






| | | |
|---|--|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: INFORME | CÓDIGO DEL DOCUMENTO.: IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | HOJA: 1 de 45 |
|  | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | |


ÍNDICE DE REVISIONES

| Fecha | Revisión | Observaciones |
|------------|----------|-----------------------------|
| 10-09-2025 | A | Para Revisión del Cliente |
| 07-11-2025 | B | Para Aprobación del Cliente |

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Ing. Victor H. Perez S. | Ing. Juan Carlos Lino | Ing. Andres Aguilar L. |
| Ingeniero de Proyecto | Especialista Civil | Gerente de Proyecto |
| ELABORADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |


ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO PODRÁ SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA CUALQUIER FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.

Archivo: IPE-2025-2977-S-EG-001-RB

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPÉ-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 2 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. OBJETIVO | 3 |
| 2. ALCANCE..... | 3 |
| 3. UBICACIÓN DEL PROYECTO | 3 |
| 4. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS | 5 |
| 5. EQUIPO DE ENSAYO..... | 7 |
| 6. METODOLOGÍA DE TRABAJO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO | 8 |
| 6.1. TRABAJO DE CAMPO..... | 8 |
| 6.1.1. Reconocimiento Preliminar del Terreno | 8 |
| 6.1.2. Ensayos de Penetración Estándar | 9 |
| 6.1.3. Toma de Muestras..... | 10 |
| 6.2. Trabajo de Laboratorio | 10 |
| 6.3. Trabajo de Gabinete..... | 10 |
| 6.4. Calculo de Capacidad Portante | 11 |
| 6.4.1. Factor de Seguridad Frente a una Falla por Corte | 13 |
| 6.5. Clasificación de suelos en el proyecto..... | 14 |
| 7. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LOS ESTUDIOS..... | 16 |
| 8. NIVEL FREÁTICO Y NIVEL ESTÁTICO | 18 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 19 |
| 10. RECOMENDACIONES | 21 |
| 10.1. Recomendaciones para CONSTRUCCIONES MENORES | 21 |
| 10.2. Recomendaciones para MAQUINARIAS | 24 |
| 11. BIOGRAFÍA CONSULTADA | 26 |

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 3 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

1. OBJETIVO

El objetivo es describir el entorno estratigráfico de los suelos predominantes en el área del proyecto "INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA". de YPFB Transportes S.A., Planta de Colpa.

2. ALCANCE

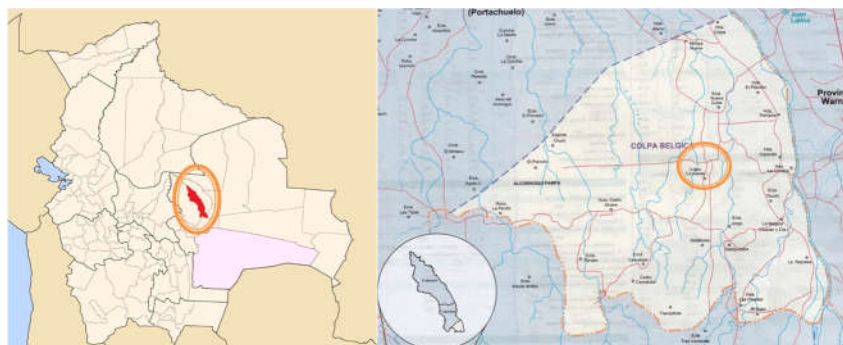
El estudio geotécnico se constituye como un componente básico del proyecto, determina los siguientes objetivos principales:


- El ensayo SPT se ejecutó hasta los 6 metros de profundidad, dado que el nivel de desplante previsto para la estructura de mayor carga se estableció a una profundidad máxima de 0.70 metros.
- Reconocimiento del entorno sedimentario del área y sus características físicas.
- Estudio geotécnico para la determinación de los correspondientes parámetros como clasificación de suelos, límites de consistencia, ángulo de fricción (por el número de golpes del SPT), cohesión de los suelos, pesos unitarios húmedos.
- Se presentan la ubicación o la presencia del agua.

3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio se encuentra ubicado por el área de la estación de compresión de Colpa, municipio de Colpa Bélgica, provincia Sara a 17 km de la localidad de Warnes en el departamento de Santa Cruz, Bolivia.

Figura 1. Ubicación del Proyecto en la ciudad



| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 4 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

De acuerdo a los requerimientos del proyecto se utilizó un GPS marca Garmin Vista para la ubicación de los Sondeos. A continuación, se muestra un detalle de las ubicaciones de los sondeos (Figura 2):


Figura 2. Ubicación Satelital del Proyecto



A continuación, se muestra las siguientes coordenadas de los estudios en sistema Local:

Tabla 1: Coordenadas de los estudios

| PROYECTO | DETALLE | COORDENADAS | | PROF. | OBSERVACIONES |
|--|---------|-------------|-------------|--------|---------------|
| INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | SPT-01 | H = 471164 | H = 8062389 | 6.00 m | |
| | SPT-02 | H = 471177 | H = 8062397 | 6.00 m | |

| | | |
|---|---|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 5 de 45 REV: B |

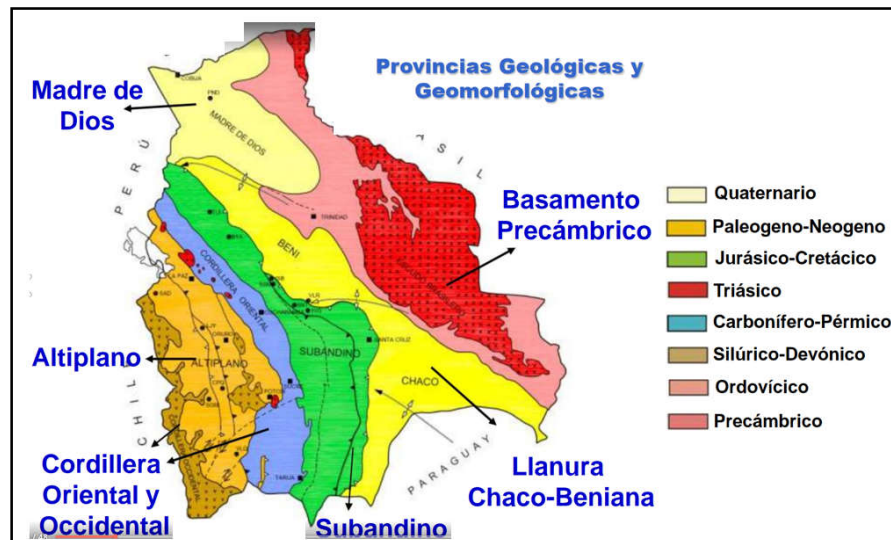
4. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS


El presente estudio fue realizado con el objetivo de identificar las características geotécnicas del área destinada a la futura construcción. No obstante, se incluye a continuación un capítulo sobre la geología aproximada de la zona, con el fin de brindar un contexto general, reconociendo que esta temática no forma parte de nuestra especialidad.

Para ello, se recurrió a fuentes secundarias, como informes disponibles en internet y documentos elaborados por GEOBOL (Geología de Bolivia). Cabe señalar que dicha información es de carácter general, por lo que se recomienda, en caso de requerir una interpretación geológica más precisa del área de estudio, la contratación de un profesional especializado, como un ingeniero geólogo.

La geografía y los recursos naturales de un país están estrechamente vinculados con la constitución geológica de la corteza terrestre que conforma su territorio. En este sentido, Bolivia representa una síntesis geográfica del continente sudamericano, ya que en su territorio se encuentran rocas pertenecientes a todas las Eras Geológicas.

Figura 3: Mapa geológico de Bolivia



| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 6 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

La geología local del sector estudiado responde a los lineamientos geomorfológicos (estudio de las formas del relieve) descritos en dichos documentos oficiales, es decir que en su conformación estratigráfica existen unas secuencias sedimentarias de origen continental conformado por estratos irregulares de arcilla de plasticidad variable con vestigios de limos arenoso formaciones en estratos a rellenos hidráulicos típicas de las llanuras Chaco Beniana.

Desde el punto de vista geológico el área estudiada participa del estilo denominado Llanura Chaco – Beniana. En la llanura Chaco – Beniana las estructuras son suaves y amplias, están formadas íntegramente por rocas terciarias esto es más notorio en el lado del Urubó. La topografía es plana con ondulaciones suaves.

La Llanura Chaco-Beniana está constituida por sedimentos fluvio lacustres originados en el subandino y el Escudo Chiquitano, acarreados y depositados por los diferentes ríos y quebradas que surcaron la llanura hace mucho tiempo atrás, pero los suelos de Santa Cruz estos depósitos son reciente por el cambio del cauce del río Piraí (riada del 1983).

En el aspecto estratigráfico, en su área de influencia se han distinguido cuatro unidades litoestratigráficas, todas ellas de carácter sedimentario, las cuales corresponden a suelos y a rocas, cuyas edades se encuentran dentro los periodos Cuaternarios. El siguiente cuadro muestra en forma esquemática las correspondientes unidades:

| | |
|--------------|-----------------|
| Cuaternario: | Aluvial |
| | Fluvio Lacustre |
| | Terrazas |
| | Residual. |

En cuanto al peligro de sismos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, a nivel regional la sismicidad superficial se localiza en la parte de bajo peligro teniendo un porcentaje entre 10% a 5% de sismos, sin embargo, a nivel local (ciudad) no existe ningún trabajo de toma de lecturas de sismos en años pasados, el único ente que estudia y registra los sismos es el observatorio San Calixto. El siguiente gráfico nos muestra el área de riesgos de actividades sísmicas en Bolivia (fuente: Estudio de la Sismicidad tesis de grado Mayra Nieto 2017).


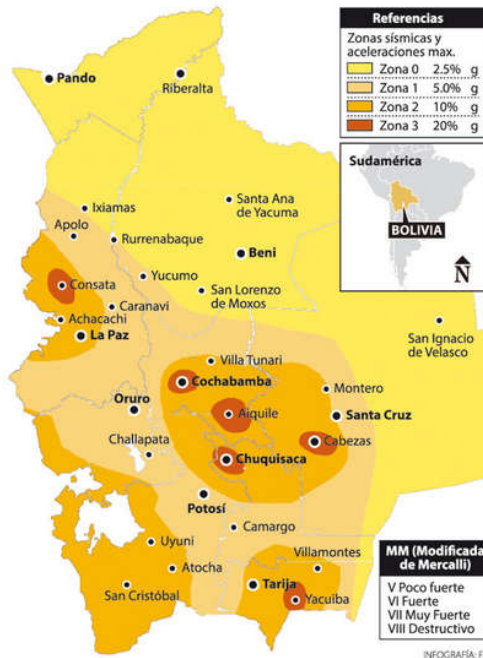
| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 7 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

Figura 4: Áreas de Riesgo Sísmico.

Áreas con riesgo de actividad sísmica en Bolivia

Las zonas identificadas con color rojo son aquellas cuya intensidad del movimiento alcanzó hasta los ocho grados en la escala de Richter.



Cabezas
En 2013, la población de Cabezas registró el sismo más fuerte de su historia, alcanzando el grado VII (muy fuerte) en la escala de MM (Modificada de Mercalli).

Aiquile
En 1998 reportó un movimiento telúrico en el grado VIII (destruccion) en la escala de MM. El epicentro se localizó a 24 kilómetros al este de Totorá y a 54 kilómetros al noreste de Aiquile, con una magnitud de 6,8 grados en la escala de Richter.

