

EXPLORACION GEOTECNICA PARA EL DISEÑO DE
CIMENTACIONES DE TORRES PARA COMUNICACIONES
7°53'24.7" NORTE, 75° 39'43"OESTE
PUERTO LIBERTADOR, CORDOBA

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**

**7°53'24.7" NORTE, 75° 39'43" OESTE
PUERTO LIBERTADOR, CORDOBA**

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 Puerto Libertador - Cordoba, ubicado en el casco urbano en el barrio La Granja en coordenadas 7°53'24.7" norte, 75°39'43'' oeste.

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 210 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

- Límite líquido*
- Límite plástico*
- Granulometría*

IN SITUÓ

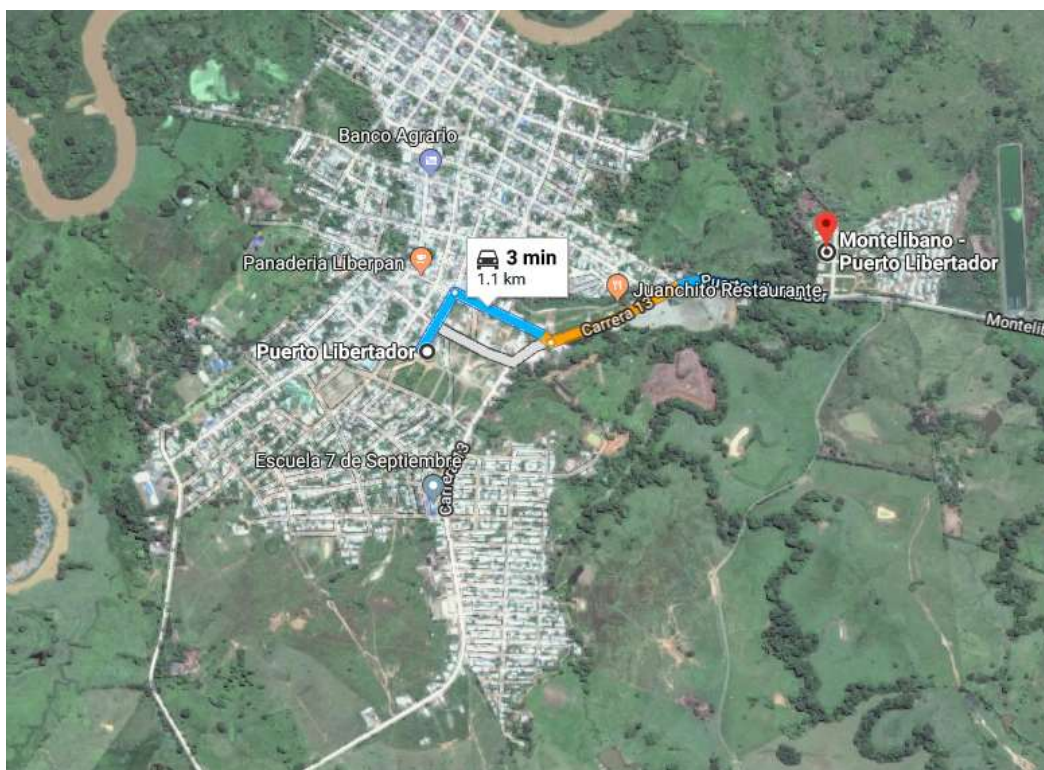
- Humedad*
- natural*
- Pesos*
- unitarios*

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Exploración geotécnica para el diseño 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 Puerto Libertador-Córdoba, localizada en el casco urbano del municipio en el barrio La Granja en las siguientes coordenadas:

7°53'24.7" Norte, 75° 39'43'' Oeste.



Ubicación del proyecto

4.2 INFORMACION GENERAL DEL MUNICIPIO

El municipio de Puerto Libertador se encuentra ubicado al sur del departamento de Córdoba, limita al norte con el municipio de Montelíbano, al sur con el Departamento de Antioquia y al este sobre las Quebradas Cristalina, San Antonio, y Uré, con el municipio de Montelíbano.



La cabecera Municipal se encuentra a 60 metros sobre el nivel del mar, su temperatura media es de 27°C. Sobre el área del municipio pasan los ríos San Pedro y San Jorge, así como otra cantidad de quebradas menos relevantes.

El Municipio está ubicado dentro de la Cuenca alta del Río San Jorge, a la que confluyen tres microcuencas importantes la del Río San Pedro, la del Río San Juan y la del Río Uré.

Puerto Libertador dista de Montería, la capital del departamento, unos 168 kilómetros; posee un sistema Vial que conduce a Montelibano, Montería, Cerete y Medellín. no posee transporte fluvial ni aeropuerto.

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

El terreno del lote es plano, y se encuentra dentro del casco urbano; ya tiene una construcción.

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 - 1.70m Limo Arcilloso Rojizo
Carmelito.

De 1.70 - 6.00m Arcillolita Abigarrada En
Gravilla De Granos Medios.

El manto de arcilla habana vetas grises, es de baja plasticidad, con limite liquido de 43.6%, el índice de plasticidad es de 21.2. La consistencia evaluada mediante pruebas de compresión inconfiada dieron valores de 1.32 kg./cm², indicando un estrato de consistencia media.

El manto de arcillolita habana vetas grises, se presentó en general como no líquido, no plástico, con valores a la penetración estándar de 36 golpes / pie en la zona superior, en la zona inferior presenta rechazo.

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 1.80 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 de las muestras tomadas con el tubo de pared delgada o tubo Shelby, 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.

El muestreador es un tubo de acero o latón de diámetro exterior variable entre 50.8 y 127.0 mm, de espesor máximo de 1.5mm y longitud entre 80cm y 1m; y poseen un extremo afilado.

En el momento de muestrear, el tubo debe ser hincado en el suelo hasta alcanzar el punto de rechazo o hasta que se encuentre lleno. Una vez que se ha obtenido la muestra, el tubo de pared delgada es desconectado de la cabeza. Este tipo de muestreador se utiliza principalmente en suelos

cohesivos y blandos o semiduros, sin importar que se localicen encima o debajo del nivel freático.

Cuando se trata de investigar suelos profundos se une a barras perforadoras que se ensamblan al tubo Shelby, una vez obtenida se envía al laboratorio para su análisis; algunos estudios realizados pueden ser:

- Estratigrafía del sitio.*
- Análisis del estrato que forma un suelo para su clasificación geotécnica.*
- Resistencia a la permeabilidad, compresibilidad y el esfuerzo de los estratos que forman el suelo.*
- Análisis de la consistencia o capacidad relativa de algún tipo de estrato*

Usando estos resultados, se pueden hacer estimativos de parámetros de resistencia del suelo portante, que, aunque no son rigurosos, son aproximados y útiles.

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 Shelby, así como con barreno, dependiendo del tipo de perfil.

Se emplearon los siguientes parámetros de cálculo:

- Suelo portante de comportamiento principalmente cohesivo.*
- Resistencia del suelo a la compresión inconfiada de 1.36 kg./cm²*
- Peso unitario del suelo 16.8 KN/m³*

Con base en los criterios mencionados, se determina una capacidad portante admisible (qa) de 329 KN/m²; se considera un factor de seguridad de 3 contra falla general.

RESUMEN GENERAL

<i>Profundidad de cimentación</i>	<i>1.80 (m)</i>
<i>Estrato portante</i>	<i>Arcillolita Abigarrada En Gravilla De Granos Medios</i>
<i>Capacidad portante</i>	<i>32.9 (t/m²)</i>
<i>Módulo de reacción K</i>	<i>3946.32 (t/m³)</i>
<i>Angulo de fricción φ</i>	<i>30°</i>
<i>Peso unitario γ</i>	<i>1.68 (gr/cm³)</i>
<i>Coeficiente de presión activa K_a</i>	<i>0.33</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

