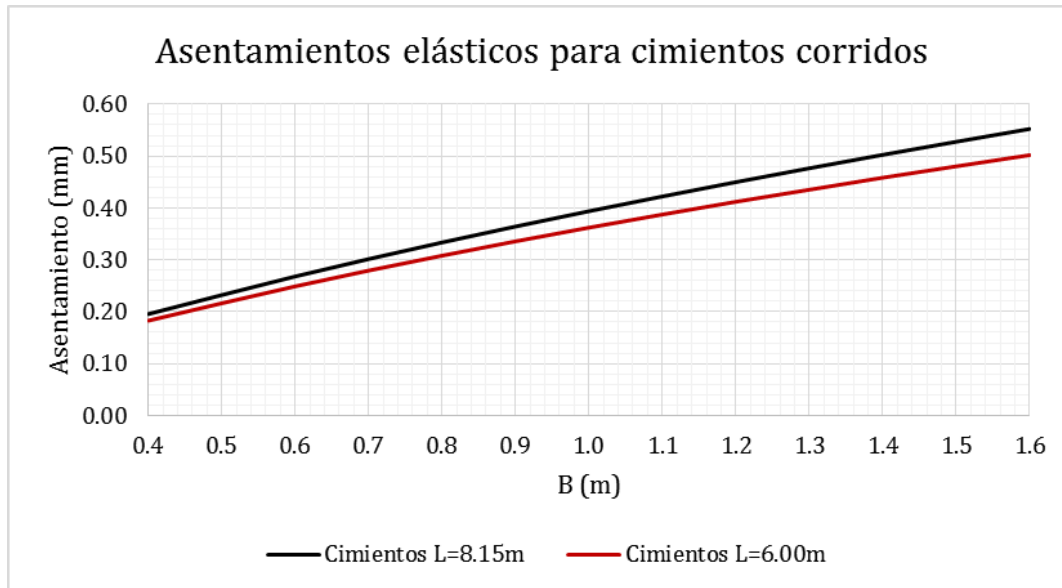


Figura 6-4 Asentamientos inmediatos para cimientos continuos



6.1.1 Módulo de reacción

Los Módulos de Reacción para los cimientos tipo zapatas cuadradas y cimientos corridos se presentan en la figura 6-5 y la figura 6-6, para la placa se presentan en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3. Módulos de Reacción para la placa

Tipo Cimiento	Ubicación	L (m)	B (m)	Qadm (KN/m ²)	Kr (kN/m ³)
Flexible	Centro	8,15	6,00	25,00	4112,94
Flexible	Esquina	8,15	6,00	25,00	8225,88
Rígido	Centro	8,15	6,00	25,00	4673,79
Rígido	Esquina	8,15	6,00	25,00	9347,59

Figura 6-5 . Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.

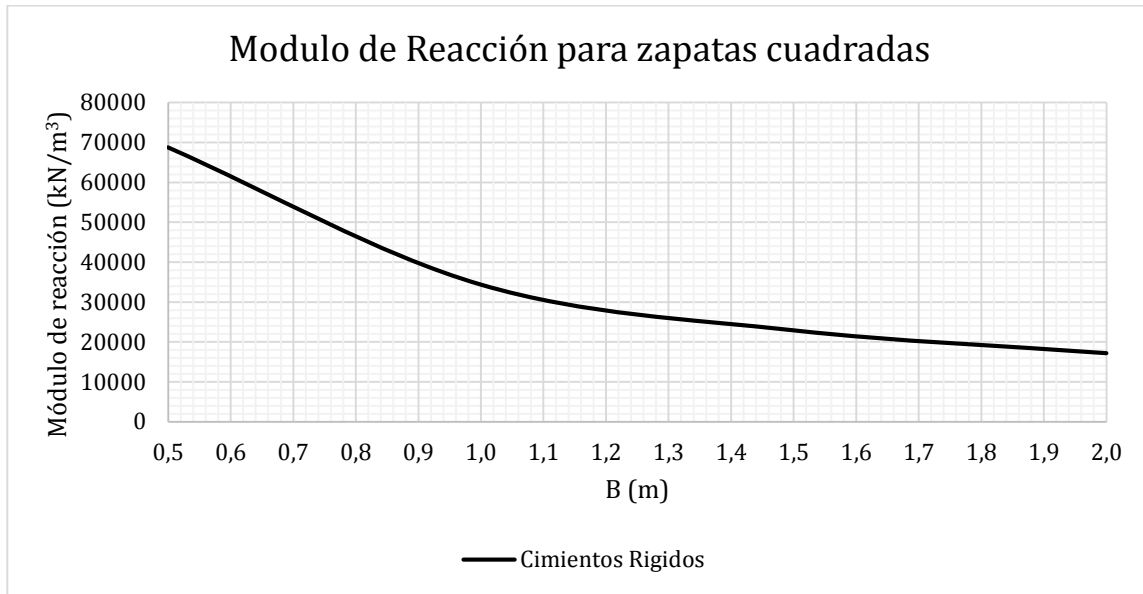
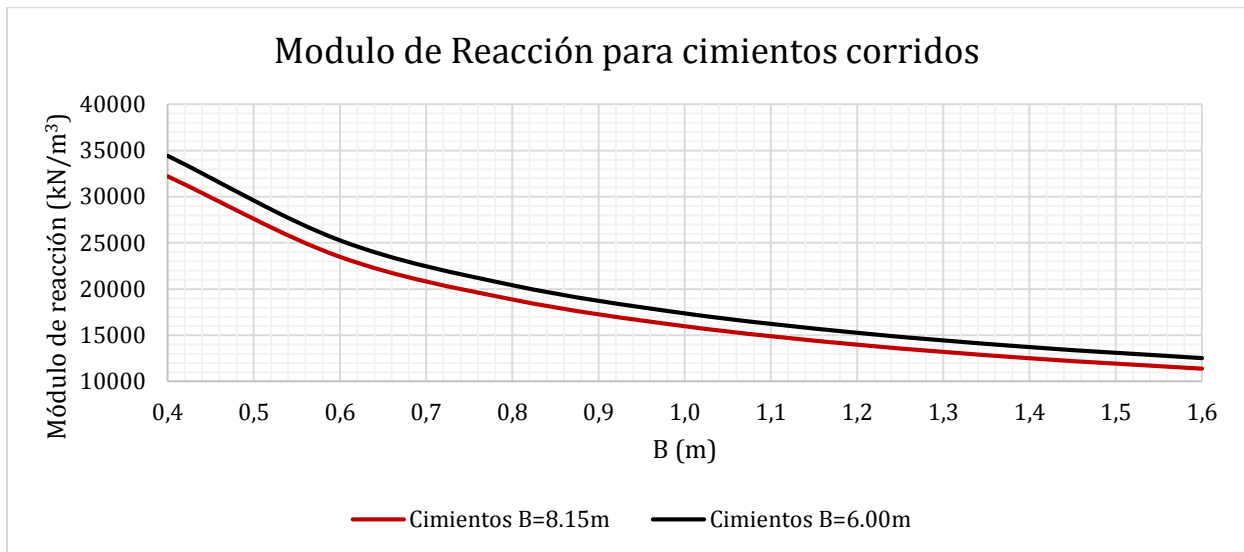


Figura 6-6 Módulos de Reacción para los cimientos corridos.



6.1.2 Potencial de expansión

Según los resultados de laboratorio realizados en capas adyacentes a la capa de cimentación, el material sobre el cual se apoyará la Portería Norte posee una presión de expansión mayor a la presión que ejerce la estructura, para evitar complicaciones durante la operación y funcionamiento de la Portería Norte es necesario controlar los cambios de contenido de agua natural en el suelo, mediante el reemplazo de 1 m de espesor de suelo existente por material tipo recebo compactado (norma NP-040 EAB-ESP) mínimo al 95 % de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, esto ayudara a controlar los cambios de contenido de agua natural en el suelo así reduciendo del potencial de expansión y evitar desplazamientos en la cimentación.

6.1.3 Cortes Y Rellenos

Se espera que los cortes a realizar no superen 1.50 m de profundidad, por lo que en este punto se pueden realizar taludes verticales, en caso de ser necesario hacer rellenos se deben realizar con material tipo recebo compactado al 90% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor Modificado, de acuerdo con la norma vigente NP-040 "Rellenos" de la EAB-ESP.

6.2 Portería Sur

Como se dijo en el numeral 3, la Portería Sur transmitirá un esfuerzo de 25 kN/m² al suelo, en el sitio donde se ubica esta portería tendrá una explanación de 0,60 m, esta excavación liberará un esfuerzo de 11,10 kN/m² el cual es ejercido por este suelo, por lo tanto, la Portería Sur aplicará 13,90 kN/m² de esfuerzo neto al perfil del suelo.

6.2.1 Capacidad Portante

La Portería Sur se recomienda cimentarla como mínimo a 1,00 m de la rasante proyectada (es decir que la cota mínima es 2,555.50 m.s.n.m.) donde se encontrará una arcilla gris clara de alta plasticidad con oxidaciones, en la Tabla 6-4 se resumen las propiedades índice y mecánicas de este material; la capacidad portante admisible del suelo de cimentación se encuentra entre 175 kN/m² y 290 kN/m² con un factor de seguridad de 3, según el tipo de cimiento a emplear, por lo tanto este material es capaz de soportar la estructura proyectada de la Portería Sur.

Tabla 6-4. Parámetros de la capa portante para la Portería Sur

Material	Clasificación						Resistencia			
	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Gs	γ_d (kN/m ³)	γ_t (kN/m ³)	Lectura Veleta (lb in)	λ	Cu Veleta (kN/m ²)
arcilla gris clara con oxidaciones	23	60	25	35	2,7	15,0	18,5	100	0,866	99,2

Se contemplaron cuatro tipos de cimientos: zapatas cuadradas con B variable de 0,50 m hasta 2,00 m, cimientos corridos con un L=8,15 m y B variable entre 0,40 m y 1,60 m, cimientos corridos con un L=6,00 m y B variable entre 0,40 m y 1,60 m y placa de 6,00 m x 8,15 m. Para el caso de la placa se tiene una capacidad admisible entre 207 kN/m² y 226 kN/m², con una carga admisible entre 10135 kN y 11065 kN, en las figura 6-7 y figura 6-8 se presentan las cargas admisibles para los cimientos zapatas cuadradas y corridos.

Figura 6-7 . Carga admisible para zapatas cuadradas

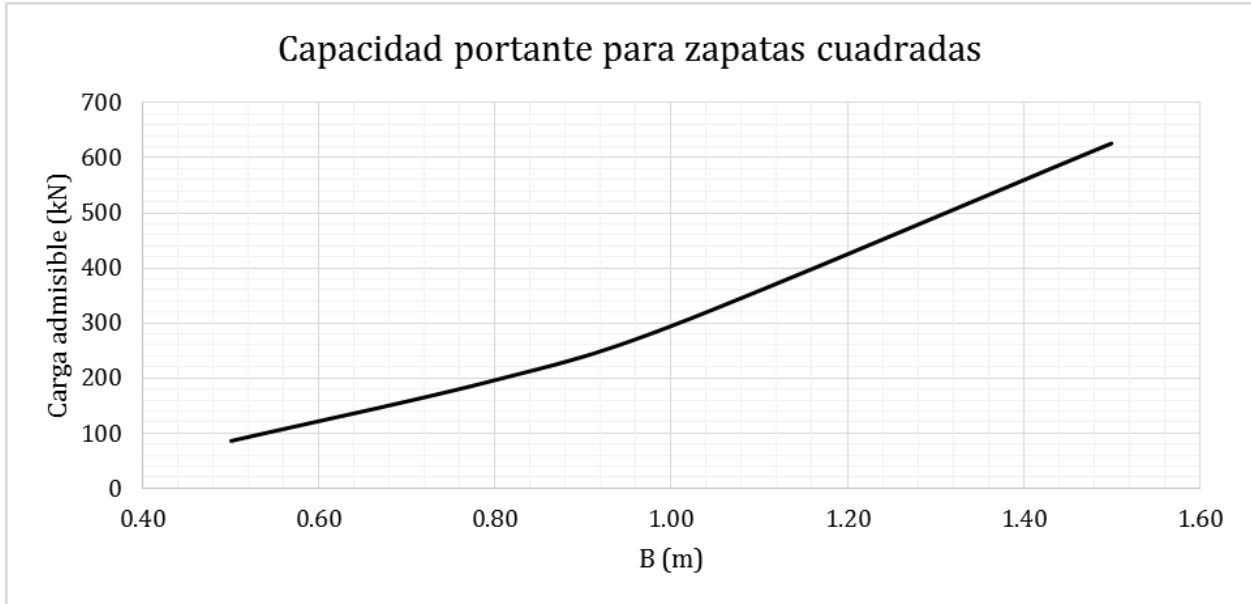
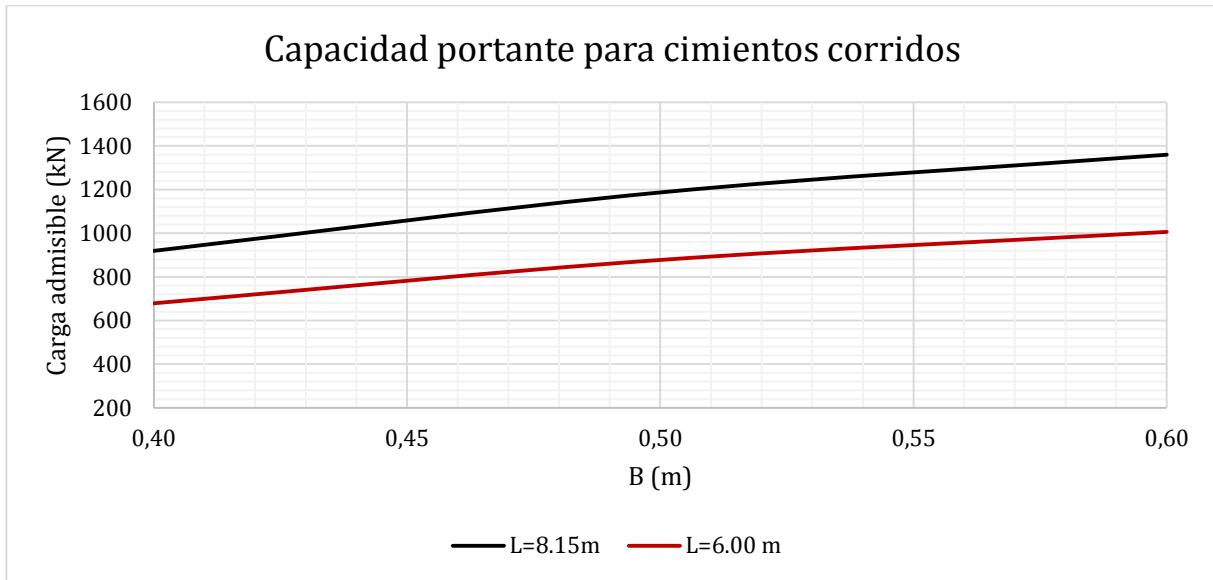


Figura 6-8 Carga admisible para los cimientos corridos.



6.2.2 Asentamientos

Se evaluaron los asentamientos inmediatos y por consolidación; de acuerdo a la carga que transmite al suelo la Portería Sur (1222,50 kN) se estimó un número mínimo de cimientos necesarios para soportar la estructura, según el tipo de cimiento.

Para los asentamientos inmediatos se tomó un valor de Módulo de Elasticidad de 53780 kN/m², el cual se obtuvo del promedio ponderado de las capas estratigráficas (los valores de elasticidad para estas

capas se hallaron a partir de la correlación de $E_s=500 \cdot C_u$ y se asumió un valor de la relación de Poisson de 0,45.

Para los asentamientos de consolidación se tomó las máximas dimensiones contempladas de cada tipo de cimentación, en los cuales se consideró la carga neta que deberá asumir cada cimiento.

En general para cualquier tipo de cimiento a utilizar se esperan que los asentamientos inmediatos no superen los 1,00 mm en las zapatas cuadradas y corridos, mientras que en la placa se esperan 4,00mm. En las figura 6-9 y la figura 6-10 se encuentra los resultados de los asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas y cimientos corridos, y en la se encuentra los asentamientos para placa.

Tabla 6-5. Asentamientos inmediatos para la placa

Tipo Cimiento	Ubicación	L (m)	B (m)	Qadm (KN/m ²)	Se (mm)
Flexible	Centro	8,15	6,00	25,00	3,48
Flexible	Esquina	8,15	6,00	25,00	1,74
Rígido	Centro	8,15	6,00	25,00	3,06
Rígido	Esquina	8,15	6,00	25,00	1,53

Figura 6-9 Asentamientos inmediatos para zapatas cuadradas

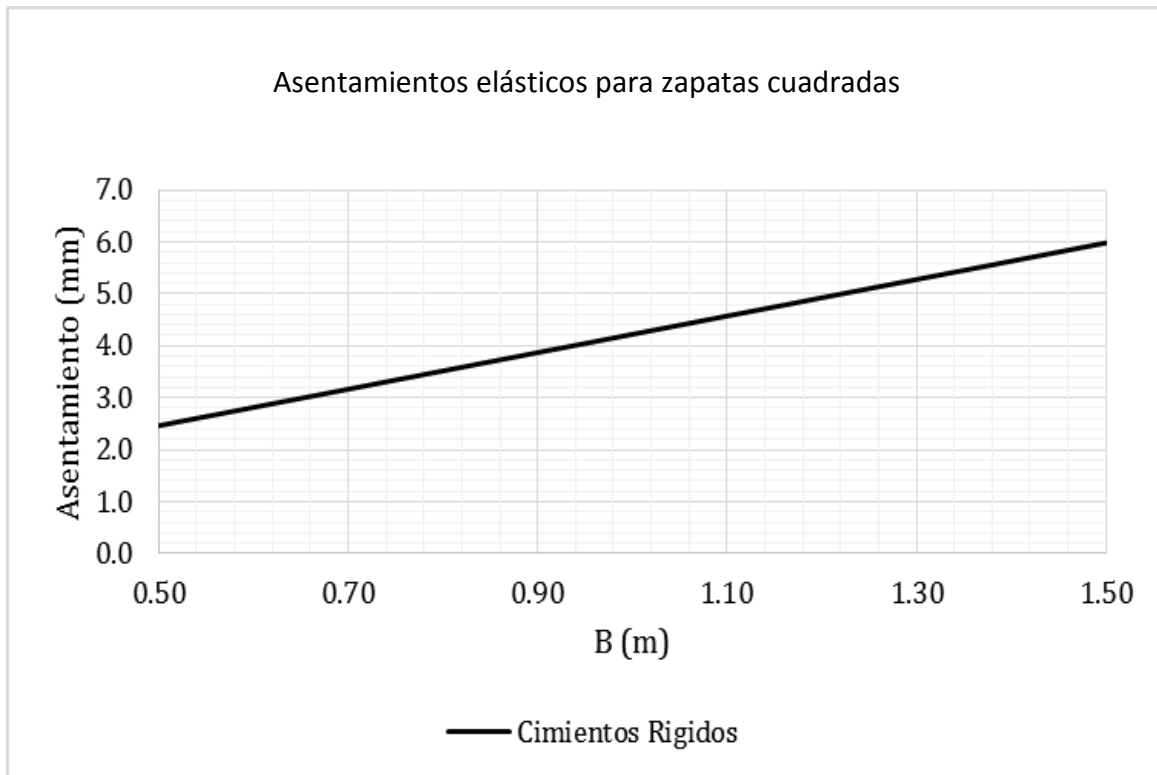
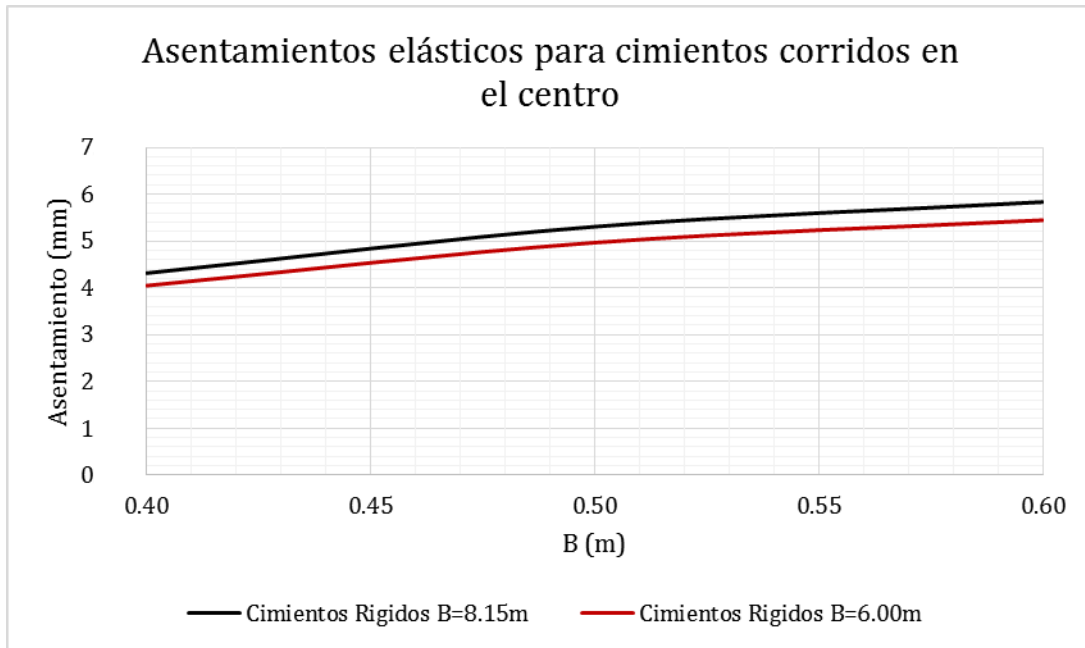


Figura 6-10 . Asentamientos inmediatos para cimientos continuos



6.2.3 Módulo De Reacción

Los Módulos de Reacción para los cimientos tipo zapatas cuadradas y cimientos corridos se presentan en la figura 6-11 y la figura 6-12, para la placa se presentan en la Tabla 6-6.

