REPÚBLICA DE COLOMBIA

EMPRESA NACIONAL PROMOTORA DEL DESARROLLO TERRITORIAL ENTerritorio

"ELABORACIÓN DE DIAGNOSTICOS, ESTUDIOS, DISEÑOS Y TRÁMITE PARA LA EXPEDICIÓN DE LICENCIAS QUE SEAN REQUERIDAS EN LAS INTERVENCIONES PARA CADA UNA DE LAS SEDES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA, EN EL MARCO DEL CONTRATO INTERADMINISTRATIVO No. 220005"

CONTRATO 2210008 DE 2020

Octubre de 2023

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Contenido

1 GENERALIDADES DEL ESTUDIO 6
1.1 INTRODUCCIÓN 6
1.2 OBJETIVOS 6
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO 6
1.4 NORMATIVIDAD APLICADA 7
1.5 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 7
2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 9
3 GEOLOGIA LOCAL 11
4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL ÁREA DE ESTUDIO 14
5 SISTEMA ESTRUCTURAL 15
6 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA 18
7 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 25
7.1 CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 25
7.1.1 Exploración directa 25
7.2 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO 27
7.3 NIVEL FREATICO 29
7.3.1 Resultados líneas de refracción sísmica 29
7.4 CARACTERIZACION DE MATERIALES 31
7.4.1 Contenido de material 31
7.4.2 Contenido de agua natural y límites de consistencia 32
7.4.3 Ensayo de Gravedad Específica (G_s) 32
7.4.4 Peso unitario total 33
7.5 PROPIEDADES GEOMECANICAS DE LOS MATERIALES 34
7.5.1 Para metros del valor de N60 A partir de resultados Vs - Vp 34
7.5.2 Módulo elástico 38
7.6 MODELO GEOTECNICO 41
8 ANALISIS GEOTÉCNICO 42
8.1 SISTEMA DE CIMENTACION 42
8.2 ANALISIS CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS 42
8.3 ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES 44
8.4 EVALUACION DE LICUACION 45

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46
9.1 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 49
9.1.1 Estabilidad de Taludes 49
9.1.2 Zapatas - Placa de contrapiso 49
9.1.3 Rellenos 49
10 BIBLIOGRAFÍA 51
11 LIMITACIONES DEL ESTUDIO 54

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Tabla Clasificación de Unidades de construcción por categorías 16
Cuadro 2 Cargas estimadas para el punto presencial de atención al ciudadano en Inírida 16
Cuadro 3 Categorías de la unidad de construcción 17
Cuadro 4. Zona de Amenaza sísmica– NSR 10. 18
Cuadro 5. Tabla A-2.4-1 NSR10 Clasificación de los perfiles de suelo 18
Cuadro 6. Tabla A.2.4-2 NSR10. Criterios 19
Cuadro 7. Tabla A.2.4-3 NSR10 Selección valor Fa 19
Cuadro 8. Tabla A.2.3.4-4 Selección valor Fv. 19
Cuadro 9 Análisis Vs 1 22
Cuadro 10 Análisis Vs 2 22
Cuadro 11 Análisis Vs 3 23
Cuadro 12. Parámetros Sísmicos SENA – NSR 10 23
Cuadro 13.Parámetros sísmicos 24
Cuadro 14. Exploración geotécnica realizada 25
Cuadro 15. Resumen resultados Gs 32
Cuadro 16 Calculo del NCampo a partir Vs puerto Inírida 36
Cuadro 17 Calculo de los parámetros geomecánicos C´y Ø 37
Cuadro 18. Parámetros geomecánicos C´y Ø 38
Cuadro 19 Cálculo del Módulo de elasticidad a partir de Ncampo – f(Vs) 39
Cuadro 20 Cálculo del Módulo de elasticidad f(Vs) 40
Cuadro 21. Perfil geotécnico desarrollado 41
Cuadro 22. Resultados de la capacidad de carga última zapata aislada 43
Cuadro 23 Condición de carga, capacidad admisible y factor de seguridad 43
Cuadro 24 Calculo de asentamientos diferenciales 44
Cuadro 25. Parámetros Sísmicos SENA – NSR 10 46
Cuadro 26. Perfil geotécnico desarrollado 47
Cuadro 27. Cálculo de capacidad admisible y asentamientos 48

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general del proyecto 9
Figura 2.Geología local del proyecto 11
Figura 3 Esquema de implantación Punto Presencial de Atención al Ciudadano 15
Figura 4 Distribución de cargas estructura Biblioteca y sala de instructores Puerto Inírida 16
Figura 5 Línea sísmica 1 LS1 perfil Vs 21
Figura 6 Línea sísmica 2 LS2 perfil Vs 21
Figura 7 Línea sísmica 2 LS3 perfil Vs 22
Figura 8. Localización de los sondeos de acuerdo con la campaña de exploración geotécnica. 25
Figura 9. Registros de la campaña de exploración geotécnica. 26
Figura 10.Variación de los materiales en cada sondeo 28
Figura 11 Resultados de la LRS 1 Vp 29
Figura 12 Resultados de la LRS 2 Vp 29
Figura 13 Resultados de la LRS 3 Vp 30
Figura 14 Contenido de material 31
Figura 15 Contenido de humedad 32
Figura 16 Peso unitario total 33
Figura 17.Módulo de elasticidad del suelo Es – N campo f(Vs) 39
Figura 18 Verificación de asentamientos diferenciales 45

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

1 GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El día 27 de Septiembre se suscribió el Contrato Interadministrativo No. 220005, entre el SENA y el ENGINEER S.A.S, que tiene por objeto "ADECUACION DEL PUNTOPRESENCIAL DE ATENCIÓN AL CIUDADANO DEL CENTRO AMBIENTAL Y ECOTURISTICO DEL NORORIENTE AMAZONICO", con plazo de ejecución de un (1) mes, contados a partir de la fecha de suscripción del acta de inicio, hecho que sucedió el 07 de septiembre de 2023 por lo que la fecha de terminación está actualmente prevista para el 27 de Octubre de 2022.

1.2 OBJETIVOS

Realizar el estudio geotécnico para la construcción de la ADECUACION DEL PUNTOPRESENCIAL DE ATENCIÓN AL CIUDADANO DEL CENTRO AMBIENTAL Y ECOTURISTICO DEL NORORIENTE AMAZONICO, siguiendo el Título H del reglamento NSR10 para el predio ubicado en la ciudad de Puerto Inírida en el departamento de Guainía.

Los objetivos específicos son:

- Conocer la distribución espacial y a profundidad de los materiales térreos de la zona del proyecto
- Establecer un modelo geotécnico de análisis
- Determinar el sistema de cimentación óptimo para la estructura

1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio comprende el siguiente alcance:

- Recopilación, análisis y evaluación de la información existente del proyecto.
- Reconocimiento de campo e inspección del proyecto.
- Exploración del subsuelo.
- Ensayos de laboratorio.
- Interpretación y análisis de los resultados obtenidos.
- Elaboración del informe.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

1.4 NORMATIVIDAD APLICADA

Para la elaboración de este estudio, se emplearon los lineamientos dados por la siguiente normatividad:

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente - NSR-10, Expedido por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.

1.5 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

A continuación, se describen cada una de las actividades llevadas a cabo en el desarrollo del estudio:

Recopilación, análisis y evaluación de información del proyecto

Se recopiló información relacionada con la localización y distribución de la planta física, los cuales permiten obtener una valoración aproximada de las cargas que transmite la estructura al terreno.

Exploración Geotécnica

Los trabajos de campo en esta etapa del proyecto, consistieron en el reconocimiento e inspección del lote y ejecución exploración directa teniendo en cuenta los requerimientos del reglamento NSR-10 en el titulo H.

Métodos Directos

Se denominan métodos directos o invasivos a la exploración realizada con el fin de obtener muestras representativas del subsuelo, para realizar ensayos de laboratorio destinados a la caracterización de los estratos que lo componen y obtener parámetros de resistencia geomecánicas de estos materiales. Las muestras obtenidas pueden ser inalteradas o alteradas.

Con base en los resultados de los sondeos se elaboraron los registros de campo donde se recopila la información obtenida. Los resultados de las exploraciones de campo se analizaron y se llevó a cabo la selección de muestras, programación y ejecución de ensayos de laboratorio para clasificación de los suelos encontrados y para determinar las propiedades de resistencia geomecánicas y otras propiedades necesarias para los análisis de capacidad portante y asentamientos.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Caracterización Geotécnica

Con los resultados de las actividades anteriormente descritas se adelantó la interpretación y análisis de la exploración, se delimitó y caracterizó las diferentes capas que constituyen el perfil estratigráfico y se calculó los parámetros de resistencia y compresibilidad del suelo.

Los parámetros de resistencia al corte, para el cálculo de la capacidad portante, se determinaron a partir de ensayos de campo y de las correlaciones geomecánicas descritas en el documento para materiales arenosos, como los identificados en el área de estudio.

Los parámetros de compresibilidad, para el cálculo de asentamientos se determinarán con base en correlaciones a partir de las características humedad y de plasticidad.

Análisis de Cimentación

Con los parámetros de los suelos se efectuaron los análisis para determinar la capacidad portante y se estimaron los asentamientos correspondientes para las diferentes condiciones de carga.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El Centro ambiental y ecoturístico del nororiente amazónico está localizado en el departamento de Guainía, en el municipio de Puerto Inírida ubicado en el barrio La primavera en el predio identificado con la Nomenclatura: Transversal 6 N 29ª 55, con coordenadas 3°52’30.98” N 67°55'12.65"O

Figura 1 Localización general del proyecto



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan la fotografía actual del sitio.

Fotografía 1 vista general



Fuente: Elaboración Propia

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

En el Centro Ambiental y Ecoturístico del Nororiente Amazónico 3 – Puerto Inírida., se proyecta realizar estudios geotécnicos para la ADECUACION DEL PUNTOPRESENCIAL DE ATENCIÓN AL CIUDADANO DEL CENTRO AMBIENTAL Y ECOTURISTICO DEL NORORIENTE AMAZONICO.

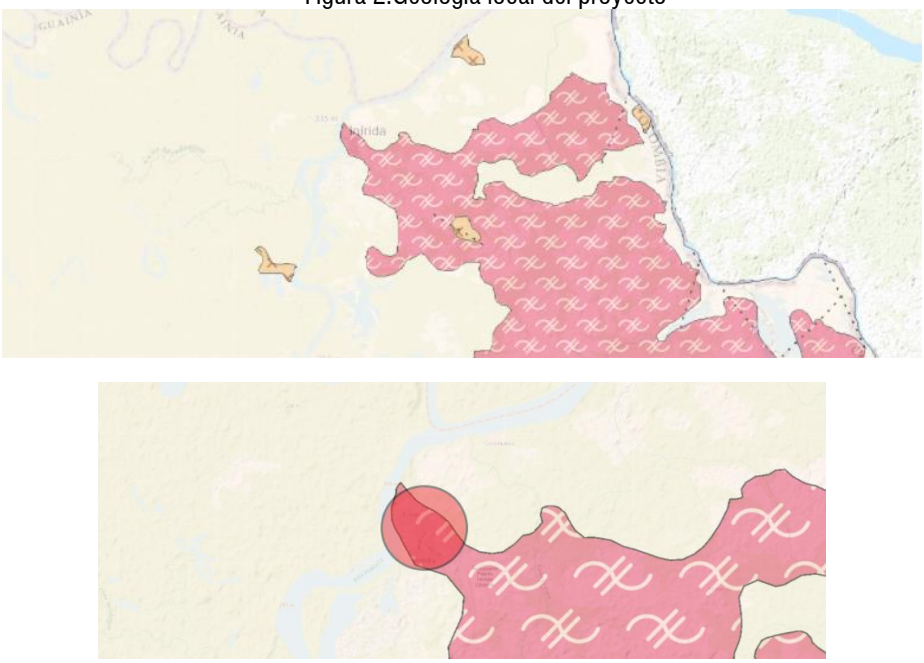
Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

3 GEOLOGIA LOCAL

Se obtiene la geología local del Mapa Geológico de Colombia 2015, en Escala 1:100000.