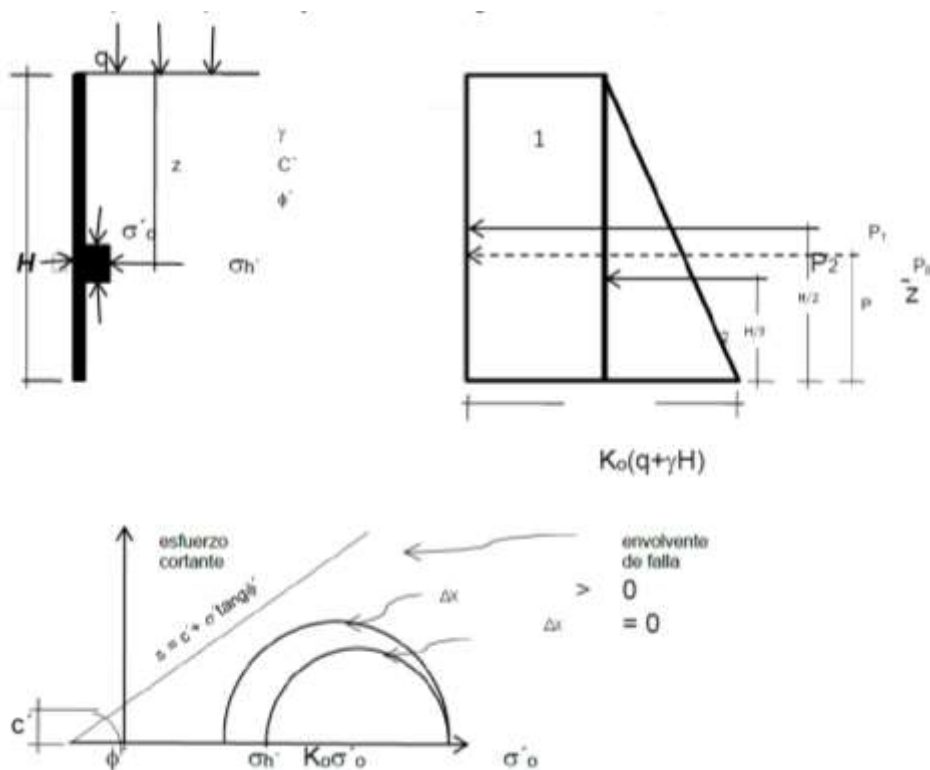
Factores De Seguridad indirectos F_{sicp} Mínimos

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

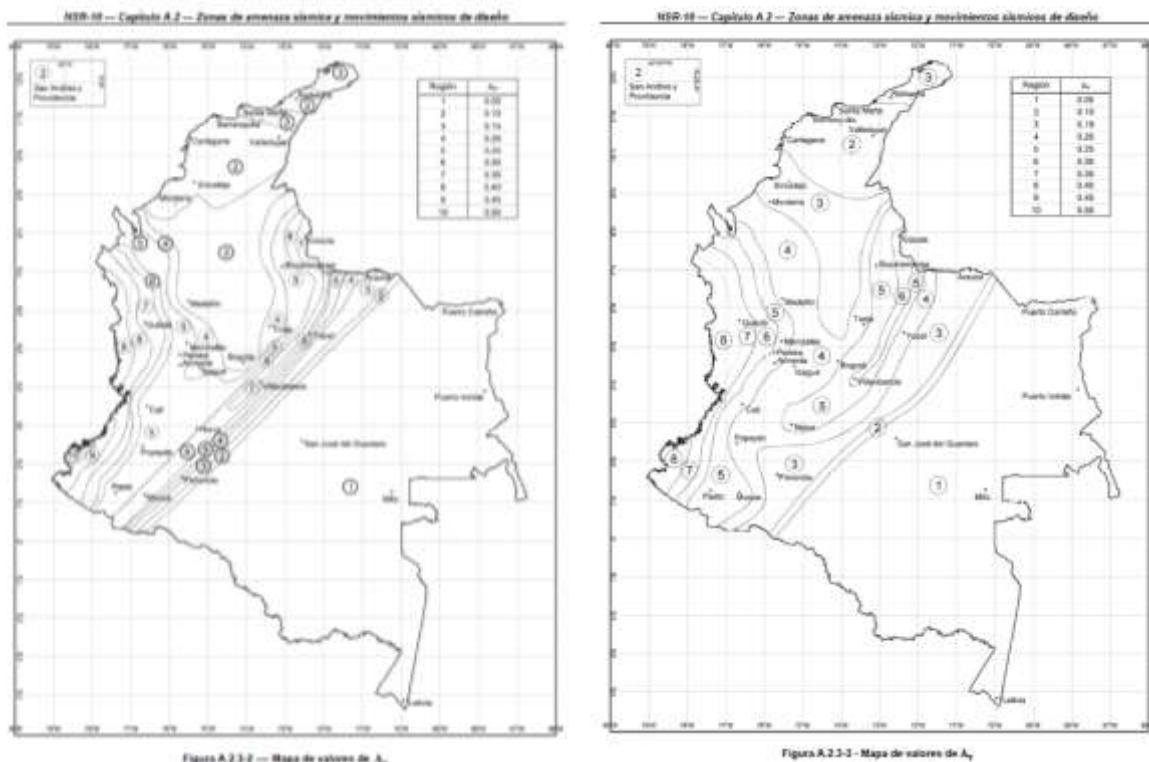
Para la mayoría de los casos un valor de $FS_{shear} = 1.2-1.5$ con respecto a la falla de corte se ajusta con un factor de seguridad de $FS = 2.5-3.0$ con respecto a la capacidad portante neta ultima.

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 Puerto Libertador 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 0.15 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 $F_a = 1.50$, $F_v = 2.00$, $T_c = 0.85$, $T_L = 4.80$ y $T_0 = 0.18$.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la exploración geotécnica llevada a cabo en las coordenadas 7°53'24.7" Norte, 75° 39'43''Oeste, para el diseño de cimentaciones para la torre de comunicaciones ubicada en el municipio de Puerto Libertador, departamento de Córdoba.
- 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 1.70 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 Arcillolita Abigarrada En Gravilla De Granos Medios.

- *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 136 KN/m².*

- *El Municipio de Puerto Libertador se encuentra dentro de un área de riesgo sísmico intermedio; para los parámetros sísmicos el coeficiente de aceleración pico A_a esperado es de 0.15 y $A_v = 0.20$. Teniendo en cuenta los resultados de campo, al sitio le corresponde un perfil de suelo tipo D con coeficientes $F_a = 1.50$, $F_v = 2.00$, $T_c = 0.85$, $T_L = 4.80$ y $T_0 = 0.18$.*
- *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 1.80 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

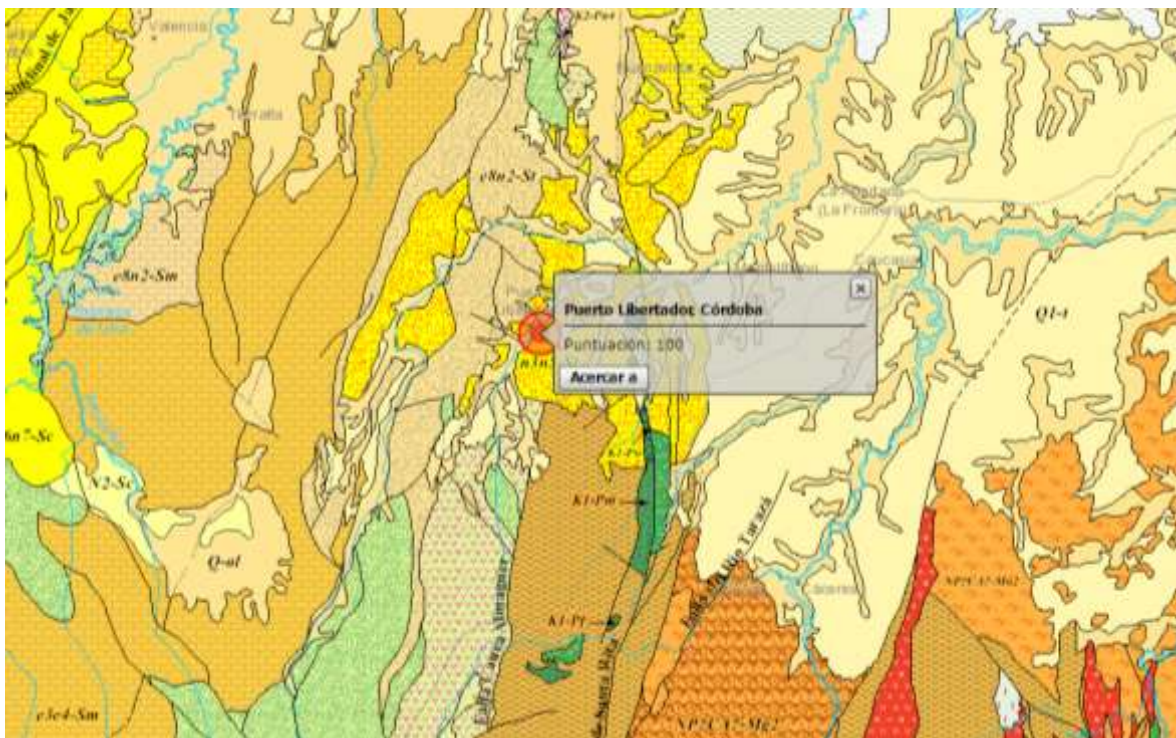
1"	50 - 80
Nº 4	20 - 50
Nº 200	0 - 20

- 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 zona de las Sabanas de Córdoba se localiza en inmediaciones del Bajo Cauca en límites entre los Departamentos de Antioquia, Sucre y Córdoba, en las estribaciones de las Serranías de San Jerónimo y Ayapel. Geográficamente se encuentran atravesadas por los Ríos San Jorge y Cauca en dirección Noreste.

