

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA
DE LA COMPACTACIÓN DINÁMICA PARA MEJORAMIENTO
DE SUELOS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORA:

María Fernanda Cristel Veiga Manrique

ASESOR:

Juan Pablo Zamora Beyk

Lima, Octubre, 2020

RESUMEN

La presente tesis consiste en demostrar la factibilidad técnica y económica de la aplicación del mejoramiento de suelos por compactación dinámica en un terreno de 100'052.37 m² de superficie ubicado en Chilca – Cañete – Lima, este método radica en transmitir energía al suelo mediante ondas de impacto producidas tras la caída libre o semi caída de una masa entre 8 a 225 toneladas a una altura desde 15 a 40 metros de manera repetitiva.

El objetivo del mejoramiento de suelos es conseguir una mejora en la presión admisible a 2.0 kg/cm² y que el asentamiento diferencial tolerable no supere 2.5 cm en una estratigrafía compuesta en predominancia por arena mal graduada con presencia de limo y arcilla en contenidos variables y cuya densidad y tamaño de partícula van en aumento conforme a su profundidad.

En el desarrollo de este trabajo se elabora un diseño de la técnica de compactación dinámica según el método propuesto por la Federal Highway Administration (FHWA) en su manual Dynamic Compaction y se comparan las variables obtenidas con los valores de masa, altura de caída, cantidad de impactos y distanciamiento entre huellas empleados en campo durante el proceso de ejecución.

Asimismo, se estima un costo por m² de la aplicación de la compactación dinámica según el caso en estudio y las condiciones in situ del proyecto específico.

Finalmente, tras comparar los valores de resistencia por punta corregida (q_t) de los ensayos de penetración con piezocono (CPTu) iniciales y posteriores al mejoramiento por compactación dinámica se verifica el incremento de la resistencia y el cumplimiento de los objetivos técnicos trazados



En agradecimiento a:

Mi madre por todos tus años de sacrificios y apoyo constante que ahora dan sus frutos.

Mi padre por ser el mejor maestro con sus enseñanzas y orientación en todo momento.

A Soletanche Bachy Perú por encaminar mi inicio profesional y permitirme conocer técnicas de mejoramientos de suelos innovadoras.

Mi asesor y profesores porque me transmitieron su conocimiento y contribuyeron en mi formación académica.

Índice General

1. Generalidades.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3. Alcances.....	2
1.4. Justificación.....	3
2. Marco Teórico.....	4
2.1 Técnicas de mejoramiento de suelos existentes.....	4
2.1.1 Columnas de grava.....	6
2.1.2 Inclusiones Rígidas.....	8
2.2 Compactación Dinámica.....	9
2.2.1 Principios generales.....	9
2.2.2 Aplicabilidad de la compactación dinámica.....	12
2.2.2.1 Categorización del tipo de suelo.....	14
2.2.2.1.1 Suelos favorables – Zona 1.....	15
2.2.2.1.2 Suelos favorables con restricciones – Zona 2.....	16
2.2.2.1.3 Suelos inapropiados – Zona 3.....	17
2.2.2.2 Restricciones de la zona.....	17
2.2.2.2.1 Vibraciones.....	17
2.2.2.2.2 Ubicación del Nivel Freático.....	18
2.2.2.2.3 Presencia de capas con alta absorción de energía.....	18
2.2.2.3 Requerimientos del diseño.....	18
2.2.3 Influencia de la compactación en las propiedades físicas.....	19
2.2.4 Influencia de la compactación en las propiedades mecánicas.....	20
2.2.5 Variación de las propiedades del suelo en función del tiempo y de la cantidad de fases.....	20
2.2.6 Limitaciones.....	22
3. Estudio del caso.....	23
3.1 Evaluación Preliminar del terreno a mejorar.....	23
3.1.1 Área de estudio.....	24
3.1.2 Estructura prevista.....	25
3.1.3 Trabajos efectuados.....	25
3.1.3.1 Exploración de campo previa al mejoramiento.....	25

3.1.3.2	Ensayos de Laboratorio.....	27
3.1.4	Características del suelo.....	28
3.1.4.1	Perfil del suelo identificado.	28
3.1.4.2	Nivel Freático.....	28
3.1.4.3	Colapsabilidad del suelo.	28
3.1.5	Cimentación.....	29
3.1.5.1	Tipo de Cimentación.....	29
3.1.5.2	Profundidad de Cimentación.....	29
3.1.5.3	Efecto sísmico.....	31
3.1.6	Estratigrafía del caso en estudio.....	31
3.1.6.1.1	Cálculo de correlaciones entre las exploraciones de campo.	33
3.2	Diseño del mejoramiento de suelos por compactación dinámica.....	41
3.2.1	Elección de la masa y altura de caída.....	41
3.2.2	Cálculo de la energía a aplicar.....	44
3.2.3	Determinación del espaciamiento entre huellas, número de golpes y cantidad de fases.	44
3.2.4	Cálculo del número de golpes y cantidad de fases.....	45
3.2.5	Descripción de la plataforma de trabajo.....	47
3.3	Verificación del tratamiento.....	47
3.3.1	Descripción del procedimiento constructivo.....	47
3.3.1.5	Resultados de los ensayos ejecutados en campo.....	52
3.3.1.6	Ensayos CPTu realizados en la zona de prueba.....	52
3.3.1.7	Medición de asentamientos mediante la Prueba de Hundimiento.....	56
4	Análisis de la factibilidad técnica y económica.....	59
4.1	Comparativo entre la evaluación preliminar y la verificación del tratamiento.....	59
4.1.1	Ensayos de penetración con piezocono CPTu.....	59
4.1.2	Prueba de hundimiento.....	66
4.2	Comparativo entre el diseño realizado y la ejecución.....	67
4.3	Análisis de costo de la compactación dinámica.....	68
5	Conclusiones y recomendaciones.....	74
6	Bibliografía.....	76

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Aplicabilidad de las técnicas de mejora de suelos en función del tamaño de las partículas.....	5
Ilustración 2 Esquema de ejecución de Columnas de Grava por vibrosustitución	7
Ilustración 3 Esquema de ejecución de Columnas de Grava por vibrodesplazamiento	7
Ilustración 4 Esbozo de un suelo mejorado con Inclusiones Rígidas.....	8
Ilustración 5 Esquema de un tratamiento por compactación Dinámica	10
Ilustración 6 Esquema de transmisión de ondas post impacto	10
Ilustración 7 Variación de las fases del suelo a lo largo del tiempo.....	11
Ilustración 8 Secuencia de impactos por fase de la compactación dinámica	12
Ilustración 9 Aplicabilidad de la compactación dinámica en función al tipo de suelo y a sus propiedades	15
Ilustración 10 Antes y después del mejoramiento de un conjunto de partículas granulares (Menard - España, 2016).....	16
Ilustración 11 Evolución de la energía, variación de volumen, presión intersticial y resistencia del terreno en varias fases	22
Ilustración 12 Vistas panorámicas del interior del terreno estudiado.....	24
Ilustración 13 Distribución de las exploraciones de campo realizadas en el EMS	26
Ilustración 14 Distribución de las exploraciones de campo realizadas por el ejecutor	27
Ilustración 15 Evaluación de potencial de colapso.....	29
Ilustración 16 Secciones propuestas para corte de terreno	31
Ilustración 17 Estratigrafías identificadas en las cotas 38.0 - 36.5 y 34.5 msnm	32
Ilustración 18 Gráfico de las presiones de poro dinámica en CPTu 17, CPTu 19 y CPTu 21	36
Ilustración 19 Profundidad de mejora ante una masa W y una altura de caída H	42
Ilustración 20 Energía aplicada ($\text{ton}\cdot\text{m}/\text{m}^3$) según el tipo de suelo a compactar (FHWA, 1995).....	44
Ilustración 21 Distribución de huellas a espaciamientos de 5m con medición diagonal y lateral.	45
Ilustración 22 Zona de Área de Prueba con malla de huellas de compactación de 5x5 y 6x6	49
Ilustración 23 Distribución de áreas para el proceso de compactación dinámica	50
Ilustración 24 Primera compactación dinámica en Perú	51
Ilustración 25 Proceso de planchado de superficie.....	52
Ilustración 26 Ubicación de CPTu en planta.....	53
Ilustración 27 Terraplén situado en la zona de prueba	56
Ilustración 28 Platos de asentamiento colocados en zona de prueba.....	57
Ilustración 29 Distribución en planta de los platos de asentamiento.....	57
Ilustración 30 Asentamientos calculados en la malla de 5x5	58
Ilustración 31 Asentamientos calculados en la malla de 6x6	58
Ilustración 32 Comparativo de resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 01 al 03	60
Ilustración 33 Comparativo de resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 04 al 06.	62
Ilustración 34 Resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 19 y 23	64
Ilustración 35 Resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 17 al 30 posterior a la compactación dinámica.....	66
Ilustración 36 Cálculo de Precios Unitarios Compactación Dinámica.....	72
Ilustración 37 Presupuesto General	72

