


EXPLORACION GEOTECNICA PARA EL DISEÑO DE
CIMENTACIONES DE TORRES PARA COMUNICACIONES
8°25'20.00" NORTE, 76°47.13'09"OESTE
NECOCLÍ – ANTIOQUIA

ESTUDIO DE SUELOS



ING. JHON ALEXANDER ECHEVERRI S.
MAT.25202- 69983 CND.
C.C. 79.541.681 de Bogotá

**EXPLORACION GEOTECNICA PARA EL DISEÑO
DE CIMENTACIONES DE TORRES PARA
COMUNICACIONES.**

**8°25'20.00" NORTE, 76°47'13.09" OESTE
NECOCLÍ – ANTIOQUIA**

ESTUDIO DE SUELOS

BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2018

Í N D I C E

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO**
- 3. ENSAYOS DE LABORATORIO**
- 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**
 - 4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**
 - 4.2 INFORMACION GENERAL DEL MUNICIPIO**
- 5. ANALISIS DE RESULTADOS GEOTECNICOS**
 - 5.1 ESTRATIGRAFIA Y PARÁMETROS GEOTECNICOS**
 - 5.2 HETEROGENEIDAD DEL SUBSUELO**
 - 5.3 NIVEL DE CIMENTACIÓN**
 - 5.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE**
 - 5.5 CALCULO FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO E INDIRECTO**
- 6. ASPECTOS SÍSMICOS DEL PROYECTO**
- 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
 - RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS**
 - GEOLOGIA**
 - GEOMORFOLOGIA**

L I S T A D E F I G U R A S

FIGURA No. 1

LOCALIZACIÓN DE SONDEOS

FIGURA No. 2

PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE SONDEOS

A N E X O S

- 1. MEMORIA DE CÁLCULO**
- 2. MEMORIA ENSAYOS DE LABORATORIO**
- 3. INFORME FOTOGRAFICO**

1. INTRODUCCIÓN

*Con el fin de adelantar la exploración geotécnica para el **DISEÑO DE CIMENTACIONES DE TORRES PARA COMUNICACIONES**; en el siguiente informe se presentan los resultados del estudio de suelos realizado en el municipio de Necoclí – Antioquia, al suroccidente del casco urbano.*

El objeto del estudio es el de determinar las características geomecánicas del suelo con base en lo cual definir el nivel apropiado para la cimentación de la obra, así como también seleccionar la capacidad portante admisible del suelo: características evaluadas en función del tipo de estructura y de las cargas que esta transmite al terreno de fundación.

Igualmente se presentan los resultados de la investigación del subsuelo, los análisis de ingeniería, las conclusiones y recomendaciones para el diseño y la construcción de la cimentación

2. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

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

Tabla H.3.2-1
 Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción
 Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Se define que el nivel de complejidad es baja, debido a que la estructura pesa alrededor de 160 KN, dicho peso se deberá distribuir entre el número de apoyos que tenga la torre.

Con el propósito de conocer el perfil del subsuelo y evaluar los parámetros que rigen su comportamiento ante la imposición de cargas, se realizaron investigaciones y se recopiló información de la zona de las siguientes fuentes:

- Instituto Geografico Agustin Codazzi – IGAC

- Norma NSR -10
- Normas Invias – 2007
- Normas tecnicas Cololmbianas – NTC

Actividad desarrollada mediante la ejecución de tres sondeos los cuales fueron llevados a 6.00 metros de profundidad o rechazo, cada uno con el objeto de efectuar la verificación del suelo existente; estos se realizaron con equipo de perforación por percusión y lavado con toma de muestras con tubo shelby; cada tipo de material encontrado se relacionó en el respectivo registro. Igualmente se tomaron muestras representativas de cada estrato.

En la figura No. 1 se indica la ubicación de los tres sondeos realizados con motivo del estudio, así mismo en la figura No. 2 se presenta el perfil estratigráfico para cada sondeo.

En cada perforación se determinó el perfil del suelo como se mencionó anteriormente, además se detectó la posición del nivel freático.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras obtenidas, durante la exploración del subsuelo se identificaron visualmente y sobre un número representativo de ellas se hicieron ensayos de laboratorio requeridos tanto para clasificar el subsuelo como para determinar sus propiedades mecánicas e in situó.

Para suelos granulares o arcillas duras se realiza mediante penetración estándar (S.P.T), obteniéndose las respectivas muestras con el tubo partido (Split Spoon). Por encontrarse suelos de carácter cohesivo a profundidades intermedias se toman muestras inalteradas con el tubo de pared delgada (Tubo Shelby). De los suelos de relleno superficiales, se obtienen muestras alteradas.

A continuación, se relacionan los ensayos realizados

CLASIFICACIÓN

-Granulometría

IN SITUÓ

-Humedad

natural

-Pesos

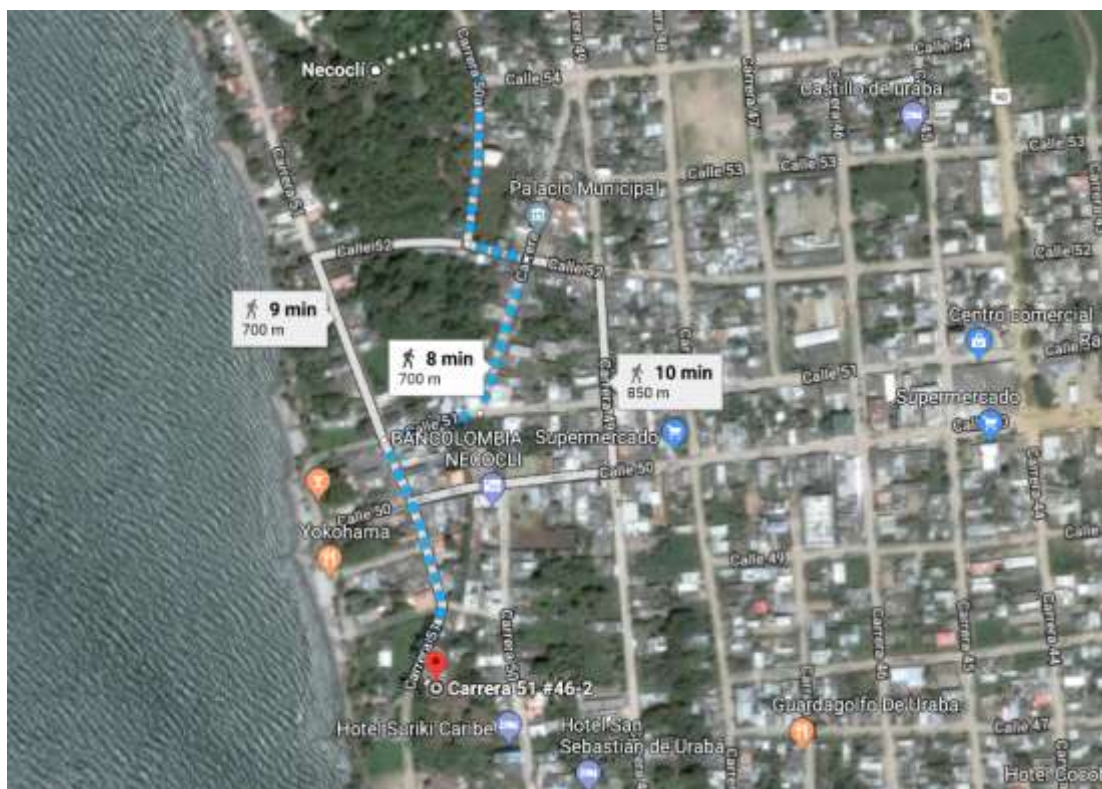
unitarios

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Exploración geotécnica para prediseño de cimentaciones para una torre de comunicaciones, que hace parte del proyecto de expansión de la red de televisión digital terrestre, realizado en el municipio de Necoclí – Antioquia, en las siguientes coordenadas:

8°25'20.00'' Norte, 76°47'13.90''Oeste.



Ubicación del proyecto

4.2 INFORMACION GENERAL DEL MUNICIPIO

El municipio de Necoclí está ubicado en la zona noroccidental de Colombia a 382 kilómetros de la ciudad de Medellín; limita al Nororiente con San Juan de Urabá, Arboletes y el mar Caribe, al Sur con el municipio de Turbo y al Occidente: con el mar Caribe.



El casco Urbano se encuentra a una altura promedio sobre el nivel del mar, de 10m, la temperatura promedio es de 28°C; El municipio de Necoclí cuenta con vías de comunicación a

al municipio de San Juan de Urabá, con una distancia de 60.8 Km y al municipio de Turbo, con una distancia de 46.6 Km, ambas vías pavimentadas.

Características

El municipio de Necoclí con un área de extensión de 1361 Km². Este municipio tiene un clima tropical. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en Necoclí. Este clima es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger.

El proyecto contempla la construcción de una torre auto soportada de 40 metros de altura, para la instalación del sistema radiante requerido.

el lote del terreno es plano, y se encuentra dentro del casco urbano.

5. ANALISIS Y RESULTADOS GEOTECNICOS

Con base en los resultados de los sondeos y de los ensayos de laboratorio, se caracteriza geotécnicamente cada estrato, con el objeto de definir el que presente la mejor respuesta como elemento de soporte.

5.1 ESTRATIGRAFIA, PARÁMETROS GEOMECÁNICOS Y NIVEL FREÁTICO

El tipo de suelo, encontrado en el sitio de estudio se describe de acuerdo con los resultados de los sondeos y de los ensayos de laboratorio.

Se pudo establecer en forma simplificada el siguiente perfil estratigráfico, el cual tiene como nivel de referencia 0.00 el correspondiente a los puntos del sondeo.

PERFIL ESTRATIGRAFICO PROMEDIO

De 0.00	-	0.20m	Rellenos heterogéneos.
De 0.20	-	0.40m	Capa vegetal.
De 0.40	-	1.30m	Arena arcillosa café.
De 1.30	-	6.00m	Arena café con presencia de gravas

El manto de Arena arcillosa café, se presentó como no líquida, no plástica con ensayos a la penetración estándar de 9 golpes/pie.

El manto de Arena café con presencia de gravas, se presentó en general como no líquido, no plástico, con valores a la penetración estándar de 22 golpes / pie en la zona.

El nivel freático no se detectó durante la ejecución de los sondeos.

5.2 HETEROGENEIDAD DEL SUBSUELO

Los espesores anteriores son un promedio aproximado y corresponden a los puntos. En otros sitios pueden presentarse divergencias.

5.3 NIVEL Y TIPO DE CIMENTACIÓN

De acuerdo al tipo de perfil estratigráfico encontrado en la zona de estudio y teniendo como referencia tanto el tipo de construcción como la magnitud de las cargas aplicar sobre el suelo portante, se define el nivel de cimentación a la profundidad de 1.35 metros, medido a partir del nivel actual del terreno.

Para el diseño de la cimentación, como alternativa 1, se recomienda que el ingeniero calculista diseñe zapatas aisladas unidas mediante vigas de amarre; O como alternativa 2, se recomienda que el ingeniero calculista diseñe un solo dado para el anclaje de la torre.

5.4 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE

Los cálculos se generaron con el siguiente patrón de desarrollo:

A partir del SPT y el perfil del subsuelo obtenidos de los sondeos ejecutados a lo largo del lineamiento, se encontraron los parámetros geomecánicos de resistencia, y se estableció el estrato en el cual se dan los mejores parámetros para poder cimentar.