A continuación, se presenta la geología local del proyecto de acuerdo con la información otorgada por el Servicio Geológico Colombiano:

Figura 2.Geología local del proyecto



Fuente: Mapa Geológico de Colombia 2015, Servicio Geológico Colombiano. Gómez, J., Montes, N. E., Nivia, Á. & Diederix, H., Escala1:100000, Modificado por INGERCIVIL

De acuerdo el servicio geológico colombiano, en la ciudad de Inírida tienen influencia dos unidades cronoestratigráficas las cuales son:

- La unidad PP-Mmg1 compuesta de Gneises cuarzos feldespáticos, anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, gneises cuarzosos y granitos con variaciones a alaskitas y monzonitas.
- Q-al que corresponde depósitos de aluviales y de llanuras aluviales.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

De acuerdo a la localización del área de estudio, las unidades geológicas esperadas son depósitos aluviales con predominancia de materiales arenosos.

“Estos depósitos están relacionados con la acción de los cambios climáticos actuales y del pasado geológico de la región; corresponden a depósitos aluviales que se han acumulado a lo largo de los principales drenajes actuales y en antiguos cauces de divagación de los ríos Inírida, Guaviare y Atabapo, depósitos residuales producto de la meteorización de las rocas originales y la acción de la tabla de aguas que han producido importantes acumulaciones arcillosas y arenosas, los cuales son agrupados cartográficamente dentro de una temporalidad relativa de más jóvenes a más antiguos como:

Aluvial actual (Qal) Son las planicies que bordean los cauces actuales de los ríos Inirida, Guaviare y Atabapo, y los caños Bocon, Garza, Vitina y Chaquita entre otros; se caracterizan morfológicamente por ser áreas planas, de fácil inundación en los periodos de invierno, cubiertos de rastrojos y/o arboles de alturas de 15 a 20 m., en algunos sectores intervenidas por la acción de los Colonos ó Indígenas para consolidación de las comunidades o cacerios y la construcción de Chagras para cultivos de pan coger.

Fotografía Depositos aluviales del área del proyecto



Fuente: Servicio Geológico Colombiano. Gómez, J., Montes, N. E., Nivia, Á. & Diederix, H., Escala1:100000.

Antiguas Llanura de desborde (Q1al): Áreas planas de amplia extensión, ubicadas entre los ríos Inírida, Atabapo y Caño Vitina, caracterizadas morfológicamente por presentar antiguos meandros y cauces abandonados, que sugieren la cercanía y unión en periodos invernales de estos dos grandes drenajes de la región, en el pasado reciente. Estas planicies están cubiertas de una típica vegetación selvática con árboles de gran tamaño y diámetro, de fácil acceso y un desarrollo de niveles con materia orgánica en descomposición, de hasta 20 cm de espesor, que son soportados por arenas cuarzosas blancas ó lodolitas grises a cremas.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Suelo Residual arcilloso (Q2sra): Producto de la meteorización y la marcada fluctuación de la tabla de agua en las épocas de invierno-verano se presentan depósitos residuales arcillosos típicos en los granitoides observados en la comunidad Indigena de Cocos, PI 277Bis (H4), en donde son utilizadas para la fabricación de cerámicas típicas de la región; en las inmediaciones de la comunidad Curripaca de Vitina y las cabeceras de Caño Culebra, PI297, (B6 y C7). En el sector de Vitina, estos depósitos superan los 3 m., de espesor, presentan colores de tonos grises y manchas rojizas a vino tinto de textura moteada, con niveles arcillosos, Arcillo limoso y arcillo arenosos, en la zona de contacto con el granitoide es evidente la capa de regolita que evidencia su carácter residual, (MM297001Sa-e).

Suelos residuales arenosos y arcillosos (Q2sara): Entre los cauces de los ríos Inírida y Atabapo se presentan amplias sabanas cubiertas de pastos nativos y bordeados de bosques naturales, en donde nace la flor silvestre del Inírida, muy apetecida por su colorido, belleza y duración. En estas llanuras el basamento está cubierto por arenas blancas cuarzosas de grano fino a grueso, subangulares a subredondeadas, de un espesor no superior a 1 m., y niveles arcillosos superiores a 2 m., producto de la meteorización de la roca, en donde la fluctuación de la tabla de agua y los desbordes de las quebradas en las épocas de invierno juegan un papel importante. Estos procesos fueron observados en apiques efectuados para el muestreo regional, con evidentes niveles freáticos altos, y una morfología detallada de “tatucos” con deficiente a nulo desarrollo de suelo orgánico.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL ÁREA DE ESTUDIO

Las características estructurales de la zona, en términos generales, están dominadas por la tendencia de rumbos noroeste y noreste – este, con ángulos de inclinación altos, tanto en las rocas metamórficas como ígneas, debido a los procesos deformativos asociados con la actividad tectónica regional. En el área se presentan estructuras planares como foliaciones y clivajes, lineaciones minerales; plegamientos isoclinales apretados, intrafoliales, dómicos, abiertos y ptigmáticos; fallas y zonas de cizalla discretas, lineamientos, rocas de falla e indicadores cinemáticos como porfiroblastos rotados, fábricas S-C, pliegues en “Z”, “S” e intrafoliales, y cizallas riedel (INGEOMINAS 2010).

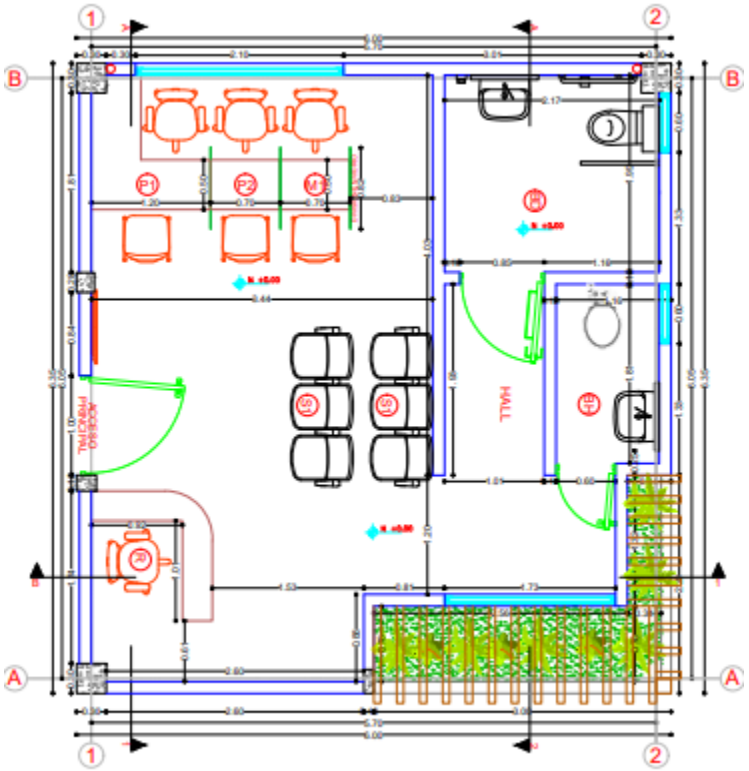
Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

5 SISTEMA ESTRUCTURAL

Para el desarrollo de la intervención, se definieron las zonas según el alcance del punto de atención al ciudadano de la Regional Guainía, de esta manera se obtuvieron varias propuestas que contemplan la construcción del proyecto de la siguiente manera.

- Estructuras de concreto con cubierta en policarbonato
- Estructura en acero con cubierta trapezoidal
- Estructura en concreto con cubierta trapezoidal

Figura 3 Esquema de implantación Punto Presencial de Atención al Ciudadano



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con las cargas previstas por diseño estructural del proyecto Centro Ambiental y Ecoturístico del Nororiente Amazónico 3, para la ampliación del Punto Presencial de Atención al Ciudadano, se evalúa la categoría de la estructura en función de los niveles de construcción y cargas máximas en columna (kN), de acuerdo a la Tabla H.3.1-1 Calificación de unidades de construcción por categorías, la cuales se presentan a continuación.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Cuadro 1 Tabla Clasificación de Unidades de construcción por categorías

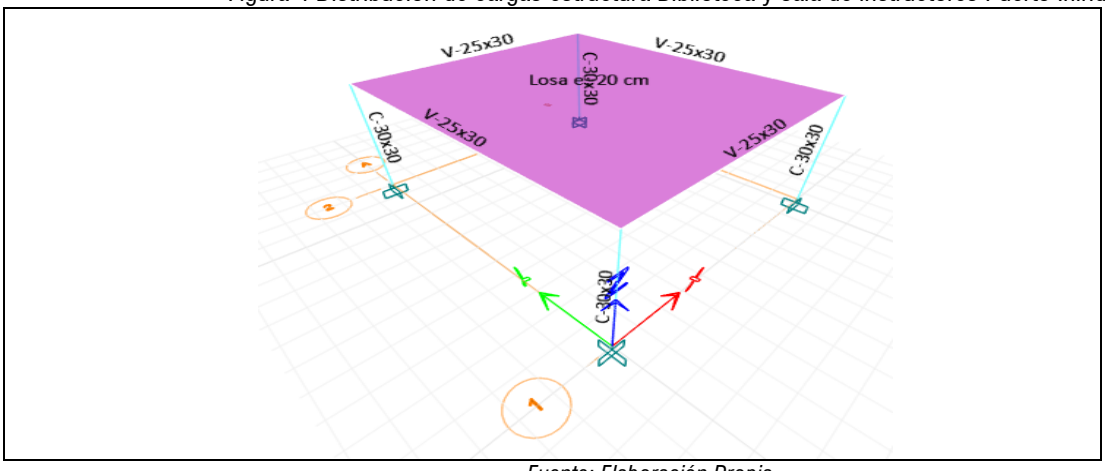
Tabla H.3.1-1
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Fuente NSR-10

Por lo anterior, de acuerdo con el Título H de la NSR – 10 en la Tabla H.3.1-1 y las cargas suministradas por el equipo estructural del proyecto se plantea que el proyecto Centro Ambiental y Ecoturístico del Nororiente Amazónico, para para la construcción del Punto Presencial de Atención Al Ciudadano presenta categoría Baja, de acuerdo al modelo estructural presentado en la anterior figura

Figura 4 Distribución de cargas estructura Biblioteca y sala de instructores Puerto Inírida



Fuente: Elaboración Propia

Las cargas del modelo estructural para la Construcción del punto presencial de atención al ciudadano. Se presenta a continuación en el siguiente cuadro.