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación según transitoriedad de la técnica de mejoramiento	4
Tabla 2 Lineamientos de evaluación preliminar.....	13
Tabla 3 Detalle de corte de terreno y profundidades de mejora mínimas	30
Tabla 4 Factores de corrección SPT	33
Tabla 5 Detalle de golpes corregidos (N ₆₀) con su clasificación SUCS para perforaciones WB 1 a la 3.....	34
Tabla 6 Detalle de golpes corregidos (N ₆₀) con su clasificación SUCS para perforaciones WB 4 a la 6.....	35
Tabla 7 Cálculo de correlación entre los SPT y Conos de Peck.....	37
Tabla 8 Valores de n en función al tipo de suelo, permeabilidad y grado de saturación del mismo	43
Tabla 9 Cálculo de Energía total aplicada (ton.m/m ²).....	47
Tabla 10 Distribución de CPTu ejecutados	52
Tabla 11 Resultados de la resistencia por punta corregida (qt) en la malla 5x5	53
Tabla 12 Resultados de la resistencia por punta corregida (qt) en la malla 6x6.....	55
Tabla 13 Resultados de la resistencia por punta corregida (qt) en el CPTu 19 y CPTu 23	63
Tabla 14 Comparativo de variables obtenidas en el diseño y ejecución de la compactación dinámica	68



1. Generalidades

1.1. Introducción

Se desconoce el año de la primera aplicación de la compactación dinámica en los suelos; sin embargo, hay registros históricos de su utilización desde la época de los romanos y posteriormente en un aeropuerto en China en los años 1940. En el año 1969, el francés Louis Menard, patentó el desarrollo teórico de la técnica que con el pasar de los años ha ido optimizándose.¹

La compactación dinámica consiste en dejar caer en caída libre o semi caída una masa entre 8 a 225 toneladas una altura desde 15 a 40 metros de manera repetitiva en suelos granulares o cohesivos con o sin presencia de nivel freático. Esta transmisión de energía mediante ondas de impacto permite la mejora de las propiedades físicas, mecánicas y dinámicas, pues se reduce el contenido de vacíos y disipa las presiones intersticiales permitiendo una densificación del suelo, incremento de la resistencia al corte, reducción de asentamientos y prevención de licuación de arenas con presencia de nivel freático en zonas sísmicas.²

Para la verificación de la técnica es de suma importancia conocer las características del suelo antes y después del tratamiento mediante la aplicación de técnicas de exploración como el Método de Ensayo de Penetración Estándar (SPT) – NTP 339.133, Ensayo de Penetración Cuasi-Estática Profunda de suelos con cono y cono de fricción (CPT) – NTP 339.148. Los ensayos mencionados son los más comunes, pero también puede emplearse el Ensayo de Penetración con piezocono o penetrómetro piezocono eléctrico moderno (CPTu) – ASTM D5778.³

Para el presente trabajo, se utilizará como caso de estudio la primera compactación dinámica realizada en nuestro país en el año 2017, esta se ubicó en el distrito de Chilca a la altura del km.62 de la Panamericana Sur.

El estudio del mejoramiento de suelos se realizará en cuatro etapas:

- a) Identificación de las condiciones iniciales del suelo.
- b) Diseño de la compactación dinámica para el mejoramiento de suelo en estudio.
- c) Identificación de las condiciones finales después de aplicarse la técnica.
- d) Comprobación de la factibilidad técnica de la compactación dinámica mediante

¹ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 59.

² Soletanche Bachy (2011) *Guía Técnica* (3era Edición). Francia. Pág. 103 – 104.

³ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 7

el análisis de desempeño. En adición, se realizará un estudio de costos y comparativo con otra técnica de mejoramiento para el análisis de factibilidad económica.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Demostrar la factibilidad técnica y económica de la compactación dinámica como mejoramiento del suelo mediante su aplicación en un caso práctico.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño de la masa, altura de caída, energía necesaria de compactación para realizar la mejora en la resistencia del suelo, enmallado con espaciamiento y número de golpes por huella para el caso de estudio mediante el método propuesto por la Federal Highway Administration (FHWA).
- Comparar los resultados de los ensayos de campo realizados en el suelo inicial y post mejoramiento.
- Corroborar el cumplimiento de las condiciones de diseño de la cimentación en el caso en estudio tales como el asentamiento permisible y resistencia requerida del suelo.
- Definir las ventajas y desventajas de la compactación dinámica.
- Detallar el procedimiento de la técnica de mejoramiento de suelos en cuestión.
- Realizar un análisis de costo por unidad de superficie compactada.

1.3. Alcances

El presente trabajo de tesis consiste en diseñar la solución por compactación dinámica como mejoramiento del suelo en un proyecto industrial de aproximadamente 10 hectáreas de superficie, ubicado en el distrito de Chilca, provincia de Cañete.

Este diseño contemplará la definición de la altura de caída de la masa, el peso de la misma y el cálculo de la energía a transmitir al suelo mediante el impacto. Se diseñará también el espaciamiento entre huellas de compactación y el número de golpes a emplear para lograr el objetivo del mejoramiento adjuntando los valores de resistencia del suelo mejorada a las profundidades de interés mencionadas en el Estudio de Mecánica de Suelos.

Con el fin de corroborar el diseño de la técnica, se realizará un comparativo con los valores reales obtenidos en campo.

Asimismo, se verificará la factibilidad técnica de la compactación dinámica mediante un análisis de los resultados en las pruebas de campo previo a los trabajos de mejoramiento y posterior a estos.

Finalmente, se calculará el costo de la aplicación de la técnica de mejoramiento por Compactación Dinámica mediante Análisis de Precio Unitario (APU) de las diversas partidas involucradas durante la ejecución y se comparará con otra técnica de mejoramiento. De esta manera se demostrará la factibilidad económica de la aplicación de la Compactación Dinámica.

1.4. Justificación

La importancia de la técnica de compactación dinámica radica en su potencial para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos sin la necesidad de realizar una sustitución del terreno. Este es un método de mejoramiento masivo empleado en áreas extensas debido a las altas vibraciones que genera el impacto de la masa con el suelo. La mayor incidencia de mejoramientos se ha realizado en suelos granulares con predominancia en arenas debido a los rápidos y efectivos resultados de optimización de propiedades de las partículas.

Respecto a la aplicabilidad de la técnica, esta ha sido empleada en parques industriales, puertos, aeropuertos, edificios de viviendas o comerciales, carreteras, puentes, PTAR, entre otros, debido a su alto rendimiento de avance, la baja cantidad de recursos a emplear y el bajo costo que tiene el mejoramiento.

En el año 2017 se ejecutó la primera compactación dinámica en Perú y el análisis de su funcionamiento técnico y viabilidad económica se analizará en la presente tesis.

2. Marco Teórico

2.1 Técnicas de mejoramiento de suelos existentes

Hoy en día hay diversas alternativas de mejora en suelos inadecuados o no aptos para la construcción, ya sea por baja capacidad portante, asentamientos mayores a los permisibles, licuación de los suelos, entre otros.

Los objetivos de una mejora son los siguientes:

- Mejora de las propiedades físicas, reduce la relación de vacíos, la permeabilidad, aumenta la densidad relativa del suelo.
- Mejorar las propiedades mecánicas del suelo: resistencia al corte, resistencia a compresión.
- Reduce la deformabilidad y los posibles asentamientos del suelo.
- Mayor capacidad de resistencia ante esfuerzos dinámicos, licuefacciones, etc.

Existen 2 formas de clasificación de las técnicas de mejoramiento de suelos, la primera fue propuesta por Van Impe en 1989 según la transitoriedad de la solución: temporal o permanente.⁴

Tabla 1 Clasificación según transitoriedad de la técnica de mejoramiento

Fuente: Soil improvement techniques and their evolution (Van Impe, 1995)

Técnicas temporales	Técnicas permanentes
<ul style="list-style-type: none">• Depresión del nivel freático• Congelación del terreno• Electroósmosis	<ul style="list-style-type: none">• Compactación superficial• Compactación dinámica• Compactación con explosivos• Compactación con elementos vibrantes• Tratamientos térmicos• Precarga con o sin drenes• Estabilización con cemento o cal• Columnas de cal (Inyección) o de cemento (Jet Grouting)• Inyecciones• Refuerzo de suelos con bandas metálicas, geotextiles o soil nailing.

⁴ Van Impe, W.F (1989) *Soil improvement techniques and their evolution*. Rotterdam

La segunda propuesta fue realizada por Mitchell en 1991, basándose en la granulometría del material a tratar⁵. A continuación, se muestra un gráfico que identifica las soluciones aplicables por categorización del suelo.

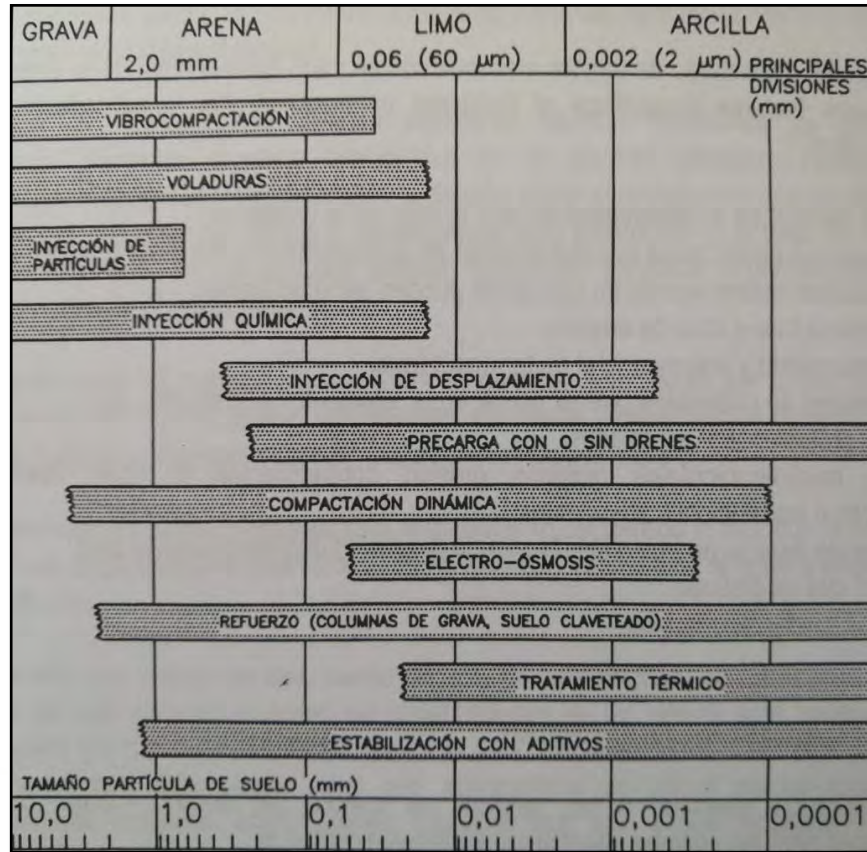


Ilustración 1 Aplicabilidad de las técnicas de mejora de suelos en función del tamaño de las partículas.