En el área afloran rocas ígneas y sedimentarias con edades que comprenden desde el Cretácico hasta Mioceno tardío y depósitos recientes.

La Ultramafita de Cerro Matoso se localiza hacia el suroccidente en el Municipio de Montelíbano, se presenta como un cerro aislado constituido por una roca holocristalina fanerítica equigranular con un tamaño de grano fino, es mesocrática predominantemente verde oscura en roca fresca, se compone de harzburgitas y dunitas serpentinizadas con contenidos de olivino entre el 30% y 90% reemplazados por minerales de la serpentina, piroxeno en proporciones variables, con pátinas de garnierita como mineral de alteración. Presenta procesos de laterización formando suelos residuales divididos en dos paquetes:

saprolito negro con concentraciones altas en cobalto y saprolitos verdes con alta proporción de ferroníquel, este último de mayor interés de explotación.

El Grupo Sincelejo muestra una pobre exposición que dificulta la determinación de su disposición estratigráfica. Está constituido por intercalaciones de facies arenosas, arcillosas, limosas y en menor proporción lodosas y arenosas ligeramente conglomeráticas, indicando ambientes de baja a media energía, tales como llanuras aluviales, ciénagas y canales con energía moderada.

Los depósitos cuaternarios se encuentran asociados a la sedimentación de tipo aluvial de los Ríos San Jorge, Cauca, Uré y Man; y sus tributarios. Generalmente compuestos por material areno arcilloso matriz soportado y gravas con guijos de peridotitas, dunitas, cuarzo lechoso y chert negro. La ubicación de un sistema de ciénagas y la topografía plana hacen que los sedimentos no consolidados se encuentren cubriendo grandes áreas enmascarando el Grupo Sincelejo. Se reconocen como estructuras principales la traza de la Falla Cauca – Almaguer con algunas fallas menores asociadas que hacen parte del Sistema Romeral, que limita la Corteza Oceánica que conforma la Cordillera Occidental, con el basamento continental de la Cordillera Central además de algunos pliegues como el Sinclinal de Pueblo Nuevo.

Cerro Matoso pertenece a un conjunto de escamas o bloques ofiolíticos con una dirección preferencial norte-sur que se extiende desde los Municipios de Ituango, Uré localizados en el sur y hasta el norte en el Municipio de Planeta Rica.

GEOMORFOLOGIA

La topografía de la zona hace parte de las extensas sabanas de Córdoba conformadas principalmente por llanuras aluviales, en las que sobresalen algunos cerros y colinas de mediana altura.

Regionalmente el municipio de Puerto Libertador hace parte de la Serranía de Ayapel que se extiende en dirección Noreste y separa la hoya del Río San Jorge de la del Cauca, sus cerros más importantes son: Matoso (225 msnm), El Oso (600 msnm) y el Alto Don Pío (200 msnm); estos dos últimos fuera del área.

Se pueden diferenciar tres zonas topográficas:

la primera corresponde a zonas con alturas no superiores a los 100 msnm, son planas a poco onduladas y ocupan el 42% del área de trabajo; su punto más bajo (50 msnm) se sitúa en la parte más oriental en el Valle del Río Cauca, en inmediaciones del Municipio de Caucasia. La segunda con elevaciones entre 100 y 150 msnm se considera terreno colinado de baja altura, se localiza bordeando la primera zona. Finalmente, la zona de cerros al suroeste como un cerro aislado se encuentra el cerro Matoso con 225 msnm, más al

oriente, se presentan pequeñas áreas elevadas en cercanías de Caucaasia.

En el municipio se reconocen unidades típicas del paisaje de montaña hacia el Sur en límites con Antioquia, y paisaje de llanura aluvial en la parte central y Norte.

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.

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

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.

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

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	PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
ESTRATO DE SUELO	ARCILLOLITA ABIGARRADA EN GRAVILLA DE GRANOS MEDIOS

A continuacion se presenta el analisis y determinacion del potencial de licuacion para el proyecto TORRE AMPLIACION TDT ubicado en la PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA

NUMERO DE GOLPES	20	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 PUERTO LIBERTADOR

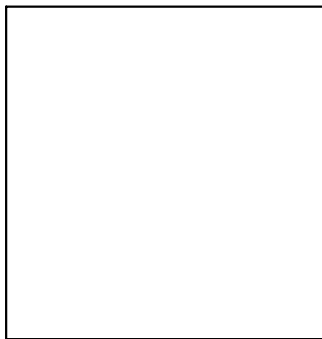
7°53'16.3"N 75°40'21.3"W



LOCALIZACIÓN GEOREFERENCIADA

LOCALIZACION DE SONDEOS

ESQUEMA DE SONDEOS



SONDEO 3



SONDEO 1

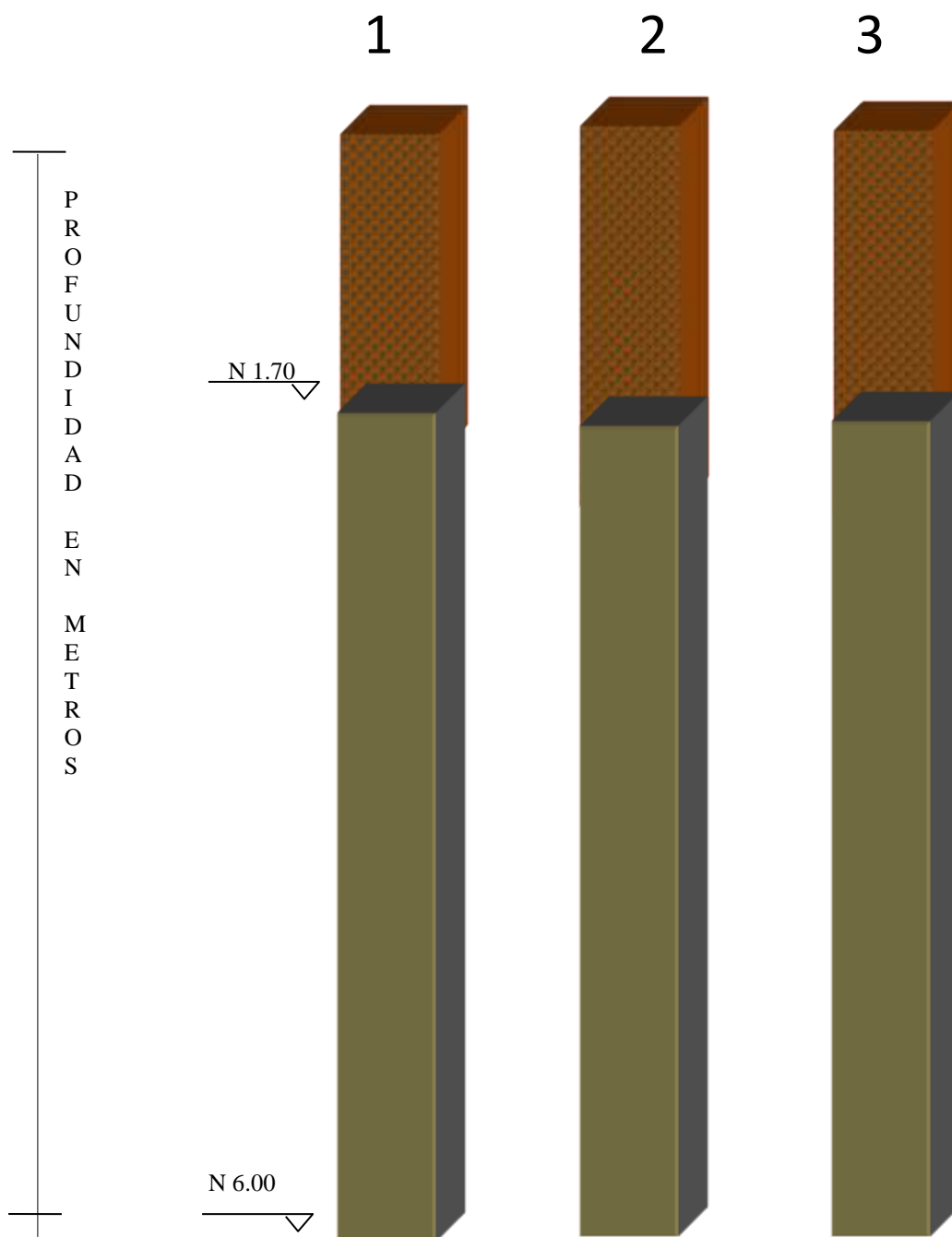


SONDEO 2



BARRIO LA GRANJA

PERFIL ESTRATIGRÁFICO



CONVENCIONES



LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO.



ARCILLOLITA ABIGARRADA EN GRAVILLA DE GRANOS MEDIOS.