Tabla 6-6. Módulos de Reacción para la placa

Tipo Cimiento	Ubicación	L (m)	B (m)	Qadm (KN/m ²)	Kr (kN/m ³)
Flexible	Centro	8,15	6,00	25,00	7188,32
Flexible	Esquina	8,15	6,00	25,00	14376,65
Rígido	Centro	8,15	6,00	25,00	8168,55
Rígido	Esquina	8,15	6,00	25,00	16337,10

Figura 6-11 . Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.

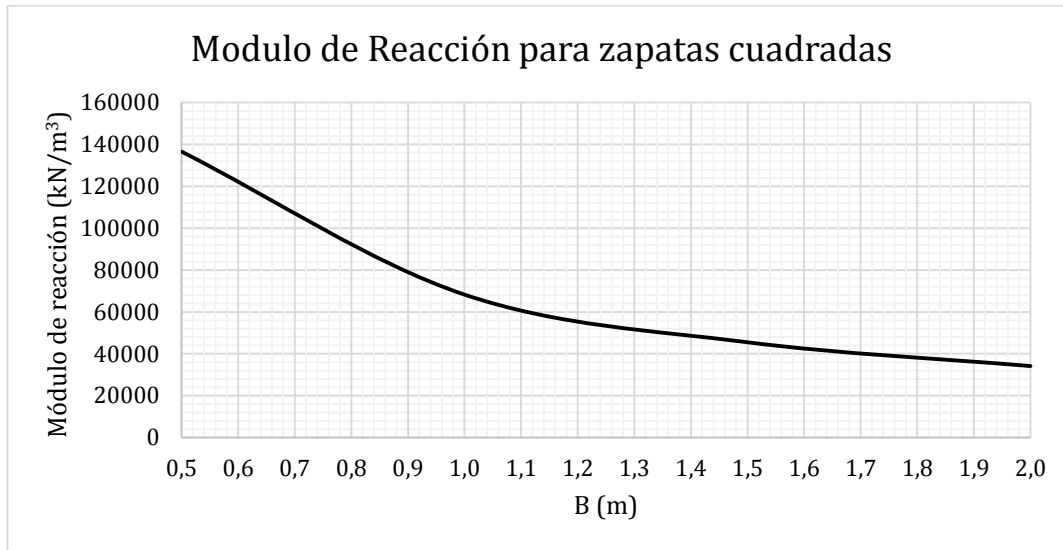
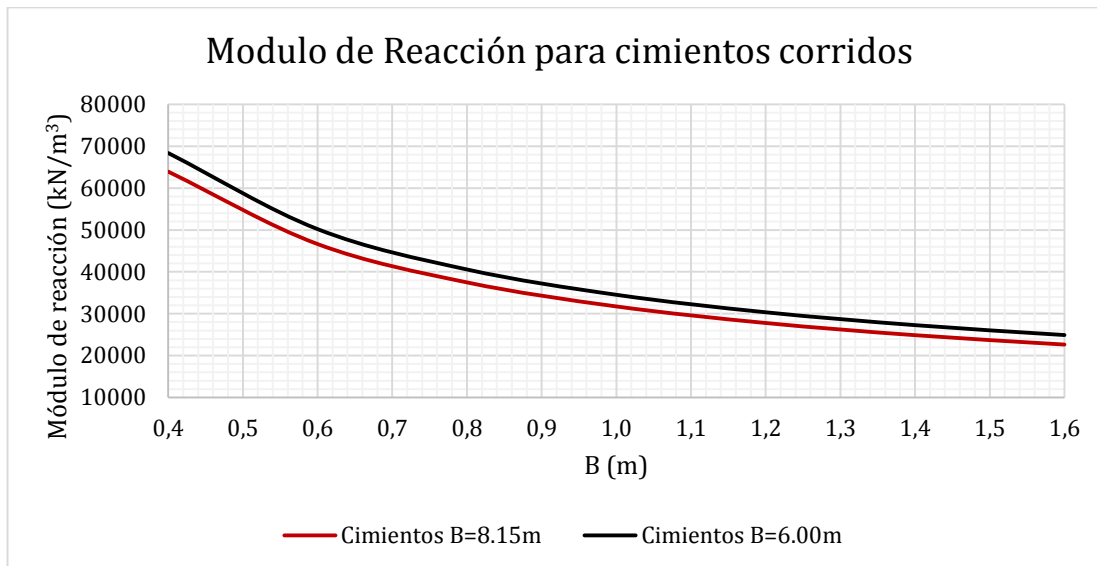


Figura 6-12 . Módulos de Reacción para los cimientos corridos.



6.2.4 Asentamientos Por Consolidación

Se evaluaron los cimientos más grandes de cada tipo de cimentación propuesta, se observa que la Portería Sur no va a presentar asentamientos por consolidación primaria mayores a 1.50 cm, los parámetros compresibilidad usados fueron tomados a partir de ensayos realizados en el sondeo PF41 y de ensayos sobre materiales con características similares que fueron obtenidos en otras perforaciones, en la Tabla 6-7 se presentan los parámetros usados para el análisis de consolidación y en la Tabla 6-8 se presentan el resumen de los asentamientos por consolidación determinados.

Tabla 6-7. Resumen parámetros de compresibilidad Portería Sur

Material	Clas	profundidad		Compresibilidad			
		Inicial (m)	Final (m)	e ₀	C _c	C _r	OCR
1	CH	0,0	1,5	-	-	-	-
2	CH	1,5	3,0	0,81	0,140	0,017	7,12
3	CH	3,0	5,4	1,37	0,515	0,064	3,00
4	CH	5,4	6,5	1,89	0,913	0,114	5,12
5	CH	6,5	9,2	1,418	0,274	0,034	1,64
6	CH	9,2	13,0	1,55	1,053	0,132	2,40
7	CL	13,0	15,0	0,46	0,09	0,011	1,12

Tabla 6-8. Resumen de los asentamientos por consolidación Portería Sur

TIPO DE CIMENTACIÓN	DIMENSIÓN		Se - CENTRO (cm)	Se - ESQUINA (cm)	Se - RÍGIDO (cm)
	B (m)	L (m)			
PLACA	6,00	8,15	1,43	0,64	1,07
ZAPATA	2,00	2,00	0,38	0,26	0,35
CORRIDO	2,00	8,15	0,73	0,39	0,63
CORRIDO	2,00	6,00	0,67	0,37	0,57

6.2.5 Potencial De Expansión

Según los resultados de laboratorio realizados en capas adyacentes a la capa de cimentación, el material sobre el cual se apoyará la Portería Sur posee una presión de expansión mayor a la presión que ejerce la estructura, para evitar complicaciones durante la operación y funcionamiento de la Portería sur es necesario controlar los cambios de contenido de agua natural en el suelo, mediante el reemplazo de 1 m de espesor de suelo existente por material tipo recebo compactado (NP-040 EAB-ESP) mínimo al 90 % de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, esto con el fin de controlar los cambios de contenido de agua natural en el suelo así reduciendo del potencial de expansión y evitar desplazamientos en la cimentación

6.2.6 Cortes Y Rellenos

Se espera que los cortes a realizar no superen 1.00 m de profundidad, por lo que en este punto se pueden realizar taludes verticales, en caso de ser necesario hacer rellenos se deben realizar con material tipo recebo compactado al 90% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor Modificado. De acuerdo con la norma vigente NP-040 "Rellenos" de la EAB-ESP

6.3 Zona de mantenimiento y lavado

Como se dijo en el numeral 3 se estima la zona de mantenimiento y lavado tendrá un nivel de explanación de 0,50 m, esta excavación liberará un esfuerzo de 8,6 kN/m² el cual es ejercido por este suelo, se realizó un análisis de capacidad portante máximo y asentamientos máximos que se puedan presentar para un determinado tipo de cimientos, el cual se presenta a continuación.

6.3.1 Capacidad Portante

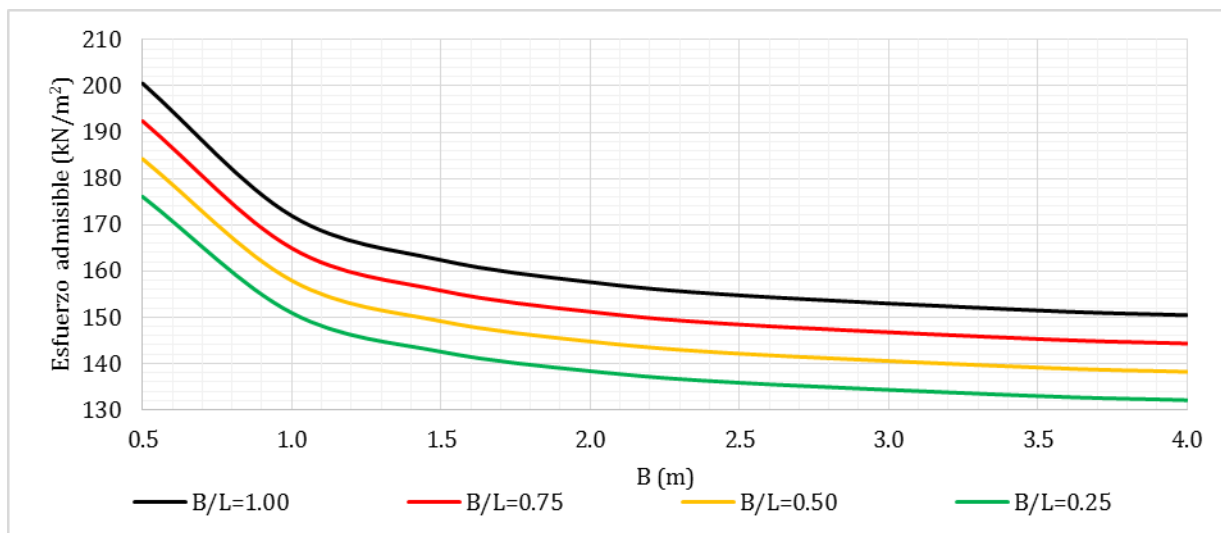
Se recomienda cimentar la instalaciones de la zona de lavado y mantenimiento como mínimo a 0,5 m de la rasante proyectada (es decir que la cota mínima es 2553,9 m.s.n.m.) donde se encontrará una arcilla gris clara de alta plasticidad, de consistencia medio y con oxidaciones, en la Tabla 6-9 se resumen las propiedades índice y mecánicas de este material.

Tabla 6-9. Parámetros de la capa portante para la zona de Báscula

Material	Clasificación					Resistencia
	Wn (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ_t (kN/m ³)	Cu (kN/m ²)
Arcilla gris clara con oxidaciones	62	78	27	51	17,2	70

Se contemplaron cimientos con diferentes relaciones de ancho largo (B/L), estas relaciones están entre 0,25 hasta 1,00 y el ancho B entre 0,50 m hasta 4,00 m, en las figura 6-13 se presentan los esfuerzos para los diferentes B de los cimientos.

Figura 6-13 Capacidad portante para la zona de lavado y mantenimiento

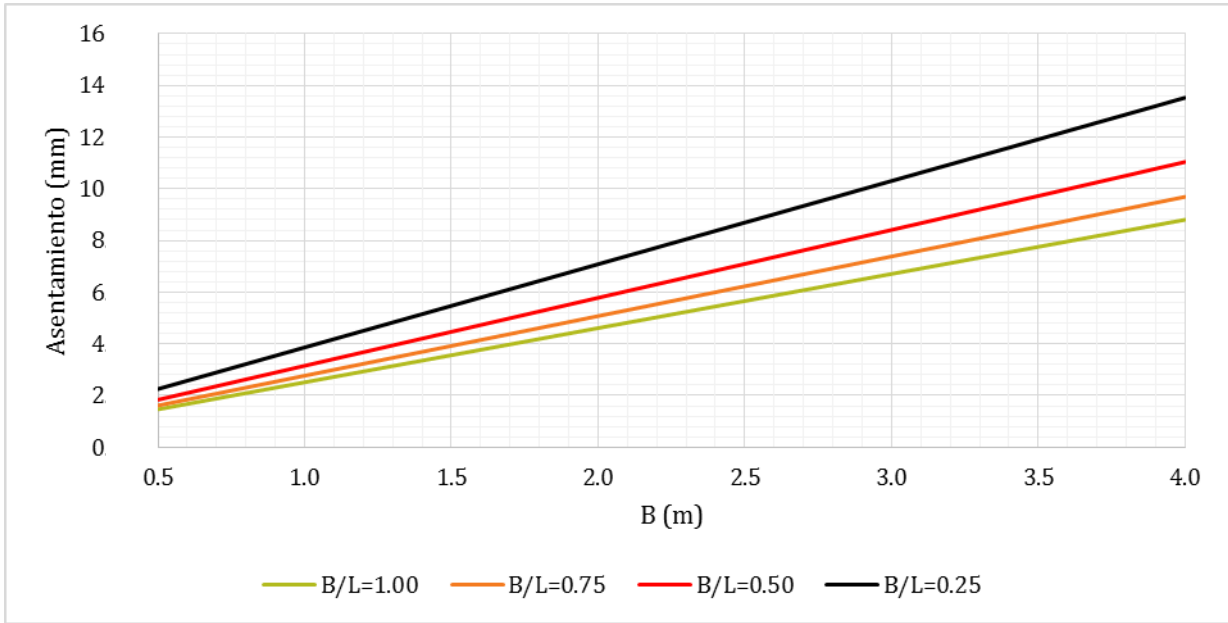


6.3.2 Asentamientos inmediatos

Se evaluaron los asentamientos inmediatos para las geometrías escogidas, para este análisis se utilizó la capacidad portante admisible del suelo asegurando que los asentamientos no superen los 10,0 cm. Para los asentamientos inmediatos se tomó un valor de Módulo de Elasticidad de 53808 kN/m², el cual se obtuvo del promedio ponderado de las capas estratigráficas y se asumió un valor de la relación de Poisson de 0,45.

Se encontró que los asentamientos generados por los esfuerzos admisibles no superan los 14,00 mm para las geometrías propuestas. En la figura 6-14 se encuentra los resultados obtenidos para los asentamientos inmediatos para cada cimiento propuesto.

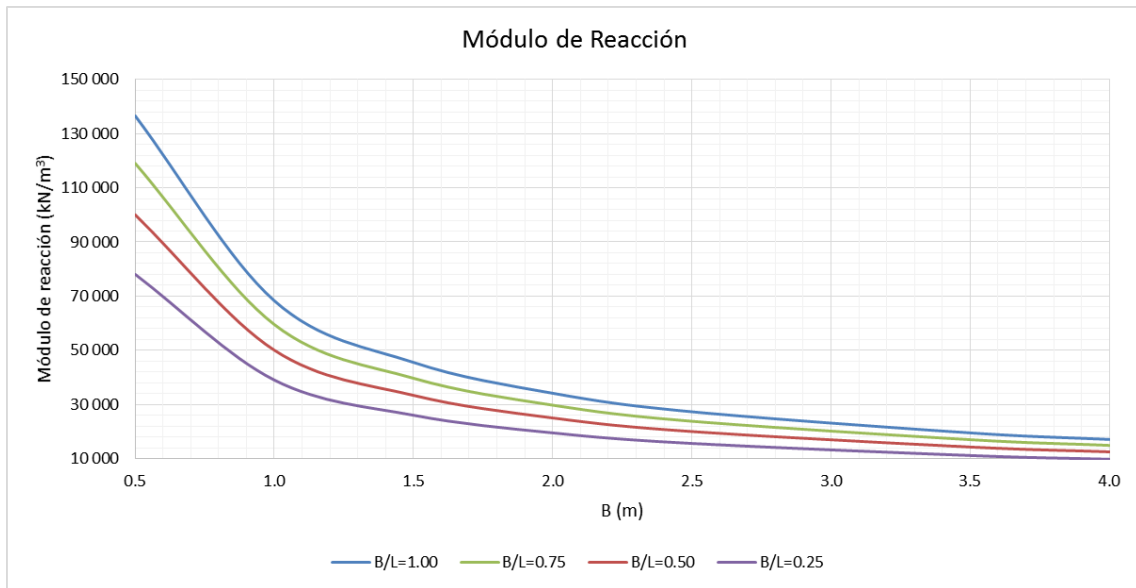
Figura 6-14 Asentamiento elástico esperado para los diferentes tipos de cimiento en la zona de lavado y mantenimiento



6.3.3 Módulo De Reacción

Los Módulos de Reacción para los cimientos tipo zapatas cuadradas y cimientos corridos se presentan en la figura 6-15.

Figura 6-15 Módulos de Reacción para las zapatas cuadradas.



6.3.4 Asentamientos Por Consolidación

Se evaluaron los cimientos más grandes de cada tipo de cimentación propuesta, se observa que la lavado y mantenimiento no va a presentar asentamientos por consolidación primaria mayores a 1,50 cm, los parámetros compresionales usados fueron tomados a partir de ensayos realizados en el sondeo PF41 y de ensayos sobre materiales con características similares que fueron obtenidos en otras perforaciones, en la Tabla 6-7 se presentan los parámetros usados para el análisis de consolidación y en la Tabla 6-8 se presentan el resumen de los asentamientos por consolidación determinados.

Tabla 6-10. Resumen de los asentamientos por consolidación Portería Sur

CAPACIDAD ADMISIBLE (kN/m ²)	DIMENSIÓN		Se - CENTRO (cm)	Se - ESQUINA (cm)	Se - RÍGIDO (cm)
	B (m)	L (m)			
150	4,0	4,0	1,65	0,99	1,36
144	4,0	5,3	1,75	1,03	1,41
138	4,0	8,0	1,89	1,07	1,49
132	4,0	16,0	2,10	1,12	1,60

6.3.5 Potencial De Expansión

Según los resultados de laboratorio realizados en capas adyacentes a la capa de cimentación, el material posee una presión de expansión importante, para evitar complicaciones durante la operación y funcionamiento de la báscula es necesario realizar un mejoramiento con material recebo compactado (NP-040-EAB-ESP) mínimo al 90 % de la densidad máxima obtenida en el ensayo de Proctor modificado de un espesor de 1m por debajo de la cimentación y con un sobre ancho de 0.5 m esto con el fin de disminuir asentamientos, distribuir los esfuerzos al suelo y controlar los cambios de contenido de agua natural en el suelo así reduciendo del potencial de expansión y evitar desplazamientos en la cimentación.

6.3.6 Cortes Y Rellenos

Se espera que los cortes a realizar no superen 2m de profundidad, por lo que en este punto se pueden realizar taludes verticales, en caso de ser necesario hacer rellenos se deben realizar con material tipo recebo compactado al 90% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor modificado, de acuerdo con la norma vigente NP-040 "Rellenos" de la EAB-ESP

6.4 Básculas

Como se dijo en el numeral 3 se estima que la báscula transmita un carga máxima al suelo de 391 kN por apoyo, en esta zona se realizará una explanación de 0,20 m, esta excavación liberará un esfuerzo de 3,4 kN/m² el cual es ejercido por este suelo, se realizó un análisis de capacidad portante y asentamientos para las cargas descritas, el cual se presenta a continuación.

6.4.1 Capacidad Portante

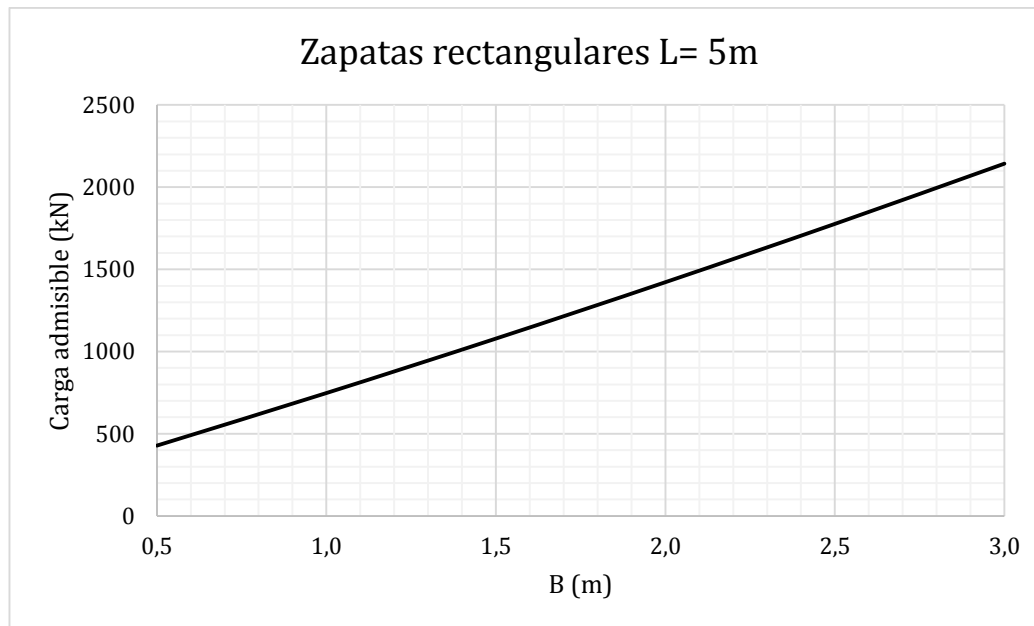
Se recomienda cimentar la báscula como mínimo a 0,5 m de la rasante proyectada (es decir que la cota mínima es 2552 m.s.n.m.) donde se encontrará una arcilla gris clara de alta plasticidad, de consistencia medio y con oxidaciones, en la Tabla 6-11 se resumen las propiedades índice y mecánicas de este material; la capacidad portante del suelo de cimentación se encuentra entre 142 kN/m² y 171 kN/m² con un factor de seguridad de 3.