Fuente: Soil Improvement State-of-the-Art Report (Mitchell, J.K. 1981)

Según Ana Bielza (1999)⁶, la selección de uno u otro método depende de factores diversos como los que se muestran a continuación:

- Tipo de infraestructura a construir.
- Influencia de carácter geológico e hidrogeológico.
- Dimensiones del terreno.
- Profundidad de mejora.
- Viabilidad económica.
- Plazo de ejecución.

⁵ Mitchell, J. K. (1981) *Soil Improvement State-of-the-Art Report*. 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 4, Stockholm, 545

⁶ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 19.

- Propiedades geotécnicas del terreno y su posible grado de modificación con un tratamiento.
- Equipos y profesionales adecuados.

En los siguientes acápites se van a enlistar y describir las principales técnicas de mejoramiento en suelos.

2.1.1 Columnas de grava

El método consiste en introducir elementos rígidos conformados por columnas de relleno granular en sustitución de suelos cohesivos blandos a modo de concentrar los esfuerzos transmitidos de las columnas y losa de la estructura en las columnas de grava. La aplicación de esta técnica permite la mejora de la capacidad portante del suelo compuesto, reduce los asentamientos, aumenta la estabilidad al deslizamiento en terraplenes y se acelera el proceso de consolidación del suelo cohesivo saturado debido a que las columnas sirven como drenes verticales permitiendo el drenaje y evacuación de agua del suelo en el entorno.⁷

Según las propiedades del suelo cohesivo in situ y de la posición de nivel freático, se define el método de ejecución de las columnas de grava, siendo las más frecuentes por vibrosustitución o vibrodesplazamiento.

El primer método de columnas de grava por vibrosustitución se realiza por vía húmeda, es decir, la penetración de la herramienta se realiza con inyección de agua hasta el nivel de desplante y una vez alcanzada esta profundidad máxima, se rellena de grava mientras la herramienta se retira de manera ascendente.⁸

Algunas consideraciones que se deben tomar en cuenta con respecto a esta primera alternativa para ejecución de columnas de grava es que conviene utilizarse grava redondeada y de granulometría uniforme para el relleno. Asimismo, este método suele aplicarse cuando hay presencia de nivel freático desde la superficie de la plataforma de trabajo.⁹ A continuación, se ilustra el procedimiento por vibrosustitución con la lámina siguiente:

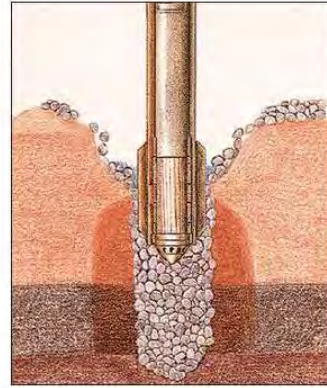
⁷ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 127-129

⁸ Soletanche Bachy (2011) *Guía Técnica* (3era Edición). Francia. Pág. 111.

⁹ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 140



Penetración hasta la profundidad requerida. Creación por vibro-hincado de un espacio anular alrededor del vibrador.



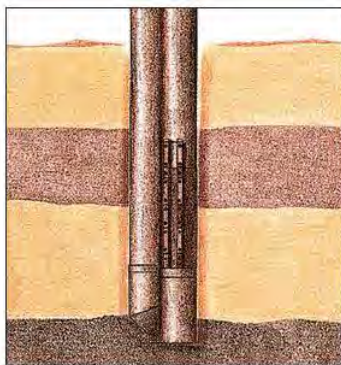
Colocación de la grava desde la superficie y desplazamiento lateral del suelo alrededor de la columna.

Ilustración 2 Esquema de ejecución de Columnas de Grava por vibrosustitución .

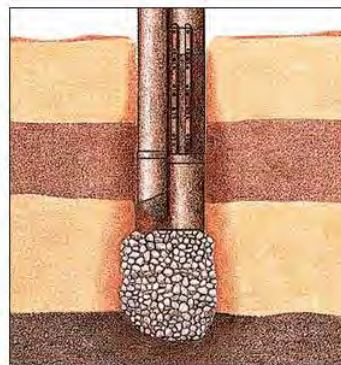
Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

El segundo método de ejecución de columnas de grava es por vibrodesplazamiento, este se realiza por vía seca y consiste en la penetración del terreno con la ayuda de aire comprimido que se libera desde la punta del vibrador, de esta manera, las paredes de la perforación se mantienen estables.¹⁰

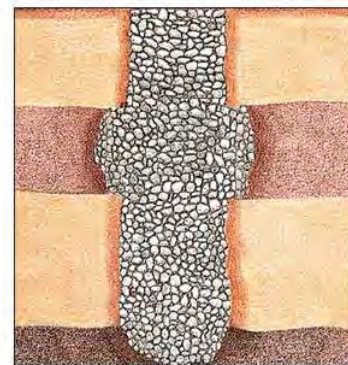
Algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta es respecto a la utilización de grava angular bien graduada para el relleno. Asimismo, este método suele aplicarse cuando la cota del nivel freático se ubica por debajo del nivel de desplante¹¹. A continuación, se ilustra el procedimiento por vibrosustitución con la lámina siguiente:



El vibrador descende hasta la profundidad deseada bajo el efecto de las vibraciones y penetración con aire.



La columna se construye por aporte de grava a través del tubo que bordea lateralmente al vibrador.



El diámetro de las columnas varía según la resistencia del suelo. Terminación nivelando y compactando la superficie.

Ilustración 3 Esquema de ejecución de Columnas de Grava por vibrodesplazamiento

Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

¹⁰ Soletanche Bachy (2011) *Guía Técnica* (3era Edición). Francia. Pág. 111.

¹¹ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 140

Las 02 principales limitaciones de esta técnica son la limitación en la resistencia al corte del suelo original para resistir las cargas laterales que transmite la columna de grava¹² y la no disponibilidad de material granular para el relleno de las columnas según la zona del proyecto, por ejemplo, en la Selva Peruana hay carencia de este material.

2.1.2 Inclusiones Rígidas

Las Inclusiones rígidas son elementos verticales continuos, comúnmente de forma cilíndrica, que se componen de mortero; una mezcla de cemento u hormigón (ya sea reforzado o no). Estas columnas rígidas se introducen en el suelo, formando una malla de distribución espaciada según las cargas transmitidas por la estructura y las propiedades del suelo in situ.¹³

Cabe resaltar que las inclusiones no están conectadas mecánicamente a las estructuras de cimentación, existiendo una interface entre la cabeza de estos elementos con el nivel inferior de la cimentación superficial, este espacio es ocupado por un colchón de reparto correspondiente a material granular compactado, este permite el reparto de cargas uniforme entre las inclusiones y el terreno.¹⁴

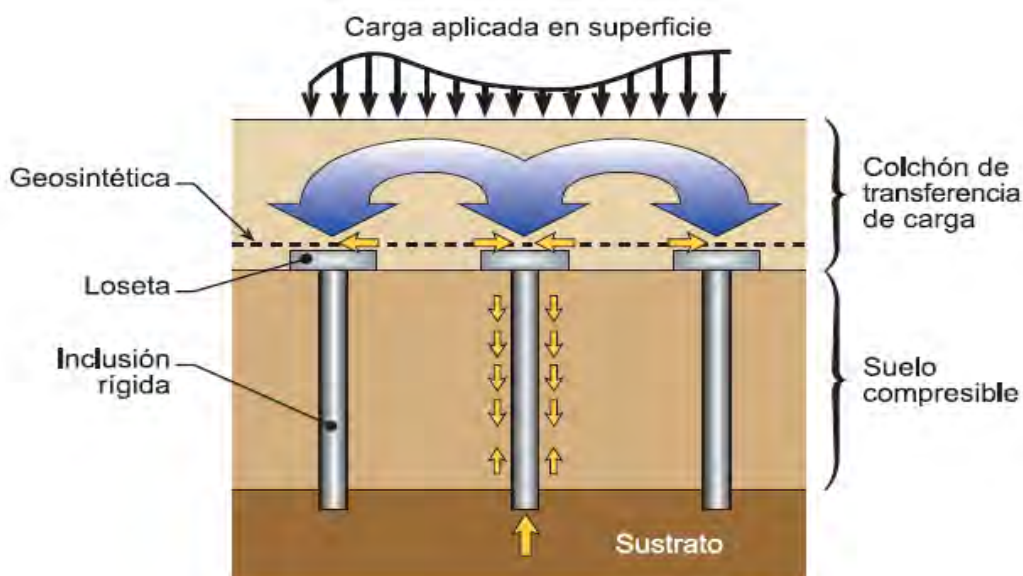


Ilustración 4 Esbozo de un suelo mejorado con Inclusiones Rígidas

Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

La finalidad de estos elementos rígidos es asegurar la transferencia de las cargas verticales, aplicadas en superficie, hasta el estrato de suelo resistente mediante el empotramiento de las inclusiones rígidas. Asimismo, el uso de este mejoramiento permite limitar los asentamientos

¹² Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 147.