Cuadro 2 Cargas estimadas para el punto presencial de atención al ciudadano en Inírida

REACCIONES BIBLIOTECA INIRIDA					
Story	**Joint Label**	**Load Case/Combo**	**FZ**	**MX**	**MY**
			kN	kN-m	kN-m
CIM	2	CIM1	35.17	1.88	1.81
CIM	3	CIM1	58.82	2.88	-0.28
CIM	4	CIM1	54.72	2.8	-0.27
CIM	5	CIM1	51.86	2.67	0.04
CIM	6	CIM1	51.9	2.67	-0.04

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

CIM	7	CIM1	54.74	2.8	0.26
CIM	8	CIM1	58.82	2.88	0.28
CIM	9	CIM1	35.17	1.88	-1.81
CIM	10	CIM1	44.97	-8.5	1.75
CIM	11	CIM1	74.6	-12.89	-0.26
CIM	12	CIM1	69.69	-12.62	-0.25
CIM	13	CIM1	66.06	-12.04	0.04
CIM	14	CIM1	66.12	-12.04	-0.04
CIM	15	CIM1	69.71	-12.62	0.24
CIM	16	CIM1	74.6	-12.89	0.26
CIM	17	CIM1	44.97	-8.5	-1.75
CIM	18	CIM1	63.26	4.69	2.01
CIM	19	CIM1	104.48	7.06	-0.31
CIM	20	CIM1	98.61	6.91	-0.33
CIM	21	CIM1	93.39	6.61	0.04
CIM	22	CIM1	93.47	6.61	-0.03
CIM	23	CIM1	98.63	6.91	0.32
CIM	24	CIM1	104.48	7.06	0.31
CIM	25	CIM1	63.26	4.69	-2.01

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro anterior, se observa que los valores máximos de carga para un elemento estructural-columna corresponde a 104 kN, el cual es menor al limite máximo de la unidad constructiva de Categoría Baja de acuerdo a la NSR-10, por lo anterior el cuadro de resumen se presenta a continuación:

Cuadro 3 Categorías de la unidad de construcción

Estructura	Carga max por columna (t)	Niveles de construcción	Categoría de la unidad de construcción
Construcción de la biblioteca y la adecuación de la sala de los instructores	10.1	1	Baja

Fuente: Elaboración Propia

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

6 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA

Se realiza el análisis de sismicidad en el área de estudio tomando como base el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. El estudio presenta de forma detallada las condiciones geológicas y tectónicas existentes desde el punto de vista regional y local para el municipio de Puerto Inírida en el departamento del Guanía.

Teniendo en cuenta la localización del proyecto, fue posible establecer que este se encuentra en una zona de Amenaza sísmica Baja y los parámetros de aceleración se encuentran en el Cuadro 1.

Cuadro 4. Zona de Amenaza sísmica– NSR 10.

Zona	AMENAZA SÍSMICA	A_a	A_v	A_e	A_d (s)
Puerto Inírida	Baja	0.05	0.05	0.04	0.02

Fuente: Estudio general de amenaza sísmica de Colombia (2009)

Dónde:
A_a= Coeficiente de aceleración pico efectiva Aa.
A_v= Coeficiente de velocidad pico efectiva
A_e= Coeficiente de aceleración pico efectiva reducida
A_d= Coeficiente de aceleración pico efectiva para el umbral de dalo
Los perfiles del reglamento NSR10 título A, según referencia se encuentran descritos en los siguientes Cuadros:

Cuadro 5. Tabla A-2.4-1 NSR10 Clasificación de los perfiles de suelo

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa (≈1 kgf/cm²)} > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa (≈0.5 kgf/cm²)}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total **H** mayor de 3 m de arcillas blandas	**IP** > 20 **w** ≥ 40% $50 \text{ kPa (≈0.50 kgf/cm²)} > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo **F** requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (**H** > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (**H** > 7.5 m con Índice de Plasticidad **IP** > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (**H** > 36 m)	

Fuente: NSR-10

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Siguiendo el reglamento NSR10 donde se indica criterios para clasificar el perfil es encuentra que:

Cuadro 6. Tabla A.2.4-2 NSR10. Criterios

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\bar{v}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)

Fuente: NSR-10

Los valores de Fa y Fv del reglamento técnico NSR10 se presentan en las siguientes Cuadros:

Cuadro 7. Tabla A.2.4-3 NSR10 Selección valor Fa

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a, para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: NSR-10

Cuadro 8. Tabla A.2.3.4-4 Selección valor Fv.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v, para la zona de períodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Fuente: NSR-10

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Ensayos de exploración indirecta clasificación del suelo se usa el ensayo MASW, ReMi

El método sísmico (MASW, ReMi) Consiste en provocar una excitación en un punto determinado del área a explorar usando un golpe sobre una platina pequeña u otro medio, o mediante la lectura de vibraciones ambientales (MASW, ReMi).

Esta excitación genera un tren de ondas las cuales son captadas por una serie de geófonos ubicados en un arreglo lineal. Este procedimiento se fundamenta en la velocidad de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes medios materiales. De estos se puede tener dos metodologías de acuerdo con el equipo utilizado y la interpretación hecha o método usado, lo cuales puede ser de reflexión o refracción. Estos métodos sirven de igual manera para la obtención de las propiedades dinámicas de las capas de suelo.

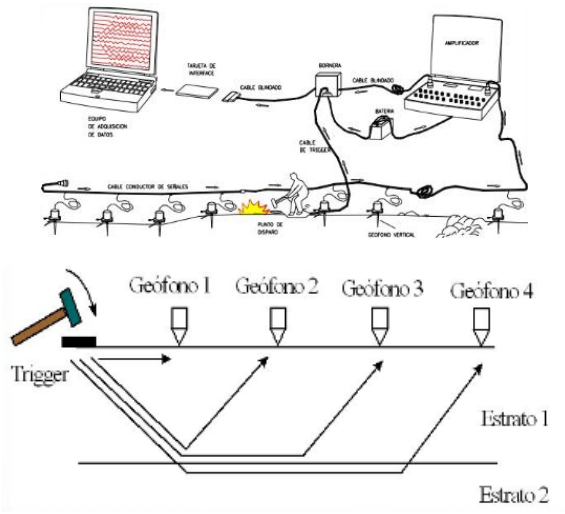
El método de refracción consiste en medir el tiempo de propagación de las ondas elásticas, transcurrido entre un sitio donde se generan ondas sísmicas y la llegada de éstas a diferentes puntos de observación. Para esto se disponen una serie de sensores o geófonos en línea recta a distancias conocidas separados cada 3 m a 4m, para un total de 12 geófonos y alcanzando profundidades mayores a 20 m de resolución formando lo que se conoce como tendido sísmico o línea de refracción sísmica. (Ver Figura 3-5 y Figura 3-6)

A una distancia conocida del extremo del tendido, en el punto de disparo, se generan ondas sísmicas, con la ayuda de un martillo o por la detonación de explosivos, las cuales inducen vibraciones en el terreno que son detectadas por cada uno de los sensores en el tendido. El método tiene en cuenta las primeras ondas a los geófonos, ondas P, pero también las llegadas de las ondas S, de tal manera que se pueden determinar la relación de Poisson y otros módulos dinámicos.

El método MASW consiste en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte (Vs) para el punto central de dicha línea.

Figura 3-5 Esquema ensayo de refracción sísmica

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked



Fuente: Google

Los resultados de las líneas sísmicas desarrolladas durante los trabajos de exploración del subsuelo incluyen la interpretación de estos, la cual, determina el perfil del suelo y el correspondiente perfil de velocidad de onda de corte (Vs), el cual sobrepone en el perfil de velocidad compresional (Vp) según la NSR-10, teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt[2]{\frac{2 * (1 - \mu)}{1 - (2 * \mu)}}$$

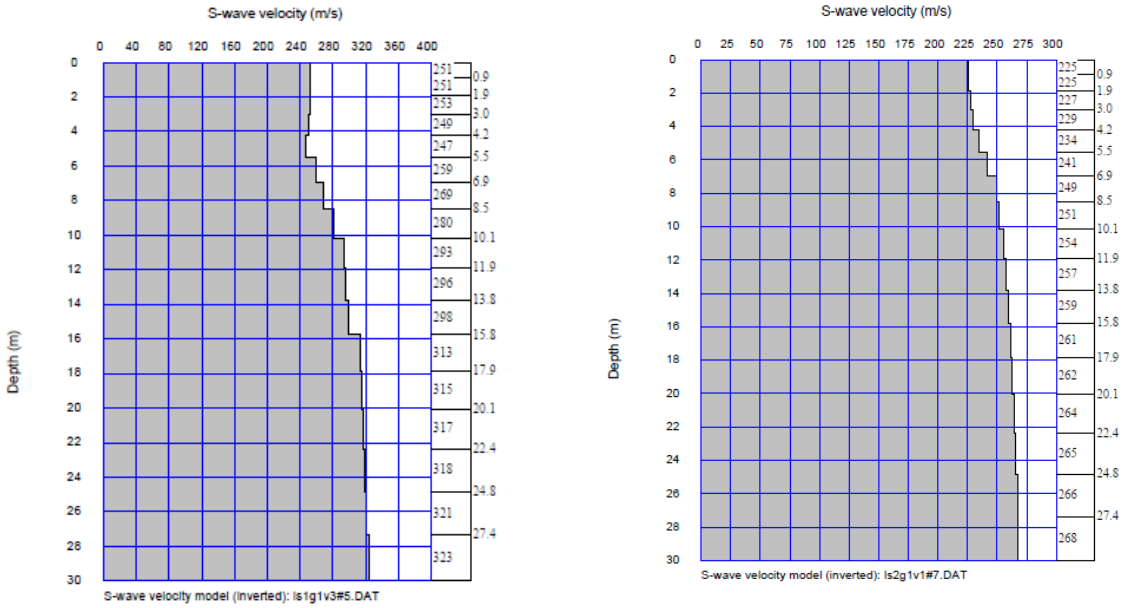
Donde:

- Vp: velocidad de onda p.
- Vs: velocidad de onda Vs.
- μ: módulo de Poisson medio del perfil (ajustado según el material encontrado en campo)

Figura 5 Línea sísmica 1 LS1 perfil Vs

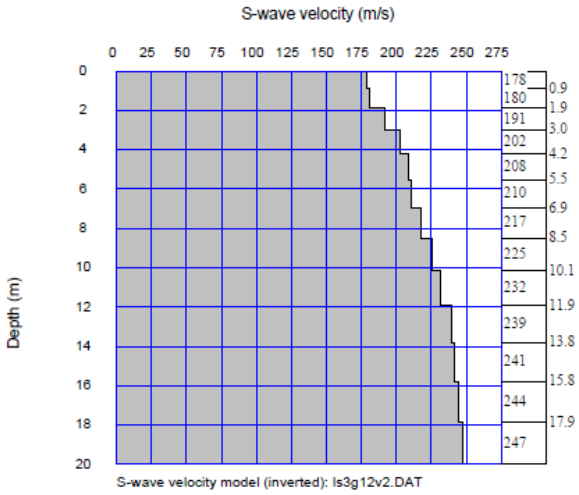
Figura 6 Línea sísmica 2 LS2 perfil Vs

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked



Fuente: Elaboración Propia

Figura 7 Línea sísmica 2 LS3 perfil Vs



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados son analizados a continuación para la obtención de la Vs30