Chuquisaca
En distintos puntos de este departamento se sintieron sismos en los años 1650, 1873, 1948, 1986 y 1997, con una intensidad en el grado V (poco fuerte) y VII en la escala MM.

Consata Mapiri
El 1 de octubre de 1947, el movimiento llegó al grado VIII en la escala MM. Destruyó casas y provocó hundimiento de tierra. En 2014, Lloja (Inquisivi) sintió un sismo de 4,9 en la escala de Richter.

Yacuiba
En 1899, el sismo alcanzó el grado VIII en la escala MM. Tarija, en los años 1734, 1909 y 1919 registró movimientos en el grado VI (fuerte) en MM.

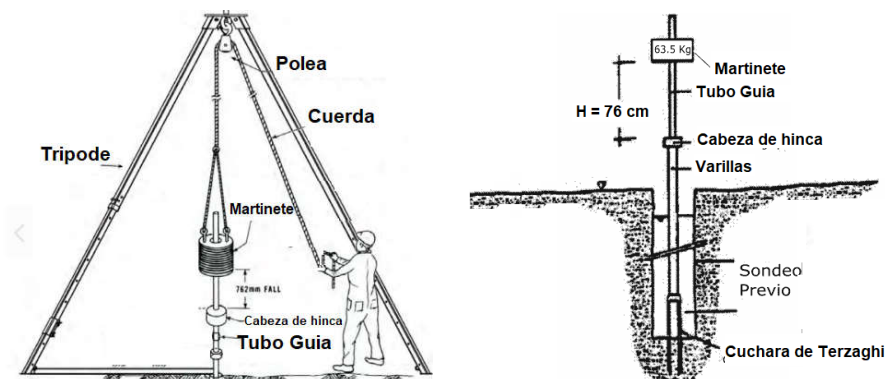
Cochabamba
En los años 1930, 1942, 1943, 1950, 1959, 1972, 1973, 1996, 1999 y 2001 se sintieron movimientos telúricos que alcanzaron los grados V, VI y VII.

INFOGRAFÍA: FMG, LA RAZÓN. FUENTE: OBSERVATORIO SAN CALIXTO


5. EQUIPO DE ENSAYO

En el presente trabajo, se empleó un equipo portátil de penetración estándar, el cual cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas:

Figura 5: Equipo de ensayo de SPT



- Trípode de carga con altura de 4 a 5 m y polea

| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 8 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

➤ Equipo de hinca:

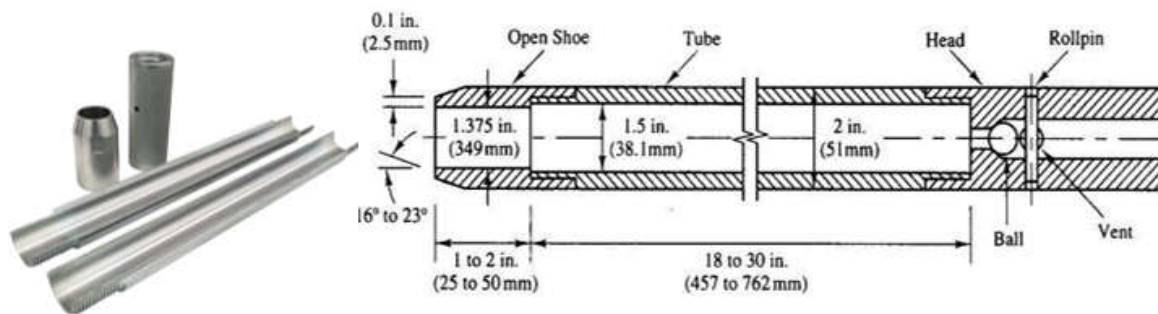
- Cuerda de $\frac{3}{4}$ " a 1" de grosor
- Peso del martinete 63.5 Kg. (140 lbs.)
- Cabeza de hinca y tubo guía
- Altura de caída libre de 75 cm. (30 pulg.)

➤ Varillas para profundizar el ensayo, estas deben ser de rosca

- Diámetro externo de la barra para el ensayo $1\frac{1}{4}$ pulg.
- Diámetro interno de barra para ensayo $\frac{1}{2}$ pulg.

➤ Características del Saca Muestras - Cuchara de Terzaghi:

Figura 6: Cuchara de Terzaghi (Fuente Terzaghi K y Peck R.B.)



- Saca muestras bipartido punta de acero con cabeza de acoplamiento con dos orificios y válvula de retención de bola.
- Diámetro externo 2 pulg.
- Diámetro interno $1\frac{3}{8}$ pulg.
- Longitud de cuchara 27 pulg.


6. METODOLOGÍA DE TRABAJO DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO

La metodología de trabajo fue convencionalmente dividida en las siguientes cinco (5) etapas:

6.1. TRABAJO DE CAMPO

6.1.1. Reconocimiento Preliminar del Terreno

Se realizó el reconocimiento de las ubicaciones de los sondeos de acuerdo a la ubicación dada por el peticionario (Cliente).

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 9 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

6.1.2. Ensayos de Penetración Estándar

Como se indicó el ensayo SPT, consiste en la introducción de tubo bipartido de dimensiones normalizadas hincándose en el terreno mediante golpes sucesivos. La suma de golpes necesarios para conseguir una penetración de los últimos 30 cm, o sea, en los dos últimos intervalos o tramos de golpeo, de los 3 intervalos que componen el ensayo (cada intervalo de 15 cm) se define como N30.


Es bueno aclarar que en algunos casos existen rechazos, se establece que es “rechazo” si el número de golpes necesario para profundizar en cualquiera de estos intervalos de 15 cm, es superior a 50, el resultado del ensayo deja de ser la suma anteriormente indicada, para convertirse en rechazo (R), debiéndose anotar también la longitud hincada en el tramo en el que se han alcanzado los 50 golpes. El ensayo SPT en este punto se considera finalizado cuando se alcanza este valor. A continuación, se presenta los valores del número de golpes de cada ensayo realizado en campo en la siguiente tabla 2.

Los Valores de N30 del SPT sufren correcciones por diversos efectos tales como la presión del suelo, nivel freático, peso de los acopes o tubos metálicos y otros. Estas correcciones han sido efectuadas en el presente trabajo, presentando en consecuencia valores de N corregidos (Ncorr), en base a las recomendaciones del libro Mecánica de suelos y cimentaciones de Carlos Crespo Villalaz.

Tabla 2: Valores de números de golpes “N” a cada metro de perforación

| PROFUNDIDAD DE GOLPEOS CON EL SPT | SPT-01 | | | SPT-02 | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Golpes por Intervalos | | | Golpes por Intervalos | | |
| | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 15 cm | 15 cm |
| 0.55 m a 1.00 m | 6 | 10 | 10 | 6 | 10 | 13 |
| 1.55 m a 2.00 m | 10 | 14 | 16 | 10 | 14 | 16 |
| 2.55 m a 3.00 m | 6 | 6 | 10 | 8 | 12 | 14 |
| 3.55 m a 4.00 m | 6 | 8 | 11 | 10 | 12 | 16 |
| 4.55 m a 5.00 m | 8 | 10 | 12 | 8 | 10 | 12 |
| 5.55 m a 6.00 m | 6 | 8 | 9 | 5 | 6 | 8 |

Después calculamos la tensión admisible utilizando las fórmulas expuestas en el punto 6.4 según el tipo de suelos, ancho mínimo de fundación y con los valores de N corregidos (Ncorr), se aclara

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 10 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

que pueden utilizarse otras fórmulas y otras correcciones por ello colocamos la tabla 2 con los valores del número de golpes en los 3 intervalos de 15 cm realizados a cada metro de estudio.

6.1.3. Toma de Muestras

De cada una de las perforaciones fueron extraídas muestras cada metro y/o cada cambio de material, con el empleo de técnicas especificadas. Las muestras retiradas en todo caso han sido representativas.

Las muestras extraídas fueron descritas, debidamente identificadas y protegidas, remitiéndose a laboratorio para su análisis correspondiente.

6.2. TRABAJO DE LABORATORIO


Es el trabajo en laboratorio, a partir de las muestras extraídas se realizaron los diferentes ensayos de laboratorio, cuya relación nominal es la siguiente:

- Contenido de Humedad natural según ASTM D-2216-71
- Análisis granulométrico según ASTM D-422
- Límites de consistencia:
- Limite liquido según ASTM D-4318
- Limite plástico según ASTM D-4318
- Índice de plasticidad
- Clasificación Unificada de Suelos (S.U.C.S.) ASTM D-2487-66T.

6.3. TRABAJO DE GABINETE

Es el trabajo en oficina se han realizado diversos trabajos, Interpretando los resultados de los trabajos de Campo y laboratorio los que nos han permitido determinar los siguientes aspectos:

- Perfiles individuales de los sondeos, en los cuales se puede apreciar las propiedades tanto físicas como mecánicas.
- Conclusiones y recomendaciones para tipos de fundaciones
- Tensiones admisibles a distintas profundidades y coeficiente de seguridad adoptado

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 11 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

- Angulo de fricción, valor de cohesión pesos específicos del suelo.

6.4. CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

Se ha determinado la tensión admisible o podemos llamarla capacidad portante del terreno basados Se ha determinado la capacidad portante del terreno basados en teorías (o fórmulas) universalmente conocidas, pero se deja a criterio del calculista si las considera ya que existen distintas fórmulas para el cálculo de este valor. Se ha determinado la capacidad portante admisible de carga sobre la base de la fórmula de Meyerhof y la fórmula de Bowles con un N ya corregido.

Los cálculos presentes de capacidades portantes se hace referencia a una base estándar de mayor o igual a 1.20 m de ancho mínimo, **como para cargas puntuales y centradas.**

Formula Para Suelos Cohesivos.- Según Meyerhof la teoría se aplica a todo tipo de suelos, pero como son suelos de reciente formación solo se aplicarán a suelos del tipo arcilla (CL) o limos arcillosos (ML-CL) o limos inorgánicos (ML), utilizado para determinar el estado limite último del suelo en cualquier tipo de suelo de fundación, pero la ocupamos solo para suelos cohesivos a una profundidad h, para fundaciones del tipo cuadradas de Ancho B.

$$Q_{ultima} = C \cdot N_c \cdot S_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma \cdot h \cdot N_q \cdot S_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y \cdot S_y \cdot d_y \cdot i_y$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ultima}}{FS} \quad \dots\dots\dots(1)$$

Qadm = Capacidad portante Admisible del suelo (Kg/cm²).

FS = Factor de seguridad por lo general se asume **FS=3**


C = Cohesión (kg/ cm²); $C' = 2 \cdot (C) / 3 \rightarrow$ en el proyecto se está utilizando el caso de corte local (por seguridad)

γ = Peso Específico del material (kg/ cm³)

B = Dimensión menor de la cimentación (cm.)

h = Nivel de desplante de la fundación o nivel de fundación (cm)

Nc; Nq; Ny = Factores de capacidad de carga de Terzaghi (adimensionales) utilizando en algunos pocos casos el corte general (Libro Principios de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das, 4^o Edición, TABLA 3.1 Pag. 158) y en otros en su mayoría el corte local por la formación reciente de

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 12 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

los suelos (Libro Principios de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das, 4º Edición, TABLA 3.2 Pag. 160).

Sc; Sq; Sy = Factores de Forma de Meyerhof

dc; dq; dy = Factores de Profundidad de Meyerhof

ic; iq; iy = Factores de por carga inclinada de Meyerhof, no existe inclinación por lo tanto es 1 (Existen numerosos libros en internet donde se puede hallar estas fórmulas).