Tabla 6-11. Parámetros de la capa portante para la zona de Báscula

Material	Clasificación					Resistencia
	W _n (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	γ _t (kN/m ³)	Cu (kN/m ²)
Arcilla gris clara con oxidaciones	62	78	27	51	17,2	70

Se contempló un tipo de cimiento, el cual consiste en zapatas de L=5,0 m y B variable de 0,50 m hasta 3,00 m, se determina que el ancho optimo capaz de soportar la estructura es de 0,50 m, en la figura 6-16 se presentan las cargas admisibles para los diferentes B de los cimientos.

Figura 6-16 . Capacidad portante para la zona de básculas



6.4.2 Asentamientos

Se evaluaron los asentamientos inmediatos y por consolidación; de acuerdo a la carga que transmite al suelo la báscula (391 kN) y la geometría del cimiento escogida (0,50 x 5,00 m). Para los asentamientos inmediatos se tomó un valor de Módulo de Elasticidad de 53808 kN/m², el cual se obtuvo del promedio ponderado de las capas estratigráficas y se asumió un valor de la relación de Poisson de 0,45.

Los asentamientos inmediatos y por consolidación no van a superar un centímetro y el Modulo de Reacción es 123254 kN/m³. En la Tabla 6-12 se encuentra los resultados obtenidos para los asentamientos inmediatos y por consolidación para el cimiento propuesto.

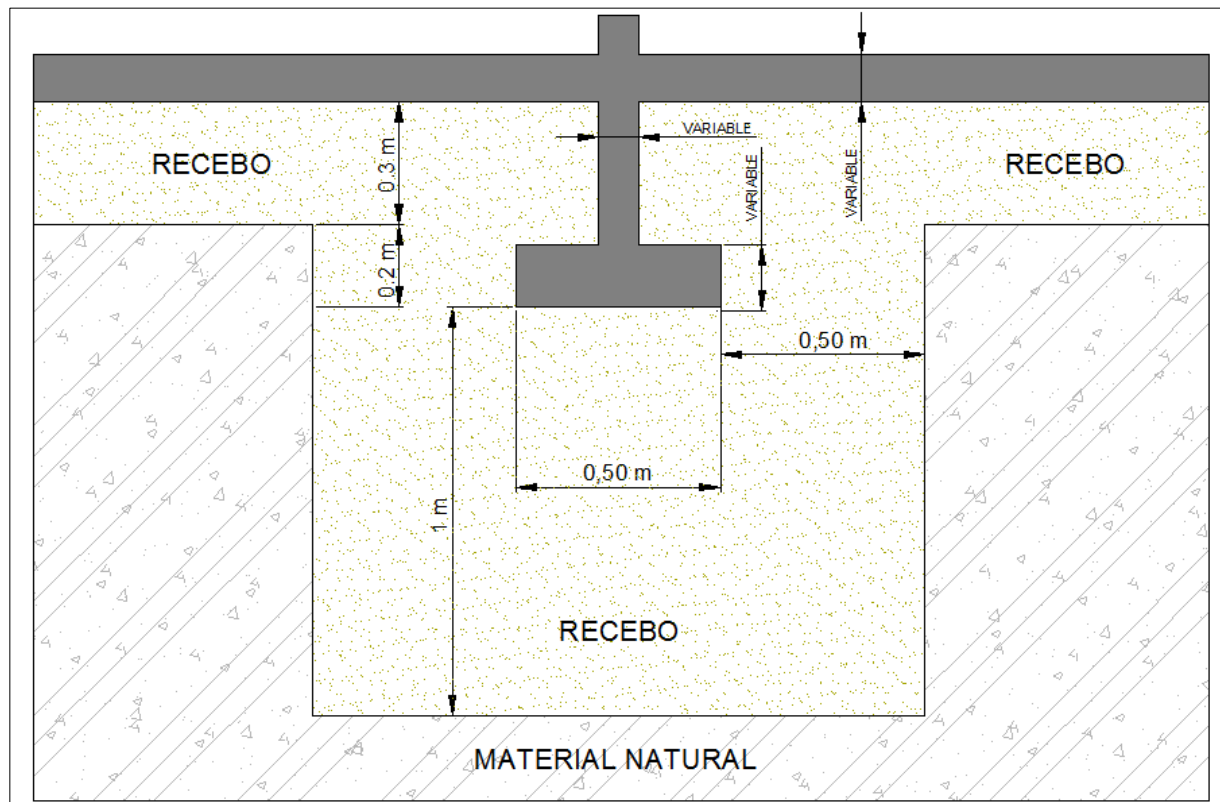
Tabla 6-12. Asentamientos inmediatos y por consolidación para las básculas

B (m)	L (m)	L/B	α	Se inmediatos (cm)	Se consolidación (cm)
0.50	5.00	10.00	2.24	0.13	0.79

6.4.3 Potencial De Expansión

Según los resultados de laboratorio realizados en capas adyacentes a la capa de cimentación, el material posee una presión de expansión importante, para evitar complicaciones durante la operación y funcionamiento de la báscula es necesario realizar un mejoramiento al suelo de fundación tal como lo muestra la figura6-17 (1m por debajo del cimiento y con un sobre ancho de 0.5m a cada lado), este mejoramiento puede ser con material tipo recebo compactado (NP-040-EAB-ESP) al 90% de la densidad máxima del ensayo Proctor Modificado.

Figura 6-17 Esquema de la cimentación de la báscula.



Las dimensiones variables deben ser determinadas por el especialista en estructuras.

6.4.4 Cortes Y Rellenos

Se espera que los cortes a realizar no superen 1,50 m de profundidad, por lo que en este punto se pueden realizar taludes verticales, en caso de ser necesario hacer rellenos se deben realizar con material tipo recebo compactado al 90% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor Modificado.

6.5 Diseños de vías

Con base en el módulo resiliente de la subrasante, el tipo de vehículos pesados que transitarán y el tránsito promedio diario, se realizó la estimación de los espesores de pavimento por medio del método racional, este consiste en calcular las deformaciones y los esfuerzos que genera el tráfico en la estructura de pavimento, los espesores que conforman esta estructura se varían hasta lograr que las deformaciones y los esfuerzos no superen los admisibles; para el cálculo de las deformaciones y esfuerzos se utilizó el software gratuito WinDEPAV 2.5 desarrollado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Varela durante la Investigación Nacional de Pavimentos de Colombia de 1994.

Para este proyecto se evaluó el daño por tensión admisible (ϵ_t) en la base de la capa de rodadura mediante la ecuación propuesta por el Instituto del Asfalto en 1982, la cual establece el número de ejes equivalentes necesarios para inducir la falla de esta capa, esta ecuación se describe a continuación.

$$N_f = Ck_1 \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{k_2} \left(\frac{1}{E}\right)^{k_3}$$

Donde:

- N_f : Numero de repeticiones de carga para la falla
- C : Coeficiente de ajuste laboratorio vs campo
- ϵ_t : Deformación horizontal de tracción en la capa
- E : Módulo de la capa
- k_1 a k_3 : Coeficientes empíricos de regresión

El valor de k_1 depende de las variables: índice de penetración del asfalto (IP), volumen de vacíos de aire (V_a), volumen de bitumen (V_b), módulo de la capa y espesor de la capas asfálticas; estos valores fueron tomados de acuerdo a las especificaciones IDU (sección 510 -11).

Finalmente, se evaluó el daño por compresión admisible (ϵ_z) en la subrasante, este se calcula mediante la ecuación propuesta en el Manual de Diseño de Pavimentos para Bogotá D.C, descrita a continuación.

$$\epsilon_z = 0.01N_f^{-0.222}$$

Donde:

- N_f : Numero de repeticiones de carga para la falla
- ϵ_z : Deformación vertical admisible en la subrasante

6.5.1 Estimación del número de ejes

A partir de la frecuencia estimada de los vehículos pesados se determinó un Tránsito Promedio Diario (TPD) para cada una de las operaciones dentro de la PTAR Canoas, a partir de este valor se determina el número de ejes equivalente de 82 kN con la ecuación propuesta por Montejo (1998).

$$N = TPD \frac{A}{100} \frac{B}{100} 365 \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} FC$$

Donde:

- TPD : Transito Promedio Diario
- A : Porcentaje de vehículos pesados (Buses y Camiones)
- B : Porcentaje de vehículos que emplean el carril de diseño
- r : Rata de crecimiento anual
- n : Periodo de diseño
- FC : Factor camión

Se asumió los valores más altos de las frecuencias dadas por CDM Smith, las cuales se asumen como las máximas posibles durante la vida útil del proyecto sin embargo se realizó los análisis con un factor de crecimiento de 1% Anual. Como las vías poseen dos carriles el porcentaje de vehículos que emplean el carril es del 50% y el Factor Camión se determinó con base a la metodología propuesta por Montejo (1998), la cual tiene en cuenta el peso de los ejes de cada tipo de vehículo, todo esto con un periodo de diseño de 10 años. En la Tabla 6-13 se encuentra el valor del Factor Camión empleado.

Tabla 6-13. Determinación del Factor Camión.

Área	TPD	Carga (t)	Factor Equivalencia por carga ¹	Numero de ejes para 1000 vehículos	Equivalencia de 82 kN
Polímero para pretratamiento	0.13	10	2.97	1.11	3.30
Cloruro Férrico	9.00	10	2.97	75.00	222.75
Polímeros para predeshidratación y posdeshidratación	0.87	10	2.97	7.22	21.45

¹ Factores de Equivalencia determinados por el AASHTO ROAD TEST

Evacuación de arenas	35.00	10	2.97	291.67	866.25
Evacuación de Biosolidos	55.00	17	1.85	458.33	847.92
Evacuación de Cribados finos, medios y de cribado de lodos y natas	20.00	10	2.97	166.67	495.00
Total	120.00			F.C	2.46

Con base en lo anterior, se determinó como número de ejes equivalentes de diseño 53874 ejes por año, lo cual esquivaría a un total de 541000 ejes equivalentes de diseño.

6.5.2 Diseño geotécnico

Dentro de la zona del proyecto, por disposiciones técnicas de CDM SMITH - INGESAM se van a realizar excavaciones que varían desde 1m hasta 6m de profundidad, que posteriormente van a rellenar con un material tipo recebo el cual servirá como material de afirmado para las vías, por lo tanto, para cuestiones técnicas se tendrá dos situaciones, a continuación se describirán.

6.5.2.1 Condición 1

Zonas donde no se presentan excavaciones, las cuales se encuentran es mayor proporción en la parte noroccidental de la PTAR Canoas, por lo cual la Subrasante será el terreno natural existente y dados los resultados de los ensayos INV-E-156-13 “Determinación del módulo Resiliente de suelos y agregados (Subrasante)” realizados en toda la zona de estudio, dio como resultado que el Módulo Resiliente del suelo se encuentra en 35000 kN/m².

Debido a la presencia de suelos expansibles se debe remplazar la Subrasante con una capa granular compuesta por rajón compactado al 90% de la densidad máxima dada por el ensayo de Proctor Modificado y material tipo recebo compactado mínimo al 95% de la densidad máxima dada por el ensayo de Proctor Modificado el cual ayudara como material de afirmado, distribuir mejor las cargas de los vehículos, disminuir los asentamientos y adicional a controlar adecuadamente los cambios de contenido de agua natural en el suelo así reduciendo el potencial de expansión y evitando el daño a la estructura.

6.5.2.2 Condición 2

La condición 2 está regida en zonas donde se presentan excavaciones y posterior puesta de material de recebo, lo cual genera un cambio total de la Subrasante por un material de óptimas condiciones que garantizará una mejor distribución de cargas al subsuelo, disminuirá los asentamientos y controlara la deformación de la estructura por efectos de las arcillas expansivas.

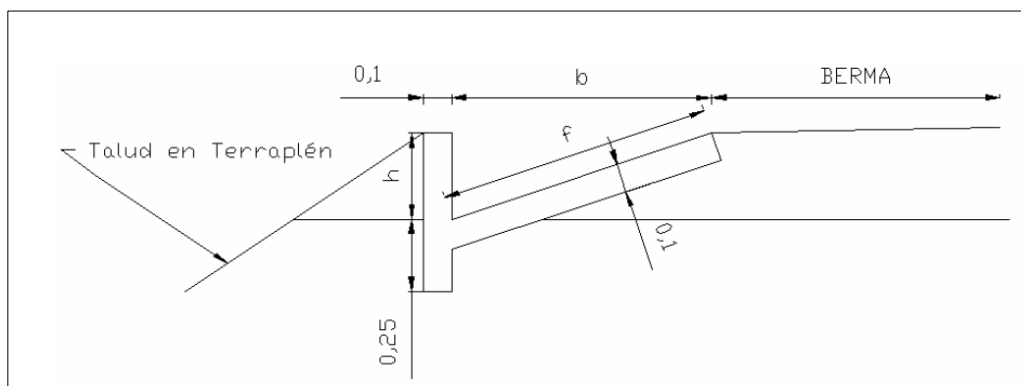
En todos los casos se debe contar como mínimo con 1m de profundidad de material tipo recebo compactado (NP-040-EAB-ESP) al 90% de la densidad máxima registrada en el ensayo Proctor Modificado, del cual los últimos 60cm de material tipo recebo puesto en terreno, debe tener como mínimo 95% de la densidad máxima dado el ensayo de Proctor Modificado, para así obtener un mejor afirmado que garantizará la estabilidad de la estructura.

Con relación al manejo de aguas, se plantea la construcción de canaletas a los dos lados de la vía con el fin de captar la escorrentía superficial de la vía y evitar la infiltración del agua para controlar los

cambios volumétricos del subsuelo por cambios en su contenido de humedad para las dos condiciones, se recomienda seguir el esquema mostrado en la figura 6-18; Error! No se encuentra el origen de la referencia. dado por el manual de diseño de pavimentos asfálticos, las dimensiones deben ser dadas por el ingeniero especialista en hidráulica dentro de su estudio.

Existe una zona de pavimento asfáltico al costado oriental de la cámara inicial y al costado sur que se apoyaría sobre relleno liviano, sin embargo para este caso se debe contar mínimo con 1m de profundidad desde la rasante de material tipo recebo compactado (NP-040-EAB-ESP) al 90% de la densidad máxima registrada en el ensayo Proctor Modificado, del cual los últimos 60cm de material tipo recebo puesto en terreno, debe tener como mínimo 95% de la densidad máxima dado el ensayo de Proctor Modificado, para así obtener un mejor afirmado que garantizará la estabilidad de la estructura.

Figura 6-18 . Cuneta típica para el diseño de la vía de la PTAR Canoas.



Las dimensiones b , h y f deben ser determinadas por el especialista en hidráulica.

En términos geotécnicos las dos condiciones son iguales ya que de una u otra manera hay que mejorar la Subrasante para aliviar los problemas de deformabilidad del subsuelo por causa de las arcillas expansivas, por lo tanto se plantea una estructura en pavimento flexible de 0,80 m compuesta por 3 capas granulares, donde la primera es una capa de mejoramiento compuesta por rajón y/o recebo, la segunda una capa de material granular denominada subbase y por ultimo una tercera capa de material triturado llamado base, posterior a esto una capa de rodadura, a continuación se describen los materiales a utilizar y el esquema se presenta en figura 6-19 y figura 6-20.

Figura 6-19 Condición 1 de Pavimento (medidas en cm).

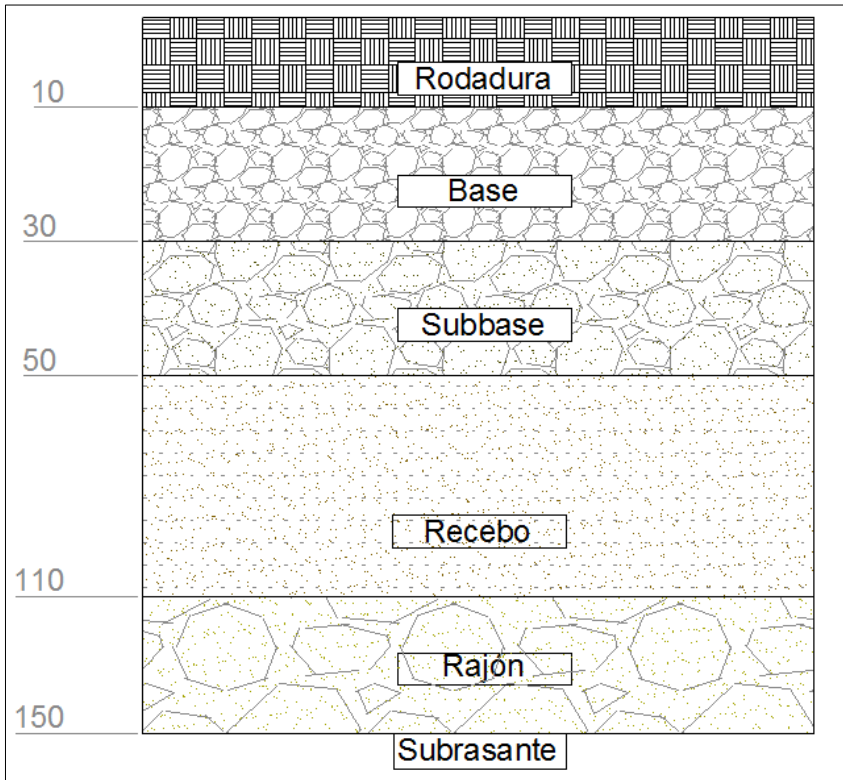
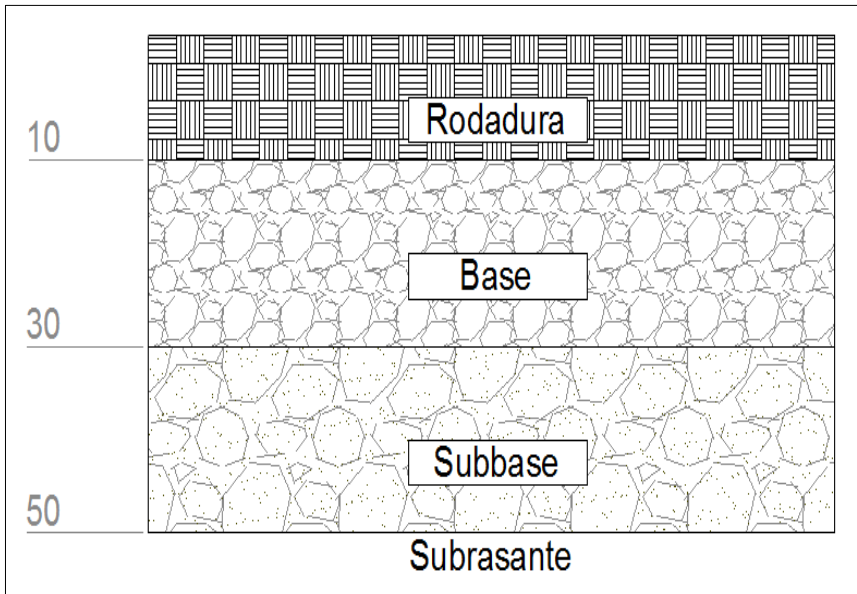


Figura 6-20 . Condición 2 de Pavimento (medidas en cm).



Nota: Recordar que el material de la Subrasante para la condición 2 es un material tipo recebo que debe tener las mismas características que de la condición 1.

En la figura 6-21 y figura 6-22 se muestra un diseño general en perfil donde se observa el dimensionamiento de la capa granular de mejoramiento el cual está compuesto por rajón y/o recebo, adicional se muestra que la berma tiene un ancho variable que dependerá de las estructuras aledañas sin embargo siempre se debe dejar un sobre ancho mínimo de 50cm a los lados de la vía del material tipo recebo y/o rajón.

Figura 6-21 . Diseño de la vía condición 1.