CLIENTE			PTO, LIBERTADOR			PROYECTO			TORRE AMPLIACION TDT					
LOCALIZACION			7°53'16.30"N 75°40'21.30"W			FECHA			jun-18					
SONDEO 2														
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

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			PTO, LIBERTADOR			PROYECTO			TORRE AMPLIACION TDT					
LOCALIZACION			7°53'16.30"N 75°40'21.30"W			FECHA			jun-18					
SONDEO 3														
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
1m		0.00-1.70m	LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO	TS			26.70	12.70	1.67				1.34	1.33
2m														
3m														
4m		1.70-6.00m	ARCILLOLITA ABIGARNADA EN GRAVILLA DE GRANOS MEDIOS	SS 6" 6" 6"	25 14 12 11								1.34	1.32
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

$$\phi = 31^\circ; N_q = 20; N_\gamma = 17.8$$

Terzaghi en función de ϕ

ϕ = ángulo de fricción interna

Del suelo

q_u : Resistencia a la

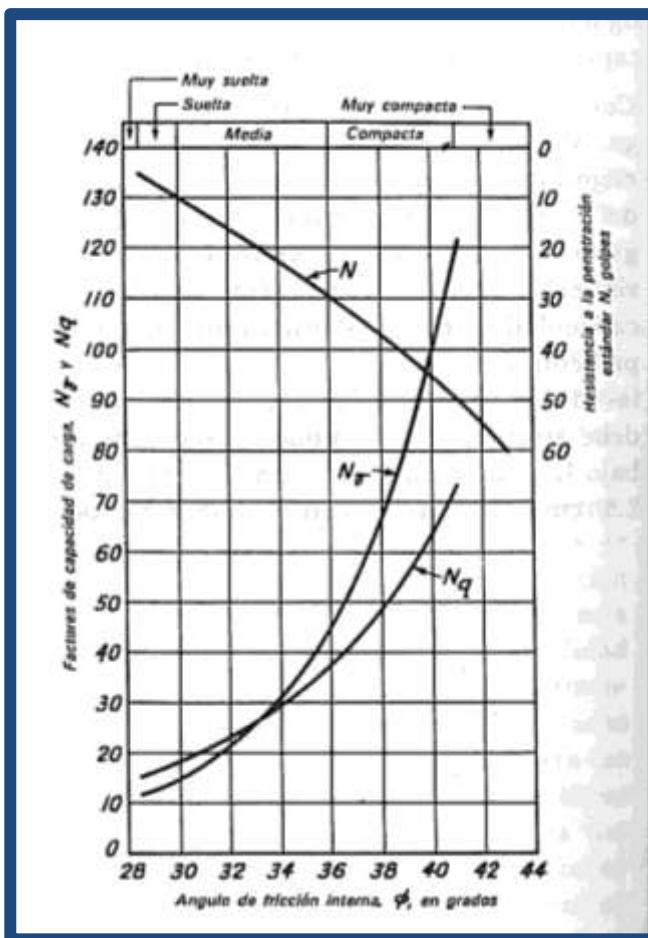
Compresión inconfiada del
Suelo

q : Sobrecarga

γ : Peso unitario del suelo

De cimentación

B : Base del cimiento



PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

La profundidad de cimentación existente es de -1.80 metros del nivel actual o sea en la capa de Arcillolita abigarrada en gravilla de granos medios.

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

$$q_d = 986.58 \text{ KN} / \text{m}^2$$

PRESIÓN ADMISIBLE

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

$$q_a = q_d / FS$$

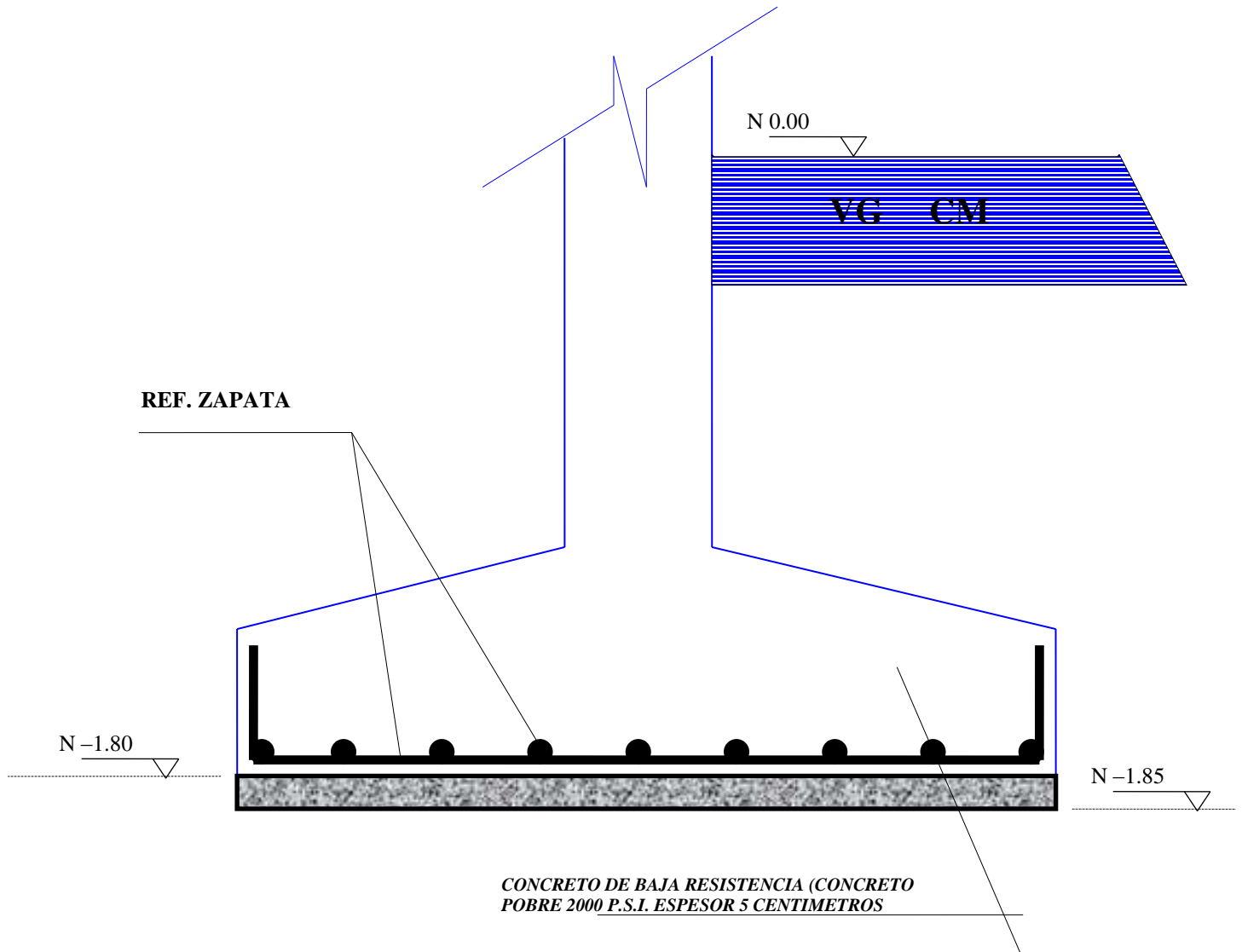
q_a : Capacidad portante admisible

$$q_a = 986.58 / 3$$

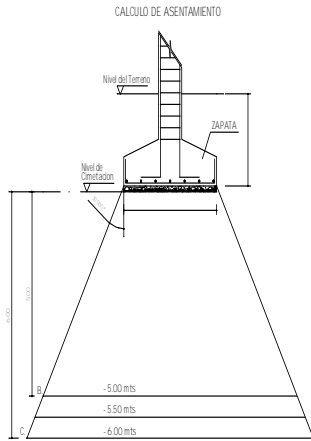
FS: Factor de seguridad = (3)

$$q_a = 328.86 \text{ KN} / \text{m}^2$$

DETALLE CIMENTACION



CALCULO DE ASENTAMIENTOS



DATOS INICIALES

PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	1.80 m
CAPACIDAD DE CARGA	32.89 T/m ²
CARGA MAXIMA ESPERADA	23.00 T
PESO PROPIO CIMIENTO	2.30 T
CARGA TOTAL	25.30 T
AREA NECESARIA ZAPATA	0.77 m ²
ZAPATA MAXIMA	2x2 B= 2.00 L= 2.00
PESO UNITARIO DEL SUELO	1.68 T/m ²
MODULO ELASTICIDAD DEL SUELO	13.65 Kg/cm ²
ESFUERZO NETO	5.75 T/m ²
RELACION DE POISSON SUELO	0.23
Cs = factor de forma y rigidez en suelo cohesivos	