Con el propósito de hacer un muestreo continuo y detallado del subsuelo, y dependiendo del tipo de suelo se recuperan muestras a diferentes profundidades. Para suelos granulares o arcillas duras se realiza mediante penetración estándar (S.P.T), obteniéndose las respectivas muestras con el tubo partido (Split Spoon). Por encontrarse suelos de carácter cohesivo a profundidades intermedias se toman muestras inalteradas con el tubo de pared delgada (Tubo Shelby). De los suelos de relleno superficiales, se obtienen muestras alteradas. Para todos los sondeos y muestras, se realiza un registro continuo de los suelos explorados. Con la información

del número de golpes de SPT, se escogió el valor más bajo “N” para efectos de cálculo y situación crítica.

Usando estos resultados, se pueden hacer estimativos de parámetros de resistencia del suelo portante, que, aunque no son rigurosos, son aproximados y útiles. Es importante recalcar que las correlaciones existentes en la literatura se han ejecutado principalmente para suelos granulares.

Con el valor del parámetro geomecánico de resistencia, se procedió a calcular la capacidad portante del estrato donde se recomienda cimentar. Para esto se usó la propuesta inicial de Terzaghi.

Todas las muestras fueron recuperadas a partir de perforaciones manuales y mecánicas con percusión con tubo Split Spoon y en unos pocos con tubo Shelby para las muestras cohesivas, así como con barreno, dependiendo del tipo de perfil.

En ninguno de los casos los datos de los ensayos de campo como veleta y penetró metro de bolsillo son utilizados para efectos de cálculo de cimentación, pero si se hace

referencia, ya que es un medio válido, alternativo, recursivo y de verificación y alternativo al corte directo en mecánica de suelos.

Se emplearon los siguientes parámetros de cálculo:

- Suelo portante de comportamiento principalmente granular.*
- Resistencia del suelo a la penetración estándar de 22 golpes / pie.*
- Peso unitario del suelo 16.8 KN/m³*

Con base en los criterios mencionados, se determina una capacidad portante admisible (q_a) de 483.52 KN/m²; se considera un factor de seguridad de 3 contra falla general.

RESUMEN GENERAL

<i>Profundidad de cimentación</i>	<i>1.35 (m)</i>
<i>Estrato portante</i>	<i>Arena café con presencia de gravas</i>
<i>Capacidad portante</i>	<i>48.35 (t/m²)</i>
<i>Módulo de reacción K</i>	<i>5806.08 (t/m³)</i>
<i>Angulo de fricción φ</i>	<i>34°</i>
<i>Peso unitario γ</i>	<i>1.68 (gr/cm³)</i>
<i>Coeficiente de presión activa Ka</i>	<i>0.28</i>

5.5 FACTORES DE SEGURIDAD

En el análisis geotécnico se consideraron los factores de seguridad básicos e indirectos definidos en el NSR -10 en el ítem H.2.4 De igual modo, en el cálculo de la capacidad portante se consideraron los factores de seguridad indirectos definidos en H.4.7.

Según la NSR-10, el factor de seguridad se puede establecer en función de factores de seguridad directos o de factores de seguridad indirectos.

Los factores de seguridad directos básicos F_{sb} se aplican al material terreo (suelo o roca): en otras palabras, se aplican a los parámetros geotécnicos tales como cohesión (S_u), ángulo de fricción (ϕ), etc.

Tabla H.2.4-1

Factores De Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	F_{sbu}		F_{sbum}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga muerta + Carga viva normal	1.5	1.25	1.8	1.4
Carga muerta + Carga viva máxima	1.25	1.1	1.4	1.15
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño suelos elásticos	1.1	1	No se permite	No se permite

En ningún caso el factor de seguridad mínimo F_{sbm} podrá ser inferior a 1.00. Por ejemplo, para el cálculo de la capacidad portante admisible de cimentaciones superficiales, se emplean los factores de seguridad con respecto a la falla de corte (FS_{shear}) entre 1.1 y 1.5 como se observa en la tabla.

$$C_d = c / FS_{shear}$$

$$\phi = \tan^{-1} (\tan \phi / FS_{shear})$$

Factores de seguridad indirectos

De acuerdo al ítem H-4.7- Factores de seguridad indirectos, la norma NSR-10 para cimentaciones recomienda lo siguientes factores de seguridad indirectos mínimos:

Tabla H.4.7-1

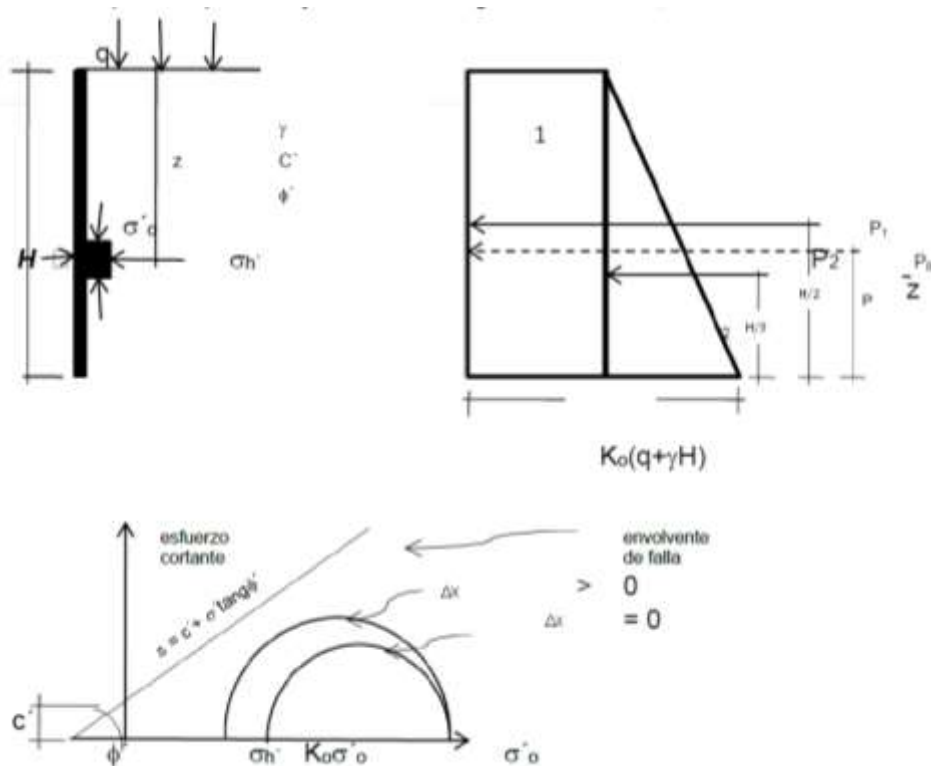
Factores De Seguridad indirectos F_{sicp} Mínimos

Condición	Fsicp Mínimo
	Diseño
Carga muerta + Carga viva normal	3.0
Carga muerta + Carga viva máxima	2.5
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño suelos elásticos	1.5

El factor de seguridad básico o directo F_{sb} definidos en la tabla H.2.4-1 es el factor de seguridad geotécnico real, es decir que se aplica al material terreo (Suelo, Roca) pero de

él derivan factores de seguridad indirectos que tienen diferentes valores y los cuales se especifican en la tabla H.4.7-1.

El factor de seguridad directo F_{sb} se obtiene de la fuerza resistente del suelo o capacidad de carga (presión) por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo a nivel de desplante de la cimentación sobre la fuerza actuante o carga aplicada. Quiere decir que de la envolvente de falla en el círculo de Mohr o resistencia al corte al analizar el cálculo general de capacidad portante y factores de seguridad tenemos:



El valor del factor de seguridad directo o básico

$$FSB = FR/FA = \tau_f/\tau_A = S/\tau_A = (c' + (\sigma' \tan \phi'))/\tau_A.$$

Cuando el materiales normalmente consolidado $c' = 0$, de esta forma el factor de seguridad, se tiene

$$FSB = (q + \gamma z) \tan \phi' / \tau_A.$$

Lo cual corresponde a lo encontrado en la literatura de ingeniería de suelos y además, a lo indicado en la tabla H2.4-1 de la NSR10.

Por otro lado, el número de sondeos, la profundidad y el factor de seguridad indirecto, como parte del análisis del tipo de proyecto, donde la NSR10, entre otras contempla:

- 10% del esfuerzo interface suelo-cimentación.
- 1.5 veces el ancho de la losa.
- 2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión.
- 1.25 veces la longitud del pilote más largo.
- 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión.

La profundidad de los sondeos está dada teniendo en cuenta el criterio anterior. Si se considera los estados límites de falla, estos no se presentan por falla de capacidad de

carga toda vez que no se supere la capacidad portante, no se presenta por pérdida de apoyo por erosión del terreno o deslizamiento horizontal bajo el efecto de empuje del suelo. Como no se presenta un nivel freático se sugieren medidas preventivas como el uso de filtros, canalizaciones, etc. Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final como alcantarillado (aplica en este caso) o tanque séptico; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la estabilidad del proyecto.

El terreno actual y a su alrededor no presenta movimiento de inestabilidad hasta el momento. El predio se encuentra en una zona cuyo terreno en el momento de la verificación técnica no evidencia daños o patologías que permitan identificar o definir la presencia de procesos de inestabilidad geotécnica y de remoción en masa.

Esta se presenta sobre un terreno estable, no se visualizan agrietamientos en viviendas y en las vías existentes no están afectadas por movimientos verticales u horizontales.

Además, su litología de acuerdo a los sondeos no es de disgregación del suelo que permitan desplomes o desprendimiento o tal vez flujos, desplazamientos o volcamiento, es decir; no hay material erodable o dispersivos ni los suelos encontrados son colapsables como aluviales o coluviales, eólicos, volcánicos ni mucho menos residuales, además; no se observan cárcavas.

Por otro lado, como lo emite la DPAE, “se advierte que cualquier intervención que se realice, debe tener en cuenta la presencia de la infraestructura aledaña, por lo que el responsable del proyecto debe garantizar en todo momento la estabilidad general del lote y su contorno”.

Para las cimentaciones superficiales la adopción del factor indirecto de 3.0 garantiza que los factores de seguridad directos F_{sb} sean superiores a los dados en la tabla H.2.4-1

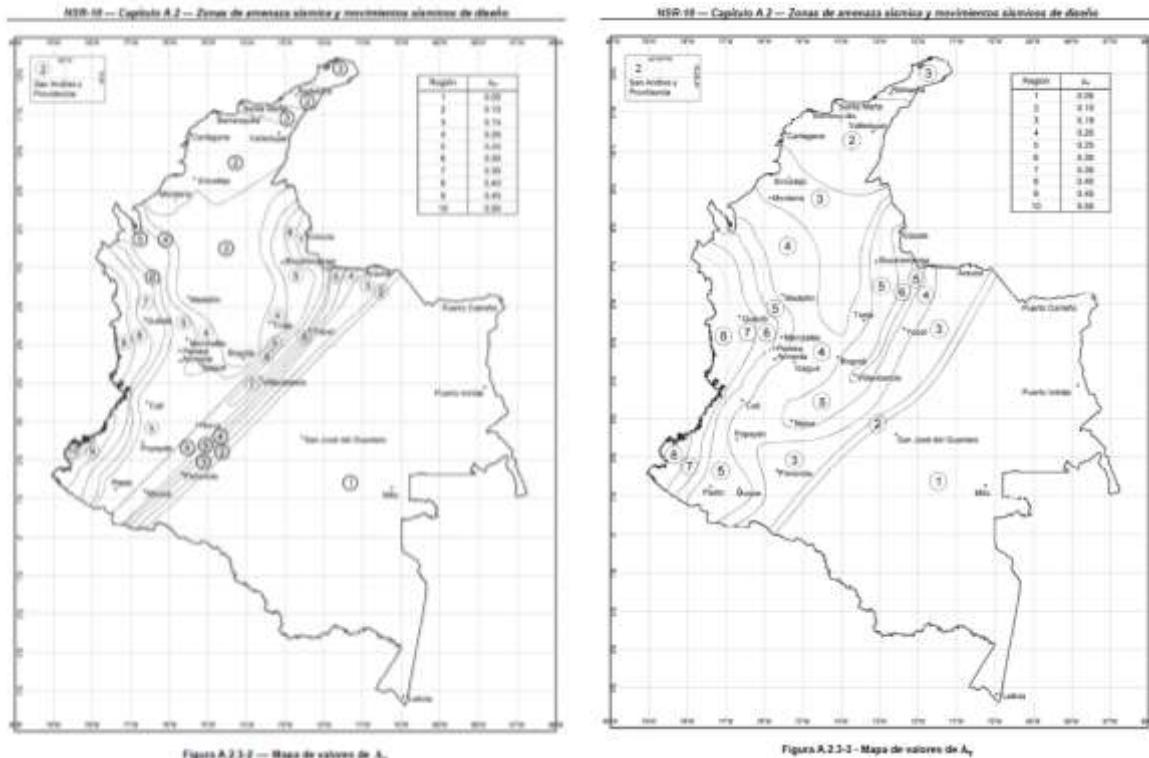
Para la mayoría de los casos un valor de $FS_{shear} = 1.2-1.5$ con respecto a la falla de corte se ajusta con un factor de seguridad de $FS = 2.5-3.0$ con respecto a la capacidad portante neta ultima.