¹³ Asiri National Project (2011) *Recommendations for the design, construction and control of rigid inclusion ground improvements*. Francia. Pág. 21.

¹⁴ Pérez, T (2006) *El tratamiento masivo de suelos en las vías terrestres*. México. Pág. 22.

máximos producidos.¹⁵

El procedimiento de la técnica consiste en perforar el terreno con el uso de una barrena continua (hueco en el interior,) una vez que se llegue hasta el nivel de desplante de las inclusiones rígidas, se procede a retirar la herramienta de perforación mientras se bombea mortero, lechada u hormigón por el interior de la barrena.

Una vez se vacíe hasta el nivel de la plataforma, se inserta la armadura de acero (en caso de emplearse) y posterior a ello, cuando el material que compone las inclusiones alcance la suficiente resistencia, se procede con el descabece y la colocación del colchón de material granular.

Las 02 principales limitaciones de esta técnica son el cálculo de la dosificación del mortero o lechada adecuado para ser bombeado, así como, el costo adicional por el empleo de estos materiales y equipos para preparación de la mezcla que incrementan el costo.

2.2 Compactación Dinámica

2.2.1 Principios generales

La técnica de compactación dinámica consiste en dejar caer, en caída libre o semi caída, una masa de gran peso entre 8 a 200 toneladas y altas alturas entre 15 a 40 metros a fin de generar una huella en la superficie por asentamiento inmediato.

En la siguiente ilustración se puede apreciar el procedimiento de la técnica en 02 etapas: izar de la masa hasta una altura determinada, dejar caer la masa originando una huella en el terreno y repetir el procedimiento una cantidad de impactos 'n' en una o varias fases de apisonado o compactación.

¹⁵ Pérez, T (2006) *El tratamiento masivo de suelos en las vías terrestres*. México. Pág. 22.

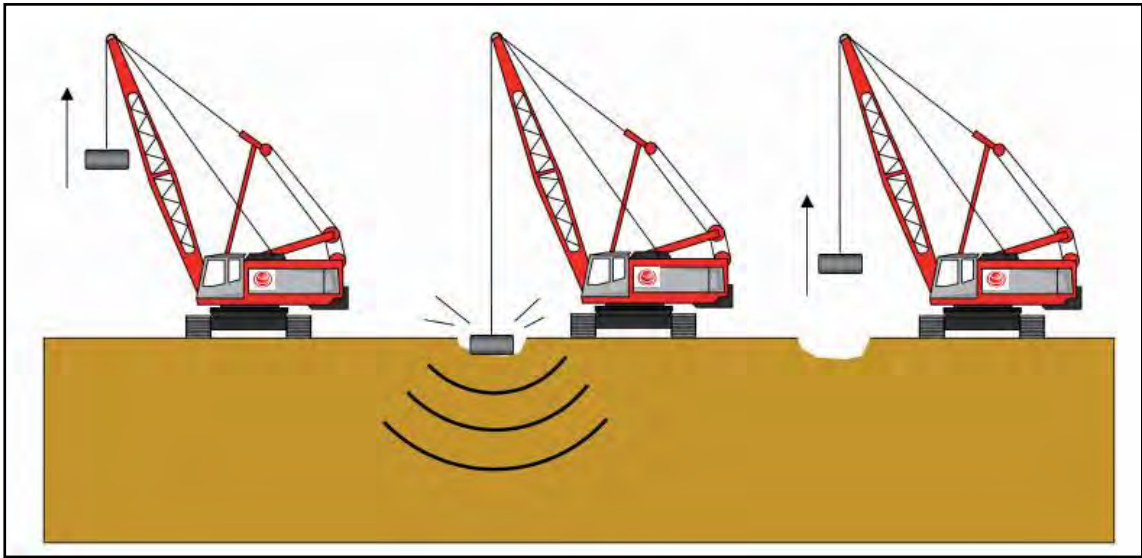


Ilustración 5 Esquema de un tratamiento por compactación Dinámica

Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

El impacto energético en la superficie del terreno genera ondas superficiales de tipo Rayleigh, ondas de compresión y ondas de corte que se disipan a profundidades inferiores permitiendo una reestructuración del suelo con la reducción de contenido gaseoso y disipación de la presión de poros en caso de haber presencia de nivel freático.¹⁶

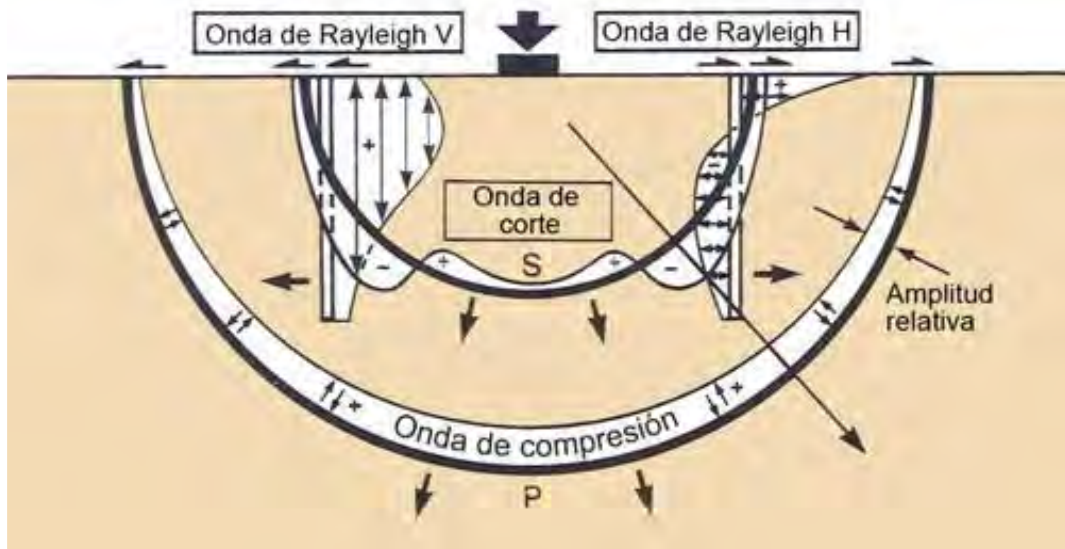


Ilustración 6 Esquema de transmisión de ondas post impacto

Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

¹⁶ Menard España (2016) *Compactación Dinámica*. España. Pág. 2.

El suelo se compone de material sólido, contenido gaseoso y agua, en la siguiente imagen se muestran los componentes mencionados con su respectiva variación volumétrica a lo largo del tiempo y conforme se aplican las fases de apisonado (1, 2 y hasta 3).

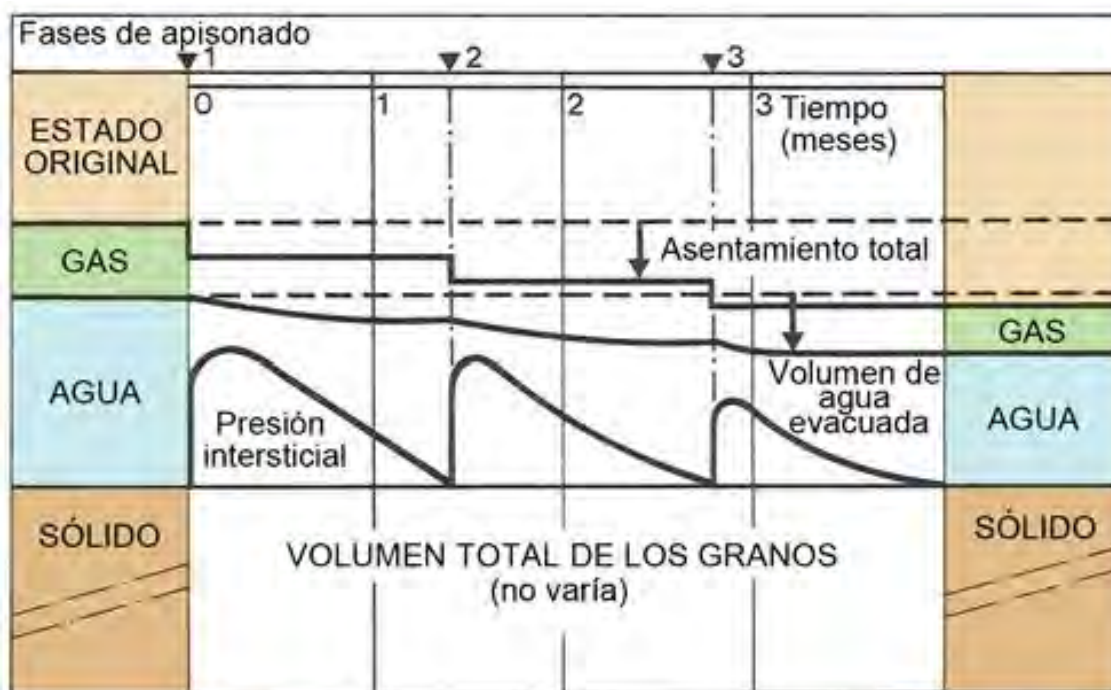


Ilustración 7 Variación de las fases del suelo a lo largo del tiempo

Fuente: Guía Técnica Soletanche Bachy, 2011

Describiendo el gráfico mostrado, se corroboran las siguientes modificaciones en los componentes del suelo:

- Las partículas sólidas no sufren modificación volumétrica
- El contenido gaseoso disminuye conforme se aplican las etapas de compactación.
- En caso de haber presencia de nivel freático o alto grado de saturación, el agua sufre un incremento de presión de poros y decae conforme pasa el tiempo. Para una segunda y tercera fase se vuelve a inducir un aumento de presión que resulta menor al de la primera fase, esto se debe a la reducción del contenido de agua por evacuación superficial o por redes de flujo internas en el suelo.