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

ÁREA EN LE PUNTO B	32.43 m ²
ÁREA EN LE PUNTO C	46.92 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	0.78 T/m ²
ESFUERZO EN EL PUNTO C POR CARGAS	0.54 T/m ²
DIFERENCIA DE LOS ESFUERZOS	0.24 T/m ²
PROMEDIO DE LOS ESFUERZOS	0.66 T/m ²
CARGA EN EL PUNTO B POR W DE TIERRA	110.27 T
CARGA EN EL PUNTO C POR W DE TIERRA	159.52 T
CARGA TOTAL EN EL PUNTO B	135.57 T
CARGA TOTAL EN EL PUNTO C	184.82 T
ESFUERZO TOTAL EN EL PUNTO B	4.18 T/m ²
ESFUERZO TOTAL EN EL PUNTO C	3.94 T/m ²
ESFUERZO PROMEDIO	4.06 T/m ²

$$\vartheta^0 = 4.18 \text{ T/m}^2$$

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

CALCULO DE ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACION

$\vartheta^0 =$	4.18 T/m ²
$\Delta\vartheta =$	4.06 T/m ²
$e_o =$	0.91
$C_c =$	0.022
$H_o =$	5.5 m
$\text{Log } ((\vartheta^0 + \Delta\vartheta)/\vartheta^0)$	0.29473
$\Delta H = H_o \times C_c / (1 + e_o) \times (\text{Log } ((\vartheta^0 + \Delta\vartheta)/\vartheta^0))$	
$\Delta H =$	0.01867132 m

ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACION = 1.87 cm

CALCULO DE ASENTAMIENTO INMEDIATO

$C_s =$	0.11
$W_p =$	2.30 T
$B =$	200.00 cm
$S' = C_s \times Q \times B \times (1 - u^2) / E_u$	
$S' =$	0.88 cm

ASENTAMIENTO INMEDIATO = 0.88 cm

ASENTAMIENTO TOTAL = 2.74 cm

RESULTADOS DE LABORATORIO

PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 1

SITIO PTO. LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W

CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.

DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO

PROFUNDIDAD : 0.40 m - 0.85 m

FECHA jun-18

PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	94.44	
PESO MUESTRA + PARAFINA	98.53	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	53.61	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	56.21	
DENSIDAD (gr/cm ³)	1.68	

RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.68 gr / cm3
------------------------	---------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 2

SITIO PTO. LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W

CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.

DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO

PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.25 m

FECHA jun-18

PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	95.55	
PESO MUESTRA + PARAFINA	99.64	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	53.96	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	56.54	
DENSIDAD (gr/cm ³)	1.69	

RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.69 gr / cm3
------------------------	---------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 3

SITIO PTO. LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W

CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.

DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO

PROFUNDIDAD : 1.10 m - 1.55 m

FECHA jun-18

PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	96.01	
PESO MUESTRA + PARAFINA	100.10	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm ³)	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	55.23	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm ³)	57.49	
DENSIDAD (gr/cm ³)	1.67	

RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.67 gr / cm3
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

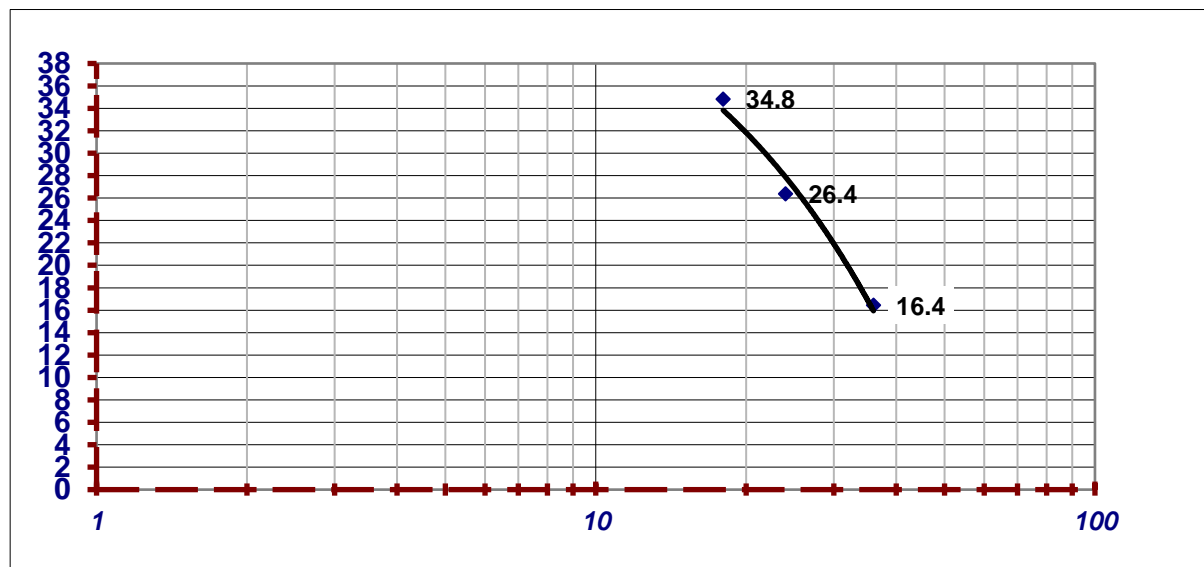
LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO PTO. LIBERTADOR 1°20'18.30"N 77°36'47.80"W CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.
 DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO PROFUNDIDAD : 0.40 m - 0.85 m
 FECHA jun-18

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 26.90%
Vidrio No.	-5	8	-16		LIMITE PLASTICO = 14.00%
P1	39.3	42.7	42.8		INDICE DE PLASTICIDAD= 12.90%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	16.4	26.4	34.8		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	20	2		
P1	42.0	45.7		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	13.4	14.6		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



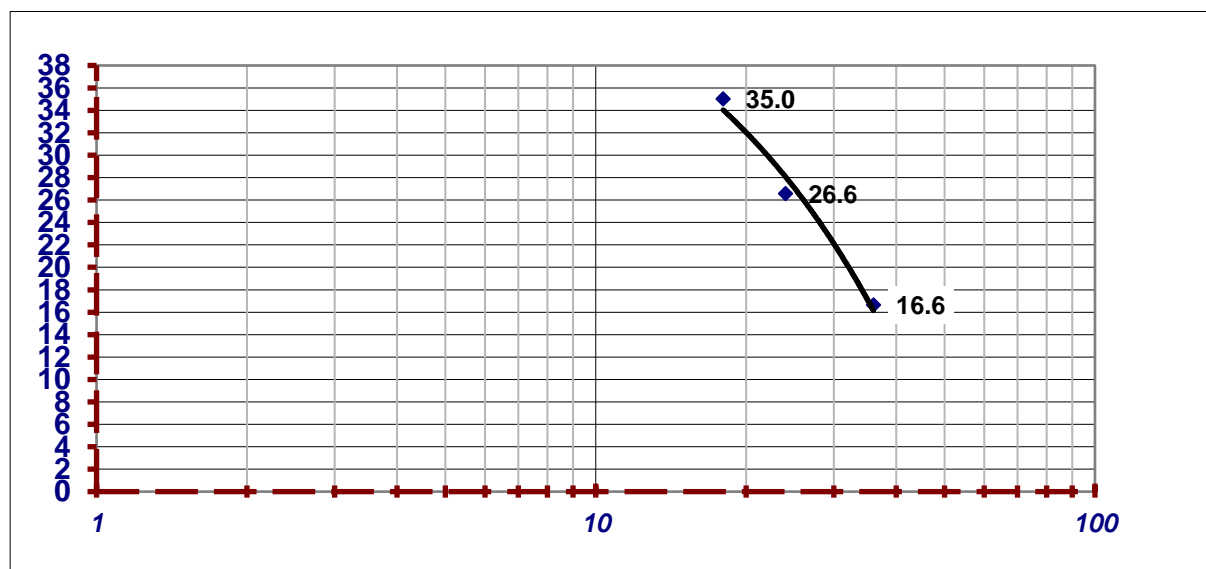
LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
 SITIO PTO. LIBERTADOR 1°20'18.30"N 77°36'47.8 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.
 DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO PROFUNDIDAD : 0.80 m - 1.25 m
 FECHA jun-18

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 27.10%
Vidrio No.	-4	9	-15		LIMITE PLASTICO = 14.30%
P1	39.4	42.7	42.8		INDICE DE PLASTICIDAD= 12.80%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	16.6	26.6	35.0		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	21	3		
P1	42.0	45.8		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	13.7	14.9		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