Para el presente estudio se adopta un FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.0, que como se observa es el máximo valor de la tabla H.4.7-1 de la NSR-10.

6. ASPECTOS SÍSMICOS DEL PROYECTO

De acuerdo con los resultados obtenidos de los trabajos de investigación del subsuelo y teniendo en cuenta lo establecido en la Norma Sismo-Resistentes de 2010, se establece que el Municipio de Necoclí se encuentra dentro de un área de riesgo sísmico intermedia, y que el perfil del subsuelo corresponde al tipo D.





Para los parámetros sísmicos el coeficiente de aceleración pico efectiva, para diseño A_a esperado es de 0.20 y el coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva A_v esperado es de 0.20. Teniendo en cuenta los resultados de campo, al sitio le corresponde un perfil de suelo tipo D con coeficientes $F_a = 1.40$, $F_v = 2.00$, $T_c = 0.69$, $T_L = 4.80$ y $T_0 = 0.14$.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la exploración geotécnica llevada a cabo en las coordenadas 8°25'20.00'' Norte, 76°47'13.90'' Oeste, para el diseño de cimentaciones para la torre de comunicaciones ubicada en el municipio de Necoclí, departamento de Antioquia.
- De acuerdo a la estratigrafía determinada por medio de los sondeos efectuados, según se identifica una capa de material de tipo orgánico del orden de 0.60 metros de espesor; suelo catalogado como incompetente para cimentación de estructuras; en consecuencia, este manto debe ser excavado para llegar al nivel de cimentación.
- El suelo de cimentación para la torre corresponde a una Arena café clara con presencia de grava.

- *Para el diseño de las cimentaciones se requiere como datos básicos las cargas aplicadas a nivel de pedestal, los parámetros básicos del suelo y los parámetros de los materiales de construcción. Las cargas aplicadas pueden ser obtenidas de forma precisa del diseño de las estructuras metálicas.*
- *Para el diseño de la cimentación se deben tener en cuenta los momentos generados por las fuerzas sísmicas y las cargas generadas por el viento, según los títulos A y B de la NSR-10.*
- *Para el diseño de la cimentación, como alternativa 1, se recomienda que el ingeniero calculista diseñe zapatas aisladas unidas mediante vigas de amarre; como alternativa 2, se recomienda que el ingeniero calculista diseñe un solo dado para el anclaje de la torre.*
- *Para el diseño estructural se recomienda trabajar con una capacidad portante admisible de 483.52 KN/m².*

- *El Municipio de Necoclí se encuentra dentro de un área de riesgo sísmico intermedia; para los parámetros sísmicos el coeficiente de aceleración pico A_a esperado es de 0.20 y $A_v = 0.20$. Teniendo en cuenta los resultados de campo, al sitio le corresponde un perfil de suelo tipo D con coeficientes $F_a = 1.40$, $F_v = 2.00$, $T_c = 0.69$, $T_L = 4.80$ y $T_0 = 0.14$.*
- *Este tipo de suelo es catalogado de acuerdo a la norma sismo resistente como de poca variabilidad.*

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- *En la proyección en planta de las zapatas para la torre, se removerá en lo posible por medios manuales el material orgánico con el fin de evitar la alteración del suelo, hasta una profundidad de 1.35 metros.*
- *Las excavaciones se podrán hacer verticales hasta el nivel de desplante.*

- *Durante las exploraciones de campo no se investigó la localización ni el estado de las redes existentes dentro del lote.*
- *En los sitios donde a nivel de cimentación se encuentren suelos de consistencia blanda por efecto de aguas servidas locales o rellenos demasiado heterogéneos, se recomienda estabilizar el material de apoyo del fondo con el hundimiento de piedra rajón en cantidad suficiente, con ayuda del balde de una retroexcavadora.*
- *Se recomienda efectuar las obras constructivas en el menor tiempo posible después de realizadas las excavaciones para evitar la socavación del suelo.*
- *Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final ya sea alcantarillado o tanque séptico, los cuales deberán quedar alejados de las zonas de terraza y pendientes fuertes; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno, se generen asentamientos considerables y deslizamientos por la saturación de los suelos. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la*

estabilidad del proyecto. Además, se sugiere la construcción de un filtro perimetral o un medio de aislamiento con el fin de evitar sobrepresiones y filtraciones de agua en este nuevo proyecto.

- El terreno no presenta fenómenos de desencadenamiento de inestabilidad que llegue afectar el drenaje y el encauzamiento de las aguas lluvias, pero de igual manera se deben tener en cuenta los diseños de estructuras de contención en las zonas que vean comprometida su estabilidad o por procesos erosivos.
- Desde el punto de vista topográfico se encontró que el lote estudiado registra una topografía suavemente ondulada, y que ya cuenta con rellenos de nivelación con inclinación mínima.
- No se observa ningún tipo de condición, geológica o geotécnica, adversa que impida la ejecución del proyecto.
- Se hará una revisión cuidadosa del suelo expuesto para tratar de detectar zonas excepcionalmente blandas, bolsas de material orgánico, etc. En donde aparezcan deberán retirarse y reemplazarse por recebo de buena calidad o por rajón según la gravedad del caso.

- *En el caso de necesitar materiales de relleno, se podría utilizar el proveniente de la excavación, siempre y cuando no se encuentre en estado de saturación, en caso contrario, se recomienda utilizar material de río no cohesivo debidamente conformado y compactado por los métodos convencionales.*
- *Es importante que el ingeniero calculista, tenga en cuenta para la cota de cimentación la capacidad portante del terreno; el análisis de asentamientos; el uso adecuado del sistema de cimentación; el perfil estratigráfico del presente estudio; las recomendaciones de mejoramiento del suelo y las especificaciones contempladas en la NSR – 10.*
- Las zonas donde se llevará a cabo la colocación de material de relleno, se deberán tratar con material seleccionado, con bajo contenido de finos y estar libre de materia orgánica, con granulometría que se describe a continuación:

TAMIZ	%PASA
2 1/2"	100
2"	75 - 100

1"	50 - 80
Nº 4	20 - 50
Nº 200	0 - 20

- Límite líquido: < 25%.

- Índice de plasticidad < =6%.

- El desgaste de la máquina de los ángeles debe ser menor al 35% y ensayo de pérdida de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio menor al 12% para los materiales de selección con destino a mejorar el suelo existente.
- Se debe tener precaución de no remoldear los contornos una vez se esté excavando, esto con el fin de evitar la caída de material de las paredes laterales de la excavación, y sugerible la colocación de una lechada en cemento.

GEOLOGIA



La Cuenca de Urabá se encuentra localizada en la región occidental de la Serranía de Abibe, al noroeste del Departamento de Antioquia y hace parte del Bloque Chocó y del Terreno Sinú – San Jacinto.

En el área afloran rocas sedimentarias terciarias de origen marino, diapiros de lodo y depósitos aluviales. Las rocas sedimentarias están constituidas principalmente por arcillolitas y areniscas, localmente fosilíferas, deformadas en amplios pliegues y levantados sobre el actual nivel del mar. Cerca de la costa pueden encontrarse calizas y liditas, en algunos casos cubiertas por turbiditas. Los estratos de

lodolitas y areniscas están intruidos por diapiros de lodo que, en algunos sitios, afloran o tienen una manifestación superficial como volcanes de lodo. Sobre el sustrato rocoso se encuentran extensos depósitos marinos recientes que normalmente miden menos de 2 m. de espesor y contienen conchas y corales. Localmente estos depósitos forman playas más o menos amplias como ocurre en la población de Necocli y entre Punta Caribana y la boca del Río Mulatos. En la zona del Urabá Antioqueño existen dos unidades terciarias bien diferenciadas, la unidad T1, de origen marino y la unidad T2, de origen continental.

En la Zona Norte de Urabá solo se encuentra la unidad T1, que agrupa las rocas de edad terciaria de las Formaciones La Risa, Ciénaga de Oro o Arenisca del Pavo, Floresanto o Porquero y Tubara o Paujil. El ambiente de depósito de estas formaciones, de acuerdo a su litología y su contenido fosilífero (foraminíferos) es marino. El espesor de esta unidad es variable, en el río Turbo alcanza 4.310 m, y en el carretable Turbo - El Alto - Valencia (Córdoba) alcanza los 9.000 m.

Es de tener en cuenta que, en la zona norte del Urabá, se extienden franjas de depósitos aluviales depósitos no

consolidados conformados por arenas, arcillas y gravas, entre los que se diferencian terrazas, abanicos y llanuras aluviales), desde las estribaciones de la Serranía de Abibe hasta la costa y a lo largo de los ríos y quebradas. Los espesores de estos depósitos varían entre 10 y 80 m, encontrándose los mayores en la llanura aluvial del Río Mulatos.

Por otra parte, los diapiros y volcanes de lodos son un fenómeno más o menos común en el extremo noroccidental de Colombia, desde el Urabá antioqueño hasta la altura de Galerazamba en cercanías a Barranquilla y constituyen un rasgo característico de la zona norte del Urabá.

Estos diapiros se originan por la presencia, en profundidad, de horizontes limoarcillosos no consolidados, que unidos a la existencia de gases hidrocarburos suben con relativa facilidad a la superficie por medio de fallas, fracturas o zonas de debilidad.

Los diapiros a diferencia de los volcanes de lodo, no siempre tiene una expresión superficial definida. El diapirismo de lodo da lugar a deformaciones y levantamientos del terreno que puedan alcanzar varias decenas de metros. A lo largo de la costa las terrazas marinas recientes están arqueadas y

levantadas desde Mulatos (Necoclí) hasta Moñitos (Departamento de Córdoba). Las tasas de levantamiento medias llegan a ser hasta de 15 mm/año.

La sismicidad asociada a este proceso es mínima debido probablemente a la existencia de grandes presiones internas que se manifiestan en el diapirismo y volcanismo de lodo. No todo el levantamiento de la costa caribe está asociado al diapirismo de lodo, aunque probablemente la mitad o más de la magnitud total del levantamiento sea debida a él.

En la Zona Norte de Urabá se han reconocido siete manifestaciones superficiales importantes de diapirismo, la mayor y la más septentrional de ellas, el volcán de lodo de Arboletes, tiene una altura alrededor de 15 m por encima de la terraza marina, 22 m por encima del nivel medio de la pleamar y un diámetro aproximado de 200 m.