En la etapa de diseño de la técnica por compactación dinámica se establece tentativamente la masa, la altura de caída, el espaciamiento, número de fases, energía específica aplicada y profundidad de mejora, estos valores calculados han de ser corroborados y/o modificados mediante una prueba de desempeño en campo.

A continuación, se muestra una ilustración correspondiente a la primera y segunda fases de

apisonado con sus respectivas huellas generadas. Adicionalmente, el gráfico permite la visualización de una tercera etapa correspondiente a la fase de planchado, procedimiento que se realiza en toda la extensión del terreno para compactar los estratos superficiales y nivelar la superficie. Esta última etapa se realiza con una masa más liviana y a una menor altura de caída.

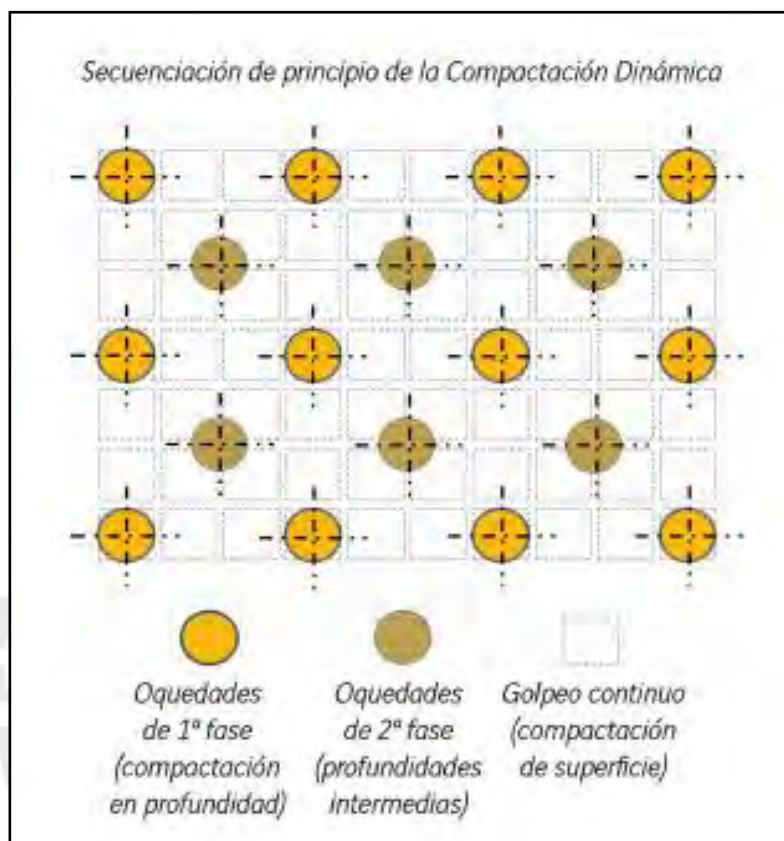


Ilustración 8 Secuencia de impactos por fase de la compactación dinámica

Fuente: Menard - España, 2016

2.2.2 Aplicabilidad de la compactación dinámica

La técnica de compactación dinámica se ha ejecutado en numerosos países alrededor del mundo, tanto en suelos granulares y cohesivos con o sin presencia de nivel freático.

Si bien no hay una Norma técnica respecto al diseño de la compactación dinámica a nivel mundial, existen una Norma de origen francés: XP P 94-063 de agosto del 2017 que establece controles de calidad post mejoramiento y una publicación de la Federal Highway Administration (FHWA) N° SA-95-037 donde se proporciona información del procedimiento de ejecución, se detalla una metodología de diseño y se indican criterios de evaluación a tomar en consideración para la aplicabilidad de la compactación dinámica.

Estos criterios consisten en una concatenación de pasos a seguir según se enlistan a continuación:

- ✓ Categorizar el tipo de suelo
- ✓ Analizar la ubicación del terreno a mejorar y su impacto en las zonas periféricas tras un mejoramiento por compactación dinámica (Altas vibraciones)
- ✓ Estudiar los requisitos del diseño de las cimentaciones y compararlos con los resultados tentativos post aplicación de la técnica (Asentamientos admisibles y desplazamiento del suelo)
- ✓ Analizar el aspecto económico

A continuación, se presenta una tabla resumen de los criterios mencionados anteriormente:

Tabla 2 Lineamientos de evaluación preliminar

Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

Etapa	Favorable.	Favorable con algunas restricciones*	Desfavorable.
A. Caracterizar el tipo de suelo.			
Permeable. (Zona 1)	El mejor depósito para la compactación dinámica.		
Semipermeable. (Zona 2)		Aplicar la energía en fases para permitir la disipación de la presión de poro.	
Impermeable. (Zona 3)		Suelos parcialmente saturados arriba del nivel freático.	Suelos saturados o parcialmente saturados.
B. Valorar las restricciones del sitio			
Vibraciones	Adyacente a construcciones modernas, < 19 mm/s.	Admisible de 19 a 51 mm/s si esta junto a construcciones.	Junto a construcciones modernas, > 19 mm/s.
Desplazamientos laterales del suelo.	Compactación dinámica a distancia > 7.6 m de servicios subterráneos	En servicios subterráneos pueden tolerarse de 76 a 127 mm/s.	Pueden dañar fácilmente construcciones colindantes.
Nivel freático	> 2 m del nivel del terreno.	< 2 m del nivel del terreno, con drenaje para abatir el nivel freático.	< 2 m del nivel del terreno.
Presencia de capas duras o que absorben energía.	Sin capas duras o blandas	1. Con capa dura superficial: aflojarla antes de la compactación dinámica. 2. Con capa superficial que absorbe energía: removerla o estabilizar con agregado	Capa que absorbe energía que limita la profundidad de mejoramiento, como son los suelos impermeables con 1m o más espesor a una profundidad que es impráctica de alcanzar.

C. Determinar los requisitos de diseño.			
Asentamientos	< 0,3 a 0,6 m para terraplenes	> 0.3 a 0.6 m si las condiciones del sitio excluyen grandes asentamientos.	Asentamientos > que el que puede tolerar el proyecto.
Propiedades mínimas del suelo.	Generalmente pueden lograrse valores altos en sondeos SPT, CPT y PTM	Pueden necesitar drenes en suelos semipermeables saturados.	
Limitación en la profundidad de mejoramiento.	Depósitos < 9 m de espesor	Se requiere equipos especiales en depósitos con profundidades mayores de 9 – 12 m.	Los suelos no pueden ser mejorados significativamente debajo de 12 m.
D. Estimar costos.			
Compactación dinámica	Generalmente la forma menos costosa para mejorar un sitio	El uso de varias fases puede incrementar ligeramente el costo.	Si los costos exceden otras técnicas de mejora.
Estabilización de la superficie	Frecuentemente no se requiere		Una capa de 1 m podría costar mas que la compactación dinámica

2.2.2.1 Categorización del tipo de suelo

Es necesario determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como los espesores de los estratos mediante la aplicación de técnicas de exploración como el Método de Ensayo de Penetración Estándar (SPT) – NTP 339.133, Ensayo de Penetración Cuasi-Estática Profunda de suelos con cono y cono de fricción (CPT) – NTP 339.148. Los ensayos mencionados son los más comunes, pero también puede emplearse el Ensayo de Penetración con piezocono o penetrómetro piezocono eléctrico moderno (CPTu) – ASTM D5778.¹⁷

Una vez definido el tipo de suelo y, a fin de establecer la factibilidad de aplicar la técnica de mejoramiento por compactación dinámica, se ha de emplear el gráfico mostrado en líneas inferiores.

Este delimita 3 zonas en función a la granulometría, la permeabilidad y el Índice de plasticidad.