Formula Para Suelos No Cohesivos.- Se aplica para el caso de los suelos granulares tipo arenas limosas (SM), arenas de grano medio (SP-SM o SP) o arenas arcillosas (SC) se aplicó el siguiente criterio el cual es muy usada para hallar el estado límite de servicio propuesta por Bowles (1982) la cual es una modificación a la propuesta por Terzaghi en función del Número de Golpes con la menor dimensión de la fundación asumida (B) y basada en Consideraciones de Asentamientos asumidos:

(Existen varios libros, pero fácilmente se halla en internet es el libro de "Cimentaciones Superficiales y Estructuras de Contención" de los autores A. Couto Yáñez, M. Guaita Fernández, M. J. López Villar, en la página 174)

$$Q_{adm} = \frac{N_{corr} \times S \times C_w \times K_d}{5} ; \quad \text{Cuando } B \leq 1.20 \text{ m} \dots\dots(2)$$

$$Q_{adm} = \frac{N_{corr} \times S \times C_w \times K_d}{8} \left[\frac{B + 0.3}{B} \right]^2 ; \quad \text{Cuando } B \geq 1.20 \text{ m} \dots\dots(3)$$


Si $D_f \leq B$ la Q_{adm} ha de reducirse un 50%

Si $D_f > B$ la Q_{adm} ha de reducirse un 30%

Dónde:

Q_{adm} = Capacidad portante Admisible del suelo (Kg/cm²).

N_{corr} = Numero de golpes corregido, nos recomienda usar el valor medio medido en todos los ensayos realizados en el intervalo de profundidad entre el plano de apoyo de la cimentación y una distancia igual al ancho de la misma (B), pero este criterio es cuando se tiene definida la profundidad de fundación, pero nosotros la aplicamos para cada metro.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 13 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

B = Dimensión menor de la cimentación (m.), asumimos una dimensión igual o mayor de 1.20 m para el cálculo en los perfiles y es lo que figura en ellos.

S = Asentamiento con el que se calcula la tensión, asume igual a 19.1 mm (0.75 Pulgada) por seguridad.

Kd = Factor de Corrección por efecto de la profundidad = $1 + 0.33 \cdot D_f / B \leq 1.33$

Df = Nivel de desplante (m), para que exista una continuidad de resultados hasta el final se asume a cada metro de forma ascendente este valor.

Cw = Corrección según profundidad del nivel freático (Dw), si no existe se asume igual a 1.

$$C_w = 1 \times \left[1 + \frac{D_w}{D_f + B} \right]$$

Dónde:

Dw = Profundidad del nivel freático.

6.4.1. Factor de Seguridad Frente a una Falla por Corte

El factor de Seguridad mínima que deberán tener las cimentaciones son las siguientes:

- Para Cargas de servicio se utiliza un Factor de **3.00**


| | | |
|---|---|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 14 de 45 |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

Tabla 3: Guía para seleccionar el Factor de Seguridad FS

| Categoría | Estructuras típicas | Características de la Categoría | Factores de seguridad de diseño | |
|---|---|--|--|--------------------------------|
| | | | Exploración del suelo Completa y cuidadosa | Exploración del suelo Limitada |
| A | Puentes ferroviarios, Almacenes, muros de Retención hidráulica Silos. | Cargas máximas de diseño próximas a ocurrir a menudo con consecuencias de falla desastrosas. | 3.0 | 4.0 |
| B | Puentes carreteros, Edificios públicos e Industriales. | Cargas máximas de diseño puede ocurrir ocasionalmente Con consecuencias de falla Serias. | 2.5 | 3.5 |
| C | Edificios de oficinas y apartamentos. | Cargas máximas de diseño Es improbable de ocurrir | 2.0 | 3.0 |
| Nota: <ol style="list-style-type: none"> 1. Para estructuras temporales, estos factores pueden ser reducidos en un 75%, no usando en ningún caso valores menores a 2.0 2. Para edificios excepcionalmente altos o cuando la falla portante es progresiva, estos factores deben incrementarse entre un 20 y 50%. 3. Todas las fundaciones deben ser analizadas respecto al asentamiento máximo total y diferencial. Si el asentamiento gobierna para el diseño deben usarse factores de seguridad altos. | | | | |


En el factor de seguridad (FS) por Terzaghi, como otros autores y diferentes normas recomiendan un $FS \geq 3$, esto para dar seguridad y cubrir la variabilidad o incertidumbre de los suelos ya que los estudios son puntuales o escasos y el área de construcción es relativamente extensa, adjuntamos la siguiente tabla del libro ingeniería de cimentación "Couto 1994" que explica de similar forma.

6.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN EL PROYECTO

Los métodos más comunes, empleados para clasificar suelos son los siguientes:

- La plantada por: "American Association of State Highway Officials" (AASHTO).
- Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En el sistema AASHTO, los suelos pueden clasificarse según ocho (8) grupos principales A-1 al A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, mientras que los incluidos en los grupos

| | | |
|---|---|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 15 de 45 REV: B |

A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. El grupo A-8, por su parte, incluye suelos como la turba, compostas orgánicas y otros suelos con alto contenido de materia orgánica, los cuales se identifican mediante inspección visual. La Tabla 4 muestra el cuadro que se emplea para aplicar el sistema AASTHO.

El cual con los resultados del ensayo de granulometrías y límites de consistencia se entra a la tabla 4 para poder clasificar los suelos, este sistema es más ocupado en carreteras, pero para nosotros es el mejor debido a su índice de grupo.

Tabla 4: Clasificación de suelos y mezclas suelo-agregados método AASHTO.


| CLASIFICACIÓN GENERAL | SUELOS GRANULARES (MAX. 35% PASA LA MALLA N° 200) | | | | | | | SUELOS LIMO - ARCILLA (MAS 35% PASA LA MALLA N° 200) | | | |
|---|--|--------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|--------------------|--------------------|------------------------|
| | A - 1 | | A - 3 | A - 2 | | | | A - 4 | A - 5 | A - 6 | A - 7 |
| SUBGRUPOS | A - 1 - a | A - 1 - b | | A - 2 - 4 | A - 2 - 5 | A - 2 - 6 | A - 2 - 7 | | | | A - 7 - 5 A - 7 - 6 |
| % QUE PASA TAMIZ N° 10 N° 40 N° 200 | MAX. 50 MAX. 30 MAX. 15 | MAX. 50 MAX. 25 | MIN. 51 MAX. 10 | MAX. 35 | MAX. 35 | MAX. 35 | MAX. 35 | MIN. 36 | MIN. 36 | MIN. 36 | MIN. 36 |
| Características del material que pasa el tamiz N° 40 LÍMITE LÍQUIDO ÍNDICE DE PLASTICIDAD | | | | MAX. 40 MAX. 10 | MIN. 41 MAX. 10 | MAX. 40 MIN. 11 | MIN. 41 MIN. 11 | MAX. 40 MAX. 10 | MIN. 41 MAX. 10 | MAX. 40 MIN. 11 | MIN. 41 MIN. 11 |
| ÍNDICE DE GRUPO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | MAX. 4 | MAX. 4 | MAX. 8 | MAX. 12 | MAX. 16 | MAX. 20 |
| PRINCIPALES MATERIALES CONSTITUYENTES | GRAVAS Y ARENAS | | ARENAS FINAS | GRAVAS Y ARENAS LIMOSAS Y ARCILLOSAS | | | | SUELOS LIMOSOS | | SUELOS ARCILLOSOS | |

Nota: El grupo (A - 7) es subdividido en (A - 7 - 5) o (A - 7 - 6), del límite plástico:
 Si el L.P. \geq 30, la clasificación es (A - 7 - 5)
 Si el L.P. $<$ 30, la clasificación es (A - 7 - 6)

El Índice de Grupo, utilizado en el Sistema AASHTO de clasificación de suelos para efectuar la evaluación del suelo en cada grupo, hallado con la granulometría y los resultados de los Límite Líquido y del Índice de Plasticidad del Suelo.

El Sistema Unificado de Clasificación del suelo (USCS o SUCS) se basa en el sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la Segunda Guerra Mundial. Con algunas modificaciones fue aprobado conjuntamente por varias agencias de gobierno de los EE.UU. en 1952.

Refinamientos adicionales fueron hechos y actualmente está estandarizado como la norma ASTM D 2487-93. Se utiliza en los EE.UU. y gran parte del mundo para trabajos geotécnicos que no

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 16 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

sean los caminos y carreteras. Los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras: el primero considera que el principal componente de la tierra, y la segunda describe informaciones de la curva granulométrica o características de plasticidad.

Se utilizan los símbolos de cinco letras:

G por grava (gravel) S por arena (sand) M por limo (silt)

C por arcilla (clay)

O por suelos organico (organic soil)

P for turba (peat soils)

Tabla 5: Símbolos utilizados en la Clasificación SUCS.


| Tipo de Suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
|---------------|---------|---------------------------|--------|
| Grava | G | Bien gradada | W |
| Arena | S | Pobrementemente gradada | P |
| Limo | M | Limoso | M |
| Arcilla | C | Arcilloso | C |
| Orgánico | O | Límite líquido alto (>50) | H |
| Turba | Pt | Límite líquido bajo (<50) | L |

Como ya se mencionó, para nosotros el mejor sistema de clasificación de suelos es el AASHTO por que se emplea el índice de grupo, pero este sistema es más usado en construcción de carreteras, pero también se coloca en las planillas del presente informe. El índice de grupo (Ig) es un valor que se utiliza en el sistema AASHTO para diferenciar suelos de un mismo grupo, mientras mayor sea su valor más alta es su plasticidad, este valor oscila entre 0 y 20.

7. DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DE LOS ESTUDIOS

Los suelos encontrados en el sitio de la futura construcción, son suelos aluviales en condición parcialmente secos a saturados.

Existe pequeño desnivel en el terreno, ya que el SPT-01 está ubicado en el punto más bajo del terreno, existiendo casi un desnivel de 1.00 m con el punto más alto que sería el SPT-02.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 17 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

En el **anexo 1** (registro de campo) se determinan las características de los perfiles, conjuntamente a los parámetros geotécnicos. En este numeral se describe literalmente la secuencia de la perforación:

➤ **SPT N° 01**


Este sondeo alcanzo una profundidad de 6.00 m. punto más bajo y su configuración sedimentaria es la siguiente:

- Desde 0.00 m. Hasta 0.15 m. Capa vegetal.
- Desde 0.15 m. Hasta 0.70 m. Limos arenosos con pequeños lentes de arcillas de condición in-situ firme, de compacidad media, parcialmente seco y de color marrón. **(SM)**
- Desde 0.70 m. Hasta 1.60 m. Arena arcillosas de baja plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad mediana, parcialmente seco y de coloración marrón rojizo. **(SC-SM)**
- Desde 1.60 m. Hasta 2.60 m. Arena arcillosas de baja plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad mediana, parcialmente seco y de coloración marrón rojizo. **(SC)**
- Desde 2.60 m. Hasta 3.70 m. Arena limosa sin plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad media en estado seco y de coloración marrón claro. **(SM)**
- Desde 3.70 m. Hasta 4.60 m. Arena limosa sin plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad media en estado seco y de coloración marrón claro. **(SM)**
- Desde 4.60 m. Hasta 5.60 m. Arena limosa sin plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad media en estado seco y de coloración marrón claro. **(SM)**
- Desde 5.60 m. Hasta 6.00 m. arenas mal graduadas de condición in-situ firme, de compacidad media saturado y de color marrón. **(SP-SM)**

Se observó durante la perforación Agua a los 5.60 m.