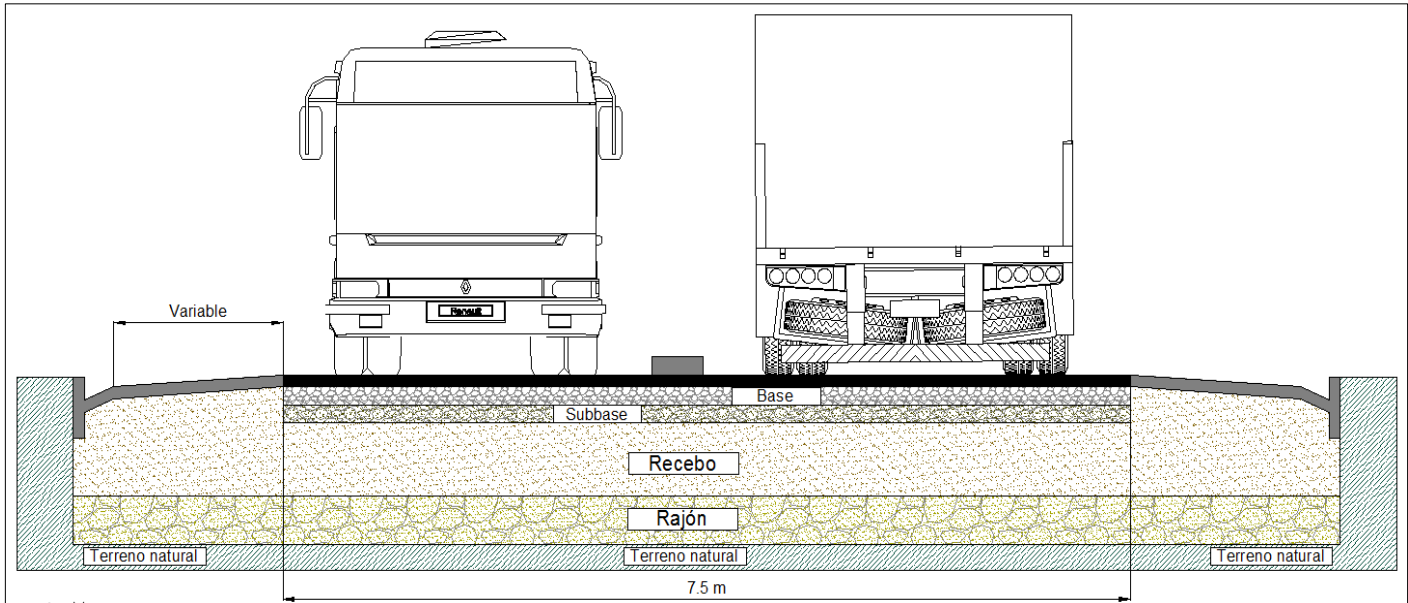
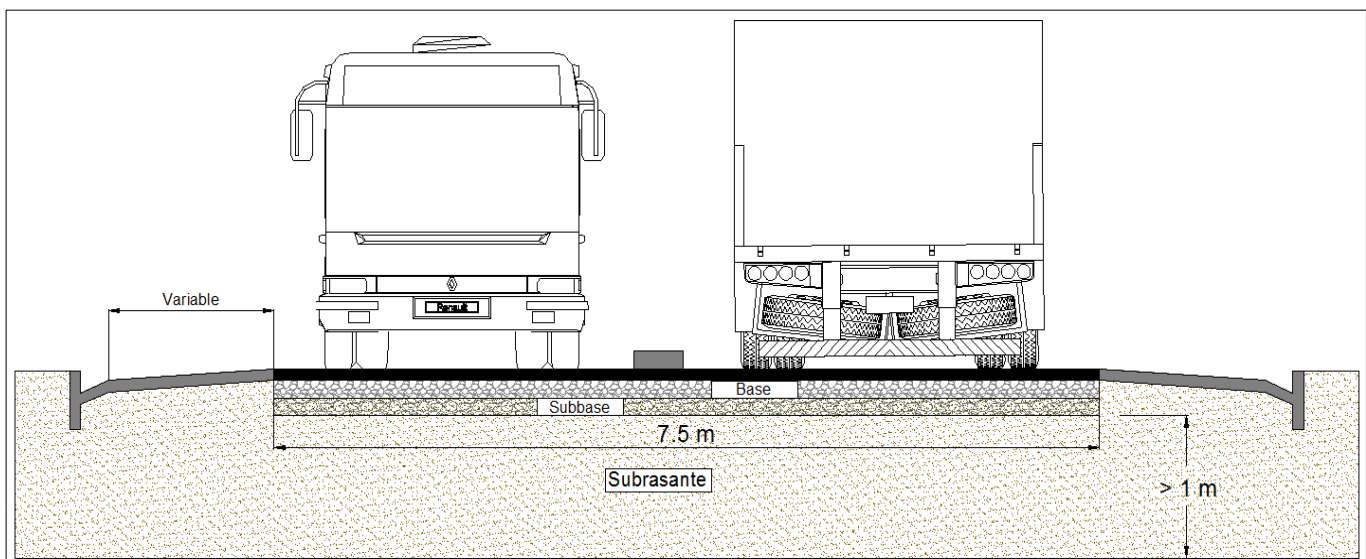


Figura 6-22 . Diseño de la vía condición 2.



6.5.2.2.1 CAPA DE RODADURA

Esta capa cuyo espesor es de 10 cm se compone de una mezcla asfáltica tipo MD20 o MS20 según las especificaciones del IDU, la mezcla se deberá colocar y compactar por lo menos a 120 °C en un temperatura ambiente no menor a 5 °C; el ligante asfáltico será tipo 80 - 100, con índice de penetración de 0.0 y cumplir con las especificaciones IDU 510-11; los agregados pétreos deben cumplir con las especificaciones IDU 510-11. Según USCE se estima el Módulo de esta mezcla en 4, 831,500 kN/m² a una frecuencia de 4 Hz (Esta frecuencia es válida para vehículos que transitan a velocidades entre 30 - 40 km/h) y una relación de Poisson de 0,30.

6.5.2.2.2 CAPA DE BASE GRANULAR

Esta capa cuyo espesor son 20.0 cm deberá cumplir con las especificaciones IDU 400-11 y tener un CBR mínimo del 90% de la densidad máxima dado por el ensayo Proctor Modificado. Se adopta un Módulo para este material de 213700 kN/m² con una relación de Poisson de 0.30, de acuerdo a lo sugerido en el ASSHTO 93.

6.5.2.2.3 CAPA DE SUBBASE GRANULAR

Esta capa cuyo espesor son 20,0 cm deberá cumplir con las especificaciones IDU 400-11, además el 20% del material debe ser triturado, el Índice Plástico menor al 6% y un CBR mínimo de 80% de la densidad máxima dado por el ensayo Proctor Modificado. Se adopta un Módulo para este material de 147000 kN/m² con una relación de Poisson de 0.30, de acuerdo a lo sugerido en el ASSHTO 93.

6.5.2.2.4 CAPA DE MEJORAMIENTO

Se plantea como mejoramiento a la Subrasante el reemplazo de 40.0 cm con Rajón compactado al 90% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor Modificado y 60 cm de recebo compactado mínimo al 95% de la densidad máxima determinada en el ensayo Proctor Modificado, este material debe cumplir con las especificaciones IDU 321 y de la norma NP-040-EAB-ESP. Se adopta un Módulo para este material de 80000 kN/m² con una relación de Poisson de 0.30.

6.5.3 Verificación del diseño

Para la verificación del daño por tensión con la ecuación propuesta por el Instituto del Asfalto en 1982, donde se definen los siguientes parámetros:

$$Ck_1 \left(\frac{1}{E} \right)^{k_3} = 1.24 \times 10^{-6} \quad k_2 = 3.291$$

Los resultados obtenidos de las deformaciones y esfuerzos en las posiciones del valor máximo para una carga (A: Bajo una rueda simple, B Bajo una de las ruedas de la carga, C Al centro de la carga) se muestran en la Tabla 6-14, se tuvo en cuenta ejes simples ya que son los más críticos para el pavimento y la verificación del diseño se muestran en la Tabla 6-15.

Tabla 6-14. Resultados de la condición 1 de Pavimento.

Capa	Profundidad (cm)	σ_t (kN/m ²)		σ_z (kN/m ²)		ϵ_t (10 ⁻⁶)		ϵ_z (10 ⁻⁶)	
Rodadura	0	1,94E+01	B	5,60E+00	A	261	B	-138	C

Capa	Profundidad (cm)	σ_t (kN/m ²)		σ_z (kN/m ²)		ϵ_t (10 ⁻⁶)		ϵ_z (10 ⁻⁶)	
	10	-1,55E+01	B	1,28E+00	B	-246	B	197	B
Base Granular	10	-1,67E-01	C	1,28E+00	B	-246	B	622	B
	30	-1,17E+00	C	5,11E-01	C	-483	C	540	C
Subbase Granular	30	5,03E-01	C	5,11E-01	C	144	C	151	C
	50	-3,32E-01	C	4,20E-01	C	-256	C	410	C
Rajón	50	4,03E-01	C	4,20E-01	C	200	C	228	C
	150	-1,58E-01	C	9,04E-02	C	-174	C	230	C
Subrasante	150	7,70E-02	C	9,04E-02	C	60,6	C	120	C

Tabla 6-15. Verificación de diseño condición 1 de Pavimento.

Capa	Criterio	N admisible	N de diseño	Daño acumulado
Rodadura	Agrietamiento	9,34E+05	5.50E+05	0.589
Subrasante	Ahuellamiento	2,97E+09	5.50E+05	0

6.5.4 Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (Análisis adicional)

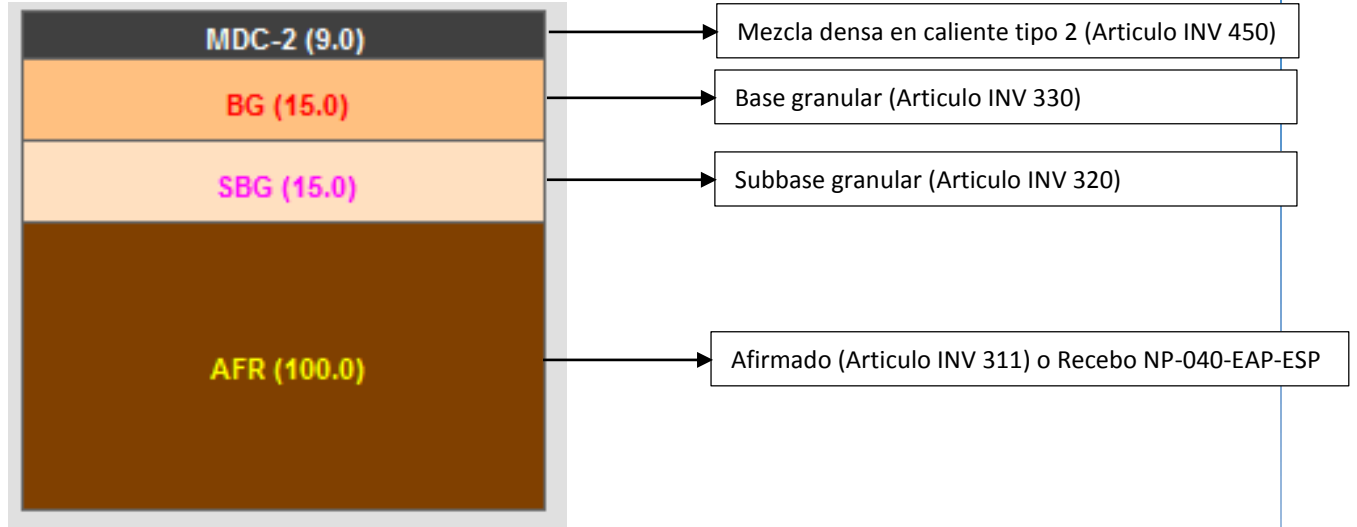
Según el número de ejes equivalentes durante el periodo de diseño se puede determinar la metodología que se debe utilizar para el diseño geotécnico de la estructura, dentro del “manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito” se debe contar un número de ejes equivalentes durante el periodo de diseño menor a 500000, en nuestro caso particular (PTAR Canoas) contamos con un número de ejes superior que ronda los 540000 sin embargo al estar dentro de los límites se procedió a realizar el diseño siguiendo las bases del “manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito” y con ayuda del programa computacional Pav-NT1 creado por los ingenieros Efraín de Jesús Solano y Alfonso Murgueito para el INVIAS.

Para el diseño final de la estructura fue necesario la introducción de los siguientes parámetros:

- 1- Ancho de corona : 7,5m
- 2- Ejes equivalentes de diseño: 490000
- 3- Clasificación del clima por humedad: Húmedo
- 4- Clasificación del clima por temperatura: Frio
- 5- CBR del material natural: 2,92 %.
- 6- Tipo de afirmado existente: >1 metro con un CBR > 15% (Dado por INVIAS)

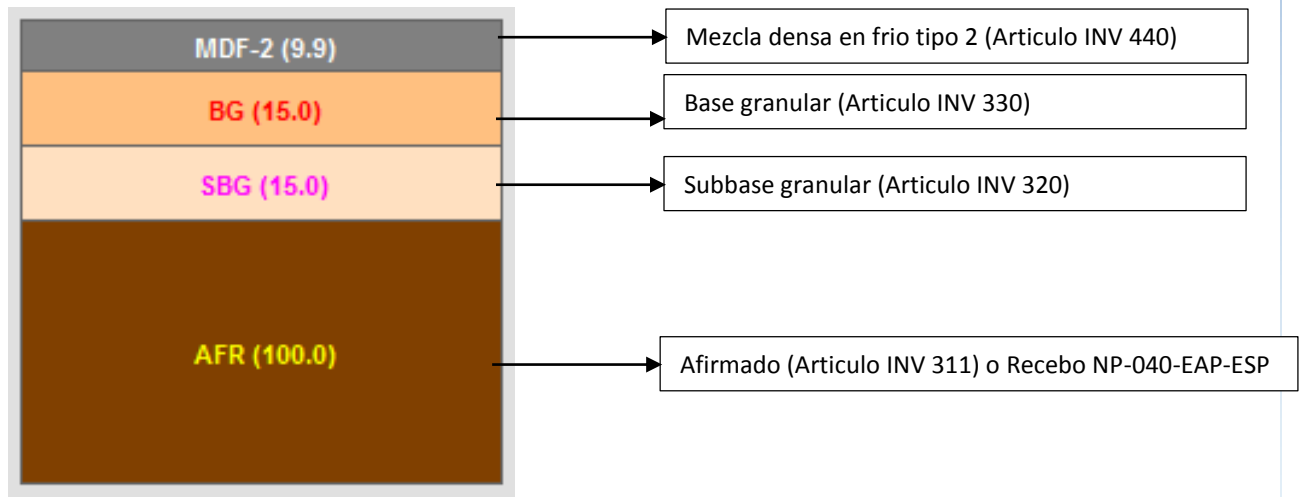
Como resultado final del análisis computacional, se obtienen dos alternativas las cuales se pueden observar en figura 6-23 y figura 6-24.

Figura 6-23 . Alternativa 1 siguiendo el “Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito”.



Medidas en cm

Figura 6-24 . Alternativa 2 siguiendo el “Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito”.



Medidas en cm

6.6 Diseño de parqueaderos

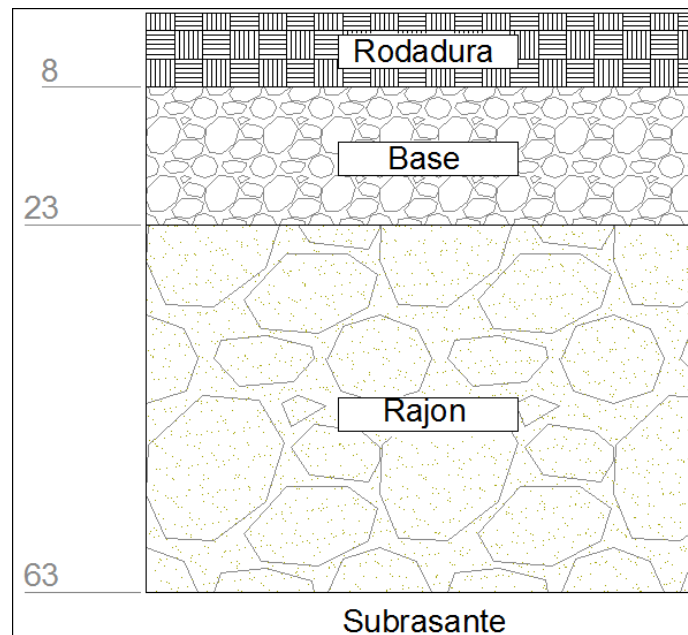
Con base en el módulo Resiliente, ubicación de las estructuras y tráfico estimado se realizó la evaluación de tres estructuras de parqueadero. De acuerdo a la capacidad del parqueadero, se tuvo en cuenta un tránsito promedio diario de 60 vehículos particulares y 10 vehículos pesados, es decir un

tráfico el número de ejes equivalentes serán 25000 ejes por año. A continuación se presentan las alternativas propuestas para estos parqueaderos.

6.6.1 Alternativa con pavimento flexible

Para esta alternativa se usó el método racional descrito anteriormente para el diseño de vías, Se plantea una estructura en pavimento flexible de 0,63 m compuesta por 2 capas granulares y una de rodadura todas ligadas, a continuación se describen los materiales a utilizar y el esquema se presenta en la figura 6-25.

Figura 6-25 . Esquema de la estructura de parqueadero en pavimento flexible



6.6.1.1 CAPA DE RODADURA

Esta capa cuyo espesor es de 8.0 cm se compone de una mezcla asfáltica tipo MD12 o MS12 según las especificaciones del IDU, la mezcla se deberá colocar y compactar por lo menos a 120 °C en un temperatura ambiente no menor a 5 °C; el ligante asfáltico será tipo 80 – 100, con índice de penetración de 0.0 y cumplir con las especificaciones IDU 200; los agregados pétreos deben cumplir con las especificaciones IDU 510. Según USCE se estima el Módulo de esta mezcla en 4200000 kN/m² a una frecuencia de 1 Hz (Esta frecuencia es válida para vehículos que transitan a velocidades entre 5 km/h) y una relación de Poisson de 0,35.

6.6.1.2 CAPA DE BASE GRANULAR

Esta capa cuyo espesor son 15 cm deberá cumplir con las especificaciones IDU 400, además el material debe ser 100% triturado, el tamaño nominal máximo de ¾", la solidez máxima de 12% y no ser plástico. Se adopta un Módulo para este material de 600000 kN/m² con una relación de Poisson de 0,35, de acuerdo a lo sugerido en el Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles para Bogotá D.C.

6.6.1.3 CAPA DE MEJORAMIENTO

Se plantea como mejoramiento a la subrasante el reemplazo de 40 cm con Rajón y 10cm de recebo compactado para que sirva de sellante entre el rajón y la capa de base granular, este material debe cumplir con las especificaciones IDU 321. Se adopta un Módulo para este material de 70000 kN/m² con una relación de Poisson de 0,35, de acuerdo a lo sugerido en el Manual de Diseño de Pavimentos Flexibles para Bogotá D.C.

6.6.1.4 VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

Para la verificación del daño por tensión con la ecuación propuesta por el Instituto del Asfalto en 1982, donde se definen los siguientes parámetros:

$$Ck_1 \left(\frac{1}{E} \right)^{k_3} = 3.97 \times 10^{-7} \quad k_2 = 3.291$$

Los resultados obtenidos de las deformaciones y esfuerzos en las posiciones del valor máximo para una carga (A: Bajo una rueda simple, B Bajo una de las ruedas de la carga, C Al centro de la carga) se muestran en la Tabla 6-16, se tuvo en cuenta ejes simples ya que son los más críticos para el pavimento y la verificación del diseño se muestran en la Tabla 6-17.

Tabla 6-16. Resultados para el parqueadero en pavimento flexible.

Capa	Profundidad (cm)	σ_t (kN/m ²)		σ_z (kN/m ²)		ϵ_t (10 ⁻⁶)		ϵ_z (10 ⁻⁶)	
Rodadura	0	42,11	B	5,80	A	545,00	B	-418,00	B
	8	-19,99	B	6,58	B	-357,00	B	480,00	B
Base Granular	8	0,18	B	6,58	B	-357,00	B	1050,00	B
	23	-6,67	B	1,34	B	-785,00	B	981,00	B
Rajón	23	-0,14	B	1,34	B	-785,00	B	2010,00	B
	63	-0,27	B	0,33	B	-405,00	B	727,00	B
Subrasante	63	0,01	B	0,33	B	-405,00	B	909,00	B

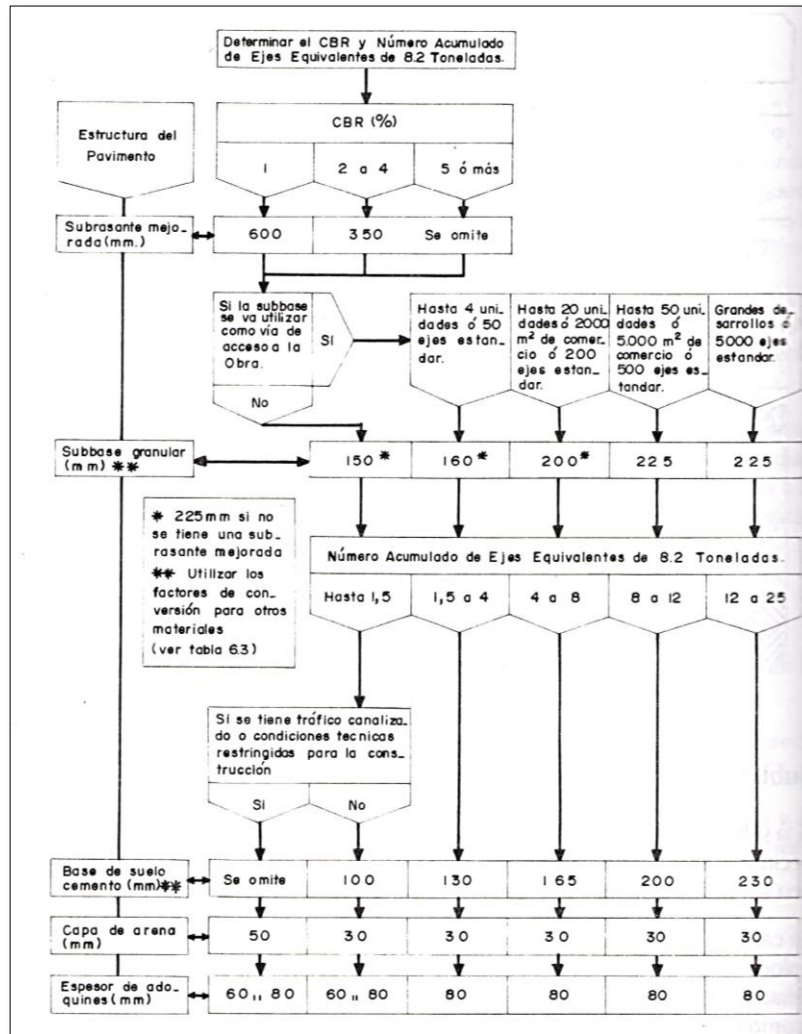
Tabla 6-17. Verificación de diseño para el parqueadero en pavimento flexible.