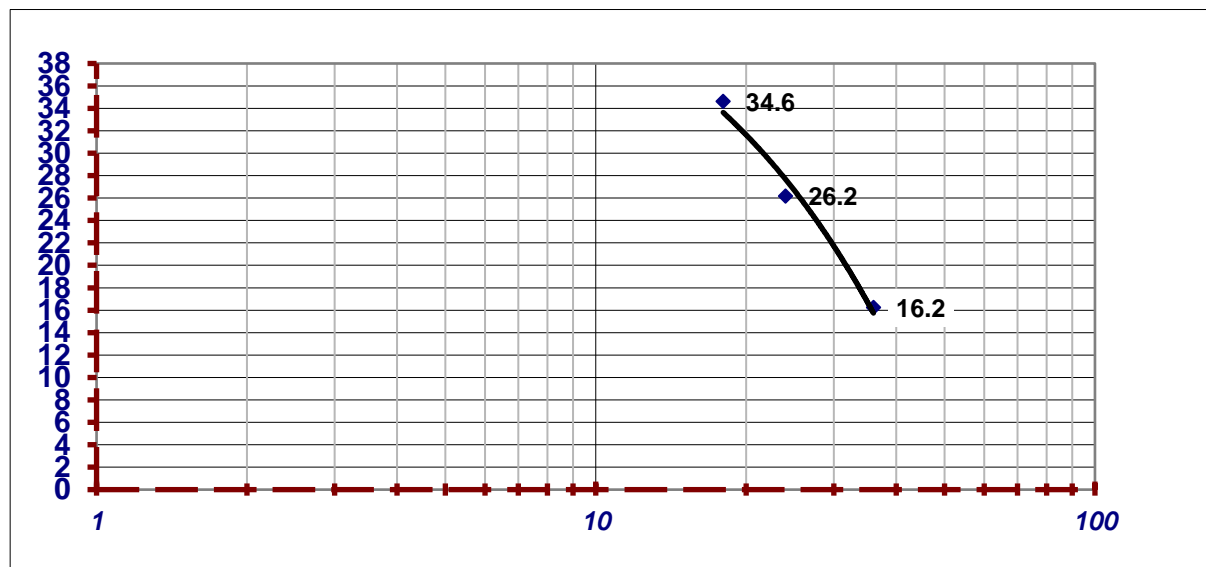
LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
 SITIO PTO. LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3" CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA.
 DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO PROFUNDIDAD : 1.10 m - 1.55 m
 FECHA jun-18

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 26.70%
Vidrio No.	-5	8	-16		LIMITE PLASTICO = 14.00%
P1	39.3	42.6	42.7		INDICE DE PLASTICIDAD= 12.70%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	16.2	26.2	34.6		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	20	2		
P1	42.0	45.7		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	13.4	14.6		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

MUESTRAS TOMADAS EN : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 1
 DESCRIPCION: LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO
 PROFUNDIDAD: 0.40 m - 0.85 m

ALTURA INICIAL H: 10.56 cm
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm
 AREA INICIAL: 21.24 cm²
 VOLUMEN INICIAL: 224.26 cm³
 PESO INICIAL Po: 379.01 g
 PESO SECO Pf: 236.19 g
 HUMEDAD W: 60.47%

LIMITE LIQUIDO W_L:
 LIMITE PLASTICO W_p:
 PASO MALLA No: 200 %:
 PESO UNITARIO G_v: 1.69 g/cm³
 RELACION DE VACIOS e:
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139
 A= 100 A_o / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM.	% DEFOR	IND. DE CARGA	CARGA AX.	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORREGIDO
,001"		,0001"	Kg		cm ²	kg/cm ²
65	4.46%	14	14.652	0.9554	22.229	0.66
85	5.44%	24	19.154	0.9456	22.460	0.85
105	6.63%	32	23.156	0.9337	22.746	1.02
145	8.94%	40	26.658	0.9106	23.323	1.14
185	11.17%	48	29.661	0.8883	23.908	1.24
225	14.38%	56	32.163	0.8562	24.804	1.30
265	16.65%	60	34.165	0.8335	25.480	1.34
325	19.65%	62	35.667	0.8035	26.432	1.35
385	22.59%	61	35.167	0.7741	27.436	1.28

ESFUERZO VS DEFORMACION



ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

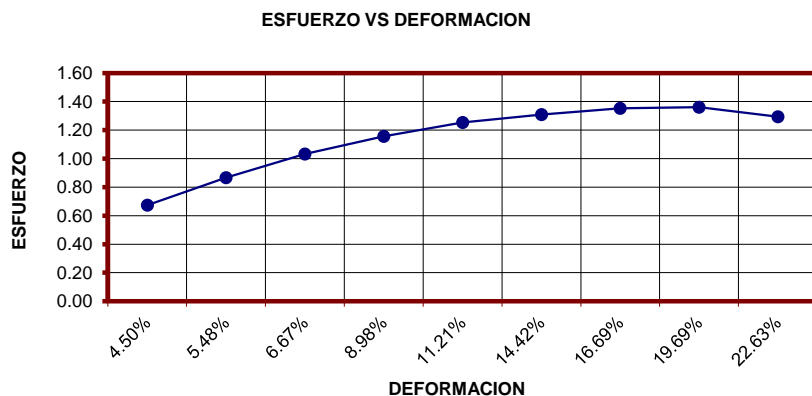
MUESTRAS TOMADAS EN : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 2
 DESCRIPCION: LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO
 PROFUNDIDAD: 0.80 m - 1.25 m

ALTURA INICIAL H: 10.60 cm
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm
 AREA INICIAL: 21.24 cm²
 VOLUMEN INICIAL: 225.11 cm³
 PESO INICIAL Po: 378.19 g
 PESO SECO Pf: 235.00 g
 HUMEDAD W: 60.93%

LIMITE LIQUIDO W_L:
 LIMITE PLASTICO W_p:
 PASO MALLA No: 200 %:
 PESO UNITARIO G_v: 1.68 g/cm³
 RELACION DE VACIOS e:
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139
 A= 100 A_o / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM.	% DEFOR	IND. DE CARGA	CARGA AX.	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORREGIDO
,001"		,0001"	Kg		cm ²	kg/cm ²
66	4.50%	14	14.982	0.9550	22.239	0.67
86	5.48%	24	19.484	0.9452	22.469	0.87
106	6.67%	32	23.486	0.9333	22.756	1.03
146	8.98%	40	26.988	0.9102	23.333	1.16
186	11.21%	48	29.991	0.8879	23.919	1.25
226	14.42%	56	32.493	0.8558	24.816	1.31
266	16.69%	60	34.495	0.8331	25.493	1.35
326	19.69%	62	35.997	0.8031	26.445	1.36
386	22.63%	61	35.497	0.7737	27.450	1.29



ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

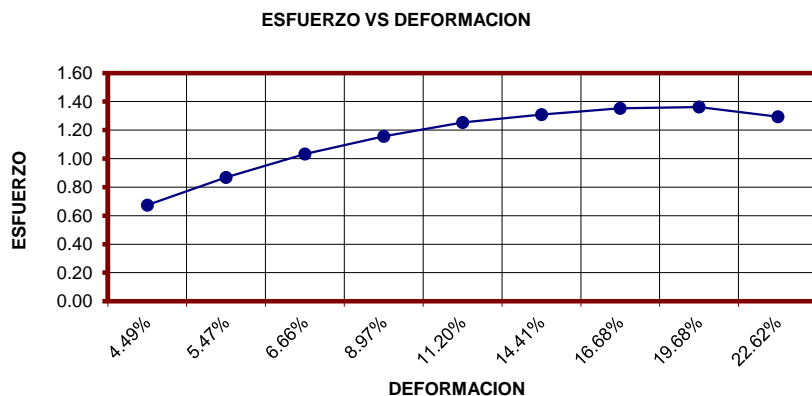
MUESTRAS TOMADAS EN : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA 7°53'16.30"N 75°40'21.30"W
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 3
 DESCRIPCION: LIMO ARCILLOSO ROJIZO CARMELITO
 PROFUNDIDAD: 1.10 m - 1.55 m

ALTURA INICIAL H: 10.59 cm
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm
 AREA INICIAL: 21.24 cm²
 VOLUMEN INICIAL: 224.90 cm³
 PESO INICIAL Po: 380.08 g
 PESO SECO Pf: 236.19 g
 HUMEDAD W: 60.92%

LIMITE LIQUIDO W_L:
 LIMITE PLASTICO W_p:
 PASO MALLA No: 200 %:
 PESO UNITARIO G_v: 1.69 g/cm³
 RELACION DE VACIOS e:
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139
 A= 100 A_o / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM.	% DEFOR	IND. DE CARGA	CARGA AX.	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA	ESFUERZO CORREGIDO
,001"		,0001"	Kg		cm ²	kg/cm ²
66	4.49%	14	14.995	0.9551	22.236	0.67
86	5.47%	24	19.497	0.9453	22.467	0.87
106	6.66%	32	23.499	0.9334	22.753	1.03
146	8.97%	40	27.001	0.9103	23.331	1.16
186	11.20%	48	30.004	0.8880	23.917	1.25
226	14.41%	56	32.506	0.8559	24.813	1.31
266	16.68%	60	34.508	0.8332	25.490	1.35
326	19.68%	62	36.010	0.8032	26.442	1.36
386	22.62%	61	35.510	0.7738	27.446	1.29