Cuadro 9 Análisis Vs 1

Cuadro 10 Análisis Vs 2

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Prof (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)	Vs*E
0.00	0.2	251.575679	50.3
0.88	0.68	251.465112	171.6
1.88	0.99	253.308326	251.4
2.98	1.10	249.986127	275.7
4.19	1.21	247.462094	300.2
5.51	1.32	259.389043	343.3
6.95	1.43	269.011497	385.7
8.49	1.54	280.561864	433.2
10.15	1.65	293.102711	484.9
11.91	1.76	296.076566	522.5
13.79	1.88	298.648477	560.0
15.77	1.99	313.796043	623.0
17.87	2.10	315.533191	661.2
20.07	2.21	317.118198	699.5
22.39	2.32	318.77315	738.3
24.82	2.43	321.281165	779.6
27.35	2.54	323.563606	820.8
30.00	2.65	326.552123	864.4
Sumatoria			8965.8
Vs30			298.9
Perfil			D

Prof (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)	Vs*E
0.00	0.2	225.831106	45.17
0.88	0.68	225.602776	153.94
1.88	0.99	227.301329	225.63
4.19	1.21	234.295741	284.26
5.51	1.32	241.635576	319.81
6.95	1.43	249.520853	357.77
8.49	1.54	251.561284	388.44
10.15	1.65	254.975647	421.83
11.91	1.76	257.251352	453.97
13.79	1.88	259.358734	486.30
15.77	1.99	261.237264	518.63
17.87	2.10	262.876779	550.88
20.07	2.21	264.31191	583.04
22.39	2.32	265.600979	615.18
24.82	2.43	266.816854	647.42
27.35	2.54	268.044412	679.97
30.00	2.65	268.802702	711.54
Sumatoria			7696.68
Vs30			256.556
Perfil			D

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 11 Análisis Vs 3

Prof (m)	Espesor (m)	Vs (m/s)	Vs*E
0.00	0.2	178.436667	35.69
0.88	0.68	180.347398	123.06
1.88	0.99	191.320315	189.91
2.98	1.10	202.967122	223.86
4.19	1.21	208.91729	253.47
5.51	1.32	210.514396	278.62
6.95	1.43	217.11202	311.30
8.49	1.54	225.367546	347.99
10.15	1.65	232.094094	383.98
11.91	1.76	239.29137	422.28
13.79	1.88	241.884321	453.53
15.77	1.99	244.699374	485.80
17.87	2.10	247.425154	518.50
20.07	2.21	249.907106	551.27
22.39	2.32	252.129763	583.98
24.82	2.43	254.148841	616.68
27.35	2.54	256.068289	649.58
30.00	2.65	257.286608	681.05
Sumatoria			7110.56
Vs30			237.019
Perfil			D

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con lo anterior se obtiene un perfil D, la información sísmica se presenta en la siguiente Cuadro:

Cuadro 12. Parámetros Sísmicos SENA – NSR 10.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Zona	Perfil	A_a	A_v	A_e	A_d (s)	Fa	Fv
Puerto Inírida	D	0.05	0.05	0.04	0.02	1.6	2.4

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros sísmicos de esta zona, los cuales deben ser aplicados en el proyecto se muestran en el siguiente Cuadro:

Cuadro 13.Parámetros sísmicos

Parámetro	Valor
Fa	1.6
Fv	2.4

Fuente: Elaboración Propia

a) Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos $F_a = 1.6$
b) Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios $F_v = 2.4$.

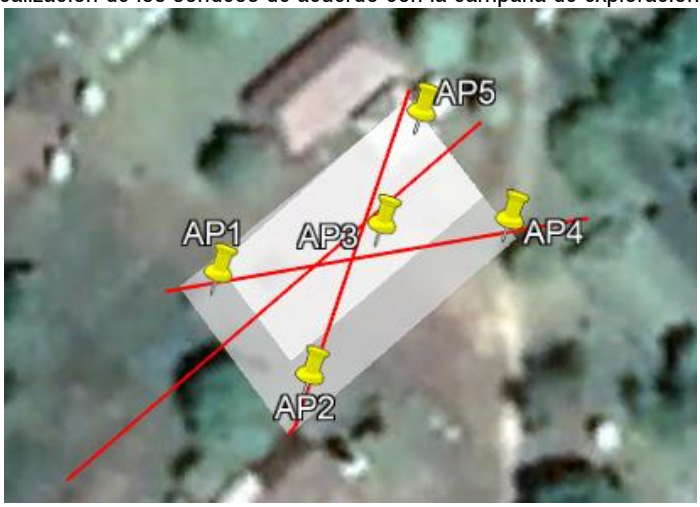
Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

7 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

7.1 CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

La exploración geotécnica realizada consistió en la ejecución de cinco (5) apiques y tres (3) LRS, según se observa en la siguiente Figura:

Figura 8. Localización de los sondeos de acuerdo con la campaña de exploración geotécnica.



Fuente: Elaboración Propia

7.1.1 Exploración directa

En el siguiente cuadro se presenta la información correspondiente a los sondeos/apiques exploratorios los cuales se realizaron hasta el rechazo y se realizó línea sísmica con el fin de caracterizar a mayor profundidad el área de estudio como lo enuncia el Titulo H de la NSR 10, de tal forma que cumple con el Numeral H.3.2.4. donde los sondeos con recuperación de muestras constituyen más del 50%, de acuerdo a lo requerido por la norma.

Cuadro 14. Exploración geotécnica realizada

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
AP-01	2.1	3°52'32"N	67°55'12"E
AP-02	2.1	3°52'30"N	67°53'12"E

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Sondeo	Profundidad (m)	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
AP-03	2.1	3°52'30"N	67°53'13"E
AP-04	1.8	3°52'31"N	67°53'13"E
AP-05	1.9	3°52'31"N	67°55'12"E
LRS 1	20	3°52'31"N	67°55'11"E
LRS 2	20	3°52'31"N	67°55'10"E
LRS 3	20	3°52'31"N	67°55'09"E

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente fotografía se muestran los sondeos realizados para este proyecto:

Figura 9. Registros de la campaña de exploración geotécnica.



AP 01 – Pto Inírida



AP 02 – Pto Inírida



AP 03 – Pto Inírida



AP 04 – Pto Inírida

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

	
AP 05 – Pto Inírida	LRS 1– Pto Inírida
	
LRS 2– Pto Inírida	LRS 3– Pto Inírida

Fuente: Elaboración Propia

7.2 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

Se presenta el siguiente material en el área de estudio:

Capa Vegetal. Compuesta cobertura vegetal en un espesor máximo de 0.10 m.

Relleno con alto contenido orgánico. Compuestos de suelos orgánicos, rellenos antrópicos de origen vial o de obras en el área de estudio, está conformado por arenas algo limosa de color café oscuro, humedad baja, compacidad baja de grano fino, presenta contenido de materia orgánica. El espesor varía entre 0.05 m y 0.35 m.

Arena algo limosa color café amarillento: Corresponden a arenas algo limosa de humedad baja. Grano fino de compacidad baja que corresponden a depósitos aluviales y de llanuras aluviales. Este espesor se encuentra desde 0.35 m hasta los 6.0 m de acuerdo a los resultados de las líneas de refracción símica quienes se correlacionaron con los apiques para definir y calibrar el modelo geotécnico del área de estudio.

Los resultados de la exploración geotécnica se encuentran en el Anexo 1, del presente informe.

Fotografía 2. Arenas limosas encontradas durante la exploración de campo.

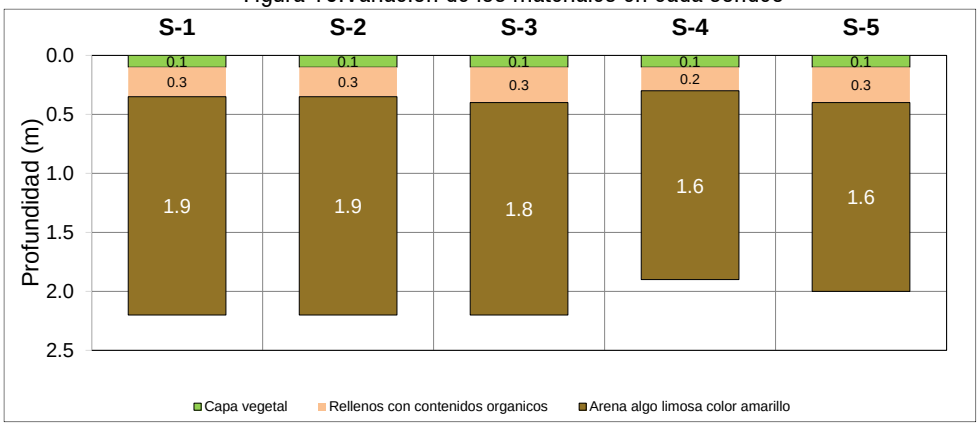
Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

	
AP01-M1 Profundidad 0.3 – 2.1m	AP02-M1 Profundidad 0.35 a 2.1 m
	
AP03-M1 Profundidad 0.4 a 2.1 m	AP04-M1 Profundidad 0.3-1.8 m

Fuente: Elaboración Propia

Los hallazgos de la variación del perfil de suelo en profundidad en cada sondeo realizado se muestran en la siguiente Figura:

Figura 10.Variación de los materiales en cada sondeo



Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Fuente: Elaboración Propia

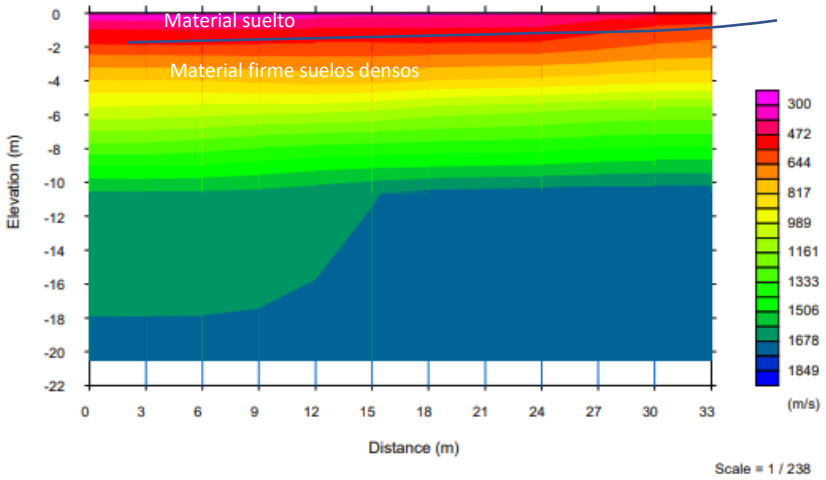
7.3 NIVEL FREATICO

No se reportó nivel freático durante la exploración realizada, cabe resaltar que el lugar se encuentra a 1,2 Km del cauce del Rio Inírida.

7.3.1 Resultados líneas de refracción sísmica

A continuación, se presenta los resultados de las líneas de refracción sísmica para la caracterización de materiales.