La acción de las olas ha erosionado la terraza y ha dejado al descubierto el depósito de lodo acumulado por el volcán en un escarpe de 5 m de altura que luego fue protegido por un pedraplén. La acción erosiva del mar ha dado lugar a un retroceso de 50 m de la línea de costa en los últimos veinte años.

GEOMORFOLOGIA

En la Zona Norte de Urabá, se observan dos geoformas bien diferenciadas: las zonas planas (formadas por las llanuras costeras y los depósitos aluviales de ríos y quebradas) y las zonas de colinas y montañas (formadas por las rocas sedimentarias). Las colinas tienen una topografía relativamente suave, son de poca altura, con desniveles del orden de los 100 m., cimas redondeadas y pendientes cortas y convexas. Las montañas tienen alturas mayores, con desniveles hasta de 400 m., cimas angulares y pendientes moderadas a fuertes, largas y rectas. Los procesos geomorfológicos identificados a nivel regional, en la Zona Norte de Urabá, corresponden a erosión de suelos y socavación lateral de orillas:

- Erosión de suelos: La erosión de suelos se presenta de manera leve como:*
 - 1. Erosión laminar, debido al arrastre de partículas de suelo por acción del agua lluvia y el viento, y por sobrepastoreo debido a la intensa e indiscriminada deforestación de los bosques naturales, para establecer potreros, los cuales no fueron reemplazados por nuevas plantaciones. El proceso de*

erosión de suelos afecta esencialmente las zonas de montañas y colinas circundantes de los municipios, en donde la pendiente juega un papel importante, pues facilita que el suelo migre a favor de la pendiente.

- *Socavación lateral de orillas: Se presenta por acción de ríos y quebradas, que actúan sobre los taludes de sus márgenes, desprovistos de cobertura vegetal y de composición arenosa, que los hace fácilmente erosionables.*

Geología Costera. *De los 125 municipios que existen en el Departamento de Antioquia, solo cuatro son costeros y tres de estos se encuentran en la Zona Norte de Urabá: Arboletes, Necoclí y San Juan de Urabá. Por su importancia, en este aparte se presenta de una manera rápida la geomorfología costera en cuanto a las formas, procesos y evolución de los fenómenos geológicos, que actúan a lo largo de la línea de costa.*

- *El rasgo más frecuente es una terraza marina, con topografía plana, que llega a tener 6 km de ancho y hasta 36 m de altura, asociada con otras geoformas levantadas, escarpes y acantilados, pináculos, barras de playa y depósitos lagunares.*

- *La terraza está cubierta en la mayor parte de su extensión por un depósito reciente de 0.5 - 3 m de espesor con conchas y en ocasiones con corales. Cerca de la desembocadura de los ríos y otras corrientes de agua dulce, la terraza marina está separada de las terrazas aluviales por una barra de playa levantada.*
- *La costa tiene que ser vista como el escenario y el resultado de un proceso de disipación de energía donde interactúan agentes hidrodinámicos y morfológicos como vientos, olas, corrientes, mareas, sedimentos, geometría en planta y perfil de la costa y otros fenómenos en la zona litoral.*
- *Las olas actúan sobre la playa modificando tanto su forma en planta como su perfil y a su vez, la forma del perfil y las características del material de la playa modifican las características del oleaje incidente.*
- *La playa es una zona de dominio público definida como la zona comprendida entre la línea de marea baja normal y el límite tierra adentro a partir del cual no hay acción efectiva de las olas.*
- *Las dinámicas actuantes en las costas son básicamente las corrientes, el oleaje y las variaciones del nivel medio*

del mar debidas a mareas, tsunamis, mares de leva y al mismo oleaje.

- *Los procesos asociados son debidos al transporte de sedimentos en sentido transversal, desde y hacia el mar ya lo largo de la playa, que se resumen en procesos de erosión, cuando se pierde terreno, y acreción, cuando se gana terreno o hay sedimentación.*

La acreción puede ser natural, debido a las dinámicas actuantes, o artificial, debido a la construcción de obras que interfieren con el transporte litoral de sedimentos, como los espolones.

- **POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN**

Los suelos granulares tipo arenas y gravas sin cohesión cuando son sometidos a cargas cíclicas se convierten en materiales potencialmente peligrosos cuando están saturados. Las cargas cíclicas que se generan por ejemplo en los sismos, vibraciones crean un exceso de presión de poros que reduce la resistencia al corte en este tipo de suelos. La pérdida de resistencia es mayor en los suelos arenosos y gravosos sin cohesión si la condición de compacidad in-situ es suelta y adicionalmente si son materiales limpios es decir sin contenido de finos. Las cimentaciones superficiales en suelos sin cohesión y saturados pero que presentan in-situ una compacidad de media a densa tienen un buen comportamiento durante los sismos.

Las cargas cíclicas son ondas de choque generadas por terremotos, vibraciones y explosiones o rápidas fluctuaciones de la tabla de agua pueden producir una condición de licuefacción o licuación.

Las arenas y gravas sin cohesión son materiales muy difíciles de muestrear y en caso de que se obtengan las muestras son

muy alteradas, es decir no son representativas de la condición como se encuentran in-situ. El muestreo de estos materiales requiere de técnicas muy sofisticadas y especializadas que no son viables en los trabajos geotécnicos rutinarios. Debido a lo anterior los ensayos directos de licuefacción no se realizan por lo general en estudios geotécnicos normales. Para valorar el potencial de licuefacción de los suelos, a nivel mundial se han realizado numerosos estudios para establecer correlaciones prácticas y efectivas que pueden mediar el potencial de licuación de manera indirecta y en condiciones como se encuentran los suelos in-situ. La forma más empleada para medir el potencial de licuación es medir el grado de compacidad relativa in-situ de los suelos. Para obtener esta densidad relativa se emplea el Ensayo de Penetración Standard (SPT).

Terzaghi y Peck (1967) propusieron la siguiente relación entre la densidad relativa D_r y el número N de golpes en el Ensayo de Penetración Standard (STP) que ha sido acogida en muchos tratados tradicionales de ingeniería de fundaciones y en algunos códigos. Su utilidad actual es de servir como guía para formarse un concepto sobre la compacidad

natural in-situ de los depósitos de arenas y gravas sin cohesión.

No de golpes	Densidad Relativa
0-4	Muy suelta
4-10	Suelta
10-30	Media
30-50	Densa
Mayor que 50	Muy densa

En la siguiente tabla extraída del Geotechnical Engineering Soil Mechanics de John Cernica (pag 100) se presenta una correlación muy usada para establecer la Clasificación de la Compacidad de acuerdo a la Densidad Relativa de Suelos Granulares.

Compacidad	Densidad Relativa Dr (%)
Muy suelta	0- 15
Suelta	15-35
Densa Media	35-70
Densa	70-85
Muy densa	85-100

A continuación se presenta una Relación Aproximada entre la Magnitud del Sismo, la Densidad Relativa y Potencial de

*Licuefacción para tablas de agua por deja de 1.5 m
(Tomado de Seed y Idriss).*

Aceleración del Sismo	Alta Probabilidad de Licuefacción	Potencial de licuación Depende del tipo de Suelo y la Aceleración del Sismo.	Baja Probabilidad de Licuefacción.
0.10 g	Dr < 33 %	33 < Dr < 54	Dr > 54 %
0.15 g	Dr < 48 %	48 < Dr < 73	Dr > 73 %
0.20 g	Dr < 60 %	60 < Dr < 85	Dr > 85 %
0.25 g	Dr < 70 %	70 < Dr < 92	Dr > 92 %

Se hace énfasis en el hecho de que estudios realizados para evaluar el potencial de licuefacción mediante el ensayo de SPT, realizados por ejemplo por Bolton, Takimatsu, et al, indican que áreas con algún contenido de finos son más resistentes a la licuefacción que las arenas limpias teniendo el mismo valor de golpes en el Ensayo de Penetración Standard (SPT).

Como conclusión de lo anterior para tener un potencial de licuefacción no critico en los suelos granulares, el numero de golpes por pie debe ser superior a 10 golpes en el Ensayo de

Penetración Standard (SPT) para que se obtengan densidades relativas en el suelo del orden 35 % a 70 % y que suelo contenga un porcentaje de material fino (pasa tamiz No 200) superior al 10%.

Los suelos arenosos y granulares presentan un potencial de licuefacción alto si presentan las siguientes características:

- 1. Los suelos presenten una compacidad suelta, es decir que presenten un N por debajo de 10 golpes por pie en el ensayo de SPT.*
- 2. Los suelos se encuentran saturados.*
- 3. El nivel freático se encuentre muy superficial.*
- 4. Los suelos granulares sean materiales limpios es decir sin contenido de finos.*
- 5. se encuentren en un área de riesgo sísmico medio a alto.*

Por las anteriores conclusiones se establece que el suelo encontrado tiene un potencial de licuefacción nulo.

ANALISIS POTENCIAL DE LICUEFACCION

NOMBRE PROYECTO	TORRE AMPLIACION TDT
UBICACIÓN	NECOCLÍ - ANTIOQUIA
ESTRATO DE SUELO	ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS

A continuacion se presenta el analisis y determinacion del potencial de licuacion para el proyecto
TORRE AMPLIACION TDT ubicado en la NECOCLÍ - ANTIOQUIA

NUMERO DE GOLPES	22	La densidad relativa se encuentra entre el 35 % y el 70 %
DENSIDAD RELATIVA	MEDIA	
COMPACIDAD	MEDIA	
PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ 200		Superior al 10 % de la muestra

CONDICION DE NIVEL FREATICO	BAJO
ACELERACION DEL SISMO	0.15

Dedibo a las condiciones presentadas por los suelos durante la toma de muestras in-situ y en el laboratorio, se determina que su potencial de licuacion es bajo, el cual se determino por la relacion del numero de golpes del ensayo SPT y el contenido de finos de las muestras obtenidas durante los ensayos de laboratorio, por lo tanto no se requieren medidas especiales para la construccion de este proyecto en su cimentacion.

LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe, están basadas en los resultados de la investigación del subsuelo y en las características arquitectónicas y estructurales del proyecto. Si durante el diseño o construcción, se encuentran condiciones del subsuelo diferentes a las consideradas en el presente estudio, o se introducen cambios arquitectónicos o estructurales al proyecto que afecten el sistema de cimentación, se deberá informar al Ingeniero de Suelos para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias.

Atentamente,

JOHN ALEXANDER ECHEVERRI S.