➤ **SPT N° 02**

Este sondeo alcanzo una profundidad de 6.00 m. punto más alto y su configuración sedimentaria es la siguiente:

| | | |
|---|---|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 18 de 45 |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

- Desde 0.00 m. Hasta 0.15 m. Capa vegetal.
- Desde 0.15 m. Hasta 0.70 m. Limos arenosos CON PEQUEÑOS LENTES DE ARCILLAS de condición in-situ firme, de compacidad media, parcialmente seco y de color marrón. **(SM)**
- Desde 0.70 m. Hasta 1.60 m. Arena arcillosas de baja plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad mediana, parcialmente seco y de coloración marrón rojizo. **(SC)**
- Desde 1.60 m. Hasta 2.60 m. Arena arcillosas de baja plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad mediana, parcialmente seco y de coloración marrón rojizo. **(SC)**
- Desde 2.60 m. Hasta 3.70 m. Arena arcillosas de baja plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad mediana, parcialmente seco y de color marrón rojizo. **(SC-SM)**
- Desde 3.70 m. Hasta 4.60 m. Arena limosa sin plasticidad de condición in-situ firme, de compacidad media en estado seco y de coloración marrón claro. **(SM)**
- Desde 4.60 m. Hasta 6.00 m. Arenas mal graduadas de condición in-situ firme, de compacidad media, de condición seco y de color marrón claro. **(SP-SM)**


Se observó durante la perforación agua a los 6.00 m.


8. NIVEL FREÁTICO Y NIVEL ESTÁTICO

Los suelos encontrados en el sitio de la futura Estructura son suelos aluviales en condición parcialmente secos a saturados en la fecha de la exploración se la realizo el 29 de agosto del 2025, en este tiempo se observó la presencia del nivel freático a los 5.80 m de profundidad promedio, se considera como nivel 0.00 m la boca o el inicio del estudio o nivel del terreno natural.

Tabla 6: Diferentes niveles del agua en los SPT

| Nº | Agua Colgada | Nivel Freatico |
|--------|----------------------------|---|
| SPT-01 | No se observa AGUA COLGADA | Se observa el NIVEL FREATICO a los 5.60 m |
| SPT-02 | No se observa AGUA COLGADA | Se observa el NIVEL FREATICO a los 6.00 m |
| | | |



| | | |
|---|---|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 19 de 45 |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

Se verificó el nivel estático después de 8 hs, y se evidencio una pequeña subida del agua, pero según temporadas y en razón de la presión artesiana en los estratos permeabilidad, las oscilaciones de los niveles freáticos pueden ser importantes, a continuación, se presentan una tabla de los materiales de valores tentativos de permeabilidad según el tipo material:


Tabla 7: Valores típicos de la conductividad hidráulica (Vallejo, 2002)

| Rango de valores del coeficiente de permeabilidad en suelos | |
|---|--------------------------------|
| Tipo de suelo | k (cm/s) |
| Grava mal graduada (GP) | ≥ 1 |
| Grava uniforme (GP) | 0,2-1 |
| Grava bien graduada (GW) | 0,05-0,3 |
| Arena uniforme (SP) | 5×10^{-3} -0,2 |
| Arena bien graduada (SW) | 10^{-3} -0,1 |
| Arena limosa (SM) | 10^{-3} - 5×10^{-3} |
| Arena arcillosa (SC) | 10^{-4} - 10^{-3} |
| Limo de baja plasticidad (ML) | 5×10^{-5} - 10^{-4} |
| Arcillas de baja plasticidad (CL) | 10^{-5} - 10^{-8} |

En los perfiles geotécnicos existen suelos permeables sobre materiales del tipo arcilla que son casi impermeables, que en tiempos de lluvias dependiendo de la ubicación del terreno, estos estratos permeables de limos arenosos funcionan como canales o como venas de aguas, alterando la ubicación de la presencia de agua, o sea, según temporadas por estas venas de materiales permeables puede alterar la ubicación del nivel freático.

9. CONCLUSIONES

Las conclusiones presentes, se han obtenido en base a los trabajos de campo cuyo alcance es de 2 (dos) exploraciones geotécnicas (S.P.T.) de 6 m de profundidad, dichos estudios se basan en reconocimientos puntuales en campo y del análisis de laboratorio realizado sobre muestras, también puntuales, extraídas del terreno. De este modo cabe la posibilidad de que existan diferencias por el área extensa de construcción, en cuanto a las características geológicas y

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 20 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

geotécnicas del terreno, entre la interpretación que se expone en el presente estudio y los condicionantes realmente presentes en el subsuelo.

Se aclara que solo se realizaron dos (2) estudios, por lo que pueden existir suelos no evidenciados en los ensayos realizados en el área relativamente extensa, se observan en la superficie limos arenosos (SM) hasta los 0.70 m, luego existen arenas arcillosas (SC) hasta los 2.60 a 3.70 m, luego existen arenas limosas hasta los 4.60 a 5.60 m, luego existen arenas mal graduadas (SP-SM) saturadas hasta la finalización del estudio de 6.00 m de profundidad.


Existen la parte superficial predominan las arenas limosas, estos no tienen cohesión la cual están conformados por arenas medias y finas, teniendo una granulometría muy favorable para sustentar estructuras con cierta resistencia. Este es sumamente estable ante los cambios de la temperatura y humedad, siendo más estable que el arcilloso, lamentablemente existe, pero de poco espesor ya que luego nuevamente existen arcillas.

A cierta profundidad existen arenas arcillosas, dependiendo del tipo como de la cantidad de arcillas estos suelos se hinchan ante la presencia de la humedad y se contraen en su ausencia.

Recuerde que todos los suelos son muy susceptibles a la humedad, y que sus características mecánicas de resistencia son afectadas por estos cambios. Por lo cual la resistencia de los suelos no es un valor constante, si se realizó un estudio de suelo en época seca y otro en tiempo de lluvia (inundación más acumulación de agua) variarían en resultado por más que se realizara en el mismo sitio, ya que su variable comportamiento en relación a su contenido de agua, hace que físicamente en estado seco aparenta ser mayoritariamente friccionante y cuando se humedece muestra plasticidad con evidente apariencia cohesiva.

En cualquier caso, se tendrá en cuenta que las conclusiones y consideraciones hechas únicamente serán válidas para materiales con características y propiedades similares a las descritas en el presente informe. Si se encontrasen discordancias entre el terreno existente en algún punto y los resultados descritos en este informe, deberá estudiarse detalladamente el caso y completar las prospecciones si ello fuese necesario con un nuevo estudio geotécnico.

Este estudio geotécnico, analiza el terreno desde el punto de vista de su capacidad portante para cimentar estructuras en él, no recogiendo el comportamiento del terreno en relación con otros

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 21 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

fenómenos imprevisibles que puedan acontecer (deslizamientos, desplazamientos, oquedades, cavernas, etc).

10. RECOMENDACIONES

Una vez conocida la naturaleza del terreno se plantea el problema de elegir la cimentación más adecuada, tanto desde punto de vista geotécnico y estructural como económico, estando este último punto muy ligado a la mayor o menor facilidad constructiva o necesidades de la estructura.


Por último, recordamos que el calculista es el que toma la decisión final en cuanto a que tipo de fundación a utilizar (ya que conoce de sobre manera las dimensiones, cargas y vibración de la estructura), para ello debe tomar en cuenta los perfiles de exploración geotécnica y los datos que contienen este informe. Por nuestra parte considerando las observaciones, conclusiones a priori y la visión del tipo de estructura a proyectarse se establecen las siguientes alternativas con sus respectivas recomendaciones y nuevamente se aclaran que estas recomendaciones no son fijas:

10.1. RECOMENDACIONES PARA CONSTRUCCIONES MENORES

En el área de estudio se construirá una serie de estructuras tipo cubiertas o viviendas, oficinas, casetas, soporte de tuberías, talleres, baños etc, para esto podrán emplearse cimentaciones tipo zapatas de Hormigón Armado.

La cimentación propiamente dicha será de tipo superficial a base de zapatas individuales y/o combinadas construidas en Hormigón Armado y según las cargas deberán estar enlazar por vigas de amarre ortogonales para transferir un porcentaje de la carga de cada zapata en una u otra dirección y tratar de minimizar los asentamientos, ya que cuando la estructura es pesada por su propia naturaleza, las zapatas aisladas asientan independientemente y por ende las columnas (asentadas sobre ellas) presentan escasa resistencia frente a giros o desplazamientos horizontales, por ello se recomienda en lo posible el empleo de vigas de amarre.

Si la estructura no es pesada (lo definirá por el calculista) se podrá optar por este tipo de fundaciones superficiales, directas sobre el material natural, si se da una buena profundidad de cimentación y si se realiza o construye un adecuado sistema de drenaje superficial o evacuación de agua de lluvia de manera que no se permita la acumulación de aguas pluviales en las

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 22 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

excavaciones.

Para la profundidad de las cimentaciones (Df) se recomienda una profundidad no menor de 1.50 metros o preferentemente a mayor profundidad, la teoría nos indica que a mayor profundidad los suelos están más consolidados naturalmente.

La tensión admisible adoptada como la capacidad portante del subsuelo o esfuerzo de trabajo máximo recomendado para la profundidad de desplante recomendada, es del orden de:

$q_{adm} = 1.50 \text{ Kg/cm}^2$, si se asienta sobre el material natural y se realiza un drenaje superficial

En cuanto a la capacidad portante o resistencia del suelo, se recomienda usar un valor más bajo a los calculados en los perfiles de suelos, como ya se indicó los suelos con arcillas son resistentes cuando están secas, pero al saturarse por algún fenómeno, pierden gran parte de esta resistencia, por ello se recomienda un valor conservador por si alguna vez llega a humedecerse el suelo.

Las dimensiones y espesor de la fundación superficial serán determinado por el calculista, en función de la magnitud de la obra, para tal efecto debe tomarse muy en cuenta el perfil geotécnico.

Además, se recomienda tener mucho cuidado de volver a compactar los rellenos de las excavaciones ya que muchas veces entra agua por una mala compactación se filtra y se presentan asentamientos no deseados en estos rellenos.

En el proyecto predominan a cierta profundidad las arenas arcillosas de baja plasticidad, además teniendo un comportamiento mixto: por un lado, la arena les confiere una textura granulosa y cierto drenaje, pero por otro, la arcilla aporta plasticidad, tenacidad, menor drenaje, alta retención de agua y capacidad de asentamientos a largo plazo debido a los cambios de volumen por el contenido de humedad. Su comportamiento geotécnico varía según el contenido de cada componente, según afectando la estabilidad de cimentaciones y su capacidad de trabajo

A continuación, tratamos de explicar porque es peligroso aplicar ciegamente zapatas en estructuras pesadas sin considerar los suelos a profundidad, para ello ver la figura 7, donde se representa un bulbo de presiones (efecto de la carga a profundidad) debajo de una zapata.