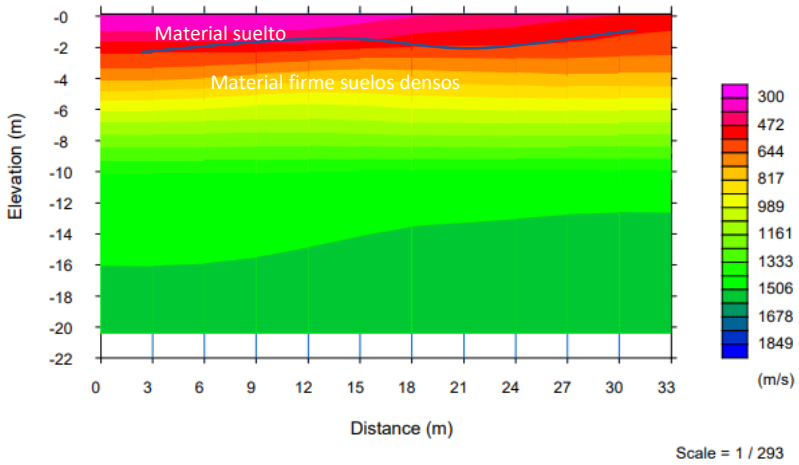
Figura 11 Resultados de la LRS 1 Vp



De acuerdo a los resultados se encuentra material competente a 0.5 m de profundidad ya que los resultados de Vp se encuentran entre 500 m/s a 1000 m/s a partir de esta profundidad, mostrando materiales densos o materiales firmes, no se evidencia variación de niveles piezométricos a pesar de la distancia con el río Inírida

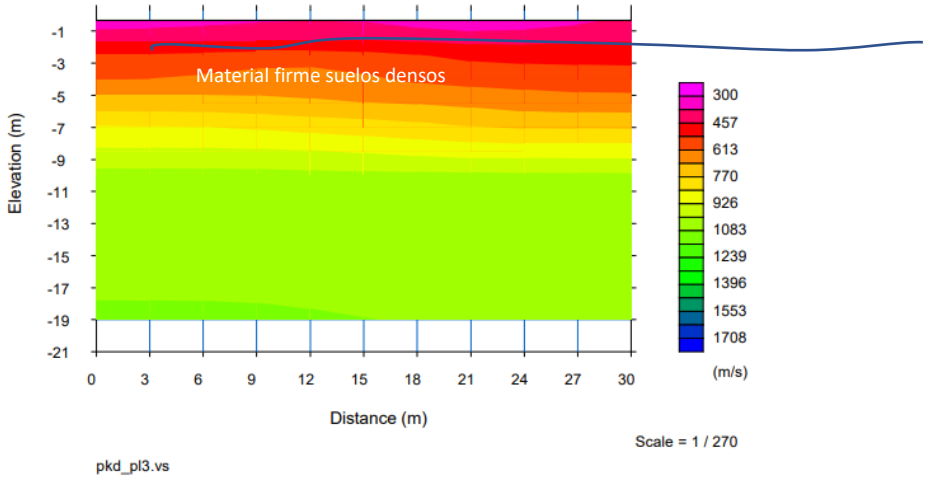
Figura 12 Resultados de la LRS 2 Vp

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked



Los resultados muestran que se encuentra material suelto hasta un 1.0 m de profundidad mostrando material desconfinados con registros de Vp de 300m/s a 400 m/s, a partir, de esta profundidad se encuentra material firme con resultados de Vp entre 600 m/s a 1000 m/s a partir de esta profundidad, no se evidencia variación de niveles piezométricos a pesar de la distancia con el río Inírida.

Figura 13 Resultados de la LRS 3 Vp



Se muestras resultados Vp entre300m/s y 400m/s en el estrato superior que corresponde a material orgánico o suelto muestran que se encuentra material suelto hasta un 1.0 m de profundidad, posteriormente los registros muestran el aumento de los resultados de ondas longitudinales Vp entre 400 m/s a 600m/s los cuales presentan características de material firme. En estos resultados se observa que no hay variación de ondas Vp a partir de esta profundidad, lo cual se evidencia la incidencia de cuerpos de agua como el río Inírida o afluentes en los niveles piezométricos del área de estudio.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

7.4 CARACTERIZACION DE MATERIALES

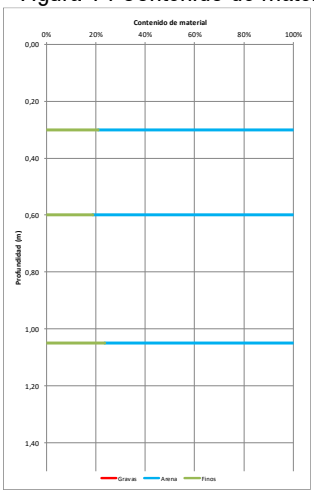
7.4.1 Contenido de material

El reglamento NSR10 presenta la siguiente indicación para clasificación de materiales:

> **H.2.5 — SUELOS NO COHESIVOS O GRANULARES Y SUELOS COHESIVOS**
>
> Para efectos de la clasificación de suelos del Artículo A.2.4.3 y de este Título H:
>
> **H.2.5.1 — SUELOS NO COHESIVOS O GRANULARES —** Se consideran como suelos no cohesivos o granulares los que cumplen las siguientes condiciones, de acuerdo al Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SCUS), con algunas modificaciones:
>
> **(a)** Todos los materiales clasificados como GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC.
> **(b)** Todos los materiales clasificados como GM, GC, GM-GC, SM, SC, SM-SC, en los cuales 30% o menos del peso pase por tamiz No 200 y que tengan límite líquido wL ≤ 30% e índice plástico IP ≤ 10%.
>
> **H.2.5.2 — SUELOS COHESIVOS —** Se consideran como suelos cohesivos todos aquellos que no cumplan con las condiciones de suelos no cohesivos o granulares.

La variación del porcentaje de material, diferenciando los materiales gruesos (gravas y arenas) y materiales finos (limos y arcillas), con respecto a la profundidad se muestra en la siguiente Figura.

Figura 14 Contenido de material



Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se observa que el material tiene predominio arenoso con más del 70%y con algo de finos que varían entre 20% y 25%.

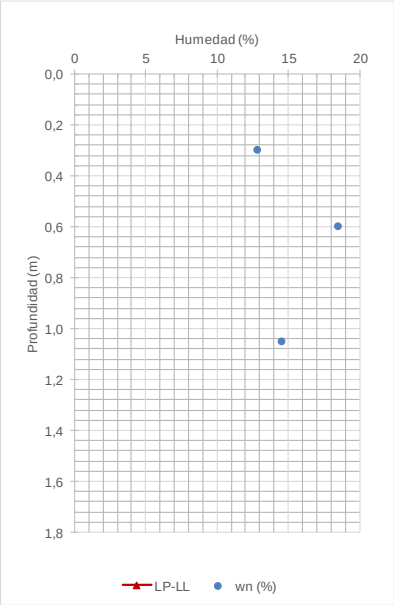
Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

De acuerdo con el cuadro anterior la Norma Técnica Colombiana (NRS-10) clasifica estos materiales como suelos granulares arenosos.

7.4.2 Contenido de agua natural y límites de consistencia

La variación del contenido de agua natural del suelo, con respecto a la profundidad, se muestra en la siguiente figura.

Figura 15 Contenido de humedad



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los límites de consistencia muestran que los materiales encontrados en la exploración geotécnica pueden clasificarse como arenas limosas de nula plasticidad (NL/NP).

7.4.3 Ensayo de Gravedad Específica (G_s)

De acuerdo con las características del material presente en el área de estudio se realizaron dos ensayos de gravedad específica. En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos:

Cuadro 15. Resumen resultados Gs

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Sondeo	Muestra	Tipo	Prof. (m)	G_s
AP-02	2	SH	1.23	2.44
AP-04	1	B	0.15	2.35

Fuente: Elaboración Propia

7.4.4 Peso unitario total

Para la obtención del parámetro de peso unitario, no se realizaron ensayos de peso unitario parafinado al tratarse de arenas por lo que los resultados de peso unitario se obtienen a partir de los datos de Gs. Para la obtención del peso unitario a partir del peso específico, se aplicó la ecuación obtenida de relaciones de fase, indicada a continuación.

$$\gamma = \frac{Gs * \gamma_w * (1 + \omega)}{1 + Gs * \omega/S}$$

Donde:

γ : Peso unitario total.

Gs: peso específico.

γ_w: peso unitario del agua (9.81 kN/m^3)

ω: humedad natural.

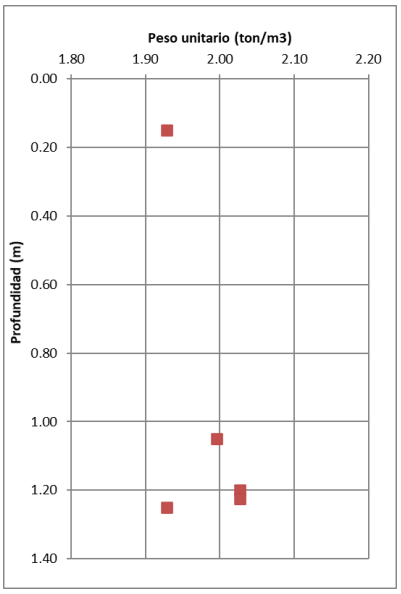
S: saturación.

Se calibró los valores de peso unitario dado por el ensayo de gravedad específica con los ensayos de peso unitario parafinado, variando el valor de Saturación (S) en 60 % considerando que no existe nivel freático.

En la siguiente Figura, se presenta el perfil de peso unitario respecto a la profundidad, presentado los pesos unitarios obtenidos a partir del peso específico calibrando la saturación.

Figura 16 Peso unitario total

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de peso unitario total varían entre 1.929 t/m3 y 2.027 t/m3. De acuerdo con los resultados se obtiene un valor promedio de 1.981 t/m3 para el estrato de arenas con algo limos de nula plasticidad, para el estrato de relleno orgánico se encuentra un valor de 1.92 t/m3.

7.5 PROPIEDADES GEOMECANICAS DE LOS MATERIALES

Teniendo en cuenta los datos obtenidos de los dos materiales identificados mediante ensayos de laboratorio y campo se efectúa el análisis de propiedades geomecánicas, de permeabilidad y de caracterización geotécnica para el modelo de la alternativa final para el diseño básico. Para ello es necesario considerar las siguientes aproximaciones para suelos tipo arenas limosas encontradas en los sondeos.