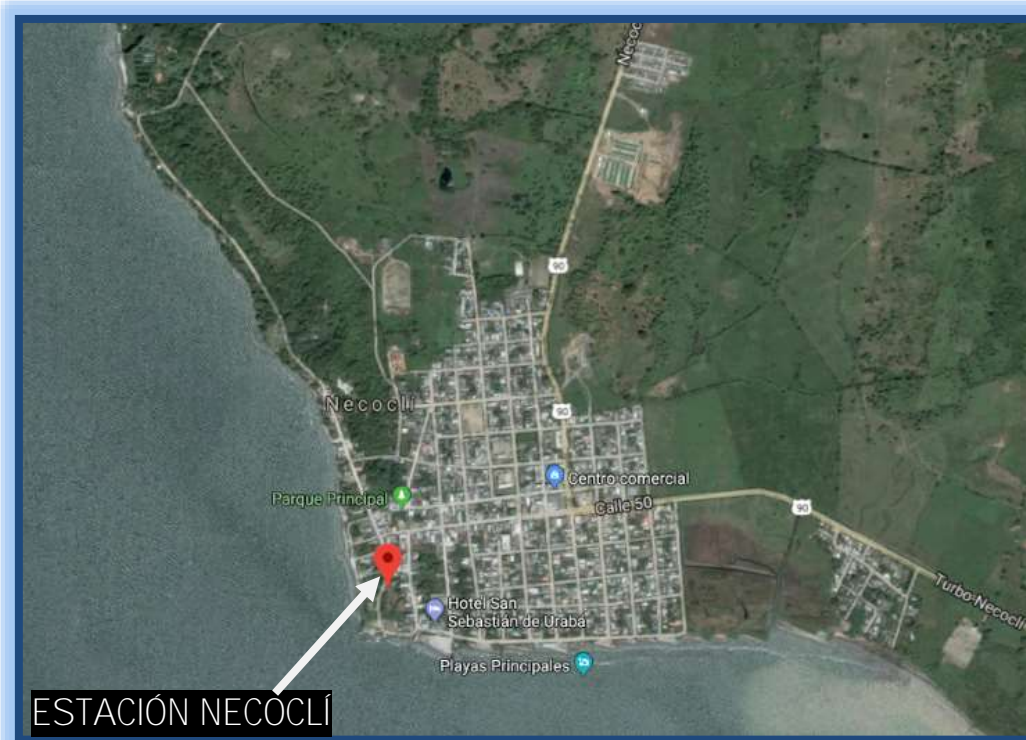
Ingeniero Civil Mat. 25202-69983 CND.

LOCALIZACION REGIONAL Y ZONAL

LOCALIZACION REGIONAL

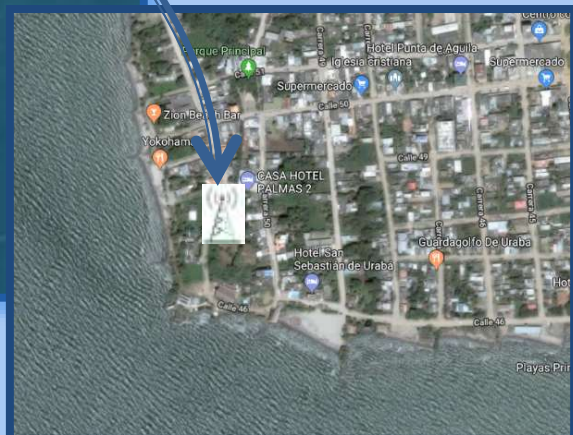


LOCALIZACION ZONAL



ESTACIÓN NECOCLÍ

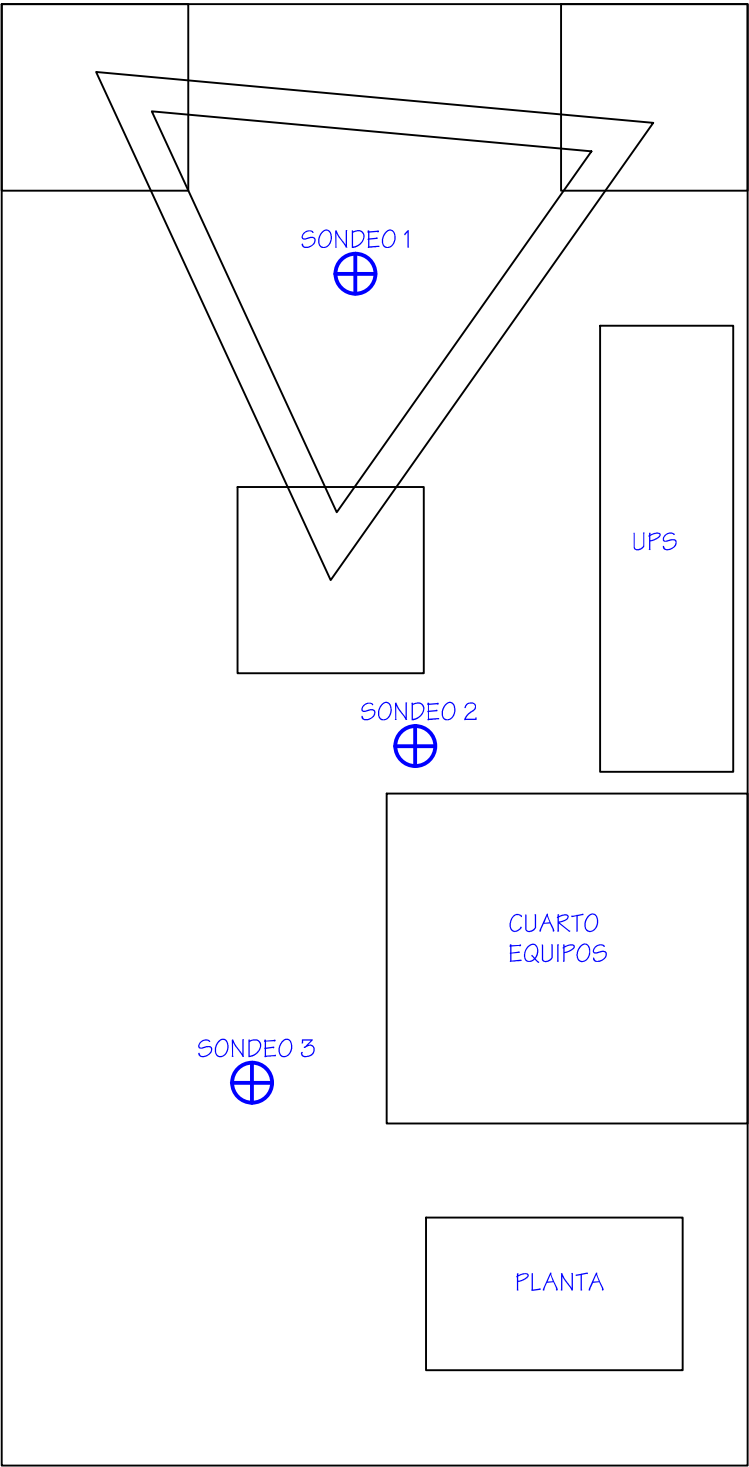
8°25'20.0"N 76°47'13.9"W



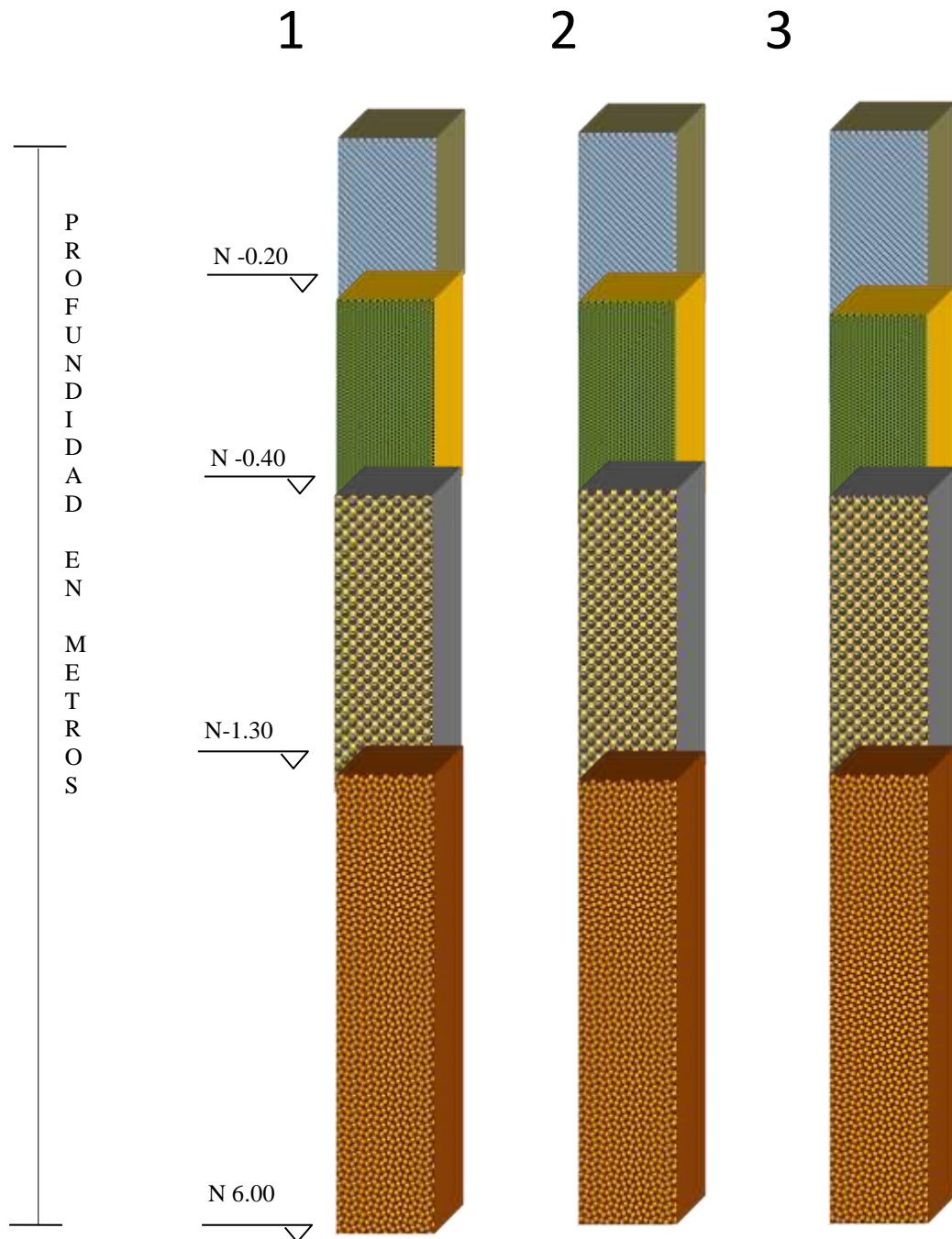
LOCALIZACION GEOREFERENCIADA

LOCALIZACION DE SONDEOS

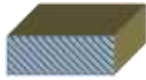
ESQUEMA DE SONDEOS



PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CONVENCIONES



RELLENOS HERTEROGENEOS.



CAPA VEGETAL.



ARENA ARCILLOSA CAFÉ.