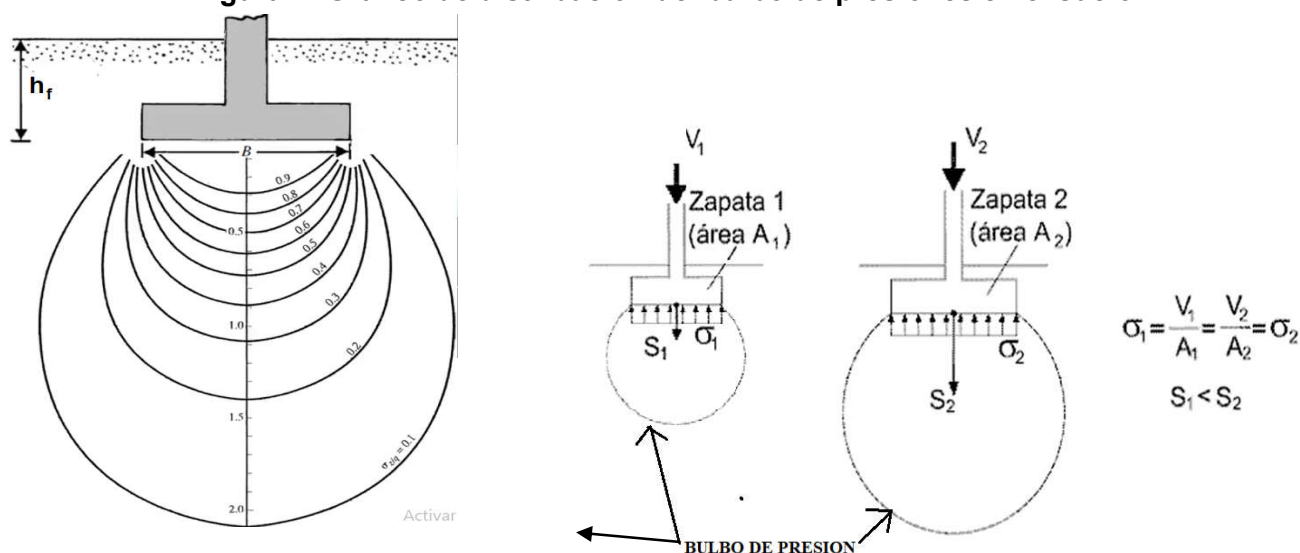
| | | |
|---|--------------------|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | | 23 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

Figura 7: Gráfico de distribución del bulbo de presiones en el suelo



A continuación, se presenta la tabla 8, es un resumen de los coeficientes de suelos recomendados, donde muchos son hallados indirectamente (no por ensayo) en función al suelo y al número de golpes del SPT, como por ejemplo el coeficiente de balasto, el cual es hallado “tensión admisible vs coeficiente de balasto” por el trabajo en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros ingenieros connotados (en diferentes épocas). La cual se extrajo de la Tesis de maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Autor Ing. Nelson Morrison).

Tabla 8: Resúmenes de coeficientes recomendados

| CUADRO DE RESUMEN DEL COEFICIENTE RECOMENDADOS | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------|----------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| CLASIFICACION | COEF. BALASTO | | Angulo de Friccion Interna | Cohesion (kg/cm2) | Coef. de Poisson | Modulo Transversal "Gs" (kg/cm2) | Densidad Natural "γm" (gr/cm3 o tn/m3) | MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL |
| SUSC | Tension Adm (kg/cm2) | K30 (kg/cm3) | | | | | | Es (kg/cm2) |
| Arenas arcillosas de baja plasticidad | 1.50 | 3.15 | 20° | 0.120 | 0.30 | 99 | 1.860 | 175 |

Además, se debe de tener cuidado con la ubicación de las zapatas, ya que si por el diseño están cercas una de otras, los bulbos de presiones se solaparán en profundidad, por lo que, a efectos de asiento, habrá que comprobar la cimentación como si tuviera el ancho total del conjunto de las zapatas.


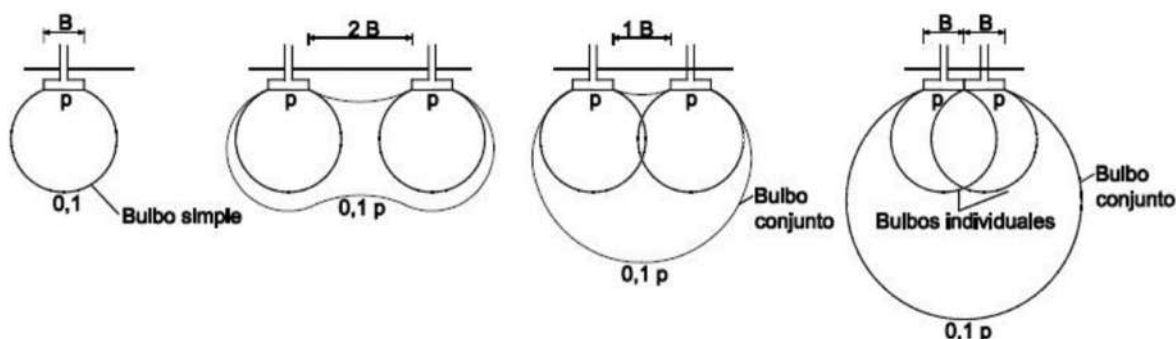
| | | |
|---|---|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPe-2025-2977-S-EG-001 HOJA: |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 24 de 45 REV: |

Figura 8: Incremento del bulbo de presiones cuando las zapatas están cerca una de otra




Una vez se haya alcanzado la profundidad deseada deberán removerse los materiales extraños garantizando un adecuado suelo de fundación nivelados y debidamente compactados en terreno, sin perturbar para colocar una capa de concreto pobre de 5 cm de espesor que sirva de protección y limpieza antes de fundir el concreto.

Recordamos nuevamente en especial para esta alternativa de fundación, en todo sector del proyecto debe construirse un adecuado sistema de drenaje superficial de manera que permita el escurrimiento de las aguas pluviales, debido a que existirían cambios de condición y resistencia mecánica iniciales de los estos suelos, por cambio en el contenido de humedad, es recomendable, ejecutar sistema de drenajes y/o darle pendientes del terreno para evacuar las aguas.

10.2. RECOMENDACIONES PARA MAQUINARIAS

Se tiene conocimiento que el proyecto existirán maquinarias como **compresores**, por ello se recomienda fundaciones superficiales tipo plateas o si la maquinaria vibra mucho serian macizos de cimentación (tipo cabezal) esto para que las vibraciones parte las absorba el macizo, cuando las vibraciones son excesivas las fuerzas de inercia adquieren importancia en relación a las estáticas y se deben aplicar criterios especiales en el diseño de estas fundaciones y para analizar el comportamiento y la deformación del suelo.

Pero por lo general el tipo de cimientos por lo general son superficiales y asentados de forma superficial, se recomienda una profundidad no menor de 0.50 metros de tal manera para no

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 25 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |

asentar sobre materiales con restos orgánicos (raíces) o evitar posibles erosiones.

La capacidad portante del subsuelo recomendable o tensión admisible de trabajo máximo se recomienda adoptar:

$q_{adm} = 0.80 \text{ Kg/cm}^2$, si se asienta en el suelo natural y se realiza un drenaje

Como se realizó el ensayo de SPT a cada metro se tienen resistencias a cada metro, como se considera a los 0.50 m de profundidad, se considera la mitad de la resistencia al metro de profundidad.

Se recuerda que los suelos de Santa Cruz son de formación geológica reciente, lo que implica una baja resistencia mecánica. Por esta razón, se emplea un factor de seguridad de 3 en los cálculos estructurales. Aunque algunos consideran este valor elevado, su aplicación ha demostrado ser eficaz, ya que minimiza significativamente la probabilidad de fallos. En caso de requerir una mayor capacidad portante, se recomienda considerar técnicas de estabilización de suelos adecuadas al tipo de terreno y a las exigencias del proyecto.

Podría realizarse una estabilización del suelo, hoy día existen soluciones desarrolladas con ingeniería y tecnología para cada caso, como los geosintéticos, otros no tan recientes como suelo cemento, o las más antiguas y más conocidas que es el mejoramiento de suelos mediante un retiro más cambio y compactación por otro suelo más estable al agua, para poder optar por este tipo de fundaciones superficial del tipo zapata.

A continuación, se presenta la tabla 9 que corresponde a un resumen de los coeficientes de suelos recomendados, donde muchos son hallados indirectamente (no por ensayo) en función al suelo y al número de golpes del SPT, como por ejemplo el coeficiente de balasto, el cual es hallado “tensión admisible vs coeficiente de balasto” por el trabajo en mecánica de suelos que han realizado el Prof. Terzaghi y otros ingenieros connotados (en diferentes épocas). La cual se extrajo de la Tesis de maestría “Interacción Suelo-Estructuras: Semi-espacio de Winkler”, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Autor Ing. Nelson Morrison).


| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 26 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |


Tabla 9: Rúmenes de coeficientes recomendados

| CUADRO DE RESUMEN DEL COEFICIENTE RECOMENDADOS | | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|---|--|------------------------------------|
| CLASIFICACION | COEF. BALASTO | | Angulo de Friccion Interna | Cohesion (kg/cm ²) | Coef. de Poisson | Modulo Transversal "Gs" (kg/cm ²) | Densidad Natural "γ _m " (gr/cm ³ o tn/m ³) | MODULO DE ELASTICIDAD LONGITUDINAL |
| SUSC | Tension Adm (kg/cm ²) | K30 (kg/cm ³) | | | | | | Es (kg/cm ²) |
| Arenas arcillosas de baja plasticidad | 1,50 | 3,15 | 20° | 0,120 | 0,30 | 99 | 1,860 | 175 |
| Arenas limosas con gravas (Cambio de material) | 1,80 | 3,82 | 30° | 0,00 | 0,25 | 160 | 1,960 | 280 |

Si el Ingeniero calculista opta por diferentes alternativas de solución deberá basarse en los perfiles geotécnicos.

11. BIOGRAFÍA CONSULTADA


- Terzaghi K y Peck R.B.; (1980); Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica 2da versión, edición El ateneo España 1980.
- Crespo Villalaz, libro Mecánica de suelos y cimentaciones 2da Edición Limusa México 1980
- Juárez Badillo Eulalio y Rico Rodríguez Alfonzo; (2001); Fundamentos de la mecánica de Suelos 3ra versión, Edición Limusa México 2001.
- MARIA GRACIELA FRATELLI; (1993); Suelos, Fundaciones y Muros, Editorial, Bonalde Editores Venezuela 1993.
- A. Couto Yáñez, M. Guaita Fernández, M. J. López Villar; (2003) Cimentaciones Superficiales y Estructuras de Contención" España 2003
- José María Rodríguez O., Jesús Serra Gesta y Carlos Oteo Mazo; (1997) - Curso Aplicado de Cimentaciones, España 1997.
- Braja M. Das; (2001) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Edición Thomson Learning; California State University, Sacramento 2001.
- Bermejo, V. 2013 "Laboratorio de Mecánica de Suelos I" UMSA, Facultad de Ingeniería,
- Servicio geológico de Bolivia, 1995, Hoja Geológica de La Paz N° 5944.
- Laboratorio Municipal de Suelos y Concretos, 2013, "Clasificación de suelos", Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 27 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

ANEXO N° 1


ESTUDIO DE PENETRACION ESTANDAR – S.P.T.

REGISTRO DE CAMPO

| | | | | |
|--|-----------|--|-------------------------|--------------|
|   | CLIENTE: | YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | | |
| | PROYECTO: | INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | | |
| Toda la información contenida en la presente documentación es confidencial y de propiedad de SITECAL S.R.L., siendo prohibida su reproducción o copia, total o parcial, sin autorización previa. | S / E | DOCUMENTO N°: | | REVISIÓN |
| | | | EG-S.P.T.- EGS-245-2025 | 0 |
| | | REEMPLAZA A: | | Pág.: 0 de 2 |





Archivo: IPE-2025-2977-S-EG-001-RE


| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 30 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |




ANEXO N° 2

ESTUDIO DE PENETRACION ESTANDAR – S.P.T.