Capa	Criterio	N admisible	N de diseño	Daño acumulado
Rodadura	Agrietamiento	87941	25000	0,284
Subrasante	Ahuellamiento	49107	25000	0,509

6.6.2 Alternativa con adoquines

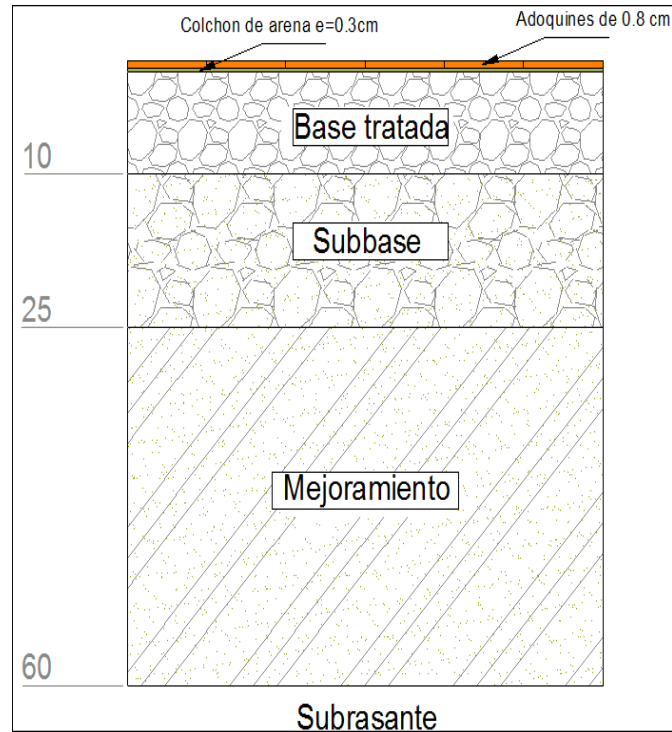
Para determinar la estructura de pavimento adoquinado se utilizó la metodología propuesta por Montejo en 1998 en su libro “Ingeniería de pavimentos para carreteras – Universidad Católica de Colombia” que está en función del CBR y del número de ejes equivalentes como se muestra en el siguiente flujo grama (Figura 6-26).

Figura 6-26 . Flujo grama para el diseño de un pavimento con adoquines.



De acuerdo con el flujo grama anterior el diseño de la estructura se presenta en figura 6-27.

Figura 6-27 . Estructura de parqueadero en adoquines (unidades en cm)



6.6.2.1 CAPA DE ADOQUINES EN CONCRETO

Esta capa cuyo espesor es de 80 mm de adoquines en concreto apoyada en una capa de 30 mm de arena. Los adoquines no deben ser mayores a 25 cm de longitud, el módulo de rotura mínimo será de 4,5 kN/m², su forma de colocación debe asegurar que entre las caras de los adoquines se creen juntas las cuales no deben superar los 5 mm entre ellas y debe asegurarse el confinamiento de esta capa.

La arena que servirá de soporte para los adoquines no debe contener finos y su granulometría se ubicará entre el tamiz de 3/8" y el tamiz 200 (el porcentaje pasa del tamiz 200 no debe ser mayor al 5%), no se deben instalar adoquines sobre arena que hubiera estado expuesta a lluvia o escorrentía.

Las juntas de los adoquines deben tener un sello de arena, la granulometría de este material no puede exceder el 1% del tamiz 200 y el tamaño máximo es el correspondiente al tamiz 8, esta arena debe estar libre de contaminantes o materia orgánica y al momento de la instalación debe encontrarse seca.

6.6.2.2 MATERIAL GRANULAR ESTABILIZADO CON CEMENTO

Este material granular debe ser estabilizado con cemento y deberá cumplir con lo descrito en las especificaciones IDU 420-11, además se debe asegurar que la relación de soporte (CBR) del material sin cemento sea mayor al 80%, el límite líquido menor al 25% y el índice plástico menor al 6%. Se debe asegurar que la compactación del material sea mayor al 95% del Proctor Modificado.

6.6.2.3 CAPA DE SUBBASE GRANULAR

Este material debe cumplir con las especificaciones IDU 400, además el índice de plasticidad debe ser menor al 6%, el índice de solidez en sulfato de sodio mayor al 12%, y la relación de soporte (CBR)

mayor al 30%. La forma de colocación de este material será en capas de 10 a 15 cm de espesor, cada capa debe ser compactada al 95% del Proctor Modificado.

6.6.2.4 CAPA DE MEJORAMIENTO

Se plantea como mejoramiento a la subrasante la estabilización de 50,0 cm del suelo de la subrasante con la adición de cal hidratada en un porcentaje de alrededor del 4% en peso total de material estabilizado, con el fin de controlar la plasticidad del material y potenciales cambios volumétricos, para esto se deben cumplir con las especificaciones IDU 230.

6.6.3 Alternativa con concreto rígido

Esta alternativa se puede implementar en todas las zonas donde se vea necesario el uso de concreto rígido en las diferentes estructuras que componen la PTAR Canoas. A partir del método simplificado de la PCA descrito por Montejo 1998 se determinó el espesor de la estructura de pavimento rígido, este método requiere como parámetro de entrada el módulo de reacción K de la subrasante, el módulo de reacción K combinado y, la categoría del tránsito; finalmente, se escoge el espesor de la capa de concreto de acuerdo al TPD admisible.

Para esta estructura se determinó como módulo de subrasante 27 MPa/m, se propone una subbase de 30 cm obteniendo un módulo combinado de 44 MPa/m, esto se obtuvo de la tabla 6-18, la estructura debe tener pasadores entre las juntas. Esta configuración es apta para un TPD de 180 ejes.

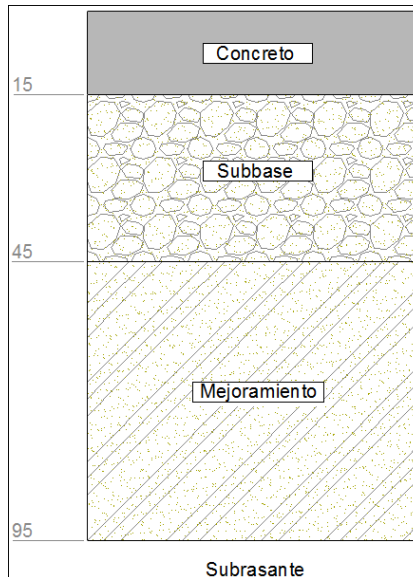
Tabla 6-18. Efecto de la subbase granular sobre los valores de K

Valor de K para sub-rasante		Valor de K para subbase por combinada							
		100 m.m.		150 m.m.		225 m.m.		300 m.m.	
Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

En la Tabla 6-19, se muestra los valores utilizados para la verificación del espesor de la placa de concreto, dando como resultado una adecuada alternativa ya que el porcentaje de fatiga y erosión no supera el 100%, la Tabla 6-19 muestra los datos utilizados para este análisis.

Tabla 6-19. Verificación del espesor de la placa de concreto para el parqueadero.

Espesor placa de concreto (mm)	150	Juntas	Si			
K combinado (MPa/m)	44	Bermas	No			
Módulo de rotura, MR (MPa)	4.4	Periodo de diseño	20			
Factor de seguridad	1.0					
		Factor de erosión	3.29			
Esfuerzo equivalente	2.18					
Factor de relación de esfuerzos	0.49					
Ejes tándem						
Carga por eje kN	Con FSC	Repetición esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repetición admisibles	Porcentaje de fatiga	Repetición admisibles	Porcentaje de daño
82	1	438000	650000	67.38	800000	54.75

Figura 6-28 . Estructura de parqueadero en pavimento rígido (unidades en cm)


6.6.3.1 CAPA DE CONCRETO

Esta capa cuyo espesor es de 15.0 cm se compone por losas de concreto cada losa debe contar con un Módulo de Rotura de 4,4 MPa, las juntas de las losas deben estar separadas cada 4,50 m y los pasadores entre losas deben tener un diámetro de $\frac{3}{4}$ " con una separación entre centro de 30 cm, el concreto de cada losa debe cumplir con las Especificaciones Técnicas del IDU 600.

6.6.3.2 CAPA DE SUBBASE GRANULAR

Esta capa cuyo espesor son 30 cm deberá cumplir con las especificaciones IDU 400, además el 20% del material debe ser triturado, el tamaño nominal máximo de $1\frac{3}{4}$ ", la solidez máxima de 12% y el Índice Plástico menor al 6%.

6.6.3.3 CAPA DE MEJORAMIENTO

Se plantea como mejoramiento a la subrasante la estabilización de 50 cm del suelo de la subrasante con la adición de cal hidratada en un porcentaje de alrededor del 4% en peso total de material estabilizado, con el fin de controlar la plasticidad del material y potenciales cambios volumétricos, para esto se deben cumplir con las especificaciones IDU 230.

6.6.3.4 JUNTAS TRANSVERSALES

El diseño de juntas transversales se realizó con el fin de controlar la fisuración del concreto por contracción, se ha demostrado que cuando la separación es de 4.5m, permiten controlar prácticamente todas las fisuras y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio es mejor como lo ha recomendado el Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca en su libro Ingeniería de pavimentos para carreteras de la Universidad Católica de Colombia, segunda Edición.

6.6.3.5 JUNTAS LONGITUDINALES

El objetivo principal de las juntas longitudinales es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en las losas de concreto cuando los anchos son superiores a las 5m, sin embargo se recomienda que se realice la construcción del pavimento por carriles, con un ancho cercano a los 3,60m, por lo tanto la juntas longitudinales serian de construcción. La transmisión de cargas estaría a cargo de la trabazón de agregados y del uso de barras de anclaje que mantengan unidas las cargas de las juntas y garanticen su eficiencia, para la selección éstas barras dirigirse a la tabla 6-20.

Tabla 6-20. Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje

Tabla 6.22 Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje												
Espesor de losa (cm)	Barras de $\phi 9,5$ m.m. (3/8")			Barras de $\phi 12,7$ m.m. (1/2")			Barras de $\phi 15,9$ m.m. (5/8")					
	Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		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 $f_y = 1.875$ kgf/cm ² (40.000 Psi)												
15		80	75	65		120	120	120		120	120	120
17,5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20	45	60	55	50	60	105	100	90	70	120	120	120
22,5		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25		45	45	40		85	80	70		120	120	120
Acero de $f_y = 2.800$ kgf/cm ² (60.000 Psi)												
15		120	110	100		120	120	120		120	120	120
17,5		105	95	85		120	120	120		120	120	120
20	65	90	80	75	85	120	120	120	100	120	120	120
22,5		80	75	65		120	120	120		120	120	120
25		70	65	60		120	115	110		120	120	120

Nota: Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la Tabla se multiplicarán por 1,5.

Sección 7

Conclusiones y recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones para el Producto 5: "Diseño geotécnico detallado de estructuras de Vías, parqueadero, porterías y básculas".

7.1 Caracterización Geotécnica

Las estructuras serán ubicadas sobre un material conformado por arcillas de alta a muy alta plasticidad, contenidos de agua superiores al límite plástico, consistencia media y potencial de expansión alto; esta situación obliga a realizar un mejoramiento a la subrasante y suelo de fundación de las diferentes estructuras, por relleno compactado hasta una profundidad de 1m por debajo del suelo de fundación o subrasante.

7.2 Estructuras

Las estructuras contempladas en este Producto son livianas, por lo cual se recomienda usar una cimentación superficial, basada en cimientos aislados; los asentamientos que sufrirán se encuentran en el rango admisible tanto inmediatos como por consolidación; sin embargo, pueden sufrir afectaciones debido a los cambios volumétricos del suelo por lo cual se recomienda hacer un mejoramiento al suelo de fundación. Es importante además que para el caso de cimientos compuestos por zapatas o cimientos continuos, estos deben quedar ligados entre sí mediante el uso de vigas de amarre debidamente localizadas y diseñadas por el especialista estructural. A continuación se presenta las conclusiones para cada una de las estructuras.

7.2.1 Porterías de Acceso

Son dos estructuras destinadas al ingreso y salida de vehículos a la PTAR Canoas, transmiten aproximadamente 25 kN/m² cada una, la Portería Norte se recomienda cimentarla a 0,50 m y la Portería Sur se recomienda cimentarla a 1,00 m de la cota de explanación prevista para cada sitio, con un mejoramiento de 1 m en material tipo Rajón para el control de la expansión y agrietamiento del suelo de fundación, es muy importante que el suelo expuesto se proteja rápidamente para evitar cambios significativos de humedad, bien por reducción o por aumento pues de cualquier modo se pueden presentar cambios volumétricos importante.

Se recomienda usar cimiento corridos, las dimensiones serán determinadas de acuerdo a las cargas a transmitir haciendo uso de las figuras de capacidad de carga admisible versus el ancho de zapatas incluidas en cada uno de los numerales de capacidad portante de cada estructura, estas curvas pueden ser utilizadas por el especialista en estructuras para predimensionar la cimentación. Sin embargo se aclara que los análisis están realizados para cargas verticales, por lo tanto si se presentan cargas horizontales y momentos que generen excentricidades se deben realizar los ajustes necesarios a los cimientos para incluir tales efectos.

7.2.2 Bascula

Para la báscula se recomienda el uso de zapatas de cimentación, las dimensiones serán de 0,50 m de ancho por 5 m de largo, adicionalmente se debe realizar un mejoramiento con material granular hasta una profundidad de 1m por debajo de la zapata, esta estructura se prevé que ejerza un 391 kN por apoyo, equivalentes a el peso de la báscula más el camión de mayor capacidad contemplado por CDM Smith.

Para el acceso a la báscula se recomienda usar la estructura de pavimento elegida para la zona de parqueadero.

7.2.3 Zona de Lavado y mantenimiento

Para estas estructuras se determina una carta de diseño de cimentación con zapatas aisladas dependiendo de las cargas reales que se prevean en la zona, se recomienda que la cota de cimentación este por debajo de 1 m de la explanación prevista y los accesos de los vehículos a esta zona deberán realizarse de acuerdo al estructura de pavimento escogida para los parqueaderos.

7.3 Vías

De acuerdo a la información de CDM Smith por la PTAR Canoas transitaran vehículos tipo C3 y C3S2 con cargas de 100 kN y 170 kN, se usó la metodología de diseño de pavimentos del INVIAS para bajos volúmenes de tránsito y el método racional; como el potencial de expansión de los suelos arcillosos es alto, se debe realizar un mejoramiento con Rajón de 0,40 m de espesor y 0,60m de material tipo recebo. La construcción debe realizarse con un sobre ancho de 0,50 m a ambos lados y por tramos asegurando que la subrasante no sufra alteraciones o daños al quedar expuesta a la intemperie o desconfinamiento.

7.4 Parqueaderos

Se proponen 3 estructuras de pavimento, una con flexible, una con adoquines y una con rígido, la definitiva será escogida a conveniencia de CDM Smith, cada una de las estructuras se debe realizar un mejoramiento de la subrasante con Cal o se debe realizar un reemplazo con Rajón dependiendo la alternativa escogida. Su construcción debe realizarse por tramos para evitar daños en la subrasante debidos al desconfinamiento o exposiciones prolongadas al medio ambiente y deberán realizarse con sobre anchos de 0,50m.

7.5 Limitaciones

Este Producto fue desarrollado con base a la información de exploración, ensayos de laboratorio, información arquitectónica y frecuencia vehicular suministrador por el consorcio CDM Smith – INGESA, y a partir de información puntual correspondiente con la exploración geotécnica, por lo tanto es posible que se presenten variaciones laterales del perfil geotécnico determinado en cada caso. Si durante el proceso de construcción se encuentran variaciones importantes del perfil geotécnico con respecto al definido en este informe, se deberá informar a CDM Smith para realizar las verificaciones necesarias y los ajustes a que haya lugar.

Sección 8

Bibliografía

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Bogotá D.C.
- Asphalt Institute. (2015). *Asphalt Mix Design MS-2* (Séptima ed.). USA.
- Bowels, J. E. (1997). *Foundation analysis and design*. The McGraw-Hill.
- Briaud, J. -L. (2013). *Geotechnical engineering*. Canada: Wiley.
- Budhu, M. (2010). *Soil mechanics and foundations*. Arizona: John Wiley & sons.INC.
- Cabal; Robertson;. (2015). *Guide to Cone Penetration Testing for Geotchnical Engineering*. GREGG.
- Christian y Carrier. (1978).
- Das, B. (1999). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico, D.F.: International Thomson Editores.
- Das, B. (1999). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico, D.F.: International Thomson Editores.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Thomson Learning.
- Das, B. M. (2001). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. Thomson Learning.
- G.G. Meyerhof. (1953). *Some recent foundation research and its application to design*. V31 No.6. London: The Structural Engineer.
- Ingenieria y Georiesgos IGR SAS. (2015). *Diseño Geotécnico Detallado De Las Diferentes Estructuras De La Fase 1 De La PTAR Canoas Producto 1*. Bogotá D.C.
- Ingenieria y Georiesgos IGR SAS. (2015). *Diseño Geotécnico Detallado De Las Diferentes Estructuras De La Fase 1 De La PTAR Canoas Producto 2*. Bogotá D.C.
- Ingenieria y Georiesgos IGR SAS. (2015). *Diseño Geotécnico Detallado De Las Diferentes Estructuras De La Fase 1 De La PTAR Canoas Producto 3*. Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Especificación Técnica: Mejoramiento de la Subrasante con Rajón*. Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (2011). *Especificación Técnica: Cemento Asfáltico*. Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Epecificación Técnica: Pavimento de Losas de Concreto Hidráulico*. Bogotá.
- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Especificación Técnica: Capas de Material Granular Estabilizado con Cemento*. Bogotá D.C.

- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Especificación Técnica: Capas Granulares de Base y Subbase*. Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Especificación Técnica: Estabilización con Cal*. Bogotá D.C.
- Instituto de Desarrollo Urbano IDU. (2011). *Especificación Técnica: Mezclas Asfálticas en Caliente, Densas, Semidensas, Gruesas y de Alto Módulo*. Bogotá D.C.
- Instituto Desarrollo Urbano (IDU) y Universidad de los Andes. (2000). *Manual de Diseño de Pavimentos para Bogotá D.C.* Bogotá D.C.
- Janbu . (1973). *Slope Stability Computations. Embankment Dam Engineering - Casagrande Volume, R.C. .*
- Montejo, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras* (Segunda ed.). Bogotá D.C.: Stella Valbuena de Fierro.
- resistentes, C. a. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Shook, J., Finn, F., Witczak, M., & Monismith, C. (1982). *Thickness Design of Asphalt Pavements*. The Asphalt Institute Method, Delf University of Technology, The Netherlands.
- Turner & Schuster. (1996). *Landslides Investigation and mitigation*. Washington: National Research board.
- Vásquez Varela, L. R. (2015). *Ingeniería de Pavimentos*. Obtenido de Ingepav:
<https://sites.google.com/site/ingepav/Home>

ANEXO 1

PORTERÍA NORTE

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMIENTOS - (PORTERÍA NORTE)

ZAPATAS Y CIMIENTOS CORRIDOS

B (m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	170.20	30,772.05	0.45	1.00	1.122	2.48	0.00	0.25	68,767.86
1.00	145.89	30,772.05	0.45	1.00	1.122	4.24	0.00	0.42	34,383.93
1.50	137.78	30,772.05	0.45	1.00	1.122	6.01	0.01	0.60	22,922.62
2.00	133.73	30,772.05	0.45	1.00	1.122	7.78	0.01	0.78	17,191.97
0.40	139.57	30,772.05	0.45	20.38	2.997	4.34	0.00	0.43	32,187.02
0.60	137.64	30,772.05	0.45	13.58	2.739	5.86	0.01	0.59	23,478.98
0.80	129.64	30,772.05	0.45	10.19	2.556	6.87	0.01	0.69	18,869.40
1.00	125.04	30,772.05	0.45	8.15	2.414	7.82	0.01	0.78	15,981.95
1.20	122.14	30,772.05	0.45	6.79	2.299	8.73	0.01	0.87	13,988.78
1.40	120.20	30,772.05	0.45	5.82	2.201	9.60	0.01	0.96	12,522.79
1.60	118.87	30,772.05	0.45	5.09	2.116	10.43	0.01	1.04	11,395.13
0.40	140.04	30,772.05	0.45	15.00	2.802	4.07	0.00	0.41	34,425.34
0.60	138.34	30,772.05	0.45	10.00	2.544	5.47	0.01	0.55	25,275.95
0.80	130.52	30,772.05	0.45	7.50	2.362	6.39	0.01	0.64	20,423.83
1.00	126.09	30,772.05	0.45	6.00	2.220	7.25	0.01	0.73	17,380.72
1.20	123.35	30,772.05	0.45	5.00	2.105	8.07	0.01	0.81	15,278.34
1.40	121.59	30,772.05	0.45	4.29	2.007	8.86	0.01	0.89	13,731.09
1.60	120.43	30,772.05	0.45	3.75	1.923	9.60	0.01	0.96	12,540.44

PLACA

Tipo Cimiento	Ubicación	B (m)	Qadm (KN/m²)	Es (KN/m²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
Flexible	Centro	6.00	25.00	30,772.05	0.45	25.00	3.127	6.08	0.01	0.61	4,112.94
Flexible	Esquina	6.00	25.00	30,772.05	0.45	25.00	1.564	3.04	0.00	0.30	8,225.88
Rígido	Centro	6.00	25.00	30,772.05	0.45	25.00	2.752	5.35	0.01	0.53	4,673.79
Rígido	Esquina	6.00	25.00	30,772.05	0.45	25.00	1.376	2.67	0.00	0.27	9,347.59

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMIENTOS SUPERFICIALES- METODO DE TERZAGHI Y MEYERHOF (PORTERÍA NORTE)

Metodo de Terzaghi

C (KN/m ²)	F.S	3.00	L (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Nc	Nq	Ny	NF (m)	6.00	Padm (kN)
	φ (°)	B (m)									Qu (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	
59.40	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	404.91	134.97	33.74
59.40	0.00	1.00	1.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	404.91	134.97	134.97
59.40	0.00	1.50	1.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	404.91	134.97	303.68
59.40	0.00	2.00	2.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	404.91	134.97	539.88
59.40	0.00	0.40	8.15	0.05	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	340.47
59.40	0.00	0.60	8.15	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	510.71
59.40	0.00	0.80	8.15	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	680.94
59.40	0.00	1.00	8.15	0.12	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	851.18
59.40	0.00	1.20	8.15	0.15	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	1021.41
59.40	0.00	1.40	8.15	0.17	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	1191.65
59.40	0.00	1.60	8.15	0.20	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	1361.88
59.40	0.00	0.40	6.00	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	250.65
59.40	0.00	0.60	6.00	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	375.98
59.40	0.00	0.80	6.00	0.13	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	501.31
59.40	0.00	1.00	6.00	0.17	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	626.63
59.40	0.00	1.20	6.00	0.20	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	751.96
59.40	0.00	1.40	6.00	0.23	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	877.28
59.40	0.00	1.60	6.00	0.27	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	313.32	104.44	1002.61
59.40	0.00	6.00	8.15	0.74	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	404.91	134.97	6600.05

Metodo de Meyerhof

C (KN/m ²)	φ (°)	B (m)	L (m)	B/L	Df (m)	γ1 (KN/m ³)	γ2 (KN/m ³)	Nc	Nq	Ny	Qu (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	Padm (kN)
59.40	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	510.60	170.20	42.55
59.40	0.00	1.00	1.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	437.66	145.89	145.89
59.40	0.00	1.50	1.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	413.34	137.78	310.01
59.40	0.00	2.00	2.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	401.19	133.73	534.92
59.40	0.00	0.40	8.15	0.05	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	418.71	139.57	455.00
59.40	0.00	0.60	8.15	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	412.92	137.64	673.06
59.40	0.00	0.80	8.15	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	388.93	129.64	845.28
59.40	0.00	1.00	8.15	0.12	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	375.13	125.04	1019.09
59.40	0.00	1.20	8.15	0.15	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	366.41	122.14	1194.48
59.40	0.00	1.40	8.15	0.17	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	360.59	120.20	1371.46
59.40	0.00	1.60	8.15	0.20	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	356.60	118.87	1550.02
59.40	0.00	0.40	6.00	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	420.13	140.04	336.10
59.40	0.00	0.60	6.00	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	415.01	138.34	498.01
59.40	0.00	0.80	6.00	0.13	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	391.55	130.52	626.47
59.40	0.00	1.00	6.00	0.17	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	378.26	126.09	756.52

59.40	0.00	1.20	6.00	0.20	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	370.06	123.35	888.15
59.40	0.00	1.40	6.00	0.23	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	364.77	121.59	1021.36
59.40	0.00	1.60	6.00	0.27	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	361.30	120.43	1156.16
59.40	0.00	6.00	8.15	0.74	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	360.68	120.23	5879.10

ANEXO 2

PORTERÍA SUR

C (KPa)	99.20
Es (MPa)	53.78
ν	0.00
γ (KN/m2)	18.50
G (KN/m2)	18544.83
Poisson	0.45
Cota TN (m)	2555.50

Influencia Carga (1.5B) m	9.00
Prof Excav. (m)	0.60

Gama Eq (KN/m3)	18.50
Peso aliviado kPa	11.10

Carga NS kPa	25
Carga ND kPa	25
Carga Neta NS - kPa	13.90
Carga Neta ND - kPa	13.90

Análisis de capacidad portante y Asentamientos por consolidación para una placa PORTERIA SUR.

Capacidad portante del suelo																					
B	L	B/L	Df	Nq	Nc	N γ	Ir	Ir(σ)	Fcs	Fcd	Fci	Fcc	Fqs	Fqd	Fqi	Fqc	Q(KN/m2)	Q(ton/m2)	FS (NS)	FS(ND)	Qadm (kPa)
6.00	8.15	0.74	0.60	1.00	5.14	0.00	180.40	9.73	1.14	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	606.60	60.66	43.64	43.64	202.20

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

B	L	L/B	Alfa	Alfa r	Flexible		Rigida
					Se centro (cm)	Se - Esquina (cm)	Se - Rigida (cm)
6.00	8.15	1.36	1.67	1.47	0.21	0.10	0.09

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Prof inicial (m)	Dimensiones			Hc (drenado)	Peso unitario (KN/m3)	Parámetros compresionales				Esquina de placa (Flexible)				Centro (Flexible)				$\Delta\sigma$ (kPa) - Rigido	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'p$ (kPa)	$\sigma'v + A$ (kPa) - Centro	$\sigma'v + A$ (kPa) - Esquina	$\sigma'v + A$ (kPa) - Rigido	Asentamiento		
	Prof final (m)	Prof. Media (m)	Espesor			OCR	e0	Cc	Cr	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)									Se (cm) - Centro	Se - Esquina (cm)	Se - Rigido (cm)
1.50	2.00	1.75	0.50	0.50	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	3.43	4.66	0.25	3.43	1.36	0.58	0.92	12.84	8.86	9.25	4.63	4.63	158.19	17.47	8.05	13.48	0.28	0.12	0.22
2.00	3.00	2.50	1.00	1.00	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	2.40	3.26	0.24	3.36	1.36	0.83	0.83	11.56	7.51	27.75	18.50	18.50	202.63	30.06	21.86	26.01	0.20	0.07	0.14
3.00	4.00	3.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	1.71	2.33	0.23	3.21	1.36	1.17	0.69	9.60	6.14	43.75	35.75	35.75	247.07	45.35	38.96	41.89	0.28	0.10	0.19
4.00	5.00	4.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	1.33	1.81	0.22	3.00	1.36	1.50	0.56	7.78	5.12	59.75	51.75	51.75	291.51	59.53	54.75	56.87	0.17	0.07	0.11
5.00	5.40	5.20	0.40	0.40	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	1.15	1.57	0.20	2.84	1.36	1.73	0.48	6.70	4.55	66.15	62.95	60.79	335.95	67.49	63.63	65.34	0.05	0.02	0.03
5.40	6.00	5.70	0.60	0.60	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	1.05	1.43	0.20	2.72	1.36	1.90	0.43	6.02	4.19	75.75	70.95	63.89	375.16	69.91	66.61	68.08	0.09	0.04	0.07
6.00	6.50	6.25	0.50	0.50	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.96	1.30	0.19	2.58	1.36	2.08	0.39	5.37	3.85	83.75	79.75	67.29	393.44	72.66	69.67	71.14	0.07	0.03	0.05
6.50	7.00	6.75	0.50	0.50	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.89	1.21	0.18	2.46	1.36	2.25	0.35	4.85	3.58	92.25	88.00	70.64	411.71	75.49	73.10	74.21	0.02	0.01	0.01
7.00	8.00	7.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.80	1.09	0.16	2.28	1.36	2.50	0.30	4.18	3.22	109.25	100.75	76.03	429.99	80.21	78.31	79.25	0.03	0.02	0.03
8.00	9.00	8.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.71	0.96	0.15	2.05	1.36	2.83	0.25	3.47	2.82	126.25	117.75	83.22	443.69	86.69	85.27	86.03	0.02	0.01	0.02
9.00	9.20	9.10	0.20	0.20	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.66	0.90	0.14	1.93	1.36	3.03	0.22	3.12	2.61	129.65	127.95	87.53	350.43	90.65	89.46	90.14	0.00	0.00	0.00
9.20	10.00	9.60	0.80	0.80	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.63	0.85	0.13	1.82	1.36	3.20	0.21	2.86	2.45	142.45	136.05	90.73	366.37	93.59	92.55	93.18	0.06	0.04	0.05
10.00	11.00	10.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.57	0.78	0.12	1.66	1.36	3.50	0.18	2.47	2.21	158.45	150.45	96.30	373.35	98.77	97.96	98.51	0.06	0.04	0.05
11.00	12.00	11.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.52	0.71	0.11	1.49	1.36	3.83	0.15	2.11	1.98	174.45	166.45	102.49	389.30	104.60	103.98	104.47	0.05	0.03	0.04
12.00	13.00	12.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.48	0.65	0.10	1.34	1.36	4.17	0.13	1.83	1.78	190.45	182.45	108.68	405.24	110.51	110.02	110.46	0.04	0.03	0.04
13.00	14.00	13.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.44	0.60	0.09	1.21	1.36	4.50	0.11	1.59	1.61	206.45	198.45	114.87	421.19	116.46	116.08	116.48	0.00	0.00	0.00
14.00	15.00	14.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.41	0.56	0.08	1.10	1.36	4.83	0.10	1.40	1.46	222.45	214.45	121.06	437.13	122.46	122.16	122.52	0.00	0.00	0.00
Asentamiento total consolidación (cm)																							1.43	0.64	1.07			

C (KPa)	99.20
Es (MPa)	53.78
ν	0.00
γ (KN/m2)	18.50
G(KN/m2)	18544.83
Poisson	0.45
Cota TN (m)	2555.50

Influencia Carga (1.5B) m	9.00
Prof Excav. (m)	0.60

Gama Eq (KN/m3)	18.50
Peso aliviado kPa	11.10

Carga NS kPa	25
Carga ND kPa	25
Carga Neta NS - kPa	13.90
Carga Neta ND - kPa	13.90

Análisis de capacidad portante y Asentamientos por consolidación para una zapata PORTERIA SUR.

Capacidad portante del suelo																					
B	L	B/L	Df	Nq	Nc	N γ	Ir	Ir(σ)	Fcs	Fcd	Fci	Fcc	Fqs	Fqd	Fqi	Fqc	Q(KN/m2)	Q(ton/m2)	FS (NS)	FS(ND)	Qadm (kPa)
6.00	8.15	0.74	0.60	1.00	5.14	0.00	180.40	9.73	1.14	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	606.60	60.66	43.64	43.64	202.20

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

B	L	L/B	Alfa	Alfa r	Flexible		Rigida
					Se centro (cm)	Se - Esquina (cm)	Se - Rigida (cm)
2.00	2.00	1.00	1.12	0.99	0.05	0.02	0.02

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Prof inicial (m)	Dimensiones			Hc (drenado)	Peso unitario (KN/m3)	Parámetros compresionales				Esquina de placa (Flexible)				Centro (Flexible)				$\Delta\sigma$ (kPa) - Rigido	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'p$ (kPa)	$\sigma'v+$ A (kPa) - Centro	$\sigma'v+$ A (kPa) - Esquina	$\sigma'v+$ A (kPa) - Rigido	Asentamiento		
	Prof final (m)	Prof. Media (m)	Espesor			OCR	e0	Cc	Cr	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)									Se (cm) - Centro	Se - Esquina (cm)	Se - Rigido (cm)
1.50	2.00	1.75	0.50	0.50	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	1.14	1.14	0.19	2.65	1.00	1.75	0.40	5.59	3.95	9.25	4.63	4.63	158.19	10.21	7.28	8.58	0.17	0.10	0.13
2.00	3.00	2.50	1.00	1.00	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	0.80	0.80	0.15	2.03	1.00	2.50	0.24	3.85	2.75	27.75	18.50	18.50	202.63	21.85	20.53	21.25	0.07	0.04	0.06
3.00	4.00	3.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.57	0.57	0.10	1.40	1.00	3.50	0.14	1.91	1.84	43.75	35.75	35.75	247.07	37.66	37.15	37.59	0.06	0.05	0.06
4.00	5.00	4.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.44	0.44	0.07	0.98	1.00	4.50	0.09	1.21	1.32	59.75	51.75	51.75	291.51	52.96	52.73	53.07	0.03	0.02	0.03
5.00	5.40	5.20	0.40	0.40	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.38	0.38	0.06	0.79	1.00	5.20	0.07	0.92	1.07	66.15	62.95	60.79	335.95	61.72	61.58	61.86	0.01	0.01	0.01
5.40	6.00	5.70	0.60	0.60	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.35	0.35	0.05	0.68	1.00	5.70	0.06	0.78	0.94	75.75	70.95	63.89	375.16	64.66	64.56	64.82	0.01	0.01	0.01
6.00	6.50	6.25	0.50	0.50	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.32	0.32	0.04	0.58	1.00	6.25	0.05	0.65	0.82	83.75	79.75	67.29	393.44	67.94	67.87	68.11	0.01	0.01	0.01
6.50	7.00	6.75	0.50	0.50	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.30	0.30	0.04	0.51	1.00	6.75	0.04	0.56	0.73	92.25	88.00	70.64	411.71	71.20	71.14	71.36	0.00	0.00	0.00
7.00	8.00	7.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.27	0.27	0.03	0.42	1.00	7.50	0.03	0.46	0.62	109.25	100.75	76.03	429.99	76.49	76.45	76.64	0.00	0.00	0.00
8.00	9.00	8.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.24	0.24	0.02	0.34	1.00	8.50	0.03	0.36	0.50	126.25	117.75	83.22	443.69	83.58	83.56	83.72	0.00	0.00	0.00
9.00	9.20	9.10	0.20	0.20	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.22	0.22	0.02	0.30	1.00	9.10	0.02	0.31	0.45	129.65	127.95	87.53	350.43	87.85	87.83	87.98	0.00	0.00	0.00
9.20	10.00	9.60	0.80	0.80	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.21	0.21	0.02	0.27	1.00	9.60	0.02	0.28	0.41	142.45	136.05	90.73	366.37	91.01	91.00	91.14	0.01	0.01	0.01
10.00	11.00	10.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.19	0.19	0.02	0.23	1.00	10.50	0.02	0.24	0.36	158.45	150.45	96.30	373.35	96.54	96.53	96.65	0.01	0.01	0.01
11.00	12.00	11.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.17	0.17	0.01	0.19	1.00	11.50	0.01	0.20	0.31	174.45	166.45	102.49	389.30	102.69	102.68	102.79	0.00	0.00	0.01
12.00	13.00	12.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.16	0.16	0.01	0.16	1.00	12.50	0.01	0.17	0.26	190.45	182.45	108.68	405.24	108.85	108.84	108.94	0.00	0.00	0.01
13.00	14.00	13.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.15	0.15	0.01	0.14	1.00	13.50	0.01	0.14	0.23	206.45	198.45	114.87	421.19	115.01	115.01	115.10	0.00	0.00	0.00
14.00	15.00	14.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.14	0.14	0.01	0.12	1.00	14.50	0.01	0.13	0.20	222.45	214.45	121.06	437.13	121.18	121.18	121.26	0.00	0.00	0.00
Asentamiento total consolidación (cm)																										0.38	0.26	0.35

C (KPa)	99.20
Es (MPa)	53.78
ν	0.00
γ (KN/m ²)	18.50
G(KN/m ²)	18544.83
Poisson	0.45
Cota TN (m)	2555.50

Influencia Carga (1.5B) m	9.00
Prof Excav. (m)	0.60

Gama Eq (KN/m ³)	18.50
Peso aliviado kPa	11.10

Carga NS kPa	25
Carga ND kPa	25
Carga Neta NS - kPa	13.90
Carga Neta ND - kPa	13.90

Análisis de capacidad portante y Asentamientos por consolidación de un cimiento corrido con L=8.15m PORTERIA SUR.

Capacidad portante del suelo																					
B	L	B/L	Df	Nq	Nc	N γ	Ir	Ir(σ)	Fcs	Fcd	Fci	Fcc	Fqs	Fqd	Fqi	Fqc	Q(KN/m ²)	Q(ton/m ²)	FS (NS)	FS(ND)	Qadm (kPa)
6.00	8.15	0.74	0.60	1.00	5.14	0.00	180.40	9.73	1.14	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	606.60	60.66	43.64	43.64	202.20

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

B	L	L/B	Alfa	Alfa r	Flexible		Rígida	
					Se centro (cm)	Se - Esquina (cm)	Se - Centro (cm)	Se - Rígida (cm)
2.00	8.15	4.08	6.83	6.01	0.28	0.14	0.12	

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Prof inicial (m)	Dimensiones				Parámetros compresionales								Esquina de placa (Flexible)				Centro (Flexible)				$\Delta\sigma$ (kPa) - Rígido	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'p$ (kPa)	$\sigma'v + A$ (kPa) - Centro	$\sigma'v + A$ (kPa) - Esquina	$\sigma'v + A$ (kPa) - Rígido	Asentamiento		
	Prof final (m)	Prof. Media (m)	Espesor	Hc (drenado)	Peso unitario (KN/m ³)	OCR	e0	Cc	Cr	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)	Se (cm) - Centro	Se - Esquina (cm)	Se - Rígido (cm)											
1.50	2.00	1.75	0.50	0.50	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	1.14	4.66	0.21	2.98	4.08	1.75	0.60	8.31	6.10	9.25	4.63	4.63	158.19	12.94	7.50	10.73	0.22	0.10	0.18			
2.00	3.00	2.50	1.00	1.00	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	0.80	3.26	0.18	2.56	4.08	2.50	0.45	6.20	4.73	27.75	18.50	18.50	202.63	24.70	21.06	23.23	0.12	0.05	0.10			
3.00	4.00	3.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.57	2.33	0.15	2.08	4.08	3.50	0.32	4.40	3.54	43.75	35.75	35.75	247.07	40.15	37.83	39.29	0.14	0.07	0.11			
4.00	5.00	4.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.44	1.81	0.12	1.70	4.08	4.50	0.23	3.25	2.76	59.75	51.75	51.75	291.51	55.00	53.45	54.51	0.07	0.04	0.06			
5.00	5.40	5.20	0.40	0.40	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.38	1.57	0.11	1.50	4.08	5.20	0.19	2.68	2.36	66.15	62.95	60.79	335.95	63.47	62.29	63.15	0.02	0.01	0.02			
5.40	6.00	5.70	0.60	0.60	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.35	1.43	0.10	1.37	4.08	5.70	0.17	2.35	2.12	75.75	70.95	63.89	375.16	66.24	65.25	66.01	0.04	0.02	0.03			
6.00	6.50	6.25	0.50	0.50	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.32	1.30	0.09	1.24	4.08	6.25	0.15	2.05	1.91	83.75	79.75	67.29	393.44	69.34	68.54	69.20	0.02	0.02	0.02			
6.50	7.00	6.75	0.50	0.50	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.30	1.21	0.08	1.15	4.08	6.75	0.13	1.82	1.74	92.25	88.00	70.64	411.71	72.46	71.78	72.37	0.01	0.00	0.01			
7.00	8.00	7.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.27	1.09	0.07	1.02	4.08	7.50	0.11	1.54	1.52	109.25	100.75	76.03	429.99	77.57	77.05	77.55	0.01	0.01	0.01			
8.00	9.00	8.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.24	0.96	0.06	0.87	4.08	8.50	0.09	1.25	1.30	126.25	117.75	83.22	443.69	84.47	84.09	84.51	0.01	0.01	0.01			
9.00	9.20	9.10	0.20	0.20	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.22	0.90	0.06	0.80	4.08	9.10	0.08	1.12	1.18	129.65	127.95	87.53	350.43	88.65	88.33	88.72	0.00	0.00	0.00			
9.20	10.00	9.60	0.80	0.80	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.21	0.85	0.05	0.75	4.08	9.60	0.07	1.02	1.10	142.45	136.05	90.73	366.37	91.74	91.47	91.83	0.02	0.01	0.02			
10.00	11.00	10.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.19	0.78	0.05	0.66	4.08	10.50	0.06	0.87	0.97	158.45	150.45	96.30	373.35	97.17	96.96	97.27	0.02	0.02	0.02			
11.00	12.00	11.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.17	0.71	0.04	0.58	4.08	11.50	0.05	0.74	0.85	174.45	166.45	102.49	389.30	103.23	103.07	103.34	0.02	0.01	0.02			
12.00	13.00	12.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.16	0.65	0.04	0.51	4.08	12.50	0.05	0.63	0.76	190.45	182.45	108.68	405.24	109.31	109.19	109.44	0.01	0.01	0.02			
13.00	14.00	13.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.15	0.60	0.03	0.46	4.08	13.50	0.04	0.55	0.68	206.45	198.45	114.87	421.19	115.42	115.32	115.54	0.00	0.00	0.00			
14.00	15.00	14.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.14	0.56	0.03	0.41	4.08	14.50	0.03	0.48	0.61	222.45	214.45	121.06	437.13	121.54	121.47	121.67	0.00	0.00	0.00			
																							Asentamiento total consolidación (cm)			0.73	0.39	0.63			

C (KPa)	99.20
Es (MPa)	53.78
ν	0.00
γ (KN/m2)	18.50
G (KN/m2)	18544.83
Poisson	0.45
Cota TN (m)	2555.50

Influencia Carga (1.5B) m	9.00
Prof Excav. (m)	0.60

Gama Eq (KN/m3)	18.50
Peso aliviado kPa	11.10

Carga NS kPa	25
Carga ND kPa	25
Carga Neta NS - kPa	13.90
Carga Neta ND - kPa	13.90

Analisis de capacidad portante y Asentamientos por consolidación de un cimiento corrido con L=6.00m PORTERIA SUR.