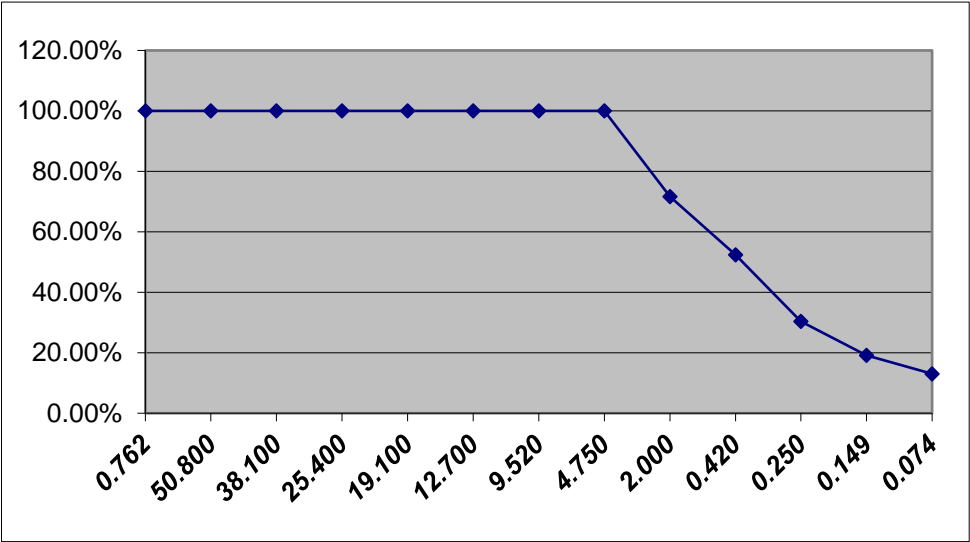
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 2.30 m - 2.75 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%



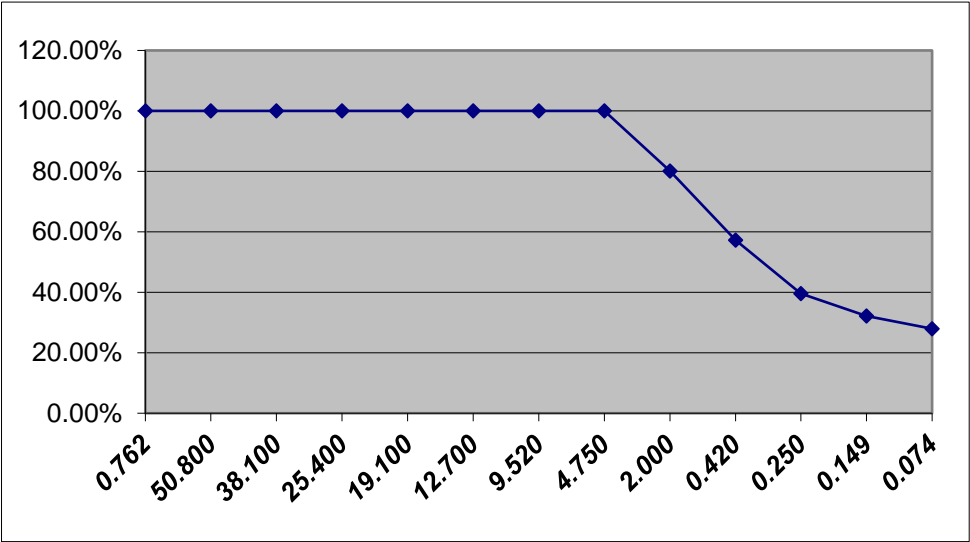
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 3.30 m - 3.75 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 : 1
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 4.20 m - 4.65 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%

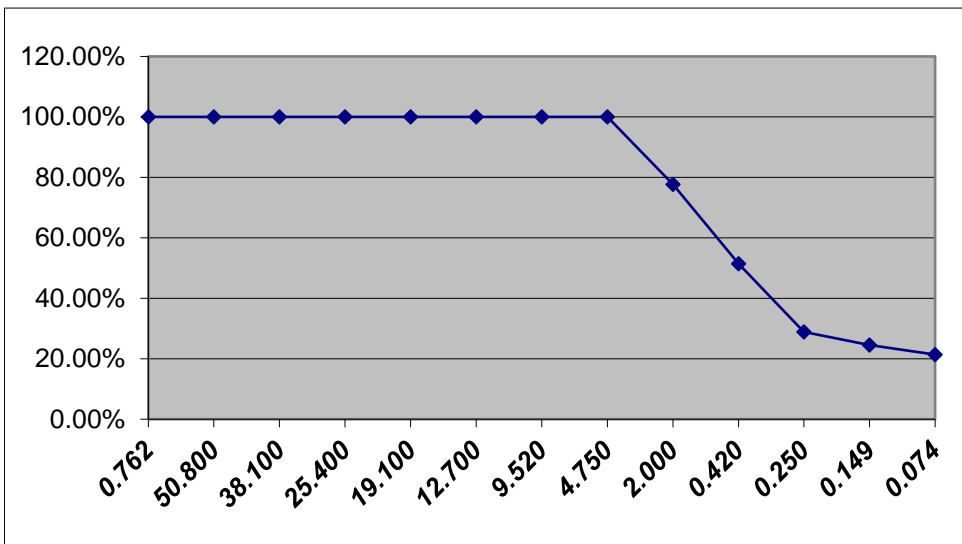
PESO DE LA MUESTRA

177 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 71.15%
 FINOS 28.85%

SUMATORIA 177.000 80.56%



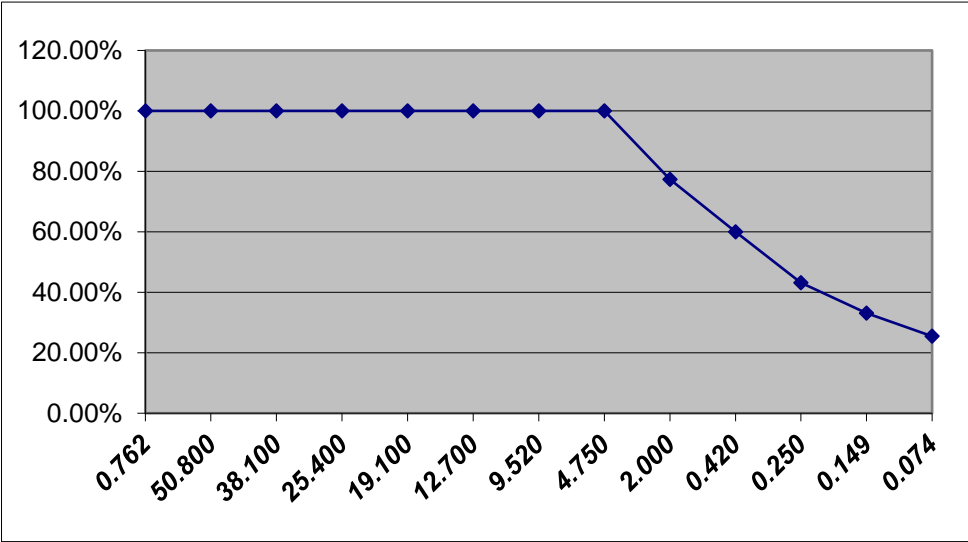
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 2.55 m - 3.00 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 : 2
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA 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	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%

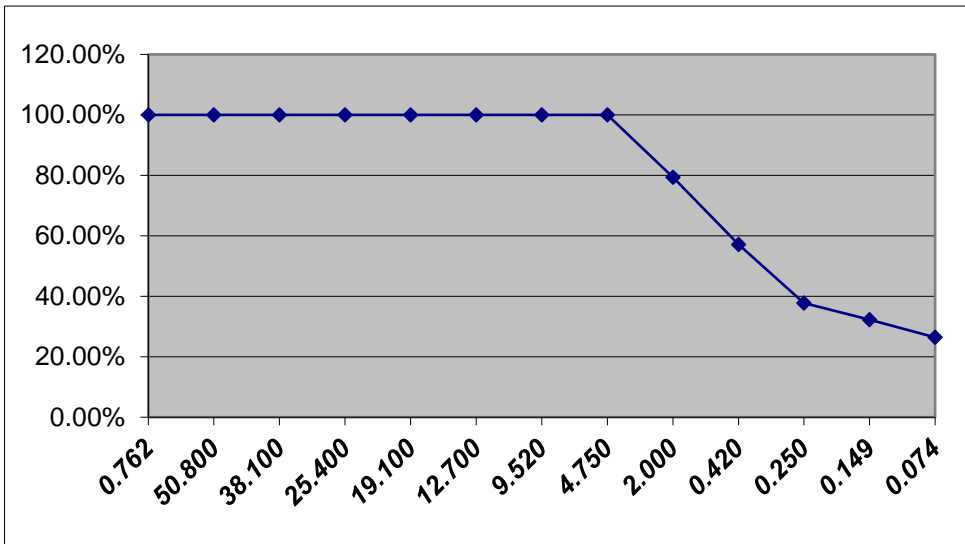
PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 62.27%
 FINOS 37.73%