REGISTRO DE LABORATORIO


| | | | | |
|--|-------|---------------|--|---------------|
|    | | CLIENTE: | YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | |
| | | PROYECTO: | INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | |
| Toda la información contenida en la presente documentación es confidencial y de propiedad de SITECAL, siendo prohibida su reproducción o copia, total o parcial, sin autorización previa. | S / E | DOCUMENTO N°: | | REVISIÓN |
| | | | EG-S.P.T.- EGS-245-2025 | 0 |
| | | REEMPLAZA A: | | Pág.: 0 de 18 |

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 31 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

| | | |
|---|--|----------------------------------|
|    | CONTENIDO | INDEX N° EGS- 245-2025 |
| | | Fecha: 02/09/2025 |
| Ciente: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL. | Obra: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA | CARPETA N° 01 |

S.P.T. N° 01


Coordenada X 20 K = 0471164.00
COORDENADAS / Coordinated:
 Coordenada Y UTM = 08062389.00
PROGRESIVA / Progressive:
ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA
BELGICA, PROVINCIA SARA A 17 KM DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN
EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.
PRUEBAS DE SUELOS : CLASIFICACION POR LOS METODOS AASHTO - UNIFICADO
SUCS Y LIMITES DE ATTERBERG CON SUS PLANILLAS DE REGISTROS CON SUS
RESULTADOS RESPECTIVOS
ESTUDIO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T
SOIL TESTING: METHODS FOR AASHTO CLASSIFICATION - UNIFIED ATTERBERG
LIMITS SUCS AND RETURNS WITH RECORD RESULTS WITH THEIR RESPECTIVE
STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.







SITECAL S.R.L.
INGENIERIA Y ARQUITECTURA


Estudio de Mec. De Suelos, Hormigon y Asfaltos
Laboratorio de Ensayos de Materiales
Construccion de Pilotes Vaciados In-Situ y Pozos de agua
Proyectos , Calculos y Direccion de obra.
Diseños y Planos Arquitectonicos


Carretera a Cotoca, Entre 5° y 6° Anillo, Barrio San Lorenzo, Calle N° 5, Zona Pampa de la Isla
 Tel: OL(591-3) 3901082-76690730-77630635-76691511, E_mail: info@sitecalsrl.com; Web: www.sitecalsrl.com.bo
 SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA


| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | ipe-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 32 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |


| | | | | | | |
|---|--|---------------|---|----------------------|------------|--------------------|
|   | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | | Rev : 00 Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 01 de 07 Carpeta N° 01 | | | |
| CLIENTE / Client: | YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | | MATERIAL / Material: Arenas limosas sin plasticidad | | | |
| PROYECTO / Project: | INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C | | | | | |
| UBICACIÓN / Location: | ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVINCIA DE COCHABAMBA | | COORDENADAS / Coordena: 20 K= 0471164.00 | | | |
| FECHA DE ENSAYO / Date Testing: | lunes, 01 de septiembre de 2025 | | ELEVACIÓN / Elevation: 0.000 m. UTM = 08062389.00 | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 01 | MUESTRA N° 01 | PROFUNDIDAD (m): 0.15 a 0.70 | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 29/08/2025 | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | |
| | ENSAYO N° | | | | | |
| | N° TARA | 240 | | | | |
| | PESO TARA (gr) | 23.19 | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 192.74 | | | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 186.43 | | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 6.31 | | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 163.24 | | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 3.87% | | | | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 144.96 | | | | |
| AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra); AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | | | |
| TAMICES | SERIE | mm | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO | |
| | N°4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | N°10 | 2.000 | 0.09 | 0.06 | 99.94 | |
| | N°40 | 0.425 | 13.73 | 9.47 | 90.53 | |
| | N°100 | 0.150 | 72.61 | 50.09 | 49.91 | |
| | N°200 | 0.075 | 88.66 | 61.16 | 38.84 | |
| | LIMITES DE ATTERBERGO DE CONSISTENCIA | | | | | |
| | AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido); T90-70 (Limite Plastico y I.P.) | | | | | |
| | LIMITES LIQUIDO | ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 | RESULTADOS FINALES |
| | | GOLPES | 10 | 21 | 35 | |
| N° TARA | | 99 | 538 | 22 | | |
| PESO TARA (gr) | | 11.87 | 12.67 | 11.96 | | |
| PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | | 28.65 | 38.09 | 28.55 | | |
| PESO SUELO SECO-TARA (gr) | | 26.12 | 34.58 | 26.42 | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | | 2.53 | 3.51 | 2.13 | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | 14.25 | 21.91 | 14.46 | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | 17.75% | 16.02% | 14.73% | | |
| LIMITES PLASTICO | | N° TARA | | | | |
| | PESO TARA (gr) | | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | | | | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | | | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | | | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | | | | | |
| | No Plastico | | | | | |
| | 0.00% | | | | | |




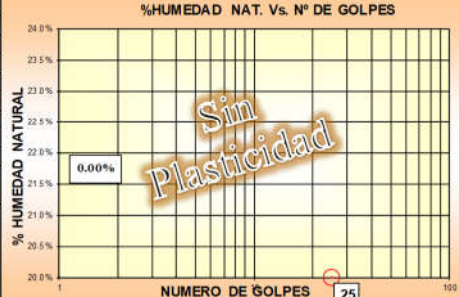
| | | | | | | |
|---|--|---------------|---|----------------------|------------|--------------------|
|   | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | | Rev : 00 Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 02 de 07 Carpeta N° 01 | | | |
| CLIENTE / Client: | YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | | MATERIAL / Material: Arenas arcillosas de baja plasticidad | | | |
| PROYECTO / Project: | INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C | | | | | |
| UBICACIÓN / Location: | ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVINCIA DE COCHABAMBA | | COORDENADAS / Coordena: 20 K= 0471164.00 | | | |
| FECHA DE ENSAYO / Date Testing: | lunes, 01 de septiembre de 2025 | | ELEVACIÓN / Elevation: 0.000 m. UTM = 08062389.00 | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 01 | MUESTRA N° 02 | PROFUNDIDAD (m): 0.70 a 1.60 | | | |
| FECHA DE MUESTREO: 29/08/2025 | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | |
| | ENSAYO N° | | | | | |
| | N° TARA | 13 | | | | |
| | PESO TARA (gr) | 23.88 | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 255.30 | | | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 243.94 | | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 11.36 | | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 220.06 | | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 5.16% | | | | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 228.96 | | | | |
| AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra); AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | | | |
| TAMICES | SERIE | mm | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO | |
| | N°4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | N°10 | 2.000 | 0.12 | 0.05 | 99.95 | |
| | N°40 | 0.425 | 20.70 | 9.04 | 90.96 | |
| | N°100 | 0.150 | 112.59 | 49.17 | 50.83 | |
| | N°200 | 0.075 | 132.12 | 57.70 | 42.30 | |
| | LIMITES DE ATTERBERGO DE CONSISTENCIA | | | | | |
| | AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido); T90-70 (Limite Plastico y I.P.) | | | | | |
| | LIMITES LIQUIDO | ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 | RESULTADOS FINALES |
| | | GOLPES | 13 | 26 | 38 | |
| N° TARA | | 448 | 5 | 107 | | |
| PESO TARA (gr) | | 12.84 | 12.52 | 11.71 | | |
| PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | | 25.35 | 33.57 | 26.36 | | |
| PESO SUELO SECO-TARA (gr) | | 23.24 | 30.28 | 24.15 | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | | 2.11 | 3.29 | 2.21 | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | 10.40 | 17.76 | 12.44 | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | 20.29% | 18.52% | 17.77% | | |
| LIMITES PLASTICO | | N° TARA | 505 | 533 | | |
| | PESO TARA (gr) | 12.73 | 12.52 | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 41.15 | 45.21 | | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 37.98 | 41.89 | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 3.17 | 3.32 | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 25.25 | 29.37 | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 12.55% | 11.30% | | | |
| | 11.93% | | | | | |


| | | | |
|---|-------------------------------------|---------|-----------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | INFORME | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | TÍTULO: | | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | | 33 de 45 |
| | | | REV: |
| | | B | |

| | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|------------|
|  | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | | Rev : 00 Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 03 de 07 Carpeta N° 01 | |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL PROYECTO / Project: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACION DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E" C UBICACION / Location: ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVIN COORDENADAS / Coordina FECHA DE ENSAYO / Date Testing: lunes, 01 de septiembre de 2025 ELEVACION / Elevation: 0.000 m. Coordenada X 20 K= 0471164.00 Coordenada Y UTM= 08062389.00 | MATERIAL / Material: Arenas arcillosas de baja plasticidad | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 01 MUESTRA N° 03 PROFUNDIDAD (m): 1.60 a 2.60 | FECHA DE MUESTREO: 29/08/2025 | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | |
| | ENSAYO N° | | | |
| | N° TARA | 2 572 | | |
| | PESO TARA (gr) | 22.41 27.90 | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 311.14 260.28 | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 292.28 | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 18.86 | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 269.87 232.38 | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 6.99% | | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 217.20 | | |
| AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra): AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | |
| TAMICES | | | | |
| SERIE | mm | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO |
| N°4 | 4.75 | 0.48 | 0.22 | 99.78 |
| N°10 | 2.000 | 0.76 | 0.35 | 99.65 |
| N°40 | 0.425 | 14.24 | 6.56 | 93.44 |
| N°100 | 0.150 | 90.03 | 41.45 | 58.55 |
| N°200 | 0.075 | 109.21 | 50.28 | 49.72 |
| LIMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA | | | | |
| AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido) : T90-70 (Limite Plastico y L.P.) | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 |
| | GOLPES | 13 | 23 | 39 |
| | N° TARA | GG-77 | 541 | HB-15 |
| | PESO TARA (gr) | 12.20 | 12.58 | 11.88 |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 35.57 | 31.70 | 37.14 |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 30.98 | 28.19 | 32.70 |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 4.59 | 3.51 | 4.44 |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 18.78 | 15.61 | 20.82 |
| | % HUMEDAD NATURAL | 24.44% | 22.49% | 21.33% |
| | N° TARA | 604 | 563 | |
| PESO TARA (gr) | 13.48 | 12.55 | | |
| PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 38.86 | 39.20 | | |
| PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 35.90 | 36.02 | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | 2.96 | 3.18 | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | 22.42 | 23.47 | | |
| % HUMEDAD NATURAL | 13.20% | 13.55% | | |
| RESULTADOS FINALES | | | | |
| LIMITE LIQUIDO 22.45% | | | | |
| LIMITE PLASTICO 13.38% | | | | |
| INDICE PLASTICO 9.1% | | | | |
| INDICE DE GRUPO (I.G.) (3) | | | | |
| CLASIF. AASHTO A-4 (3) | | | | |
| CLASIF. SUCS SC | | | | |
| Arenas arcillosas de baja plasticidad | | | | |