Capacidad portante del suelo																					
B	L	B/L	Df	Nq	Nc	N γ	Ir	Ir(σ)	Fcs	Fcd	Fci	Fcc	Fqs	Fqd	Fqi	Fqc	Q(KN/m2)	Q(ton/m2)	FS (NS)	FS(ND)	Qadm (kPa)
6.00	8.15	0.74	0.60	1.00	5.14	0.00	180.40	9.73	1.14	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	606.60	60.66	43.64	43.64	202.20

ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

B	L	L/B	Alfa	Alfa r	Flexible		Rigida
					Se centro (cm)	Se - Esquina (cm)	Se - Rigida (cm)
2.00	6.00	3.00	4.63	4.07	0.19	0.10	0.08

ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Prof inicial (m)	Dimensiones				Hc (drenado)	Peso unitario (KN/m3)	Prámetros compresionales				Esquina de placa (Flexible)				Centro (Flexible)				$\Delta\sigma$ (kPa) - Rigido	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'v$ (kPa)	$\sigma'p$ (kPa)	$\sigma'v + A$ (kPa) - Centro	$\sigma'v + A$ (kPa) - Esquina	$\sigma'v + A$ (kPa) - Rigido	Asentamiento		
	Prof final (m)	Prof. Media (m)	Espesor	Hc (drenado)			OCR	e0	Cc	Cr	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)	m	n	l	$\Delta\sigma$ (kPa)									Se (cm) - Centro	Se - Esquina (cm)	Se - Rigido (cm)
1.50	2.00	1.75	0.50	0.50	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	1.14	3.43	0.21	2.97	3.00	1.75	0.59	8.15	5.74	9.25	4.63	4.63	158.19	12.77	7.59	10.36	0.21	0.10	0.17	
2.00	3.00	2.50	1.00	1.00	18.50	7.12	0.81	0.14	0.02	0.80	2.40	0.18	2.54	3.00	2.50	0.43	5.91	4.36	27.75	18.50	18.50	202.63	24.41	21.04	22.86	0.12	0.05	0.09	
3.00	4.00	3.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.57	1.71	0.15	2.04	3.00	3.50	0.29	4.00	3.19	43.75	35.75	35.75	247.07	39.75	37.79	38.94	0.13	0.07	0.10	
4.00	5.00	4.50	1.00	1.00	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.44	1.33	0.12	1.64	3.00	4.50	0.20	2.83	2.44	59.75	51.75	51.75	291.51	54.58	53.39	54.19	0.06	0.04	0.05	
5.00	5.40	5.20	0.40	0.40	16.00	3.00	1.37	0.52	0.07	0.38	1.15	0.10	1.42	3.00	5.20	0.16	2.27	2.07	66.15	62.95	60.79	335.95	63.07	62.21	62.86	0.02	0.01	0.02	
5.40	6.00	5.70	0.60	0.60	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.35	1.05	0.09	1.28	3.00	5.70	0.14	1.97	1.85	75.75	70.95	63.89	375.16	65.85	65.17	65.74	0.03	0.02	0.03	
6.00	6.50	6.25	0.50	0.50	16.00	5.12	1.89	0.91	0.11	0.32	0.96	0.08	1.15	3.00	6.25	0.12	1.69	1.65	83.75	79.75	67.29	393.44	68.98	68.44	68.94	0.02	0.01	0.02	
6.50	7.00	6.75	0.50	0.50	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.30	0.89	0.08	1.05	3.00	6.75	0.11	1.48	1.50	92.25	88.00	70.64	411.71	72.12	71.68	72.13	0.01	0.00	0.01	
7.00	8.00	7.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.27	0.80	0.07	0.91	3.00	7.50	0.09	1.24	1.30	109.25	100.75	76.03	429.99	77.27	76.94	77.33	0.01	0.01	0.01	
8.00	9.00	8.50	1.00	1.00	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.24	0.71	0.06	0.77	3.00	8.50	0.07	0.99	1.10	126.25	117.75	83.22	443.69	84.21	83.99	84.31	0.01	0.01	0.01	
9.00	9.20	9.10	0.20	0.20	17.00	1.64	1.42	0.27	0.03	0.22	0.66	0.05	0.70	3.00	9.10	0.06	0.88	1.00	129.65	127.95	87.53	350.43	88.41	88.23	88.53	0.00	0.00	0.00	
9.20	10.00	9.60	0.80	0.80	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.21	0.63	0.05	0.64	3.00	9.60	0.06	0.79	0.92	142.45	136.05	90.73	366.37	91.52	91.37	91.65	0.02	0.01	0.02	
10.00	11.00	10.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.19	0.57	0.04	0.56	3.00	10.50	0.05	0.67	0.81	158.45	150.45	96.30	373.35	96.97	96.86	97.11	0.02	0.01	0.02	
11.00	12.00	11.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.17	0.52	0.03	0.48	3.00	11.50	0.04	0.57	0.71	174.45	166.45	102.49	389.30	103.06	102.97	103.19	0.01	0.01	0.02	
12.00	13.00	12.50	1.00	1.00	16.00	2.40	1.55	1.05	0.13	0.16	0.48	0.03	0.42	3.00	12.50	0.03	0.48	0.62	190.45	182.45	108.68	405.24	109.16	109.10	109.30	0.01	0.01	0.01	
13.00	14.00	13.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.15	0.44	0.03	0.37	3.00	13.50	0.03	0.42	0.55	206.45	198.45	114.87	421.19	115.29	115.24	115.42	0.00	0.00	0.00	
14.00	15.00	14.50	1.00	1.00	16.00	1.12	0.46	0.09	0.01	0.14	0.41	0.02	0.33	3.00	14.50	0.03	0.36	0.49	222.45	214.45	121.06	437.13	121.42	121.39	121.55	0.00	0.00	0.00	
Asentamiento total consolidación (cm)																							0.67	0.37	0.57				

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMIENTOS SUPERFICIALES- (PORTERIA SUR)

Metodo de Terzaghi

		F.S	3.00								NF (m)	6.00	
C (KN/m2)	ϕ (°)	B (m)	L (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m3)	γ_2 (KN/m3)	Nc	Nq	N γ	Qu (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	Padm (kN)
120.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	809.84	269.95	67.49
120.00	0.00	0.80	0.80	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	809.84	269.95	172.77
120.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	809.84	269.95	269.95
120.00	0.00	1.50	1.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	809.84	269.95	607.38
120.00	0.00	0.40	8.15	0.05	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	678.95
120.00	0.00	0.50	8.15	0.06	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	848.69
120.00	0.00	0.60	8.15	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	1018.42
120.00	0.00	0.40	6.00	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	499.84
120.00	0.00	0.50	6.00	0.08	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	624.80
120.00	0.00	0.60	6.00	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	624.80	208.27	749.76
120.00	0.00	6.00	8.15	0.74	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	809.84	269.95	13200.39

Metodo de Meyerhof

C (KN/m2)	ϕ (°)	B (m)	L (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m3)	γ_2 (KN/m3)	Nc	Nq	N γ	Qu (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	Padm (kN)
120.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	1031.52	343.84	85.96
120.00	0.00	0.80	0.80	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	921.00	307.00	196.48
120.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	884.16	294.72	294.72
120.00	0.00	1.50	1.50	1.00	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	835.04	278.35	626.28
120.00	0.00	0.40	8.15	0.05	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	845.88	281.96	919.18
120.00	0.00	0.50	8.15	0.06	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	873.83	291.28	1186.95
120.00	0.00	0.60	8.15	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	834.18	278.06	1359.71
120.00	0.00	0.40	6.00	0.07	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	848.74	282.91	678.99
120.00	0.00	0.50	6.00	0.08	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	877.52	292.51	877.52
120.00	0.00	0.60	6.00	0.10	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	838.40	279.47	1006.08
120.00	0.00	6.00	8.15	0.74	0.50	16.00	16.00	5.14	1.00	0.00	728.65	242.88	11876.97

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMIENTOS - METODO DE HART

CIMIENTOS RIGIDOS - UBICACIÓN ESQUINA

B (m)	Qult (kN/m²)	Es (kN/m²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	1.67	54976.51	0.45	1.00	0.988	0.01	0.00	0.00	279224.60
0.80	3.57	54976.51	0.45	1.00	0.988	0.02	0.00	0.00	174515.38
1.00	5.00	54976.51	0.45	1.00	0.988	0.04	0.00	0.00	139612.30
1.50	12.50	54976.51	0.45	1.00	0.988	0.13	0.00	0.01	93074.87
0.40	12.50	54976.51	0.45	20.38	2.637	0.10	0.00	0.01	130691.99
0.50	25.00	54976.51	0.45	16.30	2.512	0.23	0.00	0.02	109753.28
0.60	25.00	54976.51	0.45	13.58	2.410	0.26	0.00	0.03	95333.92
0.40	12.50	54976.51	0.45	15.00	2.466	0.09	0.00	0.01	139780.43
0.50	12.50	54976.51	0.45	12.00	2.341	0.11	0.00	0.01	117790.32
0.60	12.50	54976.51	0.45	10.00	2.239	0.12	0.00	0.01	102630.33
6.00	25.00	54976.51	0.45	1.36	1.143	1.24	0.00	0.12	20106.33

CIMIENTOS FLEXIBLES - UBICACIÓN ESQUINA

B (m)	Qult (KN/m²)	Es (KN/m²)	μs	L/B	α_r	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	1.67	54976.51	0.45	300.00	4.709	0.03	0.00	0.00	58556.46
0.80	3.57	54976.51	0.45	187.50	4.410	0.09	0.00	0.01	39081.00
1.00	5.00	54976.51	0.45	150.00	4.268	0.15	0.00	0.02	32305.48
1.50	12.50	54976.51	0.45	100.00	4.010	0.55	0.00	0.05	22923.45
0.40	12.50	54976.51	0.45	375.00	4.851	0.18	0.00	0.02	71052.15
0.50	25.00	54976.51	0.45	300.00	4.709	0.43	0.00	0.04	58556.46
0.60	25.00	54976.51	0.45	250.00	4.593	0.50	0.00	0.05	50030.21
0.40	12.50	54976.51	0.45	375.00	4.851	0.18	0.00	0.02	71052.15
0.50	12.50	54976.51	0.45	300.00	4.709	0.21	0.00	0.02	58556.46
0.60	12.50	54976.51	0.45	250.00	4.593	0.25	0.00	0.02	50030.21
6.00	25.00	54976.51	0.45	25.00	3.127	3.40	0.00	0.34	7348.06

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMIENTOS - PORTERIA SUR

CIMIENTOS RIGIDOS - UBICACIÓN CENTRO

B (m)	Qult (KN/m²)	Es (KN/m²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	343.84	54976.51	0.45	1.00	0.988	2.46	0.00	0.25	139612.30
0.80	307.00	54976.51	0.45	1.00	0.988	3.52	0.00	0.35	87257.69
1.00	294.72	54976.51	0.45	1.00	0.988	4.22	0.00	0.42	69806.15
1.50	278.35	54976.51	0.45	1.00	0.988	5.98	0.01	0.60	46537.43
0.40	281.96	54976.51	0.45	20.38	2.637	4.31	0.00	0.43	65345.99
0.50	291.28	54976.51	0.45	16.30	2.512	5.31	0.01	0.53	54876.64
0.60	278.06	54976.51	0.45	13.58	2.410	5.83	0.01	0.58	47666.96
0.40	282.91	54976.51	0.45	15.00	2.466	4.05	0.00	0.40	69890.21
0.50	292.51	54976.51	0.45	12.00	2.341	4.97	0.00	0.50	58895.16
0.60	279.47	54976.51	0.45	10.00	2.239	5.45	0.01	0.54	51315.16
6.00	242.88	54976.51	0.45	1.36	1.143	24.16	0.02	2.42	10053.16

CIMIENTOS FLEXIBLES - UBICACIÓN CENTRO

B (m)	Qult (KN/m²)	Es (KN/m²)	μs	L/B	α_r	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	343.84	54976.51	0.45	300.00	4.709	11.74	0.01	1.17	29278.23
0.80	307.00	54976.51	0.45	187.50	4.410	15.71	0.02	1.57	19540.50
1.00	294.72	54976.51	0.45	150.00	4.268	18.25	0.02	1.82	16152.74
1.50	278.35	54976.51	0.45	100.00	4.010	24.28	0.02	2.43	11461.73
0.40	281.96	54976.51	0.45	375.00	4.851	7.94	0.01	0.79	35526.07
0.50	291.28	54976.51	0.45	300.00	4.709	9.95	0.01	0.99	29278.23
0.60	278.06	54976.51	0.45	250.00	4.593	11.12	0.01	1.11	25015.10
0.40	282.91	54976.51	0.45	375.00	4.851	7.96	0.01	0.80	35526.07
0.50	292.51	54976.51	0.45	300.00	4.709	9.99	0.01	1.00	29278.23
0.60	279.47	54976.51	0.45	250.00	4.593	11.17	0.01	1.12	25015.10
6.00	242.88	54976.51	0.45	25.00	3.127	66.11	0.07	6.61	3674.03

ANEXO 3

ZONA DE MANTENIMIENTO Y LAVADO

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMIENTOS - METODO DE HART

ZAPATAS Y CIMIENTOS CORRIDOS

B (m)	L (m)	Qadm (kN/m ²)	Es (kN/m ²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m ³)
0.50	0.50	200.57	53,808.00	0.45	1.00	0.988	1.47	0.00	0.15	136,644.87
1.00	1.00	171.92	53,808.00	0.45	1.00	0.988	2.52	0.00	0.25	68,322.43
1.50	1.50	162.37	53,808.00	0.45	1.00	0.988	3.56	0.00	0.36	45,548.29
2.00	2.00	157.59	53,808.00	0.45	1.00	0.988	4.61	0.00	0.46	34,161.22
2.50	2.50	154.73	53,808.00	0.45	1.00	0.988	5.66	0.01	0.57	27,328.97
3.50	3.50	151.45	53,808.00	0.45	1.00	0.988	7.76	0.01	0.78	19,520.70
4.00	4.00	150.43	53,808.00	0.45	1.00	0.988	8.81	0.01	0.88	17,080.61
0.50	0.67	192.41	53,808.00	0.45	1.33	1.133	1.62	0.00	0.16	119,077.19
1.00	1.33	164.92	53,808.00	0.45	1.33	1.133	2.77	0.00	0.28	59,538.60
1.50	2.00	155.76	53,808.00	0.45	1.33	1.133	3.92	0.00	0.39	39,692.40
2.00	2.67	151.18	53,808.00	0.45	1.33	1.133	5.08	0.01	0.51	29,769.30
2.50	3.33	148.43	53,808.00	0.45	1.33	1.133	6.23	0.01	0.62	23,815.44
3.50	4.67	145.29	53,808.00	0.45	1.33	1.133	8.54	0.01	0.85	17,011.03
4.00	5.33	144.31	53,808.00	0.45	1.33	1.133	9.69	0.01	0.97	14,884.65
0.50	1.00	184.24	53,808.00	0.45	2.00	1.348	1.84	0.00	0.18	100,109.91
1.00	2.00	157.92	53,808.00	0.45	2.00	1.348	3.15	0.00	0.32	50,054.95
1.50	3.00	149.15	53,808.00	0.45	2.00	1.348	4.47	0.00	0.45	33,369.97
2.00	4.00	144.76	53,808.00	0.45	2.00	1.348	5.78	0.01	0.58	25,027.48
2.50	5.00	142.13	53,808.00	0.45	2.00	1.348	7.10	0.01	0.71	20,021.98
3.50	7.00	139.12	53,808.00	0.45	2.00	1.348	9.73	0.01	0.97	14,301.42
4.00	8.00	138.18	53,808.00	0.45	2.00	1.348	11.04	0.01	1.10	12,513.74
0.50	2.00	176.07	53,808.00	0.45	4.00	1.728	2.25	0.00	0.23	78,088.58
1.00	4.00	150.92	53,808.00	0.45	4.00	1.728	3.87	0.00	0.39	39,044.29
1.50	6.00	142.54	53,808.00	0.45	4.00	1.728	5.48	0.01	0.55	26,029.53
2.00	8.00	138.34	53,808.00	0.45	4.00	1.728	7.09	0.01	0.71	19,522.15
2.50	10.00	135.83	53,808.00	0.45	4.00	1.728	8.70	0.01	0.87	15,617.72
3.50	14.00	132.95	53,808.00	0.45	4.00	1.728	11.92	0.01	1.19	11,155.51
4.00	16.00	132.06	53,808.00	0.45	4.00	1.728	13.53	0.01	1.35	9,761.07
0.50	5.00	171.17	53,808.00	0.45	10.00	2.239	2.84	0.00	0.28	60,269.36
1.00	10.00	146.72	53,808.00	0.45	10.00	2.239	4.87	0.00	0.49	30,134.68
1.50	15.00	138.57	53,808.00	0.45	10.00	2.239	6.90	0.01	0.69	20,089.79
2.00	20.00	134.49	53,808.00	0.45	10.00	2.239	8.93	0.01	0.89	15,067.34
2.50	25.00	132.05	53,808.00	0.45	10.00	2.239	10.95	0.01	1.10	12,053.87
3.50	35.00	129.25	53,808.00	0.45	10.00	2.239	15.01	0.02	1.50	8,609.91
4.00	40.00	128.38	53,808.00	0.45	10.00	2.239	17.04	0.02	1.70	7,533.67

ANEXO 4

BÁSCULA

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE PARA CIMIENTOS SUPERFICIALES- (BASCULAS)

Metodo de Terzaghi

C (KN/m2)	F.S	3.00	L (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m3)	γ_2 (KN/m3)	Nc	Nq	N γ	NF (m)	6.00	Padm (kN)
	ϕ (°)	B (m)									QU (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	
70.00	0.00	0.50	5.00	0.10	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	396.95
70.00	0.00	1.00	5.00	0.20	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	793.90
70.00	0.00	1.50	5.00	0.30	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	1190.85
70.00	0.00	2.00	5.00	0.40	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	1587.80
70.00	0.00	2.50	5.00	0.50	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	1984.75
70.00	0.00	3.00	5.00	0.60	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	476.34	158.78	2381.70

Metodo de Meyerhof

C (KN/m2)	ϕ (°)	B (m)	L (m)	B/L	Df (m)	γ_1 (KN/m3)	γ_2 (KN/m3)	Nc	Nq	N γ	QU (kN/m ²)	Qadm (kN/m ²)	Padm (kN)
70.00	0.00	0.50	5.00	0.10	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	513.52	171.17	427.93
70.00	0.00	1.00	5.00	0.20	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	448.56	149.52	747.60
70.00	0.00	1.50	5.00	0.30	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	431.57	143.86	1078.93
70.00	0.00	2.00	5.00	0.40	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	426.58	142.19	1421.93
70.00	0.00	2.50	5.00	0.50	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	426.38	142.13	1776.60
70.00	0.00	3.00	5.00	0.60	0.50	17.20	17.20	5.14	1.00	0.00	428.59	142.86	2142.93

CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS PARA CIMIENTOS - (BASCULAS)

ZAPATAS Y CIMIENTOS CORRIDOS

B (m)	Qadm (kN/m²)	Es (kN/m²)	μs	L/B	α	Se (mm)	Se (m)	Se (cm)	Kr (kN/m³)
0.50	159.00	53,808.00	0.45	10.00	2.239	2.64	0.00	0.26	60,269.36
1.00	159.00	53,808.00	0.45	5.00	1.852	4.36	0.00	0.44	36,430.50
1.50	159.00	53,808.00	0.45	3.33	1.627	5.75	0.01	0.58	27,643.61
2.00	159.00	53,808.00	0.45	2.50	1.469	6.92	0.01	0.69	22,963.48
2.50	159.00	53,808.00	0.45	2.00	1.348	7.94	0.01	0.79	20,021.98
3.00	159.00	53,808.00	0.45	1.67	1.250	8.84	0.01	0.88	17,987.45

ANEXO 5

VÍAS

WINDEPAV 2.5

Interfase para Windows del programa DEPAVF desarrollado por la Universidad del Cauca

Por: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela - M.Sc.