¹⁷ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 7

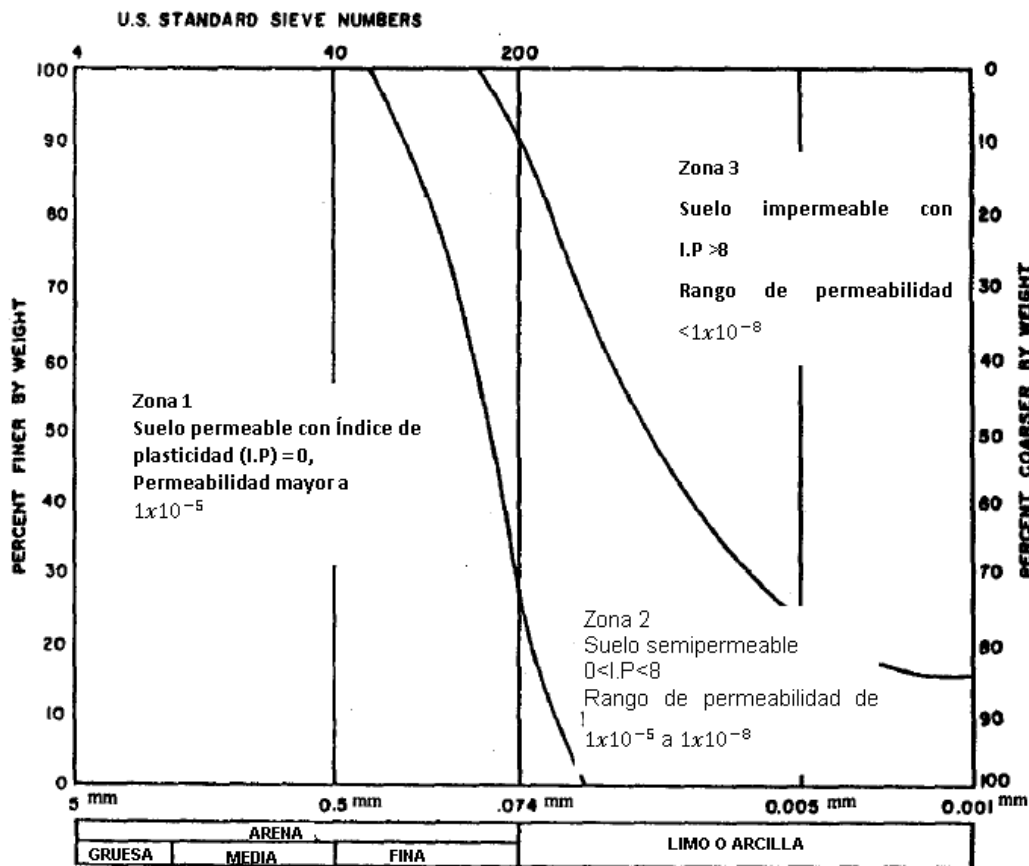


Ilustración 9 Aplicabilidad de la compactación dinámica en función al tipo de suelo y a sus propiedades

Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

Se aprecia que se los suelos más favorables para el uso de la técnica son aquellos con permeabilidad alta pues hay una mejor transmisividad de la presión de poros.

En los acápites siguientes se detallan las principales características de los suelos por cada Zona.

2.2.2.1.1 Suelos favorables – Zona 1

Los suelos más favorables para compactar dinámicamente se encuentran en la zona 1, compuestos en su mayoría por suelos granulares con predominancia en arenas gruesas, medias y finas.

Al someter un suelo granular a carga dinámica se genera mayor compacidad y asentamiento de las partículas.¹⁸

En gravas y arenas sin presencia de nivel freático, la compactación dinámica genera un impacto energético que reduce el contenido de vacíos mejorando la densidad relativa del suelo y su deformabilidad.

¹⁸ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 11

Por otro lado, en presencia de nivel freático, parte de la energía se disipa al agua contenida en el suelo acrecentando la presión de poros permitiendo el reacomodo de las partículas sólidas a un estado más denso con un aumento de la resistencia por corte. Bajo las condiciones de saturación descritas, hay un plazo de disipación de esta presión de agua, también llamada presión intersticial. En suelos granulares este plazo es muy corto gracias a la permeabilidad de las partículas.¹⁹

A continuación, se muestra una ilustración de un conjunto de partículas granulares del antes y después del tratamiento que evidencia la densificación del suelo.

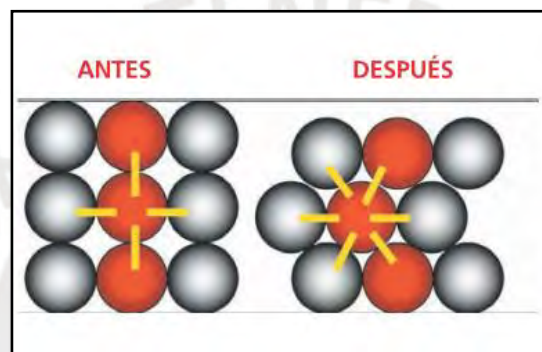


Ilustración 10 Antes y después del mejoramiento de un conjunto de partículas granulares (Menard - España, 2016)

Fuente: Ficha Técnica CD (Menard España, 2016)

2.2.2.1.2 Suelos favorables con restricciones – Zona 2

De la ilustración “*Aplicabilidad de la compactación dinámica en función al tipo de suelo y a sus propiedades*” se puede visualizar que los suelos intermedios o favorables con restricciones en la compactación dinámica son aquellos que se encuentran en el área 2 o área media del gráfico. Esta sección alberga arenas limosas, limos arcillosos y limos no plásticos con permeabilidad entre 10^{-3} a 10^{-8} cm/s.²⁰

Cabe resaltar que, en primera instancia, la compactación dinámica parecía poco adecuada en suelos cohesivos; sin embargo, los buenos resultados tras su puesta en práctica han demostrado lo contrario en diversas ejecuciones alrededor del mundo.

En presencia de nivel freático o saturación de suelos cohesivos, el impacto dinámico es transmitido al agua intersticial, el cual necesariamente debe contener gases disueltos en una

¹⁹ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 147.

²⁰ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 11

proporción mínima de 1 a 3% para lograr un aumento de resistencia y reducir la compresibilidad. Esto genera una sobrepresión o exceso de presión hidrostática que se va disipando por las redes de drenaje originadas por fracturas hidráulicas o por superficies de corte del suelo a modo que se dé la expulsión de agua y la disolución de partículas gaseosas.²¹

La continuidad de la mejora se detiene cuando se alcanza la energía máxima que conlleva a una presión intersticial de equilibrio. Existe entonces una cantidad de número de impactos máxima para alcanzar la densificación del terreno y evitar la rotura del suelo a un grado tal, que no aporte en su desempeño.

Es recomendable realizar la compactación en fases para que el suelo tenga un mayor tiempo para disipar la presión, en algunos proyectos se han instalado drenes verticales para facilitar la evacuación del agua.

2.2.2.1.3 Suelos inapropiados – Zona 3

Los suelos contenidos en la zona 3 o suelos inapropiados para compactarlos dinámicamente se componen comúnmente por suelos cohesivos tipo arcilla o limo con un valor de permeabilidad menor a 10^{-8} cm/s y por terrenos saturados con un mal drenaje, en estos casos la disipación de presión de poros se produce de manera muy lenta y por ende, no hay una densificación del suelo inmediata.²²

2.2.2.2 Restricciones de la zona

Posterior a la evaluación del tipo de suelo y sus propiedades físicas y mecánicas, se procede a analizar las restricciones in situ donde se pretende aplicar la técnica de compactación dinámica puesto que se genera un impacto en la periferia del proyecto debido a las altas vibraciones, asimismo, se analiza el desplazamiento lateral del suelo, la presencia de nivel freático y la existencia de estratos de suelo que absorban energía e impidan una correcta distribución de la misma.²³ A continuación, se procede a explicar cada restricción:

2.2.2.2.1 Vibraciones

El principio de densificación por compactación dinámica consiste en generar impactos dinámicos en la superficie del suelo que se representan mediante ondas de compresión, ondas de corte y ondas superficiales de tipo Rayleigh, estas ondas generan una alta velocidad en las partículas que, a cierta frecuencia de vibración, pueden producir efectos secundarios que

²¹ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 61.

²² FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 11

²³ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 12-23

repercuten en estructuras colindantes y/o instalaciones públicas enterradas como agua, gas, etc.

Ante este preámbulo, se hace imprescindible calcular la amplitud de vibración y la velocidad máxima de las partículas de suelo para limitar estas ondas que por recomendación deben ser menores a 13 mm/s para evitar grietas en muros construidos aledaños.²⁴

2.2.2.2.2 Ubicación del Nivel Freático

En presencia de nivel freático superficial y tras la generación de una huella o cráter por el impacto por compactación dinámica en el suelo, se percibe que el agua asciende a superficie, ocupando un volumen en la huella producida. En impactos posteriores, una porción de esta energía se transmitirá al agua superficial como presión de poros e impedirá la absorción de energía en estratos inferiores lo cual implica una mala transmisión de energía.²⁵

Este inconveniente puede mitigarse con la depresión del nivel freático con alguna de las siguientes técnicas: (1) Bombeo abierto, permitiendo el flujo de agua dentro de una excavación, recogerla en acequias y sumideros, y después bombearla hacia afuera, (2) Drenaje mediante pozos de succión, wellpoints, eyectores o drenes²⁶

2.2.2.2.3 Presencia de capas con alta absorción de energía

El adecuado desempeño técnico de la compactación puede verse afectado por la presencia de estratos muy resistentes o muy blandos que absorban energía e impidan la adecuada transmisión a estratos inferiores.

Resulta de suma importancia una revisión minuciosa de la estratigrafía para identificar la presencia y espesor de estas capas que, de encontrarse a profundidades superficiales, pueden remplazarse por material de relleno antes de dar inicio a la compactación dinámica.