| | | | | |
|---|--|-------------------------------|---|------------|
|  | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | | Rev : 00 Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 04 de 07 Carpeta N° 01 | |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL PROYECTO / Project: INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACION DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E" C UBICACION / Location: ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVIN COORDENADAS / Coordina FECHA DE ENSAYO / Date Testing: lunes, 01 de septiembre de 2025 ELEVACION / Elevation: 0.000 m. Coordenada X 20 K= 0471164.00 Coordenada Y UTM= 08062389.00 | MATERIAL / Material: Arenas limosas sin plasticidad | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 01 MUESTRA N° 04 PROFUNDIDAD (m): 2.60 a 3.70 | FECHA DE MUESTREO: 29/08/2025 | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | |
| | ENSAYO N° | | | |
| | N° TARA | 10 557 | | |
| | PESO TARA (gr) | 24.55 30.77 | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | 229.42 283.88 | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | 215.39 | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 5.03 | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 190.64 253.11 | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 2.64% | | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 246.61 | | |
| AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra): AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | |
| TAMICES | | | | |
| SERIE | mm | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO |
| N°4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°10 | 2.000 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°40 | 0.425 | 29.14 | 11.82 | 88.18 |
| N°100 | 0.150 | 162.51 | 65.90 | 34.10 |
| N°200 | 0.075 | 184.64 | 74.87 | 25.13 |
| LIMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA | | | | |
| AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido) : T90-70 (Limite Plastico y L.P.) | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 |
| | GOLPES | | | |
| | N° TARA | | | |
| | PESO TARA (gr) | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | | | |
| | PESO SUELO SECO-TARA (gr) | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | | | |
| | N° TARA | | | |
| PESO TARA (gr) | | | | |
| PESO SUELO HUMEDO-TARA (gr) | | | | |
| PESO SUELO SECO-TARA (gr) | | | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | | | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | | | |
| RESULTADOS FINALES | | | | |
| LIMITE LIQUIDO 0.00% | | | | |
| LIMITE PLASTICO 0.00% | | | | |
| INDICE PLASTICO N.P. | | | | |
| INDICE DE GRUPO (I.G.) (0) | | | | |
| CLASIF. AASHTO A-2-4 (0) | | | | |
| CLASIF. SUCS SM | | | | |
| Arenas limosas sin plasticidad | | | | |

| | | | |
|---|--|--|------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ipe-2025-2977-S-EG-001 | |
| | | | HOJA: |
| | TÍTULO: | | 34 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | | REV: B |

| | | | | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------|---|---|-----------------------------|----------------------|------------------------|-------|
|    | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | Rev: 00 Fecha: 02/09/2025 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 05 de 07 Carpeta N° 01 | | | | | | | |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C UBICACIÓN / Location: ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVIN COORDENADAS / Coordinat: 20 K=0471164.00 FECHA DE ENSAYO / Date Testing: lunes, 01 de septiembre de 2025 ELEVACIÓN / Elevation: 0.000 m. Coordinada Y UTM=08062389.00 | MATERIAL / Material: Arenas limosas sin plasticidad | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 01 MUESTRA N° 05 PROFUNDIDAD (m): 3.70 a 4.60 | FECHA DE MUESTREO: 29/08/2025 | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra); AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | | |
| | ENSAYO N° | | | TAMICES | | | | | |
| | N° TARA | 24 91 | | SERIE | mm | PESO RETENIDO ACUMULADO (g) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO | |
| | PESO TARA (gr) | 23.95 25.89 | | | | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | 246.82 235.09 | | N#4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | 243.31 | | N#10 | 2.000 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 3.51 | | N#40 | 0.425 | 28.98 | 14.21 | 85.79 | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 219.36 207.20 | | N#100 | 0.150 | 152.29 | 74.68 | 25.32 | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 1.60% | | N#200 | 0.075 | 172.43 | 84.55 | 15.45 | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 203.94 | | | | | | | |
| LIMITES DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA | | | | | | | | | |
| AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Límite Líquido) ; T90-70 (Límite Plástico y I.P.) | | | | | | | | | |
| LÍMITE LÍQUIDO | ENSAYO N° | 1 | 2 | 3 |  | | | RESULTADOS FINALES | |
| | GOLPES | | | | | | | LÍMITE LÍQUIDO | 0.00% |
| | N° TARA | | | | | | | LÍMITE PLÁSTICO | 0.00% |
| | PESO TARA (gr) | | | | | | | ÍNDICE PLÁSTICO | N.P. |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | ÍNDICE DE GRUPO (I.G.) | (0) |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | CLASIF. AASHTO | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | A-2-4 (0) | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | | | CLASIF. SUCS | | | | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | | | SM | | | | | |
| LÍMITE PLÁSTICO | N° TARA | | | | Arenas limosas sin plasticidad | | | | |
| | PESO TARA (gr) | | | | | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | | |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | | | | | | | | |
| | % HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | |

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 36 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |

| | | |
|---|---|-------------------|
|    | CONTENIDO | INDEX N° |
| | | EGS- 245-2025 |
| | | Fecha: 07/11/2024 |
| | Ciente: YPFB TRANSPORTE S.A. - IPE BOLIVIA SRL | CARPETA N° |
| | Otra: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA | 02 |

S.P.T. N° 02

Coordenada X 20 K = 0471177.00

COORDENADAS / Coordinated:

Coordenada Y UTM = 08062397.00

PROGRESIVA / Progressive:

**ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA
BELGICA, PROVINCIA SARA A 17 KM DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN
EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.**

**PRUEBAS DE SUELOS : CLASIFICACION POR LOS METODOS AASHTO - UNIFICADO
SUCS Y LIMITES DE ATTERBERG CON SUS PLANILLAS DE REGISTROS CON SUS
RESULTADOS RESPECTIVOS**

ESTUDIO DE PENETRACION ESTANDAR S.P.T

**SOIL TESTING: METHODS FOR AASHTO CLASSIFICATION - UNIFIED ATTERBERG
LIMITS SUCS AND RETURNS WITH RECORD RESULTS WITH THEIR RESPECTIVE**


STANDARD PENETRATION TEST S.P.T.



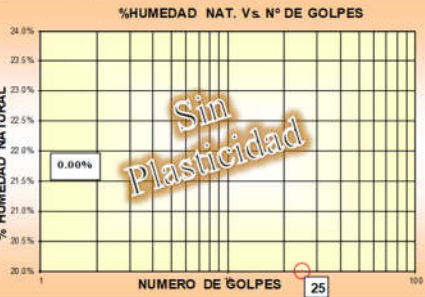





Estudio de Mec. De Suelos, Hormigon y Asfaltos
Laboratorio de Ensayos de Materiales
Construccion de Pilotes Vaciados In-Situ y Pozos de agua
Proyectos , Calculos y Direccion de obra.
Diseños y Planos Arquitectonicos


Carretera a Cotoca, Entre 5° y 6° Anillo, Barrio San Lorenzo, Calle N° 5, Zona Pampa de la Isla
Tel: 06(591-3) 3901082-76690730-77630635-76691511, E-mail: info@sitecalsrl.com; Web: www.sitecalsrl.com.bo
SANTA CRUZ DE LA SIERRA - BOLIVIA

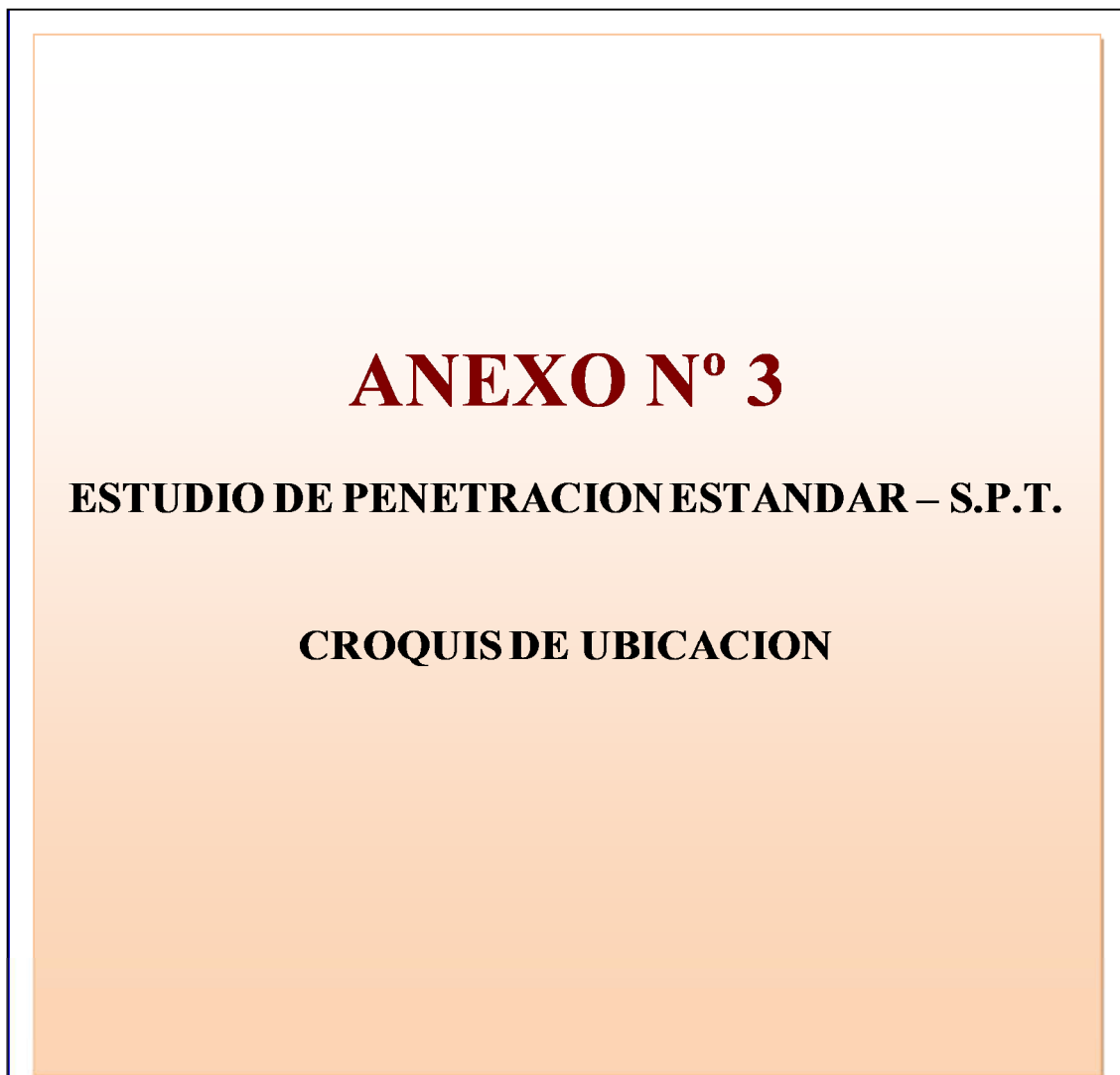




| | | |
|---|---|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: INFORME | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: ipe-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | HOJA: 39 de 45 |
| | | REV: B |


| | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|-------|--------|------------------------------|--------------------------------|------------|
|  Transporte S.A. |  SITECAL | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | Rev: 00 Fecha: 07/11/2024 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 05 de 06 Carpeta N° 02 | | | | | | |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA YSTA UCG EN LA E" C UBICACIÓN / Location: ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVIN FECHA DE ENSAYO / Date Testing: lunes, 01 de septiembre de 2025 | MATERIAL / Material: Arenas limosas sin plasticidad COORDENADAS / Coordinates: Coordenada X 20 K= -0471177.00 ELEVACIÓN / Elevation: 0.000 m. Coordenada Y UTM = 08062397.00 | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 02 | MUESTRA N° 05 | PROFUNDIDAD (m): 3.70 a 4.60 | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra); AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | | |
| | ENSAYO N° | | | | | | | | |
| | N° TARA | 1 2 | | TAMICES | | | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO |
| | PESO TARA (gr) | 13 71 | | SERIE | mm | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | 241.63 217.11 | | Nº4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | 238.53 | | Nº10 | 2.000 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 3.10 | | Nº40 | 0.425 | 21.13 | 11.19 | 88.81 | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 213.36 191.52 | | Nº100 | 0.150 | 135.48 | 71.77 | 28.23 | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 1.45% | | Nº200 | 0.075 | 151.57 | 80.29 | 19.71 | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 188.78 | | | | | | | |
| LIMITE DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA | | | | | | | | | |
| AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido) : T90-70 (Limite Plastico y I.P.) | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | ENSAYO N° | | 1 2 3 | % HUMEDAD NAT. Vs. N° DE GOLPES | | | | RESULTADOS FINALES | |
| | GOLPES | | |  | | | | LIMITE LIQUIDO | 0.00% |
| | N° TARA | | | | | | | LIMITE PLASTICO | 0.00% |
| | PESO TARA (gr) | | | | | | | INDICE PLASTICO | N.P. |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | INDICE DE GRUPO (IG.) | (0) |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | CLASIF. AASHTO | A-2-4 (0) |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | CLASIF. SUCS | SM |
| | PESO SUELO SECO (gr) | | | | | | | Arenas limosas sin plasticidad | |
| | % HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | |
| | LIMITE PLASTICO | | | | | | | | |
| PESO TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | | | | | | | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|---|--|-------|--------|------------------------------|------------------------------------|------------|
|  Transporte S.A. |  SITECAL | ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SISTEMA DE CLASIFICACION A.A.S.H.T.O. Y S.U.C.S. Designacion A.A.S.H.T.O. -A.S.T.M. | Rev: 00 Fecha: 07/11/2024 Reporte N° EGS- 245-2025 Página: 06 de 06 Carpeta N° 02 | | | | | | |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA YSTA UCG EN LA E" C UBICACIÓN / Location: ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVIN FECHA DE ENSAYO / Date Testing: lunes, 01 de septiembre de 2025 | MATERIAL / Material: Arena mal graduada con pocos finos COORDENADAS / Coordinates: Coordenada X 20 K= -0471177.00 ELEVACIÓN / Elevation: 0.000 m. Coordenada Y UTM = 08062397.00 | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS DEL MUESTREO: | S.P.T. N° 02 | MUESTRA N° 06 | PROFUNDIDAD (m): 4.60 a 6.00 | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL Y ANALISIS GRANULOMETRICO | | | | | | | | | |
| % DE HUMEDAD NATURAL | ASTM D2216-71 (Norma ASTM parte 19) | | ANALISIS GRANULOMETRICO | AASHTO T87-70 (Preparac. de Muestra); AASHTO T88-70 (Proced. de Prueba) | | | | | |
| | ENSAYO N° | | | | | | | | |
| | N° TARA | 1 2 | | TAMICES | | | PESO RETENIDO ACUMULADO (gr) | % RETENIDO ACUMULADO | % MAS FINO |
| | PESO TARA (gr) | 43 589 | | SERIE | mm | | | | |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | 188.35 237.10 | | Nº4 | 4.75 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | 185.39 | | Nº10 | 2.000 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| | PESO DEL AGUA (gr) | 2.96 | | Nº40 | 0.425 | 30.50 | 15.53 | 84.47 | |
| | PESO SUELO SECO (gr) | 161.42 200.02 | | Nº100 | 0.150 | 165.72 | 84.37 | 15.63 | |
| | % HUMEDAD NATURAL | 1.83% | | Nº200 | 0.075 | 180.74 | 92.02 | 7.98 | |
| | PESO SUELO SECO ANT. DEL LAV. | 196.42 | | | | | | | |
| LIMITE DE ATTERBERG O DE CONSISTENCIA | | | | | | | | | |
| AASHTO T89-68 / ASTM D423-66 (Limite Liquido) : T90-70 (Limite Plastico y I.P.) | | | | | | | | | |
| LIMITE LIQUIDO | ENSAYO N° | | 1 2 3 | % HUMEDAD NAT. Vs. N° DE GOLPES | | | | RESULTADOS FINALES | |
| | GOLPES | | |  | | | | LIMITE LIQUIDO | 0.00% |
| | N° TARA | | | | | | | LIMITE PLASTICO | 0.00% |
| | PESO TARA (gr) | | | | | | | INDICE PLASTICO | N.P. |
| | PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | INDICE DE GRUPO (IG.) | (0) |
| | PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | CLASIF. AASHTO | A-3 (0) |
| | PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | CLASIF. SUCS | SP-SM |
| | PESO SUELO SECO (gr) | | | | | | | Arena mal graduada con pocos finos | |
| | % HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | |
| | LIMITE PLASTICO | | | | | | | | |
| PESO TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO HUMEDO+TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO SECO+TARA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO DEL AGUA (gr) | | | | | | | | | |
| PESO SUELO SECO (gr) | | | | | | | | | |
| % HUMEDAD NATURAL | | | | | | | | | |

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | 40 de 45 |
| | | REV: |
| | | B |




| | | | |
|---|-------|--|--------------|
|  | | CLIENTE: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | |
|  | | PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | |
| Toda la información contenida en la presente documentación es confidencial y de propiedad de SITECAL, siendo prohibida su reproducción o copia, total o parcial, sin autorización previa. | | DOCUMENTO N°: | |
| | S / E | EG-S.P.T.- EGS-245-2025 | REVISIÓN |
| | | REEMPLAZA A: | 0 |
| | | | Pág.: 0 de 1 |

| | | |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 |
| | TÍTULO: | HOJA: 42 de 45 |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | REV: B |



| | | | |
|--|-------|--|--------------|
|    | | CLIENTE: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL | |
| | | PROYECTO: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA | |
| Toda la información contenida en la presente documentación es confidencial y de propiedad de SITECAL, siendo prohibida su reproducción o copia, total o parcial, sin autorización previa. | | DOCUMENTO N°: | |
| | S / E | EG-S.P.T.- EGS-245-2025 | REVISIÓN |
| | | | 0 |
| | | REEMPLAZA A: | Pág.: 0 de 3 |

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IFE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 43 de 45 |
| | TÍTULO: | REV: B |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | |

| | | |
|---|----------------------------|-------------------------|
|  | REPORTE FOTOGRAFICO | Rev : 00 |
| | REPORT PHOTOGRAPHIC | Fecha : 02/09/2025 |
| | | Reporte N° EGS-245-2025 |
| | | Página 1 de 3 |

CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - FE BOLIVIA SRL

PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA ETC COLPA

ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVINCIA SARA A 17 KM

LOCALIZACION / Localication : DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.

S.P.T.- Nº 01



SE OBSERVA EL TERRENO DONDE SE REALIZARA EL PRIMER PUNTO DE ESTUDIO GEOTÉCNICO EL CUAL SE ENCUENTRA UBICADO EN EL ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVINCIA SARA A 17 KM DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.



SE ILUSTRAS COMO EL RESPONSABLE DEL ENSAYO MDE EN LA BARRA GUIA LAS ALTURAS A PENETRAR MEDIANTE GOLPES, POR NORMA SE CONTROLA EN NUMERO DE GOLPES CADA 15,00 CM. DE PENETRACION



LUEGO SE PROCEDE A GOLPEAR CON EL MARTILLO DE PESO ESTANDARIZADO DE 63.5 Kg CON UNA ALTURA DE CAIDA DE 75 cm, SE ILUSTRAS COMO EL TECNICO RESPONSABLE CONTROLA EL NUMERO DE GOLPES PARA PENETRAR LOS 45 cm, EN INTERVALOS DE 15 cm, SONDEO Nº 01




SE OBSERVA COMO SE PROCEDE A VERIFICAR LA PENETRACION MDEANDO LOS ACOPLES DE LA CUCHARA DE TERZAGHI, GRACIAS A ESTOS ACOPLES SE LLEGA A LA PROFUNDIDAD DESEADA



SE OBSERVA COMO PERSONAL EXTRAE LAS MUESTRAS DE LA CUCHARA DE TERZAGHI, PARA LUEGO REMITIRLA AL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PARA SU RESPECTIVO ANALISIS

TERRA Y SERVICIOS S.A. S.R.L.

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IPE-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 44 de 45 |
| | TÍTULO: | REV: B |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | |

| | | |
|---|----------------------------|--|
|  | REPORTE FOTOGRAFICO | Rev : 00 |
| | REPORT PHOTOGRAPHIC | Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS-245-2025 Página 2 de 3 |

CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL

PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C COLPA

ESTACION DE COMPRESION DE COLPA, MUNICIPIO DE COLPA BELGICA, PROVINCIA SARA A 17 KM

LOCALIZACION / Location : DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA.

S.P.T.- N° 02



SE OBSERVA EL TERRENO DONDE SE REALIZARA EL SEGUNDO PUNTO DE ESTUDIO GEOTÉCNICO EL CUAL SE ENCUENTRA UBICADO EN LA ZONA NOR-OESTE DE LA CIUDAD DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA



SE ILUSTRAS COMO EL RESPONSABLE DEL ENSAYO MIDE EN LA BARRA GUIA LAS ALTURAS A PENETRAR MEDIANTE GOLPES, POR NORMA SE CONTROLA EN NUMERO DE GOLPES CADA 15,00 CM. DE PENETRACION



LUEGO SE PROCEDE A GOLPEAR CON EL MARTILLO DE PESO ESTANDARIZADO DE 63.5 Kg CON UNA ALTURA DE CAIDA DE 75 cm, SE ILUSTRAS COMO EL TECNICO RESPONSABLE CONTROLA EL NUMERO DE GOLPES PARA PENETRAR LOS 45 cm, EN INTERVALOS DE 15 cm, SONDEO N° 02




SE OBSERVA COMO SE PROCEDE A VERIFICAR LA PENETRACION MIDIENDO LOS ACOPLES DE LA CUCHARA DE TERZAGHI, GRACIAS A ESTOS ACOPLES SE LLEGA A LA PROFUNDIDAD DESEADA



SE OBSERVA COMO PERSONAL EXTRAE LAS MUESTRAS DE LA CUCHARA DE TERZAGHI, PARA LUEGO REMITIRLA AL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS PARA SU RESPECTIVO ANALISIS

SEARA Y SERVICIOS S.A. S.R.L.

| | | |
|---|-------------------------------------|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO: | CÓDIGO DEL DOCUMENTO: |
| | INFORME | IP-2025-2977-S-EG-001 HOJA: 45 de 45 |
| | TÍTULO: | REV: B |
| | INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO (SPT) | |

| | | |
|---|---|--|
|  | REPORTE FOTOGRAFICO REPORT PHOTOGRAPHIC | Rev : 00 Fecha : 02/09/2025 Reporte N° EGS-245-2025 Página 3 de 3 |
| CLIENTE / Client: YPFB TRANSPORTE SA - IPE BOLIVIA SRL. PROYECTO / Project: INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA LOCALIZACION / Location : DE LA LOCALIDAD DE WARNES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ, BOLIVIA. | | |
| <h2 style="text-align: center;">ENSAYOS DE LABORATORIO</h2> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>SE OBSERVA COMO SE PROCEDE AL LAVADO DE LA MUESTRA POR MEDIO DEL TAMIZ # 200</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SE OBSERVA COMO SE PROCEDE AL PESADO DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS EN EL TRABAJO DE CAMPO</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SE PROCEDE AL TAMIZADO DE LAS MUESTRAS PARA LLEGAR A OBTENER LOS PORCENTAJES MAS FINOS Y ASI DE ESTA MANERA PODER CLASIFICARLOS</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SE OBSERVA COMO EL TECNICO REALIZA EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO PARA DETERMINAR EL GRADO DE PLASTICIDAD QUE TIENEN LOS SUELOS DE NATURALEZA ARCILLOSA</p> </div> </div> | | |