ARENA CAFÉ CON PRESECIA DE GRAVA

CLIENTE				PROYECTO				TORRE AMPLIACION IDT							
LOCALIZACION				FECHA				jun-18							
SONDEO 1				8°25'20.00"N 76°47'13.09"W											
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION							PENETROMETRO DE BOLSILLO		
				TIPO		Wn	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL	
		0.00-0.20m	RELLENOS HETEROGENEOS												
		0.20-0.40m	CAPA VEGETAL												
		0.40-1.20m	ARENA ARCILLOSA CAFÉ	SS 6" 6" 6"	9 5 5 4								1.52	1.55	
1m															
		1.20-6.00m	ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS	SS 6" 6" 6"	22 11 12 10								1.56	1.54	
2m															
				SS 6" 6" 6"	23 10 13 11								1.55	1.52	
3m															
				SS 6" 6" 6"	22 9 13 11								1.50	1.54	
4m															
5m															
6m															

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m^3)
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	NUMERO DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

CLIENTE			PROYECTO			TORRE AMPLIACION TDT								
LOCALIZACION			NECOCLÍ, ANTIOQUIA			FECHA			jun-18					
SONDEO 2			8°25'20.00"N 76°47'13.09"W											
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION						PENETROMETRO DE BOLSILLO		
				TIPO		Wn	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL
		0.00-0.20m	RELLENOS HETEROGENEOS											
		0.20-0.40m	CAPA VEGETAL											
		0.40-1.30m	ARENA ARCILLOSA CAFÉ	SS 6" 6" 6"	8 4 4 4								1.53	1.52
1m														
							</							

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (ton/m ³)
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	NUMERO DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

CLIENTE			PROYECTO			TORRE AMPLIACION TDT								
LOCALIZACION			NECOCLÍ, ANTIOQUIA			FECHA			jun-18					
SONDEO 3			8°25'20.00"N 76°47'13.09"W											
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION							PENETROMETRO DE BOLSILLO	
				TIPO		Wn	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL
		0.00-0.20m	RELLENOS HETEROGENEOS											
		0.20-0.40m	CAPA VEGETAL											
		0.40-1.30m	ARENA ARCILLOSA CAFÉ	SS 6" 6" 6"	10 5 4 6								1.53	1.52
1m														
2m														
3m														
4m														
5m														
6m														

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (ton/m ³)
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	NUMERO DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

MEMORIA DE CALCULOS

CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga será según TERZAGHI:

$$q_d = \left[\gamma \frac{N_\gamma}{2} + \gamma (N_q - 1) \frac{D_f}{B} \right] * B$$

q_d : Capacidad de carga

N_q, N_γ : Factores de

Capacidad de carga de

$$\phi = 34^\circ; N_q = 30; N_\gamma = 31.5$$

Terzaghi en función de ϕ

ϕ = ángulo de fricción interna

Del suelo

q_u : Resistencia a la

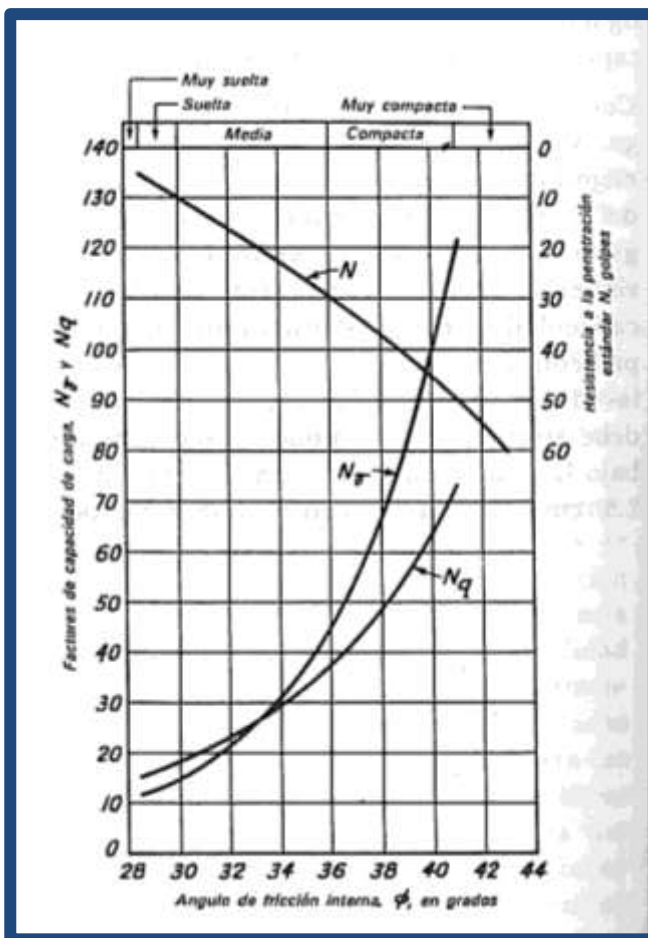
Compresión inconfiada del
Suelo

q : Sobrecarga

γ : Peso unitario del suelo

De cimentación

B : Base del cimiento



PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

La profundidad de cimentación existente es de -1.35 metros del nivel actual o sea en la capa de Roca de lutita de 2" en matriz de limo amarillo:

$$q_d = \left[\gamma \frac{N_\gamma}{2} + \gamma^*(N_q - 1) \frac{D_f}{B} \right] * B$$

$$q_d = 1451.52 \text{ KN} / \text{m}^2$$

PRESIÓN ADMISIBLE

La presión admisible del suelo (q_a), será de:

$$q_a = q_d / FS$$

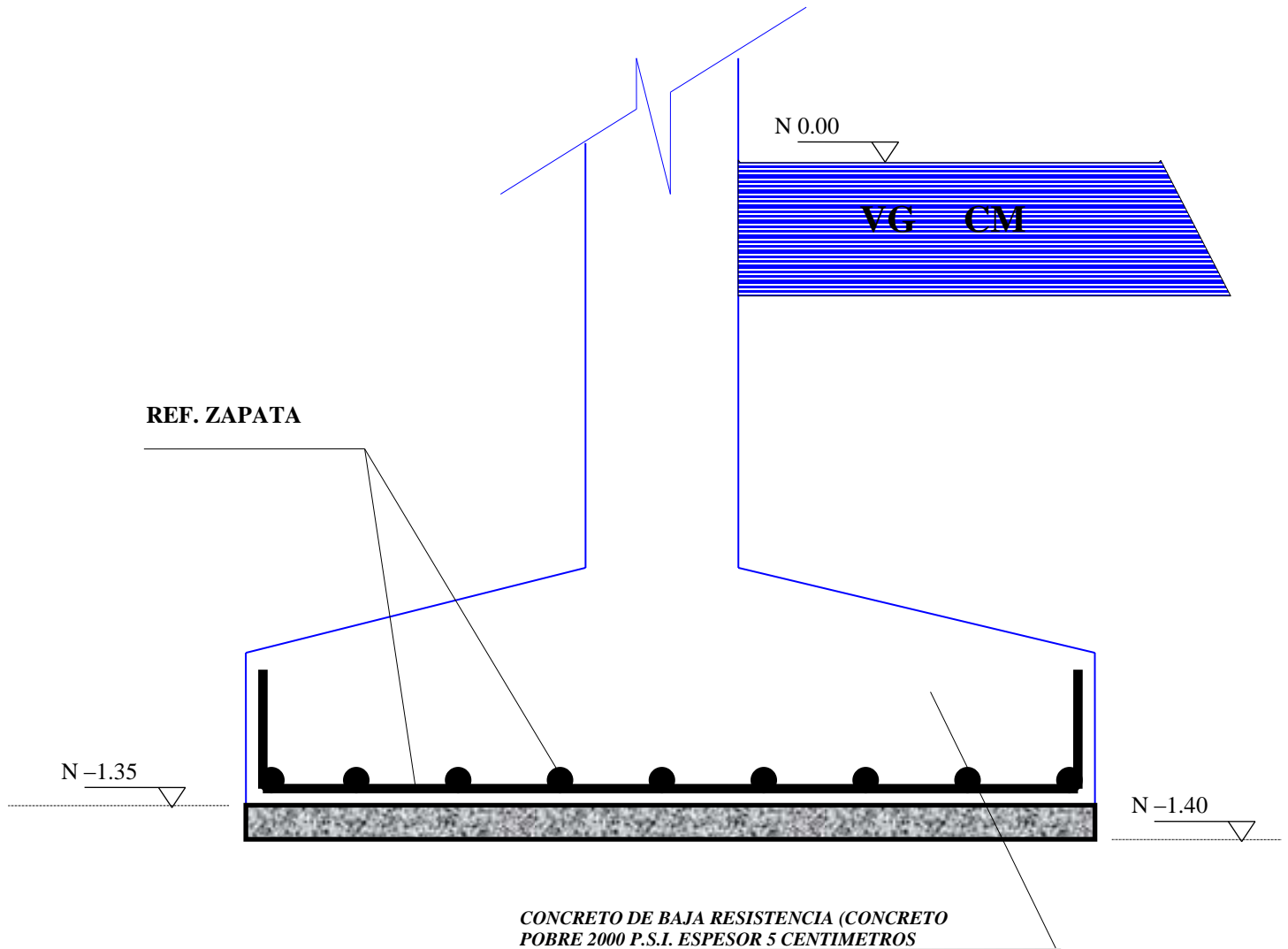
q_a : Capacidad portante admisible

$$q_a = 1451.52 / 3$$

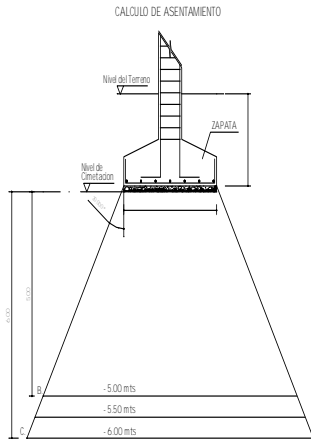
FS: Factor de seguridad = (3)

$$q_a = 483.52 \text{ KN} / \text{m}^2$$

DETALLE CIMENTACION



CALCULO DE ASENTAMIENTOS



DATOS INICIALES

PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	1.35 m
CAPACIDAD DE CARGA	48.35 T/m ²
CARGA MAXIMA ESPERADA	23.00 T
PESO PROPIO CIMIENTO	2.30 T
CARGA TOTAL	25.30 T
AREA NECESARIA ZAPATA	0.52 m ²
ZAPATA MAXIMA	2x2 B= 2.00 L= 2.00
PESO UNITARIO DEL SUELO	1.68 T/m ²
MODULO ELASTICIDAD DEL SUELO	58.06 Kg/cm ²
ESFUERZO NETO	5.75 T/m ²
RELACION DE POISSON SUELO	0.27
Cs = factor de forma y rigidez en suelo cohesivos	

CALCULO DE ESFUERZO INICIAL ϑ^0 Y $\Delta\vartheta$

ÁREA EN LE PUNTO B	38.62 m ²
ÁREA EN LE PUNTO C	54.31 m ²
ESFUERZO EN EL PUNTO B POR W DEL SUELO	3.40 T/m ²
ESFUERZO EN EL PUNTO C POR W DEL SUELO	4.08 T/m ²
ESFUERZO EN EL PUNTO B POR CARGAS	0.66 T/m ²
ESFUERZO EN EL PUNTO C POR CARGAS	0.47 T/m ²
DIFERENCIA DE LOS ESFUERZOS	0.19 T/m ²
PROMEDIO DE LOS ESFUERZOS	0.56 T/m ²
CARGA EN EL PUNTO B POR W DE TIERRA	131.31 T
CARGA EN EL PUNTO C POR W DE TIERRA	184.65 T
CARGA TOTAL EN EL PUNTO B	156.61 T
CARGA TOTAL EN EL PUNTO C	209.95 T
ESFUERZO TOTAL EN EL PUNTO B	4.06 T/m ²
ESFUERZO TOTAL EN EL PUNTO C	3.87 T/m ²
ESFUERZO PROMEDIO	3.96 T/m ²

$$\vartheta^0 = 4.06 \text{ T/m}^2$$

$$\Delta\vartheta = 3.96 \text{ T/m}^2$$

CALCULO DE ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACION

$$\begin{aligned} \vartheta^0 &= 4.06 \text{ T/m}^2 \\ \Delta\vartheta &= 3.96 \text{ T/m}^2 \\ e_o &= 0.93 \\ C_c &= 0.024 \\ H_o &= 5.5 \text{ m} \\ \text{Log } ((\vartheta^0 + \Delta\vartheta)/\vartheta^0) &= 0.29593 \\ \Delta H &= H_o \times C_c / (1 + e_o) \times (\text{Log } ((\vartheta^0 + \Delta\vartheta)/\vartheta^0)) \\ \Delta H &= 0.02024007 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACION} = 2.02 \text{ cm}$$

CALCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO

$$\begin{aligned} C_s &= 0.15 \\ W_p &= 2.30 \text{ T} \\ B &= 200.00 \text{ cm} \\ S' &= C_s \times Q \times B \times (1 - u^2) / E_u \\ S' &= 0.28 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{ASENTAMIENTO INMEDIATO} = 0.28 \text{ cm}$$

$$\text{ASENTAMIENTO TOTAL} = 2.30 \text{ cm}$$

RESULTADOS DE LABORATORIO

GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
DESCRIPCION ARENA ARCILLOSA CAFÉ PROFUNDIDAD : 0.60 m - 1.05 m
FECHA jun-18

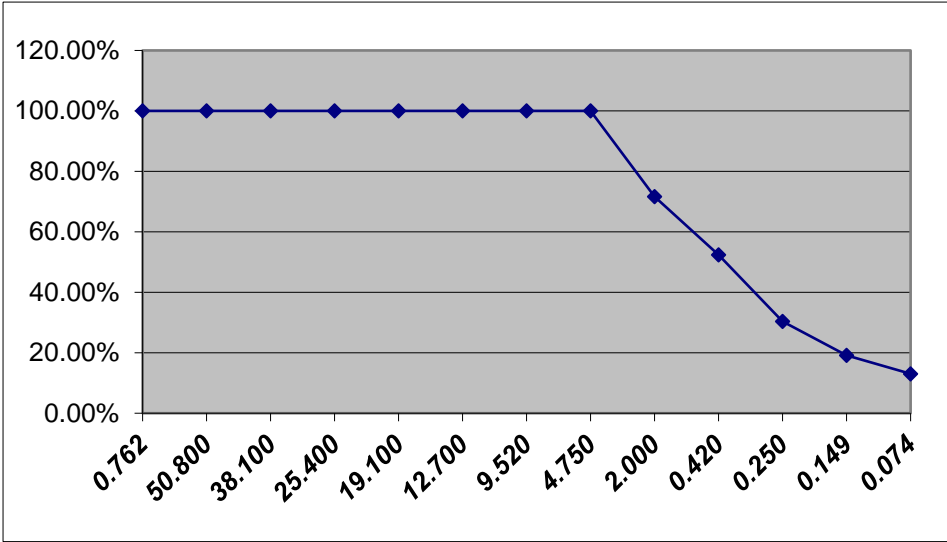
GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	49.340	49.34	28.36%	100.00%
N 10	33.450	33.45	19.22%	71.64%
N 40	38.430	38.43	22.09%	52.42%
N 80	19.430	19.43	11.17%	30.33%
N 100	10.660	10.66	6.13%	19.17%
N 200	12.210	12.21	7.02%	13.04%
FONDO	10.480			6.02%

PESO DE LA MUESTRA

174 gr

RESUMEN
GRAVA 0.00%
ARENA 69.67%
FINOS 30.33%

SUMATORIA 174.000 93.98%



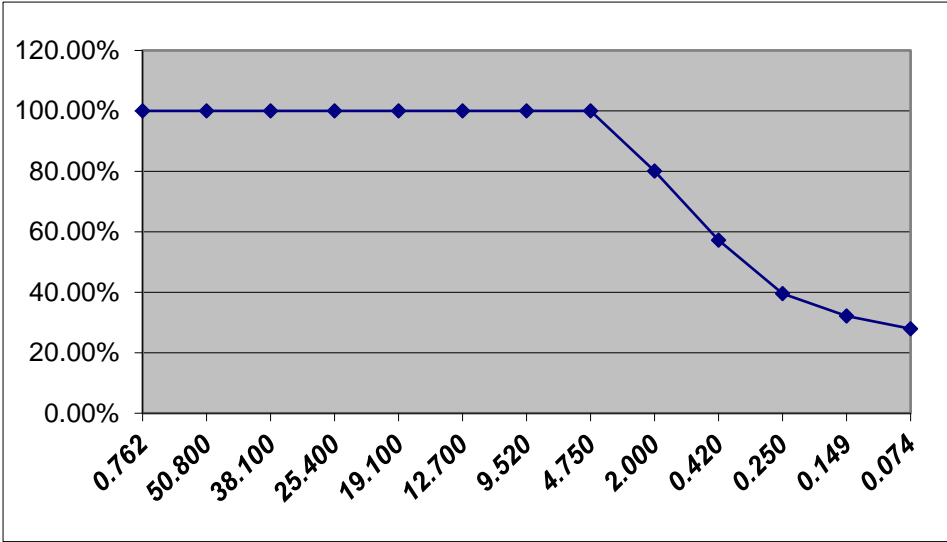
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA ARCILLOSA CAFÉ PROFUNDIDAD : 0.70 m - 1.15 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	34.980	34.98	19.88%	100.00%
N 10	40.230	40.23	22.86%	80.13%
N 40	31.190	31.19	17.72%	57.27%
N 80	12.980	12.98	7.38%	39.55%
N 100	7.430	7.43	4.22%	32.17%
N 200	10.400	10.40	5.91%	27.95%
FONDO	38.790			22.04%

PESO DE LA MUESTRA
 176 gr
RESUMEN
 GRAVA 0.00%
 ARENA 60.45%
 FINOS 39.55%

SUMATORIA 176.000 77.96%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
DESCRIPCION ARENA ARCILLOSA CAFÉ PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.25 m
FECHA jun-18

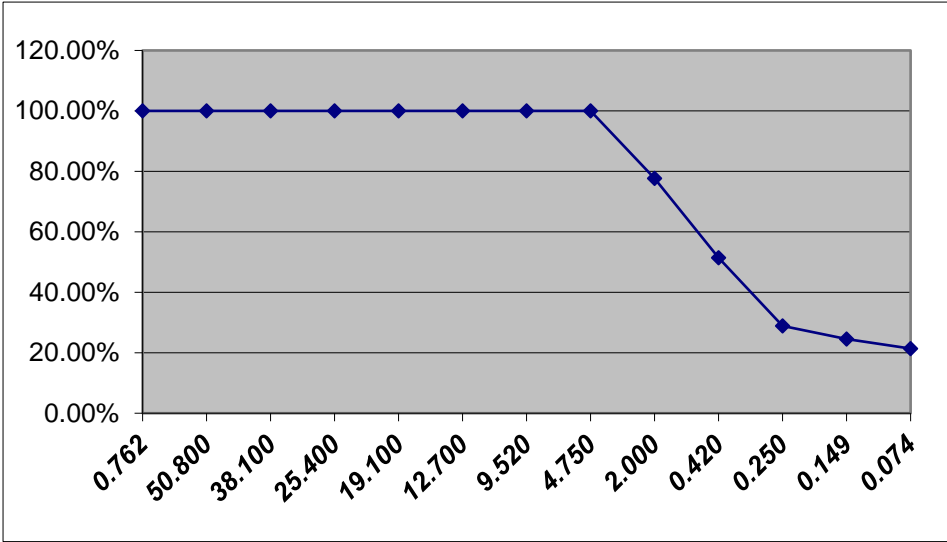
GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	39.550	39.55	22.34%	100.00%
N 10	46.450	46.45	26.24%	77.66%
N 40	39.940	39.94	22.56%	51.41%
N 80	7.670	7.67	4.33%	28.85%
N 100	5.540	5.54	3.13%	24.51%
N 200	3.440	3.44	1.94%	21.38%
FONDO	34.410			19.44%

PESO DE LA MUESTRA

177 gr

RESUMEN
GRAVA 0.00%
ARENA 71.15%
FINOS 28.85%

SUMATORIA 177.000 80.56%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 1.90 m - 2.35 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	38.870	38.87	22.60%	100.00%
N 10	30.020	30.02	17.45%	77.40%
N 40	28.780	28.78	16.73%	59.95%
N 80	17.320	17.32	10.07%	43.22%
N 100	13.220	13.22	7.69%	33.15%
N 200	14.300	14.30	8.31%	25.46%
FONDO	29.490			17.15%

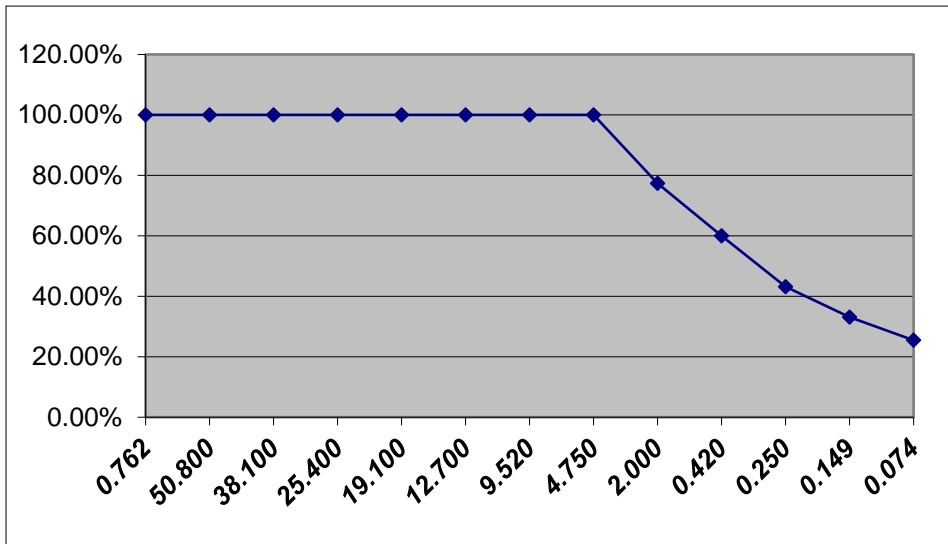
PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 56.78%
 FINOS 43.22%

SUMATORIA 172.000 82.85%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 2.90 m - 3.35 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	35.450	35.45	20.61%	100.00%
N 10	38.190	38.19	22.20%	79.39%
N 40	33.460	33.46	19.45%	57.19%
N 80	9.440	9.44	5.49%	37.73%
N 100	10.020	10.02	5.83%	32.24%
N 200	7.400	7.40	4.30%	26.42%
FONDO	38.040			22.12%

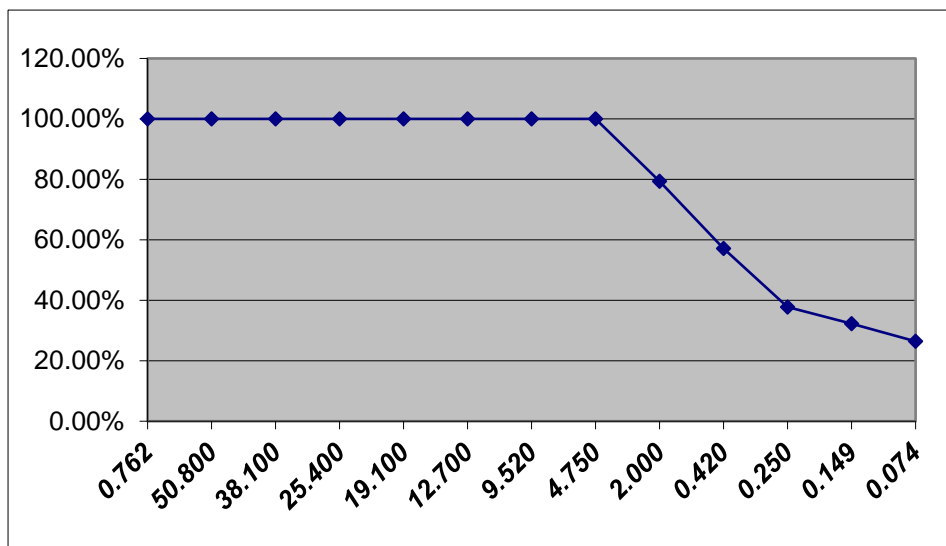
PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 62.27%
 FINOS 37.73%