2.2.2.3 Requerimientos del diseño

Existen 03 tipos de asentamientos importantes en la aplicación de la compactación dinámica: el inicial o previo al mejoramiento, el asentamiento estimado después de realizada la compactación dinámica y el asentamiento tolerable de la estructura puesta en funcionamiento.²⁷

Se debe considerar que el impacto de la masa en la superficie del terreno genera un

²⁴ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 12

²⁵ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 14-15

²⁶ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 315.

²⁷ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 16-17.

asentamiento inmediato del suelo que puede oscilar entre 30 a 60 cm; sin embargo, este puede ser mayor dependiendo de la compresibilidad del terreno. Ante este asentamiento, inducido por el mejoramiento mediante compactación dinámica, el proyectista debe tener en consideración la variación de la cota inicial del terreno con respecto a la cota final post mejoramiento, puesto que habría desnivel entre el piso terminado con respecto a los terrenos vecinos.



Ilustración 11 Asentamiento después de realizada la compactación dinámica

Fuente: Propia

Asimismo, durante el funcionamiento de la estructura, hay un asentamiento permisible del suelo que no debe ser superado según las características del proyecto. Para medir la variación de niveles o hundimiento, se ejecuta una prueba de carga en el suelo mejorado mediante platos de asentamiento y un terraplén que asemeje a las solicitaciones de la estructura. A esta prueba se la conoce como ‘Prueba de Hundimiento’.

2.2.3 Influencia de la compactación en las propiedades físicas

A continuación, se enlistarán las propiedades físicas que sufren una modificación tras la aplicación de la compactación dinámica.

Relación de vacíos (e): Con el impacto dinámico, los gases contenidos en el suelo se reducen, por ende, el volumen de vacíos disminuye y la relación de vacíos se aminora.

$$\text{Relación de vacíos } (e) = \frac{\text{Volumen de vacíos } (V_v)}{\text{Volumen Total } (V_t)}$$

Esto genera una mayor estabilidad volumétrica y reduce el potencial de colapso del suelo.

Peso específico del suelo (γ): Las partículas de suelo se reacomodan por la fricción entre

partículas o por la fuerza intersticial que genera el agua en suelos con contenido de humedad alto o saturado. Tras disminuirse el contenido de gases en el suelo, las partículas sólidas en suma al contenido de agua ocupan un menor volumen, por ende, el peso específico del suelo aumenta.

$$\text{Peso específico del suelo } (\gamma) = \frac{\text{Peso Total } (Wt)}{\text{Volumen Total } (Vt)}$$

Esto mejora la capacidad portante del suelo.

2.2.4 Influencia de la compactación en las propiedades mecánicas

A continuación, se enlistarán las propiedades mecánicas que sufren una modificación tras la aplicación de la compactación dinámica.

Resistencia al corte: Un suelo compactado sufre una variación de la estructura original; su relación de vacíos se reduce y la densidad relativa de este aumenta. Esta variación de las propiedades físicas permite el incremento del ángulo de fricción interna, el ángulo de dilatación y por ende la resistencia al corte.

Resistencia a compresión: Tras la variación en las propiedades físicas del suelo, la capacidad de carga de este aumenta.

2.2.5 Variación de las propiedades del suelo en función del tiempo y de la cantidad de fases.

Conforme se aplican los golpes durante la compactación dinámica, los cuales son variables según las propiedades del suelo in situ y las condiciones o sollicitaciones del proyecto, se transmite una energía creciente que conforme se va disipando al terreno, este sufre modificaciones en su volumen, presión intersticial y resistencia.

A continuación, se adjunta ilustración explicativa:

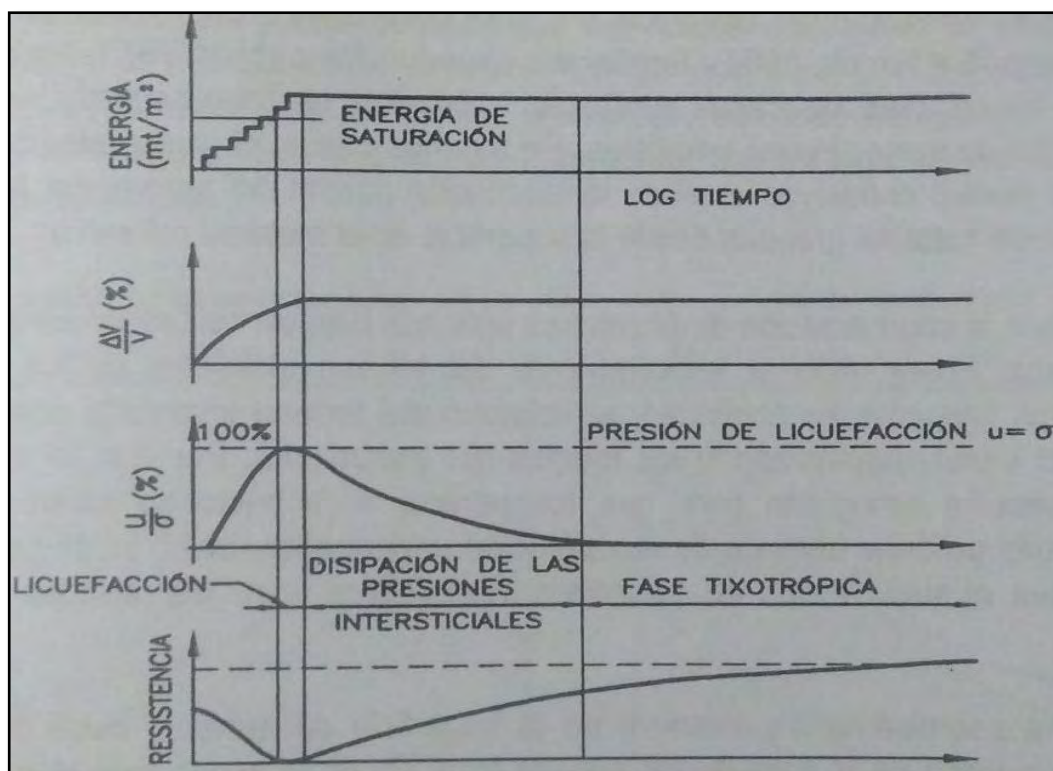


Ilustración 12 Evolución de la energía, variación de volumen, presión intersticial y resistencia del terreno en una fase (Menard, L., 1974)

Fuente: Manual de técnicas de mejora de terreno (Bielza, 1999)

Respecto a la primera grafica de la ilustración anterior se observa que tras aplicarse un cierto número de golpes ‘n’, se llega a un umbral de energía tope o energía de saturación, es a partir de ese momento que no se produce mayor variación volumétrica (2do gráfico), es decir asentamiento.

Asimismo, en el tercer gráfico se puede visualizar, que en caso exista presencia de nivel freático, la técnica de compactación dinámica reduce el potencial de licuefacción en los suelos y también disminuye el potencial de colapso en suelos expansivos por el aumento de la densidad relativa del suelo y mejora de las propiedades mecánicas del suelo.

Es posible ejecutar una segunda o tercera fase según lo indicado en el diseño y corroborado en la prueba de desempeño inicial. En el siguiente gráfico se aprecia el gradiente de energía, la variación volumétrica, presión intersticial y resistencia en el tiempo tras la aplicación de varias fases.

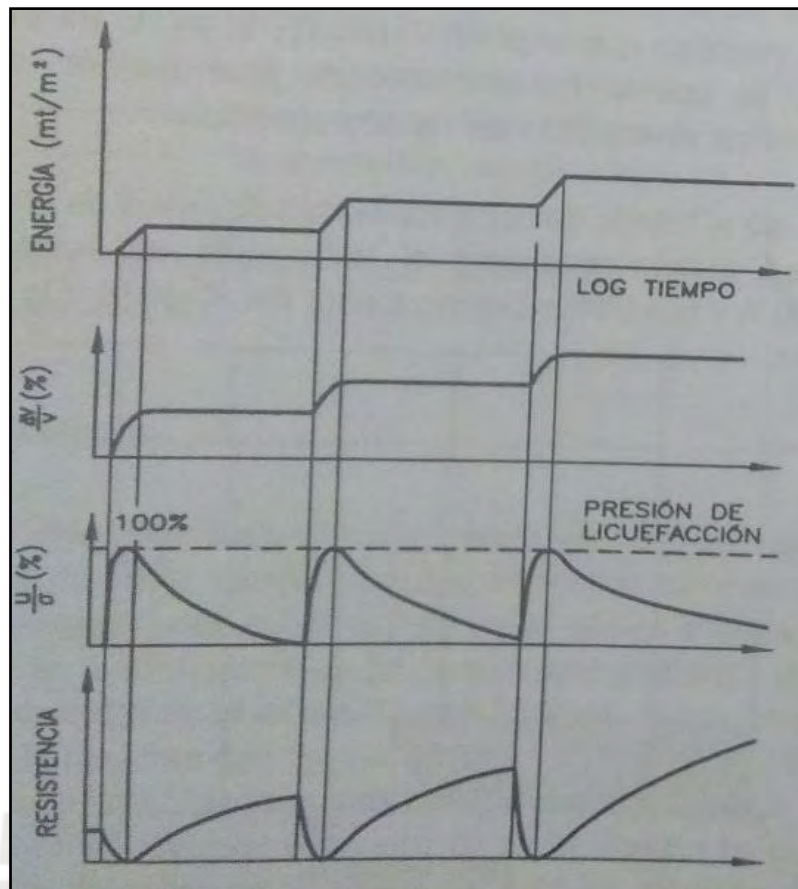


Ilustración 11 Evolución de la energía, variación de volumen, presión intersticial y resistencia del terreno en varias fases

Fuente: Manual de técnicas de mejora de terreno (Bielza, 1999)

2.2.6 Limitaciones.

Se identifican dos limitaciones en la aplicación de la técnica de compactación dinámica:

- 1) Durante el procedimiento se producen vibraciones, ruido y posibles voladuras de partículas de suelo que pueden afectar las construcciones aledañas, servicios existentes y habitantes de la zona. Ante esta limitación, se ha ideado como una posible solución, la construcción de zanjas perimetrales hasta una profundidad (diseñada y corroborada) que impida la propagación de las ondas de impacto a los terrenos colindantes.²⁸
- 2) Las grúas utilizadas para este procedimiento son escasas en el mercado ya que son especiales para cargar una masa de decenas de toneladas, resistir la reacción del impacto y evitar su posible volteo al dejar caer la masa.