SUMATORIA 172.000 77.88%



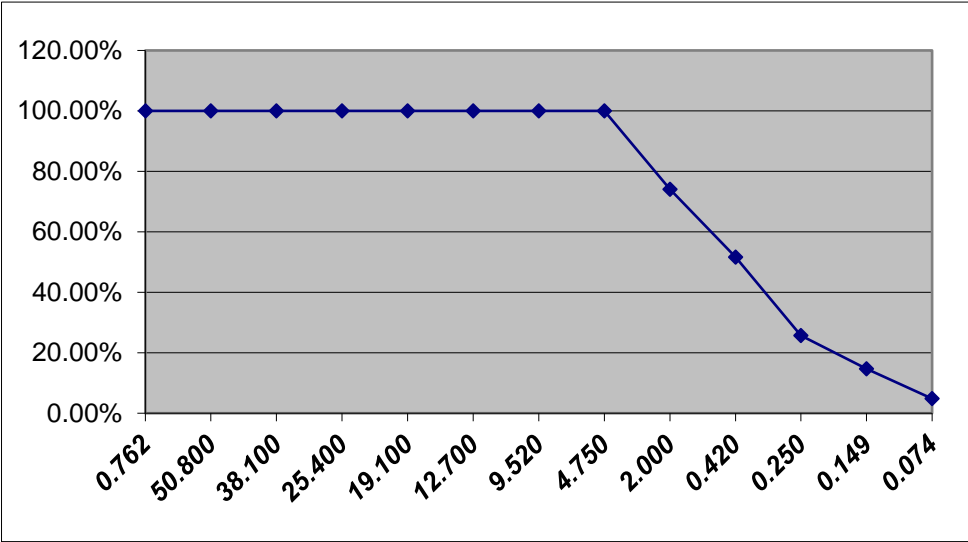
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 2
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 4.80 m - 5.25 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 : 3
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 2.50 m - 2.95 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%

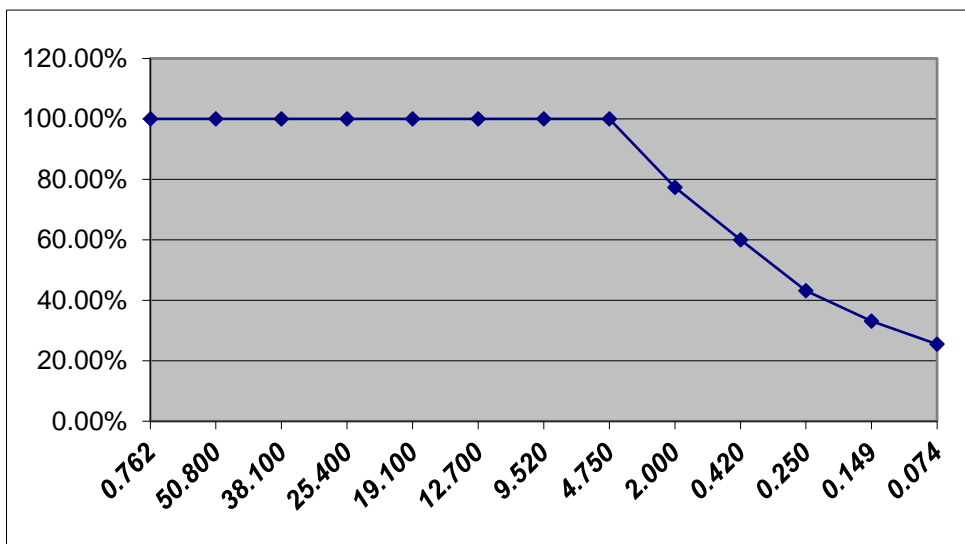
PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 56.78%
 FINOS 43.22%

SUMATORIA 172.000 82.85%



GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
 SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
 DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA PROFUNDIDAD : 4.30 m - 4.75 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%

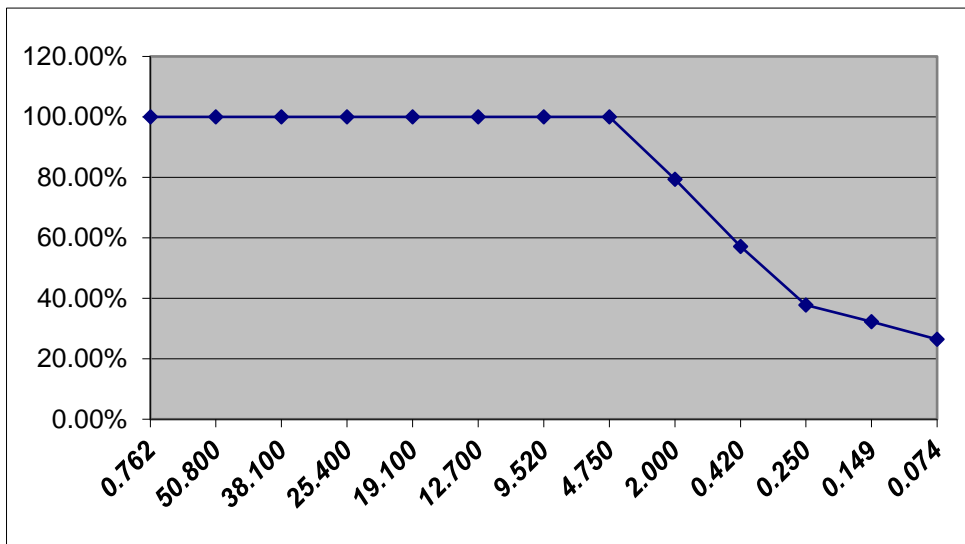
PESO DE LA MUESTRA

172 gr

RESUMEN

GRAVA 0.00%
 ARENA 62.27%
 FINOS 37.73%

SUMATORIA 172.000 77.88%



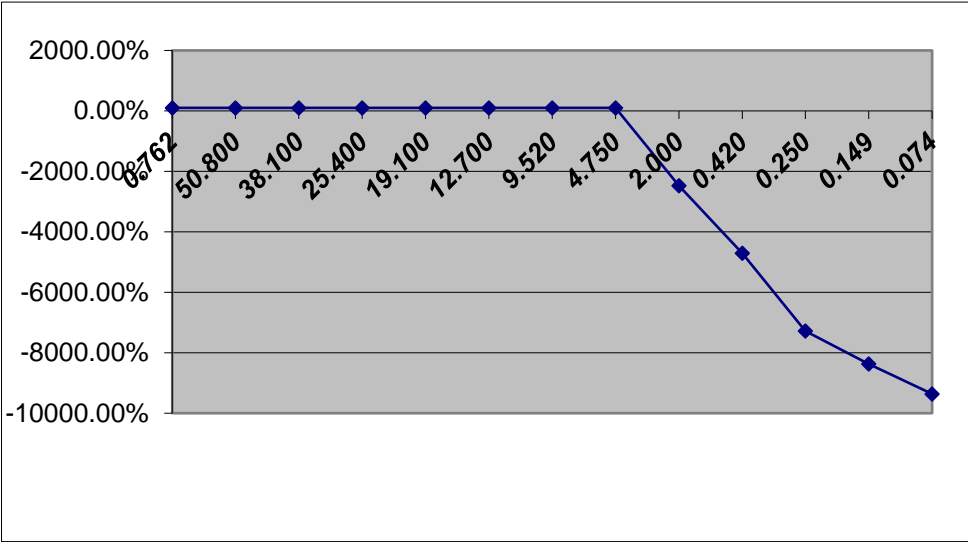
GRANULOMETRIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 3
SITIO PTO, LIBERTADOR 7°53'16.30"N 75°40'21.3 CIUDAD : PTO. LIBERTADOR, CÓRDOBA
DESCRIPCION ARCILLOLITA ABIGARRADA ROJIZA 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	43.340	43.34	2579.76%	100.00%
N 10	37.430	37.43	2227.98%	-2479.76%
N 40	43.290	43.29	2576.79%	-4707.74%
N 80	18.340	18.34	1091.67%	-7284.52%
N 100	16.550	16.55	985.12%	-8376.19%
N 200	6.430	6.43	382.74%	-9361.31%
FONDO	-163.700			-9744.05%

PESO DE LA MUESTRA	
	1.68 gr
RESUMEN	
GRAVA	0.00%
ARENA	7384.52%
FINOS	-7284.52%

SUMATORIA 1.680 9844.05%



INFORME FOTOGRAFICO

ESTACIÓN



SONDEOS