Archivo: L:\Proyectos\IGRL-191-15 Diseño planta de tratamiento CANOAS\3. Tecnico\Producto 5\vías\Vías\Diseño\Version 10-02-2016.pav

Descripción de Alternativa 1 Diseño Pavimento Canoas

Radio de las r1 10,8
 Distancia entr 32,4
 Presión de coi 5,594

Capa No.	Espesor (cm)	Módulo E (kg./cm ²)	Relación de P _r	Condición de interfase
1	10	4,93E+04	0,3	Continua
2	20	2,14E+03	0,3	Discontinua
3	20	1,47E+03	0,3	Discontinua
4	100	8,01E+02	0,3	Discontinua
5	Semi infinita	3,06E+02	0,35	

Posición del valor máximo para una carga

A Bajo una rueda simple

B Bajo una de las ruedas de la carga

C Al centro de la carga

Capa	Profundidad (cm)	Sigma T (kg./cm ²)	Sigma Z (kg./cm ²)	Epsilón T (microstrain)	Epsilón Z (microstrain)
1	0	1,94E+01 B	5,60E+00 A	261 B	-138 C
	10	-1,55E+01 B	1,28E+00 B	-246 B	197 B
2	10	-1,67E-01 C	1,28E+00 B	-246 B	622 B
	30	-1,17E+00 C	5,11E-01 C	-483 C	540 C
3	30	5,03E-01 C	5,11E-01 C	144 C	151 C
	50	-3,32E-01 C	4,20E-01 C	-256 C	410 C
4	50	4,03E-01 C	4,20E-01 C	200 C	228 C
	150	-1,58E-01 C	9,04E-02 C	-174 C	230 C
5	150	7,70E-02 C	9,04E-02 C	60,6 C	120 C

Deflexión en ε 94,66
 Radio de curv. 173,28
 Deflexión x Ra 16402,48

Agrietamiento $N_f = C \cdot k_1 \cdot (1/et)^{k_2} \cdot (1/E)^{k_3}$

Ahuellamiento $N_r = k_4 \cdot (1/ez)^{k_5}$

Capa	Criterio	Coficiente	Valor	Coficiente	Valor	Respuesta estructural	NESE admisible	NESE de diseño	Daño acumulado
1	Agrietamiento	$C \cdot k_1 \cdot (1/E)^{k_3} =$	1,24E-06	$k_2 =$	3,291	-2,46E-04	9,34E+05	5,50E+05	0,589
5	Ahuellamiento	$k_3 =$	6,15E-07	$k_4 =$	4	1,20E-04	2,97E+09	5,50E+05	0

ANEXO 6

TABLAS PARA PAVIMENTO RÍGIDO (PCA)

TABLAS Y GRAFICAS PARA EL ANALISIS POR EL METODO PCA

Tabla 6.1
Efecto de la subbase granular sobre los valores de K

Valor de K para sub-rasante		Valor de K para subbase por combinada							
		100 m.m.		150 m.m.		225 m.m.		300 m.m.	
Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³	Mpa/m	lb/pulg. ³
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Tabla 6.2
Valores de diseño para subbase tratada con cemento

Valor de K para sub-rasante		Valor de K para sub-base							
		100 m.m.		150 m.m.		200 m.m.		250 m.m.	
M Pa/m	lb/pulg. ³	M Pa/m	lb/pulg. ³	M Pa/m	lb/pulg. ³	M Pa/m	lb/pulg. ³	M Pa/m	lb/pulg. ³
20	73	60	220	80	300	105	400	135	500
40	147	100	370	130	500	185	680	230	850
60	220	140	520	190	700	245	900	—	—

Esfuerzo equivalente-sin berma de concreto (eje simple/eje tándem)						
Espesor de losas (m.m.)	K combinado (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42/4.39	4.75/3.83	4.38/3.59	4.13/3.44	3.66/3.22	3.45/3.15
110	4.74/3.88	4.16/3.35	3.85/3.12	3.63/2.97	3.23/2.76	3.06/2.60
120	4.19/3.47	3.69/2.98	3.41/2.75	3.23/2.62	2.88/2.40	2.73/2.33
130	3.75/3.14	3.30/2.68	3.06/2.46	2.89/2.33	2.59/2.13	2.46/2.05
140	3.37/2.87	2.97/2.43	2.76/2.23	2.61/2.10	2.34/1.90	2.23/1.83
150	3.06/2.64	2.70/2.23	2.51/2.04	2.37/1.92	2.13/1.72	2.03/1.65
160	2.79/2.45	2.47/2.06	2.29/1.87	2.17/1.76	1.95/1.57	1.86/1.50
170	2.56/2.28	2.26/1.91	2.10/1.74	1.99/1.63	1.80/1.45	1.71/1.38
180	2.37/2.14	2.09/1.79	1.94/1.62	1.84/1.51	1.66/1.34	1.58/1.27
190	2.19/2.01	1.94/1.67	1.80/1.51	1.71/1.41	1.54/1.25	1.47/1.18
200	2.04/1.90	1.80/1.58	1.67/1.42	1.59/1.33	1.43/1.17	1.37/1.11
210	1.91/1.79	1.68/1.49	1.56/1.34	1.48/1.25	1.34/1.10	1.28/1.04
220	1.79/1.70	1.57/1.41	1.46/1.27	1.39/1.18	1.26/1.03	1.20/0.98
230	1.68/1.62	1.48/1.34	1.38/1.21	1.31/1.12	1.18/0.98	1.13/0.92
240	1.58/1.55	1.39/1.28	1.30/1.15	1.23/1.06	1.11/0.93	1.06/0.87
250	1.49/1.48	1.32/1.22	1.22/1.09	1.16/1.01	1.05/0.88	1.00/0.83
260	1.41/1.41	1.25/1.17	1.16/1.05	1.10/0.97	0.99/0.84	0.95/0.79
270	1.34/1.36	1.18/1.12	1.10/1.00	1.04/0.93	0.94/0.80	0.90/0.75
280	1.28/1.30	1.12/1.07	1.04/0.96	0.99/0.89	0.89/0.77	0.86/0.72
290	1.22/1.25	1.07/1.03	0.99/0.92	0.94/0.85	0.85/0.74	0.81/0.69
300	1.16/1.21	1.02/0.99	0.95/0.89	0.90/0.82	0.81/0.71	0.78/0.66
310	1.11/1.16	0.97/0.96	0.90/0.86	0.86/0.79	0.77/0.68	0.74/0.64
320	1.06/1.12	0.93/0.92	0.86/0.83	0.82/0.76	0.74/0.66	0.71/0.62
330	1.02/1.09	0.89/0.89	0.83/0.80	0.78/0.74	0.71/0.63	0.68/0.59
340	0.98/1.05	0.85/0.86	0.79/0.77	0.75/0.71	0.68/0.61	0.65/0.57
350	0.94/1.02	0.82/0.84	0.76/0.75	0.72/0.69	0.65/0.59	0.62/0.55

**Factores de erosión -juntas con pasadores-
Sin bermas en concreto (eje simple/eje tándem).**

Espesor de losa (mm)	K Combinado (MPa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3.76/3.83	3.75/3.79	3.74/3.77	3.74/3.76	3.72/3.72	3.70/3.70
110	3.63/3.71	3.62/3.67	3.61/3.65	3.61/3.63	3.59/3.60	3.58/3.58
120	3.52/3.61	3.50/3.56	3.49/3.54	3.49/3.52	3.47/3.49	3.46/3.47
130	3.41/3.52	3.39/3.47	3.39/3.44	3.38/3.43	3.37/3.39	3.35/3.37
140	3.31/3.43	3.30/3.38	3.29/3.35	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
150	3.22/3.36	3.21/3.30	3.20/3.27	3.19/3.25	3.17/3.21	3.16/3.19
160	3.14/3.28	3.12/3.22	3.11/3.19	3.10/3.17	3.09/3.13	3.08/3.12
170	3.06/3.22	3.04/3.15	3.03/3.12	3.02/3.10	3.01/3.06	3.00/3.04
180	2.99/3.16	2.97/3.09	2.96/3.06	2.95/3.03	2.93/2.99	2.92/2.97
190	2.92/3.10	2.90/3.03	2.88/2.99	2.88/2.97	2.86/2.93	2.85/2.91
200	2.85/3.05	2.83/2.97	2.82/2.94	2.81/2.91	2.79/2.87	2.78/2.85
210	2.79/2.99	2.77/2.92	2.75/2.88	2.75/2.86	2.73/2.81	2.72/2.79
220	2.73/2.95	2.71/2.87	2.69/2.83	2.69/2.80	2.67/2.76	2.66/2.73
230	2.67/2.90	2.65/2.82	2.64/2.78	2.63/2.75	2.61/2.70	2.60/2.68
240	2.62/2.86	2.60/2.78	2.58/2.73	2.57/2.71	2.55/2.66	2.54/2.63
250	2.57/2.82	2.54/2.73	2.53/2.69	2.52/2.66	2.50/2.61	2.49/2.59
260	2.52/2.78	2.49/2.69	2.48/2.65	2.47/2.62	2.45/2.56	2.44/2.54
270	2.47/2.74	2.44/2.65	2.43/2.61	2.42/2.58	2.40/2.52	2.39/2.50
280	2.42/2.71	2.40/2.62	2.38/2.57	2.37/2.54	2.35/2.48	2.34/2.46
290	2.38/2.67	2.35/2.58	2.34/2.53	2.33/2.50	2.31/2.44	2.30/2.42
300	2.34/2.64	2.31/2.55	2.30/2.50	2.29/2.46	2.26/2.41	2.26/2.38
310	2.29/2.61	2.27/2.51	2.25/2.46	2.24/2.43	2.22/2.37	2.21/2.34
320	2.25/2.58	2.23/2.48	2.21/2.43	2.20/2.40	2.18/2.33	2.17/2.31
330	2.21/2.55	2.19/2.45	2.17/2.40	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.28
340	2.18/2.52	2.15/2.42	2.14/2.37	2.12/2.33	2.10/2.27	2.09/2.24
350	2.14/2.49	2.11/2.39	2.10/2.34	2.09/2.30	2.07/2.24	2.06/2.21

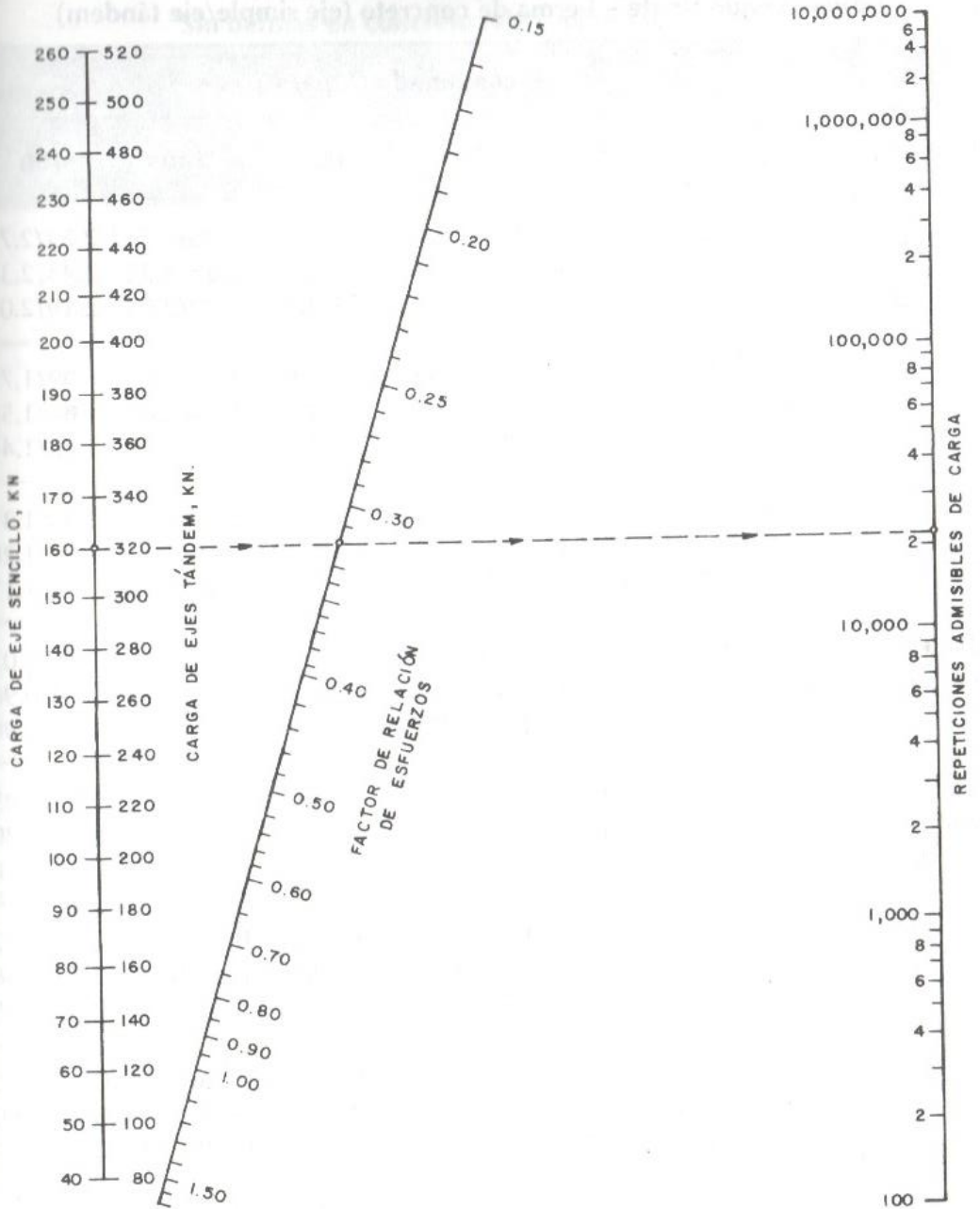


Figura 6.3 – Análisis de fatiga-Repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos (con y sin bermas de concreto).

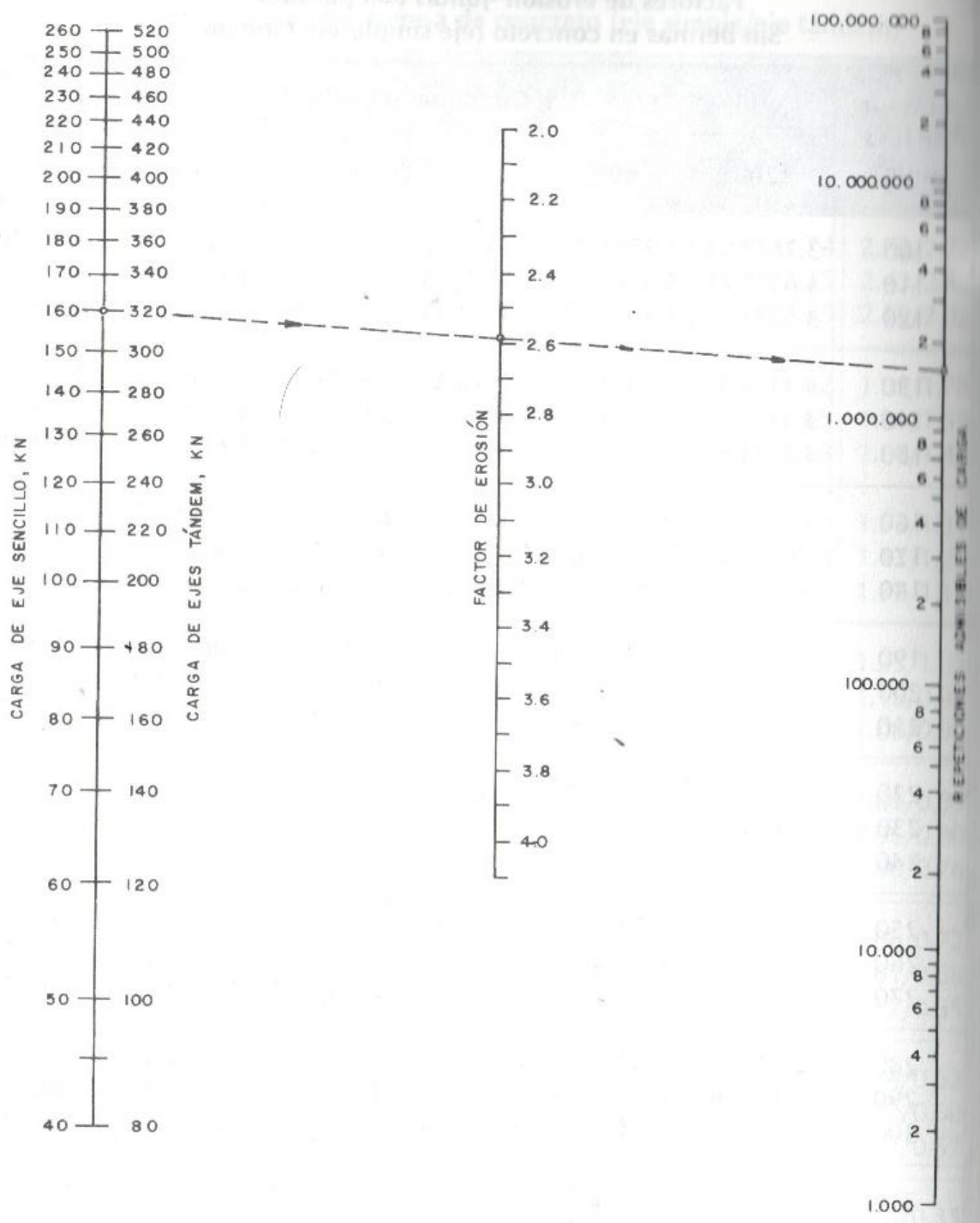


Figura 6.4 – Repetición de carga admisible con base en el factor de erosión (sin berma de concreto).

ANEXO 7

MANUAL DE DISEÑO CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁFICO

PROGRAMA CLIMA

Codigo Proyecto : pav-nt1

ESTACIONES CLIMATICAS DE ANALISIS :

Codigo Nombre Factor_Ponderacion

00000012 San Jorge 1.00

Reserva máxima de Agua en el Suelo : 100.00 mm

Estación Climática : 00000012 San Jorge

Latitud : 0.000° Longitud : 0.000° Altitud : 2900.000m

ETP Evapo-

Mes	Temperatura	Precipitac	Transpiracion		Dias	ETP		Exceso	Deficit
	Media	Media	Indice	Sin Corregir	de	Corregida	Almacena		
	(°C)	(mm)	Calor	(mm/mes)	Sol	(mm/mes)	(mm)	(mm)	(mm)
Enero	11.86	23.14	3.70	51.75	12.12	54.01	54.42	0.00	0.00
Febrero	11.75	37.66	3.65	51.21	12.11	48.25	43.83	0.00	0.00
Marzo	12.08	50.36	3.80	52.89	12.11	55.16	39.03	0.00	0.00
Abril	12.07	94.00	3.80	52.84	12.11	53.34	79.69	0.00	0.00
Mayo	12.27	96.90	3.89	53.92	12.12	56.27	100.00	20.32	0.00
Junio	11.98	71.88	3.75	52.37	12.12	52.90	100.00	18.97	0.00
Julio	11.46	55.70	3.51	49.69	12.12	51.86	100.00	3.84	0.00
Agosto	11.69	51.02	3.62	50.89	12.11	53.08	97.93	0.00	0.00
Septiembre	11.75	54.26	3.65	51.19	12.11	51.67	100.00	0.52	0.00
Octubre	11.83	95.58	3.68	51.61	12.11	53.83	100.00	41.74	0.00
Noviembre	11.88	98.83	3.71	51.85	12.12	52.36	100.00	46.48	0.00
Diciembre	11.79	38.90	3.66	51.37	12.12	53.62	85.28	0.00	0.00
Suma :		44.42		636.35		131.88	0.00		

Indice de Humedad Estación : 20.7% Indice de Aridez : 0.0% Indice de Thornthwite : 20.7

Indice de Thornthwite Promedio : 20.7

Clasificación Climatica por Humedad : Humedo

Lluvia estacional calurosa moderada

Valores medios por año de la temperatura
media de los 7 días consecutivos mas calientes

Año Valor(°C)

1983 13.38

1984 12.41

1985 12.93

1986	12.99
1987	13.15
1988	13.10
1989	13.04
1990	13.14
1991	13.16
1992	13.40
1993	13.13
1994	12.97
1995	12.81

Temperatura Media : 13.05

Clasificación Climática por Temperatura : Frio

#pg#fecha#

PROGRAMA PAV-NT1

Codigo Proyecto : Soacha Canoas

Nombre : Canoas

Descripcion : Ejemplo Manual de Bajos Volúmenes

Ubicación : Soacha

-
ESPESORES ESTRUCTURAS ALTERNATIVAS

A L T E R N A T I V A S

Abscisa Abscisa Ejes **** 1 **** **** 2 **** **** 3 **** **** 4 **** **** 5 **** **** 6

# Codigo	Inicial	Final	Equivalen	CBR	SN	Tipo h	Tipo h	Tipo h	Tipo h	Tipo h	Tipo h
UH Tramo	(m)	(m)	(80KN)	(%)	Req	Capa (cm)	Capa (cm)	Capa (cm)	Capa (cm)	Capa (cm)	Capa (cm)

Capa (cm)

1	T1	0.00	500.00	4.99E+05	2.9	3.0	TSD	MDF-2 9.9	MDC-2 9.0	MDC-2 9.0	
				BG 20.0			BG 15.0	BG 15.0	BG 15.0		
				SBG 44.5			SBG 15.6	SBG 15.6	BEC 20.0		
				CSR 60.0			CSR 60.0	CSR 60.0	CSR 60.0		
2	T2	500.00	1,000.00	4.99E+05	2.9	3.0	TSD	MDF-2 9.9	MDC-2 9.0	MDC-2 9.0	
				BG 20.0			BG 15.0	BG 15.0	BG 15.0		
				SBG 15.0			SBG 15.0	SBG 15.0	BEC 20.0		
				AFR 100.0			AFR 100.0	AFR 100.0	AFR 100.0		

-