7.5.1 Para metros del valor de N60 A partir de resultados Vs - Vp

Para definir los parámetros de campo a partir de los resultados de las líneas de refracción sísmica, se utilizaron diferentes metodologías para calcular N60 y a partir de estos resultados, definir los parámetros geomecánicos para las arenas que corresponden a c´y Ø y los módulos de elasticidad para chequear los asentamientos, teniendo en cuenta que son materiales arenosos con algo de limos.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Estas metodologías corresponden a aplicar el razonamiento matemático en donde se obtienen las ecuaciones para modelar Nspt en función de la velocidad de onda, los modelos de referencia se presentan a continuación:

Okamoto et al. (1989) para todo tipo de suelo.

$$N_{SPT} = \left(\frac{V_S}{125}\right)^{\frac{1}{0.30}} \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

Alfaro (Alfaro, 2007), para todo tipo de suelo.

$$V_s = 91.44h^{0.291}N^{0.298} \qquad \textbf{Ecuación 2}$$

Japan Road Asociation (2002), para todo tipo de suelo.

$$V_s = 100N^{\frac{1}{3}} \qquad \textbf{Ecuación 3}$$

Maheswari et. Al (2008), para todo tipo de suelo.

$$V_s = 95.641N^{0.301} \qquad \textbf{Ecuación 4}$$

Los resultados del Valor de Ncampo se presentan en el Anexo 5 Memorias de cálculo.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Cuadro 16 Calculo del NCampo a partir Vs puerto Inírida

Prof. (m)	LRS 1					LRS 2					LRS 3				
	N (Okamoto, 1989)	N (Alfaro, 2007)	N (Japan Road Association, 2002)	N (Masheswari et al, 2008)	N prom	N (Okamoto, 1989)	N (Alfaro, 2007)	N (Japan Road Association, 2002)	N (Masheswari et al, 2008)	N prom	N (Okamoto, 1989)	N (Alfaro, 2007)	N (Japan Road Association, 2002)	N (Masheswari et al, 2008)	N prom
0.0	10	0	16	25	**13**	7	0	12	17	**9**	3	#¡DIV/0!	6	8	**100**
0.9	10	33	16	25	**21**	7	23	12	17	**15**	3	11	6	8	**7**
1.9	11	16	17	25	**17**	7	11	12	18	**12**	4	6	7	10	**7**
3.0	10	10	16	24	**15**	8	7	12	18	**11**	5	5	9	12	**8**
4.2	10	7	16	24	**14**	8	6	13	20	**12**	6	4	9	13	**8**
5.5	11	6	18	28	**16**	9	5	14	22	**13**	6	3	10	14	**8**
6.9	13	6	20	31	**17**	10	4	16	24	**14**	6	3	10	15	**9**
8.5	15	5	23	36	**20**	10	4	16	25	**14**	7	3	12	17	**10**
10.1	17	5	26	41	**22**	11	3	17	26	**14**	8	2	13	19	**11**
11.9	18	5	27	43	**23**	11	3	18	27	**15**	9	2	14	21	**12**
13.8	18	4	28	44	**23**	11	3	18	28	**15**	9	2	15	22	**12**
15.8	22	4	32	52	**27**	12	2	18	28	**15**	9	2	15	23	**12**
17.9	22	4	33	53	**28**	12	2	19	29	**15**	10	2	16	24	**13**
20.1	22	3	33	54	**28**	12	2	19	29	**16**	10	2	16	24	**13**
22.4	23	3	34	55	**28**	12	2	19	30	**16**	10	1	16	25	**13**
24.8	23	3	34	56	**29**	13	2	20	30	**16**	11	1	17	26	**14**
27.4	24	3	35	57	**30**	13	1	20	31	**16**	11	1	17	26	**14**
30.0	25	3	36	59	**31**	13	1	20	31	**16**	11	1	18	27	**14**

Fuente: Elaboración Propia

Como Se observa en los resultados del N60, los valores obtenidos presentan la misma tendencia para las tres líneas de refracción sísmica el cual se calcula e valor promedio con el que definirá los parámetros c´ y ϕ con el que se realizara los análisis de capacidad portante y asentamientos por la metodología de Bowles que corresponde para arenas.

Los resultados de los parámetros de resistencia para definir el perfil geotécnico del proyecto se encuentran a continuación en el siguiente cuadro.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Cuadro 17 Calculo de los parámetros geomecánicos C´y Ø

Prof. (m)	Npromedio	c´ (kPa) (Aristizábal,2017)	c´ (kPa) (I.G Mindel,2002)	c´ (kPa) (Gómez et al,2017)	ϕ` (Kishida, 1969)	ϕ` (Japan National Railway, 1999)	ϕ` (Montenegro y González, 2014)	c´ (kPa) Promedio	ϕ` (prom)
0.00	41	49.89	64.42	9.70	39.75	39.20	40.93	41.34	40
0.88	14	31.66	60.27	9.67	31.55	31.30	31.61	33.87	31
1.88	12	20.25	54.68	10.80	30.29	30.62	30.18	28.57	30
2.98	11	15.60	51.12	11.67	29.96	30.42	29.80	26.13	30
4.19	11	10.57	44.31	12.39	29.88	30.36	29.72	22.42	30
5.51	12	6.44	34.20	14.16	30.41	30.63	30.32	18.27	30
6.95	13	4.23	23.68	16.20	31.11	30.97	31.11	14.70	31
8.49	14	3.19	15.03	18.06	31.78	31.31	31.87	12.09	32
10.15	16	2.66	8.37	19.98	32.52	31.72	32.71	10.34	32
11.91	16	2.10	-0.56	21.04	32.89	31.90	33.13	7.53	31
13.79	17			21.66	33.09	32.01	33.36	21.66	33
15.77	18			23.34	33.81	32.47	34.18	23.34	33
17.87	19			23.86	33.99	32.57	34.39	23.86	34
20.07	19			24.33	34.16	32.67	34.58	24.33	34
22.39	19			24.77	34.32	32.76	34.76	24.77	34
24.82	20			25.25	34.51	32.88	34.98	25.25	34
27.35	20			25.71	34.69	32.99	35.18	25.71	34
30.00	20			26.14	34.87	33.10	35.38	26.14	34

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados se obtiene los siguientes parámetros geomecánicos para el perfil geotécnico del proyecto, de los cuales se presentan.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Cuadro 18. Parámetros geomecánicos C´y Ø

Estrato	Descripción	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	□t (kN/m³)	C´	ϕ
1	Capa vegetal	0.00	0.1	15.0	--	--
2	Relleno Orgánico	0.1	3.5	19.2	--	31
3	Arenas limosas	0.35	2.0	19.8	6.44	30

Fuente: Elaboración Propia

7.5.2 Módulo elástico

Para la definición del parámetro del módulo de elasticidad en los estratos arenosos, se utilizó la siguiente ecuación del libro "Foundation Analysis and Design" de Joseph E. Bowles (1996), para las arenas:

$$Es\ (kPa) = 300(N + 6)$$

Donde:

Es: módulo de elasticidad.

N: Valor de número de golpes corregido de SPT, obtenido de la correlación de datos Vs obtenidos del ensayo Línea de refracción sísmica.

A continuación, se presenta el cuadro de los resultados obtenidos del Es a partir del Ncampo en función del Vs y la figura de la variación del módulo de Young en profundidad encontrado a partir de las correlaciones para estos materiales:

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

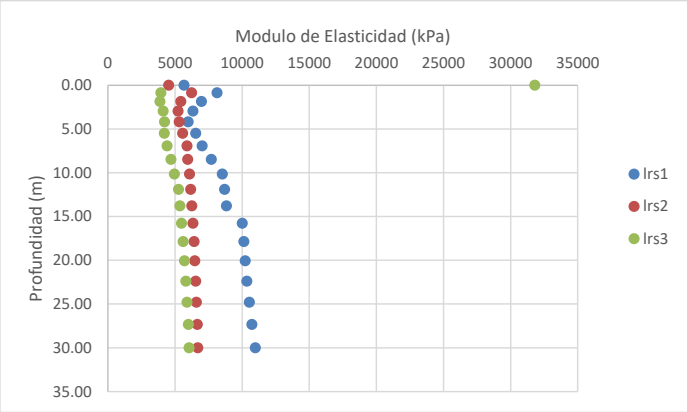
Cuadro 19 Cálculo del Módulo de elasticidad a partir de Ncampo – f(Vs)

Profundidad (m)	Es (kPa) LRS1	Es (kPa) LRS2	Es (kPa) LRS3
0.00	5664.18	4526.39	31800.00
0.88	8126.21	6235.99	3934.08
1.88	6967.86	5432.27	3873.76
2.98	6329.35	5221.55	4102.84
4.19	5979.68	5300.49	4213.86
5.51	6528.23	5557.42	4203.83
6.95	7016.10	5887.94	4405.16
8.49	7692.66	5938.20	4698.79
10.15	8517.31	6077.31	4954.98
11.91	8683.36	6166.28	5254.54
13.79	8832.61	6254.17	5354.18
15.77	10011.29	6335.61	5470.60
17.87	10122.91	6408.49	5588.28
20.07	10228.25	6473.59	5698.64
22.39	10345.16	6533.38	5799.84
24.82	10541.80	6591.44	5893.84
27.35	10724.30	6652.32	5985.41
30.00	10975.96	6687.43	6041.99
Promedio	8515.96	6015.57	6515.26
Valor Mínimo	5664.18	4526.39	3873.76
Valor Máximo	10975.96	6687.43	31800.00
Promedio total		7015.59	
Promedio Valor mínimo		4688.11	
Promedio Valor máximo		16487.80	

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17.Módulo de elasticidad del suelo Es – N campo f(Vs)

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked



Fuente: Elaboración Propia

Para la definición del parámetro del módulo de elasticidad se tomaron los resultados directos de las correlaciones Vs de los cuales se presentan diferencias considerablemente con respecto a los obtenidos por el Ncampo -f(vs). Estos resultados se presentan a continuación:

Cuadro 20 Cálculo del Módulo de elasticidad f(Vs)

Profundidad (m)	**LRS 1**	**LRS2**	**LRS3**
	E (kPa)	**E (kPa)**	**E (kPa)**
0.0	98019	159990	150038
0.9	285442	197868	156043
1.9	315855	238303	181769
3.0	308842	260457	207985
4.2	318663	278018	222872
5.5	356270	306388	229715
6.9	386754	331298	247879
8.5	423850	338579	268740
10.1	464812	349056	285865
11.9	475566	356235	305212
13.8	325961	243714	211474
15.8	360764	247257	216424
17.9	364769	250370	221273
20.1	368443	253111	225734
22.4	372298	255586	229768

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

24.8	378223	257932	233462
27.4	383616	260310	237002
30.0	390735	261785	239263

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo 5 se encuentra las memorias de cálculo para obtener los N posibles de los materiales en función de Vs y Vp y a partir de estos datos obtener los módulos de elasticidad promedio en donde se obtiene un valor máximo promedio de 16487 kPa para las arenas de depósitos aluviales, en comparación con los resultados obtenidos de los del Es en función de Vs de los ensayos de exploración indirecta.

7.6 MODELO GEOTECNICO

El perfil geotécnico de análisis se construyó a partir de la interrelación encontrada en las diferentes zonas de cada propiedad previamente analizadas. Se establecieron zonas de valores similares, donde las tendencias se encontraban marcadas o correspondían con los mismos materiales.

Una vez determinada la distribución de diferentes estratos en el suelo, se definió el perfil de suelo mostrado en el siguiente Cuadro.

Cuadro 21. Perfil geotécnico desarrollado

Estrato	Descripción	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	□t (kN/m³)	C´	ϕ	E(kPa)
1	Capa vegetal	0.00	0.1	15.0	--	--	5000
2	Relleno Orgánico	0.1	0.35	19.2	--	30	5664
3	Arenas limosas	0.35	2.0	19.8	2.1	31	16487

Fuente: Elaboración Propia

Se asumen los datos de peso unitario y módulo de elasticidad para los materiales superficiales como la capa vegetal o rellenos orgánicos de acuerdo a las características geomecánicas de estos materiales.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

8 ANALISIS GEOTÉCNICO

8.1 SISTEMA DE CIMENTACION

El modelo que se utilizará corresponde a condiciones drenadas. Para considerar el modelo conservador se utiliza nivel freático a 0.5 de profundidad. Se efectuará el análisis con placa de cimentación y zapatas aisladas.