SUMATORIA 172.000 77.88%



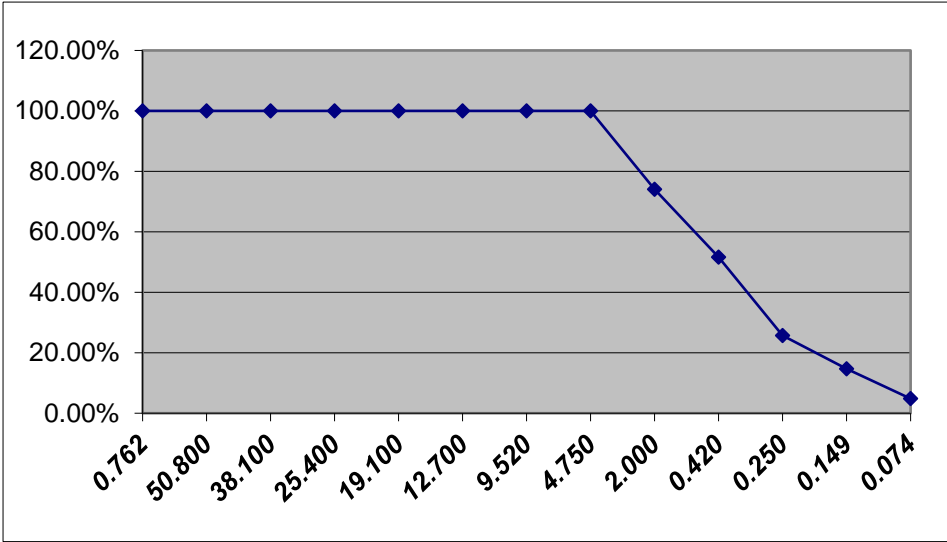
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 3.80 m - 4.25 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	43.340	43.34	25.95%	100.00%
N 10	37.430	37.43	22.41%	74.05%
N 40	43.290	43.29	25.92%	51.63%
N 80	18.340	18.34	10.98%	25.71%
N 100	16.550	16.55	9.91%	14.73%
N 200	6.430	6.43	3.85%	4.82%
FONDO	1.620			0.97%

PESO DE LA MUESTRA
 167 gr
RESUMEN
 GRAVA 0.00%
 ARENA 74.29%
 FINOS 25.71%

SUMATORIA 167.000 99.03%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 3.80 m - 4.25 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	38.870	38.87	22.73%	100.00%
N 10	30.020	30.02	17.56%	77.27%
N 40	28.780	28.78	16.83%	59.71%
N 80	17.320	17.32	10.13%	42.88%
N 100	13.220	13.22	7.73%	32.75%
N 200	14.300	14.30	8.36%	25.02%
FONDO	28.490			16.66%

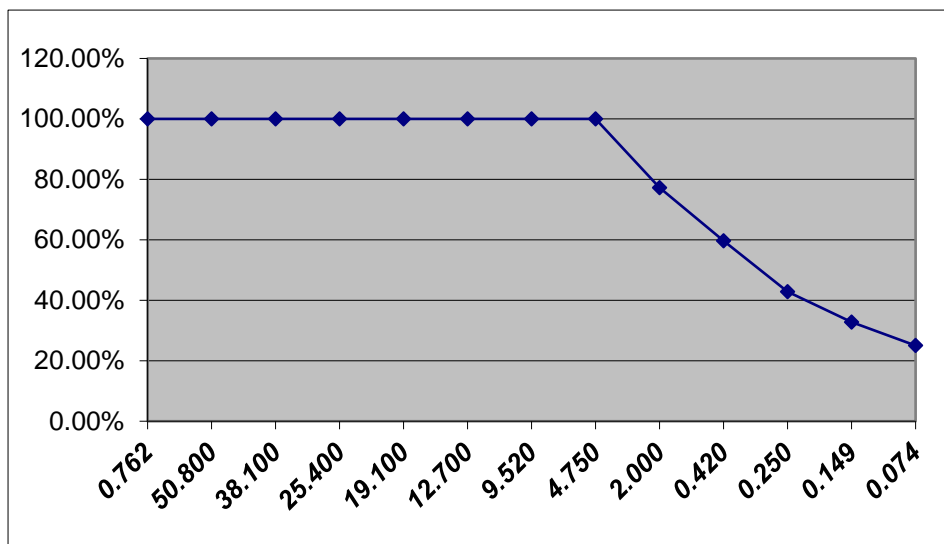
PESO DE LA MUESTRA

171 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 57.12%
 FINOS 42.88%

SUMATORIA 171.000 83.34%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m
FECHA jun-18

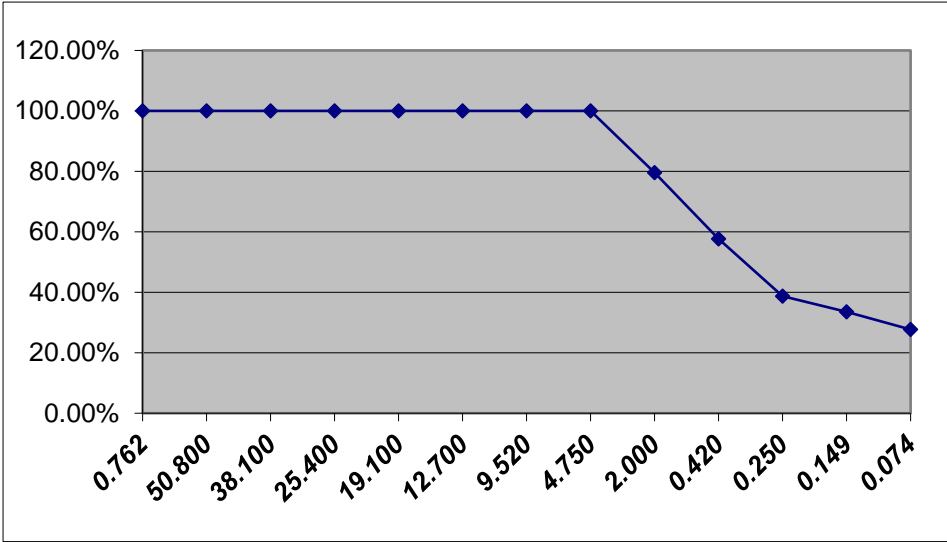
GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	35.114	35.11	20.42%	100.00%
N 10	37.692	37.69	21.91%	79.58%
N 40	32.633	32.63	18.97%	57.67%
N 80	8.931	8.93	5.19%	38.70%
N 100	10.001	10.00	5.81%	33.51%
N 200	9.561	9.56	5.56%	27.69%
FONDO	38.068			22.13%

PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN
GRAVA 0.00%
ARENA 61.30%
FINOS 38.70%

SUMATORIA 172.000 77.87%



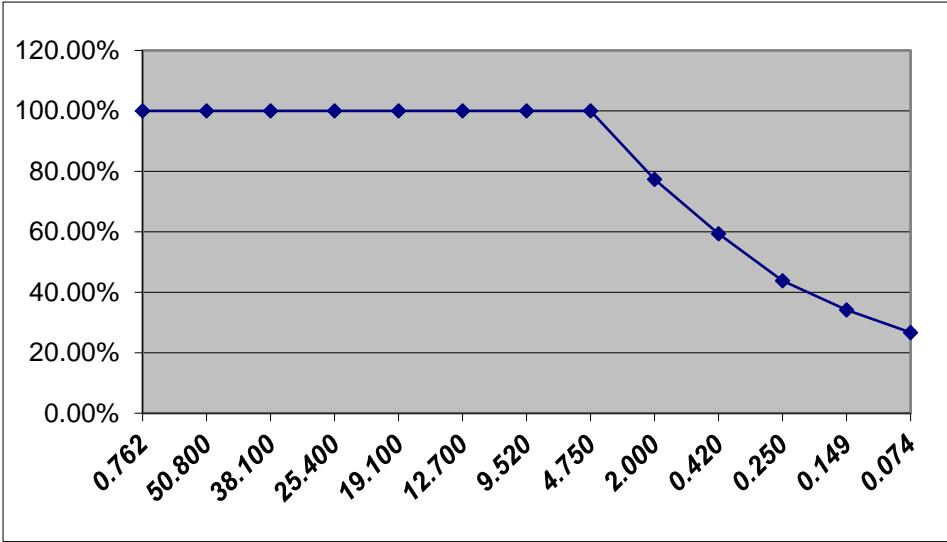
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	39.361	39.36	22.62%	100.00%
N 10	31.300	31.30	17.99%	77.38%
N 40	27.124	27.12	15.59%	59.39%
N 80	16.775	16.78	9.64%	43.80%
N 100	12.971	12.97	7.45%	34.16%
N 200	14.214	14.21	8.17%	26.71%
FONDO	32.255			18.54%

PESO DE LA MUESTRA
 174 gr
 RESUMEN
 GRAVA 0.00%
 ARENA 56.20%
 FINOS 43.80%

SUMATORIA 174.000 81.46%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
 SITIO NECOCLÍ, ANTIOQUIA CIUDAD : NECOCLÍ, 8°25'18.90"N 76°46'24.00"W
 DESCRIPCION ARENA CAFÉ PRESENCIA DE GRAVAS PROFUNDIDAD : 5.40 m - 5.85 m
 FECHA jun-18

GRADACION				
TAMIZ	Wretenido	Wretenido corregido	%retenido	%pasa
3"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1 1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/4"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
1/2"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	0.000	0.00	0.00%	100.00%
N 4	34.521	34.52	19.73%	100.00%
N 10	37.360	37.36	21.35%	80.27%
N 40	32.258	32.26	18.43%	58.93%
N 80	9.369	9.37	5.35%	40.49%
N 100	10.397	10.40	5.94%	35.14%
N 200	6.571	6.57	3.75%	29.20%
FONDO	44.524			25.44%

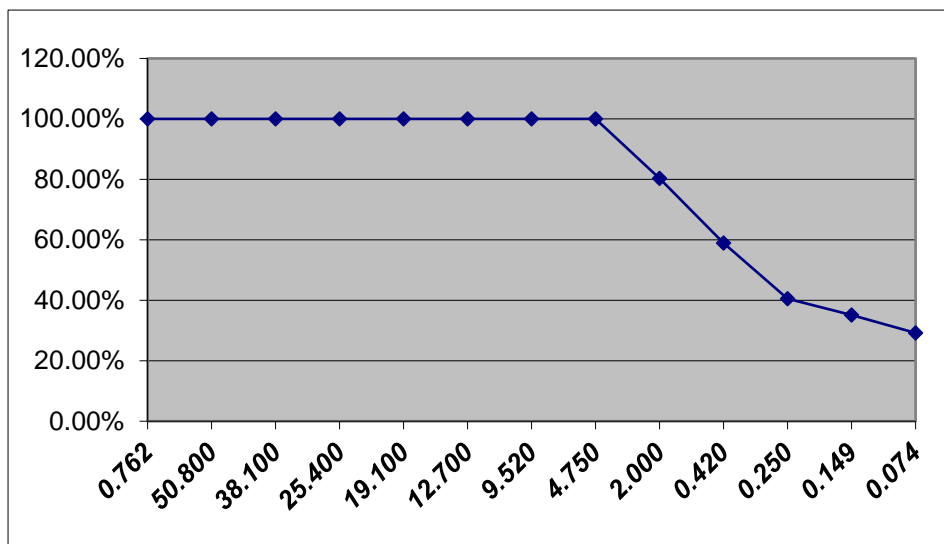
PESO DE LA MUESTRA

175 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 59.51%
 FINOS 40.49%

SUMATORIA 175.000 74.56%



INFORME FOTOGRAFICO

ESTACIÓN



SONDEOS