8.2 ANALISIS CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

Para la placa, el análisis de capacidad portante para suelo se usa la metodología propuesta por Bowles partiendo del ensayo de penetración estándar, el cual limita la capacidad admisible a un asentamiento de 2.54 cm de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$q_c = \frac{N_{55}}{0{,}08}\left(\frac{B+0{,}3}{B}\right)^2\left(1+0{,}33\frac{D}{B}\right)$$

$$Para\ 0 \le D \le B\ y\ B \ge 1.2m$$

$$q_c = \frac{N_{55}}{0{,}08}\ para\ B\ menor\ a\ 1.2\ m$$

De acuerdo a al planteamiento de alternativas de cimentación para la estructura proyectada Sena Puerto Inírida, se desarrolla las siguientes opciones:

- Alternativa 1. Cimentación de zapatas aisladas de 1.0 m a 1.0 m. Y PLACA DE CONTRAPSIO ESPS

Se calcula la capacidad admisible con la metodología, la cual tiene un factor de seguridad de 2, la cual se traslada a un FS de 3 dado por el reglamento NSR10. Para el análisis se utiliza un valor de B de 13 m para la placa y de 1 m para las zapatas aisladas. El valor de D es de 1.0 m, una vez se retire la capa orgánica y materiales de relleno como capa superficial.

Se obtuvieron los siguientes resultados de la modelación para la condición drenada dada las características de los materiales y que la metodología se aplica para materiales granulares específicamente en arenas.

A continuación, se presenta los resultados para la **Alternativa 1** cimentación de placa contrapiso a Df de 0.50 m.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

A continuación, se presenta los resultados para la **Alternativa 2** cimentación zapatas aisladas a Df de 0.5 m.

Cuadro 22. Resultados de la capacidad de carga última zapata aislada

Df (m)	B (m)	g(kN/m3)	esf	RS	N60	qa FS 2	qult	qa (FS 3)
0.0	1	15	0	0	41	858.9	1717.7	572.6
0.9	1	19.8	17.5	0.2	14	390.8	781.7	260.6
1.9	1.0	19.8	37.1	0.4	12	413.2	826.3	275.4
3.0	1.0	19.8	59.0	0.6	11	477.2	954.4	318.1
4.2	1.0	19.8	83.0	0.8	11	564.6	1129.2	376.4
5.5	1.0	19.8	109.2	1.1	12	720.8	1441.5	480.5
6.9	1.0	19.8	137.6	1.4	13	920.5	1841.0	613.7
8.5	1.0	19.8	168.2	1.7	14	1154.0	2308.1	769.4
10.1	1.0	19.8	200.9	2	16	1444.2	2888.5	962.8
11.9	1.0	19.8	235.9	2.4	16	1701.8	3403.7	1134.6
13.8	1.0	19.8	273.0	2.7	17	1959.3	3918.5	1306.2
15.8	1.0	19.8	312.3	3.1	18	2391.0	4782.1	1594.0
17.9	1.0	19.8	353.8	3.5	19	2706.4	5412.9	1804.3
20.1	1.0	19.8	397.5	4	19	3042.4	6084.8	2028.3
22.4	1.0	19.8	443.3	4.4	19	3402.1	6804.2	2268.1
24.8	1.0	19.8	491.4	4.9	20	3802.1	7604.1	2534.7
27.4	1.0	19.8	541.6	5.4	20	4227.2	8454.5	2818.2
30.0	1.0	19.8	594.0	5.9	20	4683.4	9366.8	3122.3

Fuente: Elaboración Propia

Los factores usados para determinar la capacidad admisible para la cimentación están de acuerdo con el Título H, numeral, H.4.7-1 y se establecieron para las combinaciones de carga para determinar los esfuerzos en el suelo por la cimentación:

Cuadro 23 Condición de carga, capacidad admisible y factor de seguridad.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Condición	Q admisible	FS	Alternativa 1	Alternativa 2
Carga muerta + carga viva normal	qa1	3.0	110	260
Carga muerta + carga viva máxima	qa2	2.5	132	312
Carga muerta + carga viva normal + sismo de diseño pseudoestático	qa3	1.5	221	521

Fuente: NSR-10. Cuadro H4.7-1

8.3 ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES

De acuerdo con el reglamento NSR10 el asentamiento diferencial a cumplir es $^{l}/_{300}$(Tabla H.4.9-1 NSR10) el cual corresponde a pórticos de concreto sin acabados susceptible a dañarse con asentamientos menores. Teniendo en cuenta los tipos de cimentación seleccionado, las cargas se repartirán de manera uniforme y no se producirán asentamientos diferenciales, no obstante, se verifica en el modelo de settle los asentamientos diferenciales de acuerdo a las cargas suministradas por el modelo estructural presentando en el Numeral 4.

Los resultados se presentan a continuación en el siguiente cuadro y en la siguiente figura, en donde de acuerdo a la distribución de cargas del modelo estructural, los asentamientos obtenidos se encuentran en el rango aceptable establecido en la normatividad Tabla H4.9-1 NSR-10.

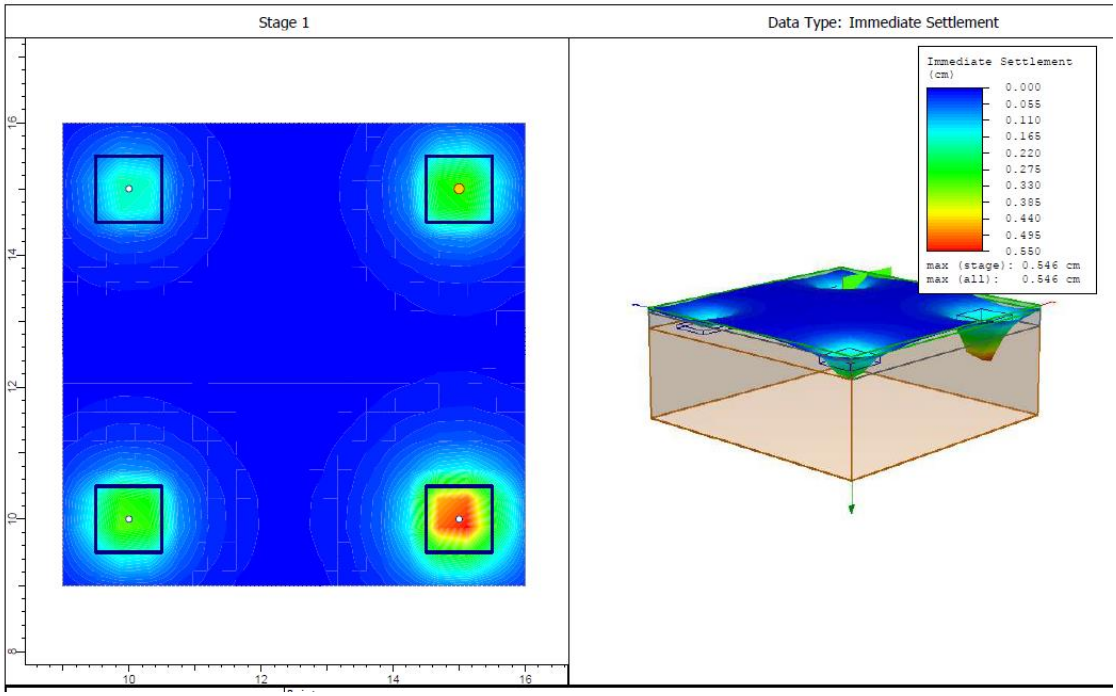
Cuadro 24 Calculo de asentamientos diferenciales

Carga (kN)	Asentamientos inmediatos (cm)	Asentamientos diferenciales (cm)
35.17	0.19	0.13
58.82	0.32	
63.26	0.34	0.22
104.48	0.56	

Fuente: Elaboración Propia

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Figura 18 Verificación de asentamientos diferenciales



Fuente: Elaboración Propia

8.4 EVALUACION DE LICUACION

En los materiales no cohesivos como las arenas puede presentarse el fenómeno de la licuación, sin embargo y con base en los sondeos realizados para que esta ocurra debe haber disipación de la presión de poros, el sector donde se ubicará la cimentación, la presencia de nivel freático y sus condiciones de saturación son medias del máximo 20%.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo el servicio geológico colombiano, en la ciudad de Puerto Inírida tienen influencia dos unidades cronoestratigráficas las cuales son:

- La unidad PP-Mmg1 compuesta de Gneises cuarzos feldespáticos, anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, gneises cuarzosos y granitos con variaciones a alaskitas y monzonitas.
- Q-al que corresponde depósitos de aluviales y de llanuras aluviales.

Se presenta el siguiente material en el área de estudio:

Capa Vegetal. Compuesta cobertura vegetal en un espesor máximo de 0.10 m.

Relleno con alto contenido orgánico. Compuestos de suelos orgánicos, rellenos antrópicos de origen vial o de obras en el área de estudio, está conformado por arenas algo limosa de color café oscuro, humedad baja, compacidad baja de grano fino, presenta contenido de materia orgánica. El espesor varía entre 0.05 m y 0.35 m.

Arena algo limosa color café amarillento: Corresponden a arenas algo limosa de humedad baja. Grano fino de compacidad baja que corresponden a depósitos aluviales y de llanuras aluviales. Este espesor se encuentra desde 0.35 m hasta los 6.0 m de acuerdo a los resultados de las líneas de refracción símica quienes se correlacionaron con los apiques para definir y calibrar el modelo geotécnico del área de estudio.

A continuación, se presentan algunas de las muestras encontradas

De acuerdo con lo anterior se obtiene un perfil D, la información sísmica se presenta en la siguiente Cuadro:

Cuadro 25. Parámetros Sísmicos SENA – NSR 10.

Zona	Perfil	A_a	A_v	A_e	A_d (s)	Fa	Fv
Puerto Inírida	D	0.05	0.05	0.04	0.02	1.6	2.4

Fuente: Elaboración Propia

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Una vez determinada la distribución de diferentes estratos en el suelo, se definió el perfil de suelo mostrado en el siguiente Cuadro.

Cuadro 26. Perfil geotécnico desarrollado

Estrato	Descripción	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	□t (kN/m³)	C´	ϕ	E(kPa)
1	Capa vegetal	0.00	0.1	15.0	--	--	5000
2	Relleno Orgánico	0.1	0.35	19.2	--	30	5664
3	Arenas limosas	0.35	2.0	19.8	2.1	31	16487

Fuente: Elaboración Propia

Se asumen los datos de peso unitario y módulo de elasticidad para los materiales superficiales como la capa vegetal o rellenos orgánicos de acuerdo a las características geomecánicas de estos materiales.

Para el área de estudio, se encuentra en una zona topográfica plana, en donde no se evidencian laderas contiguas o aledañas al proyecto que se encuentre susceptibles a deslizamientos por lo que, en el área de la implantación del proyecto al estar en sectores no susceptibles a deslizamientos, en términos cualitativos la calificación de Amenaza es baja.

En términos cualitativos, para la estructura del Punto de Atención al Ciudadano, de acuerdo con el perfil geotécnico, los materiales encontrados y las propiedades de los mismos, se establece que el sistema de cimentación optimo corresponde al uso de zapatas aisladas ya que presentan como materiales de fundación los depósitos aluviales que permiten la capacidad portante requerida para el proyecto. No obstante, aunque las dos alternativas ofrecen la solución y cumplimiento de capacidad carga y asentamientos, en aspectos técnicos constructivos se recomienda la cimentación superficial en zapatas aisladas y en términos de costo beneficio el equipo evaluador, la interventoría y la entidad contratante seleccionaran la mejor alternativa económica para el proyecto.

En los resultados de la exploración geotécnica se encontraron niveles freáticos superficiales que pueden condicionar la estabilidad de la excavaciones o estructuras durante los procesos constructivos, teniendo en cuenta que las profundidades de excavación no son considerables para la cimentación del proyecto. Para el manejo y control de la escorrentía superficial se recomienda adecuar el sector e implementar obras hidráulicas que permitan la conducción del flujo superficial y minimicen el riesgo de infiltración del flujo a los materiales superficiales.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

El sistema de cimentación planteado corresponde a una placa contrapiso y zapatas aisladas como Alternativa 1 en el cual los análisis se realizaron con la metodología de Bowles los cuales limitan el asentamiento a 2.54 cms, estos análisis para las dos alternativas la profundidad de cimentación es de $D_f = 0.5$ m. una vez se retire la capa orgánica y materiales superficiales correspondientes a rellenos con altos contenidos de materia orgánica, estos espesores puede alcanzar hasta los 0.5 m de profundidad. Los resultados de la capacidad admisible y asentamientos para estas alternativas se presentan a continuación:

Cuadro 27. Cálculo de capacidad admisible y asentamientos

Condición	B	FS	Q adm (kPa)	Asentamientos (cms)
Alternativa 1	1.0	3.0	260	2.54

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta los tipos de cimentación seleccionado, las cargas se repartirán de manera uniforme y no se producirán asentamientos diferenciales considerables.

Las excavaciones que se requieren efectuar no ofrecerán dificultad para su ejecución, debido a las características de los materiales encontrados y que la profundidad de las excavaciones no supera 1,3 m. El nivel de cimentación se efectuará a 0.5 m.

Las excavaciones se podrán realizar manualmente o con equipo mecánico, con taludes 1H:1V. Las zapatas se podrán fundir contra el terreno natural, siempre y cuando se garantice la estabilidad de la excavación o con formaleta que se retirará cuando fragüe el concreto.

Para mantener los niveles freáticos durante la ejecución de la excavación temporal, se deberá contar con un sistema de bombeo permanente que garantice el abatimiento del nivel freático en caso de presentarse.

Una vez realizada la excavación para la zapata o placa de cimentación es necesario aplicar un solado en base de 5.0 cm de espesor para limpieza y uniformidad de superficie para la construcción posterior de los sistemas de cimentación.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

9.1 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

9.1.1 Estabilidad de Taludes

No se realiza análisis de estabilidad de taludes ya que no se tiene previsto el corte de taludes o excavaciones mayores a un metro de profundidad.

9.1.2 Zapatas - Placa de contrapiso

A continuación, se presentan las recomendaciones geotécnicas para estructuras de cimentación superficial:

- Retirar materiales orgánicos existentes en el terreno.
- Con el objetivo de separar el terreno natural de los rellenos y evitar la mezcla de los materiales y el lavado de finos por acción del agua, se recomienda colocar un geotextil tejido entre el suelo natural y el relleno a compactar.
- Nivelar con subbase granular SBG-1. Este relleno no debe ser menor a 20 cm de espesor. Si se requiere se debe excavar para obtener este espesor mínimo.
- Los rellenos deben ser confinados para evitar pérdidas de borde.
- La estructura de cimentación puede tener un espesor de 0.15 m como mínimo y se debe dilatar en los dados de las columnas y vigas para evitar la formación de dilataciones irregulares. El concreto utilizado debe tener una resistencia a los 28 días de 21 MPa y es conveniente colocarle malla electrosoldada de 6 mm cada 15.0 cm. No obstante, las anteriores son recomendaciones y cualquier espesor de placa y su refuerzo debe ser definido por el ingeniero estructural de proyecto el cual soporta técnicamente el valor final de espesor y su refuerzo necesario.
- Con el fin de generar las dilataciones por retracción de fraguado y dilataciones térmicas, se recomienda trabajar con losas moduladas de máximo 3 m de lado.
- Se deben conseguir las pendientes y niveles necesarios para que todas las áreas drenen fácilmente hacia los desagües de piso. De igual manera la tubería de agua potable se debe colocar entre la capa de tierra y la placa de concreto, evitando que quede incrustada en la placa. No obstante, el diseño hidráulico y sanitario debe definir las condiciones de drenaje de la zona.
- Para las estructuras de andenes, se recomienda previamente instalar un mejoramiento con rajón de 10 cm, seguidamente colocar una arena para capa de soporte de 15 cm, en donde se instalarán adoquines en concreto y realizar el sello con arena de sello, de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.

9.1.3 Rellenos

Para los rellenos debajo de estructuras se deben seguir como mínimo las siguientes recomendaciones:

- Las dos últimas capas antes de llegar a la cota de implantación arquitectónica se deben realizar con material tipo subbase granular SBG-1 compactado al 95% del P.M.
- Este relleno se debe conformar en capas que no superen los 25 cm de espesor.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

- En el caso de la cimentación sobre el relleno seleccionado, es necesario revisar su condición y garantizar que no se presenten derrumbes, hundimientos, fisuras u otras condiciones consideradas como síntomas de pobre desempeño.

Los rellenos a emplear deberán cumplir con las especificaciones técnicas dadas en especificación INVIAS.

Los cortes siempre deben realizarse de arriba y hacia abajo de la excavación, evaluando las condiciones de estabilidad de la misma.

Para taludes temporales generados durante la fase de construcción se recomienda realizarlos con una inclinación 1H:2V – 1H1V si se requieren.

Los taludes temporales que hagan parte de la excavación, no deben permanecer más de 15 días desprotegidos, especialmente en época lluviosa.

Si durante la excavación se observan condiciones desfavorables en cuanto a la estabilidad del talud se recomienda implementar un entibado siguiendo los lineamientos del Articulo 600-13 de Excavaciones varias.

Para mantener los niveles freáticos controlados durante la ejecución de la excavación temporal, se deberá contar con un sistema de bombeo permanente que garantice el abatimiento del nivel freático en caso de presentarse.

Debe haber permanencia en la asesoría geotécnica a la obra.

Las excavaciones menores a 1,0 m de altura se podrán realizar manualmente o con equipo mecánico, con taludes 1H:1V.

No se deben realizar excavaciones en la parte baja de los cortes, que excedan la superficie superior del mismo.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

10 BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, Andrés. “Correlación entre el Valor N del Ensayo de Penetración Estándar y Velocidad de Ondas de Corte para Arcillas en Bogotá – Colombia”. Epsilon. 13-23.,2007

Aristizábal, Arias Jorge A. y Mendoza, Alfonso, Néstor A. Obtención de propiedades mecánicas a partir de la relación Vp/Vs para depósitos superficiales de ceniza volcánica de Manizales, Colombia. Revista Espacios. Vol. 38. Año 2017, pagina 22.

Barton, Nick. Suggested methods for the quantitative descripción of discontinuities in rock masses: International Societey for Rock Mechanics. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science and GEomechanicsc. Janueay 1978.

Braja, M. Das. Fundamentos de ingeniera geotécnica, México D.F, Thomson Learning, 2001, ISBN 97-0686-061

Bowles, Joseph. E. Foundation Analysis and design, Fifth edition, United states of America. McGraw-Hill, 1996. ISBN 0-07-114052-2

Carmona-Álvarez J.E. y J. C. Ruge-Cárdenas, “Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos del piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ”, Tecno Lógicas, vol. 18, no. 35, pp. 93-104, 2015

Duncan C. Wyllie. Foundations on Rock. Ey FN SPON. Taylor and Francis Group. 2a edición.1999.

Gómez, R. Daniela y Tobo, A. Daniela. Correlaciones entre algunas variables geotécnicas y velocidad de onda compresiva (Vp) y de corte (Vs). Trabajo de grado. Geología. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia. 2017.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

González, Álvaro. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT en X Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana. Sociedad Colombiana de Ingenieros – Sociedad Colombiana de Geotecnia. Bogotá, (1999).

Hoek, E. y Bray, J. W. (1994). Rock slope Engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 3th Edicion. London.

Holtz, Robert D, William D. Kovacs & Thomas C. Sheahan. An Introduction Geotechnical Engineering, Second Edition. 2011. Pearson.

García, Manuel et all. Manual de Estabilidad de taludes. Instituto Nacional de Vías. Ministerio de Transporte. 1998. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Keceli, A., 2012. Soil parameters, which can be determined with seismic velocities. Jeofizik 16. 17-29.

Kramer, S. L. (1996). Geotechnical earthquake engineering. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Norma Sismo Resistente 2010. NSR-10. Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 y ha sido modificado por medio del Decreto 2525 del 13 de julio de 2010, el Decreto 0092 del 17 de enero de 2011, el Decreto 0340 del 13 de febrero de 2012 y el Decreto 0945 del 05 de junio de 2017.

Skempton AW (1953). The colloidal activity of clays. In: Proceedings of the third international conference on soil mechanics and foundation engineering. Zurich, Switzerland, ICOSOMEF, pp 57-61.

Riveros, Eial Salinas. Análisis de propiedades geotécnicas de algunas rocas comunes en Chile. Memoria para optar al título de geólogo. Universidad de Chile. Chile 2018.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

Terzaghi K and Peck R.B (1967) Soil Mechanics in Engineering Practice, Wiley. New York

Vargas M., Nelson Omar. Zonas Hidrogeológicas Homogéneas de Colombia. Grupo Investigación IDEAM. Fecha No incluida. Página IDEAM.

Thinh PH, Tuan HA, Bien DC, et al. Research on correlation between compression index (Cc) and other properties of soil for geotechnical design in coastal regions of Vietnam and cambodia. MOJ Civil Eng. 2017;2(3):97-101. DOI: 10.15406/mojce.2017.02.00034

U.S Deparment of the Navy (1971). Desing Manual soil mechanics, Foundations and Earth Structures. NAVFAC DM -7 US. Goverment printing Office. Washington D.C.

Yilmaz, I. (2000). Evaluation of she strength of clayey soils by using their liquidity index. Berlín. Springer-Verlag

Zamudio, Z. Pablo y Mayoral R. Pedro. Correlación entre la velocidad de onda de corte (Vs) y el número de golpes del SPT (N) para arenas pumiticas de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG). XXII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. 20 a 23 de noviembre de 2019. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio
Juan Waked

11 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los análisis, conclusiones y recomendaciones del presente estudio se basan en los resultados de las investigaciones realizadas y en la suposición de que las condiciones del subsuelo no se desvían apreciablemente de aquellas obtenidas en exploración geotécnica, ensayos de laboratorio y análisis técnico del proyecto.

Si durante el manejo de la información para proyectos en niveles de escala similares se detectan variaciones en la estratigrafía y/o demás condiciones del subsuelo, se deberán informar al proyectista para poder hacer los ajustes necesarios.

ING. JUAN PABLO WAKED RODRIGUEZ
Msc. Gestión de Proyectos
Esp. Estructuras
Esp. Geotecnia y Pavimentos

Datos de contacto:
wakedjuanpablo@gmail.com
Cel: 3158252716
Villavicencio