²⁸ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 12.

3. Estudio del caso

El capítulo 3 está dividido en cuatro (04) bloques:

1. El primer bloque consta de la evaluación preliminar del caso en estudio con información respecto al área de estudio, la estructura y tipo de cimentación prevista, los resultados de la exploración en campo y laboratorio donde se identifican las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo en estudio
2. El segundo bloque contempla el diseño de la técnica de compactación dinámica según el método propuesto por la Federal Highway Administration (FHWA). El alcance del diseño será definir el peso de la masa, altura de caída, energía necesaria de compactación, enmallado con espaciamiento y número de golpes por huella.
3. La tercera división presenta la descripción del procedimiento constructivo del mejoramiento de suelos por compactación dinámica.
4. La cuarta y última división presenta los resultados de los ensayos ejecutados en campo: Ensayos de penetración con piezocono (CPTu) según la ASTM D5778, los Ensayos de Penetración Estándar (SPT) según NTP 339.133 (ASTM D 1586).

Cabe resaltar que en el capítulo 4 se analizará la factibilidad técnica de la compactación dinámica mediante la comparación de los ensayos descritos en los bloques 1 y 4.

3.1 Evaluación Preliminar del terreno a mejorar

Previo a la ejecución del mejoramiento por compactación dinámica, se contemplan los siguientes 02 antecedentes para evaluar las propiedades físico mecánicas del suelo en estudio:

Estudio de Mecánica de Suelos: Se describe el área de estudio, la estructura y cimentación prevista, las investigaciones en campo realizadas (Ensayos de Penetración Estándar (SPT) según NTP 339.133 (ASTM D 1586), auscultación dinámica mediante cono dinámico tipo Peck (CTP) según anexo III de la E.05 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y ensayos de laboratorio.

Evaluación inicial por parte del contratista ejecutor del mejoramiento: Se realiza una

investigación en campo mediante Ensayos de penetración con piezocono (CPTu) según la ASTM D5778 antes de la aplicación de la compactación dinámica.

Cabe resaltar que la totalidad de registros de los Ensayos de Penetración Estándar (SPT), auscultación dinámica mediante cono dinámico tipo Peck (CTP), calicatas, Ensayos de penetración con piezocono (CPTu), las curvas granulométricas, las secciones estratigráficas y otros ensayos están contenidos en el anexo adjunto.

3.1.1 Área de estudio.

El proyecto de mejoramiento de suelos mediante compactación dinámica se ubicó en un terreno en el distrito de Chilca, provincia de Cañete y departamento de Lima. La extensión del mismo comprendió $100'052.37 m^2$ de superficie.

En el perímetro Sur, el terreno colinda con una quebrada de 3 m de profundidad y en los otros 3 lados existen zonas agrícolas e infraestructura pequeña temporal. Su uso ha servido como área de cultivo es por ello que presenta una capa superficial de vegetación con árboles y surcos de arado.

El terreno estudiado tiene una topografía irregular con una superficie relativamente plana con pendiente ascendente en dirección Este.



Ilustración 12 Vistas panorámicas del interior del terreno estudiado.

Fuente: Estudio de Mecánica de Suelos, 2016

3.1.2 Estructura prevista.

El proyecto comprende edificios con 1 a 2 pisos sin sótanos. Se estima que los esfuerzos transmitidos al terreno no superarán los 200 kPa.

3.1.3 Trabajos efectuados.

3.1.3.1 Exploración de campo previa al mejoramiento.

A continuación, se detalla el programa de exploraciones en campo contempladas en el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y en la campaña adicional realizada por el contratista ejecutor de la compactación dinámica.

Del EMS:

- 24 calicatas (C-1 a C-24) ejecutadas mediante excavación manual desde la superficie del terreno hasta las profundidades de 4 a 5m, se realizó la respectiva clasificación visual por SUCS y se extrajo muestras de suelos para la verificación.
- 6 perforaciones por lavado wash boring (WB-1 a WB-6) desde la superficie del terreno hasta los 7.45 a 10.45m de profundidad con ensayos de penetración estándar SPT cada 1 m.
- 25 auscultaciones dinámicas mediante cono dinámico tipo Peck (CTP) (CP-1 a CP-25) desde la superficie del terreno hasta las profundidades de 2.7 a 8.1m.
- 4 líneas de refracción sísmica (LS-01 a LS-24) con profundidades de 141 a 213m de profundidad.

A continuación, se presenta una vista en planta del terreno con la distribución de los ensayos exploratorios en campo:

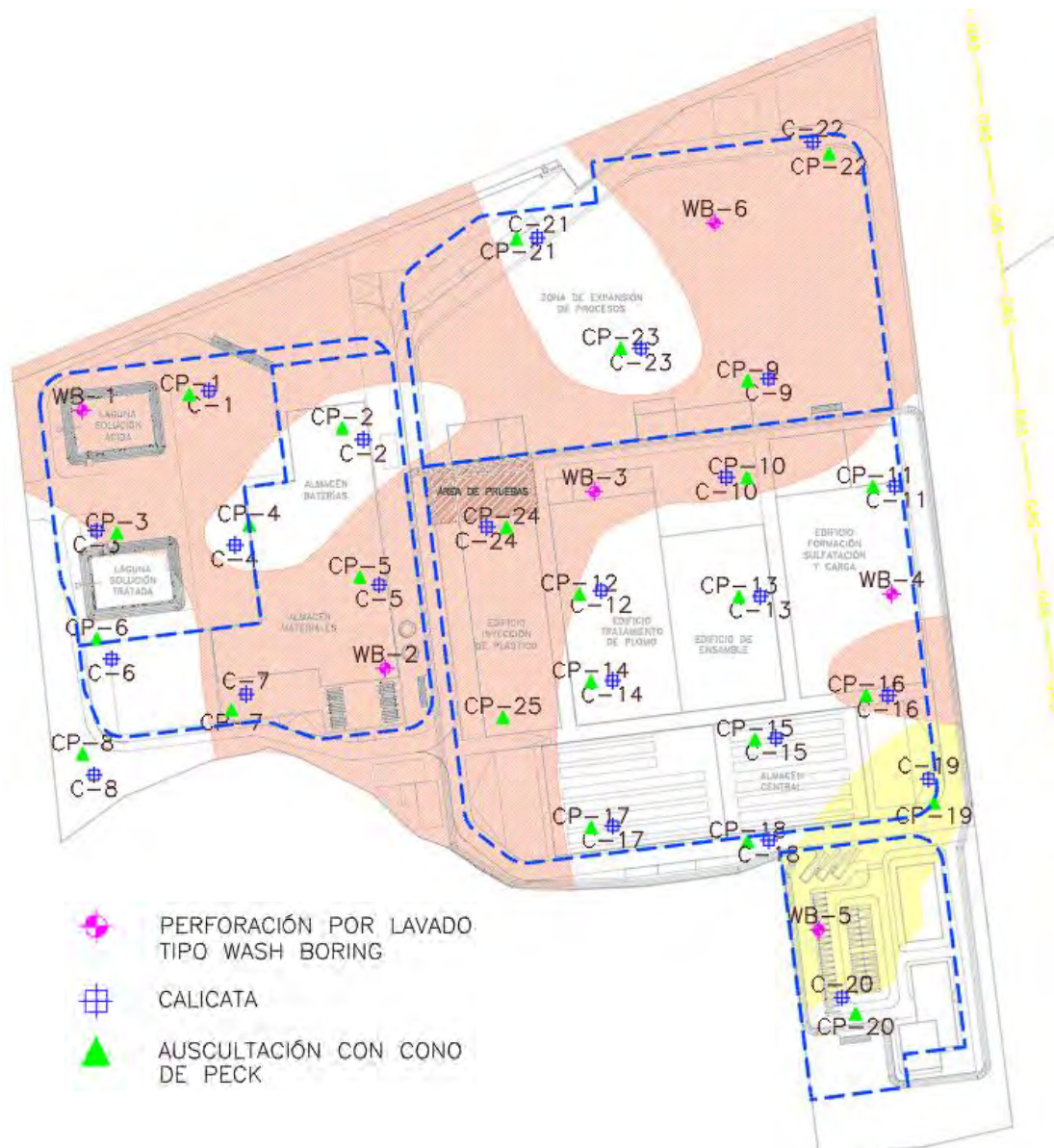


Ilustración 13 Distribución de las exploraciones de campo realizadas en el EMS

Fuente: Estudio de Mecánica de suelos

De la campaña del contratista ejecutor del mejoramiento:

- 12 Ensayos de penetración con piezocono (CPTu N° 1 y N°4 en la zona de prueba y CPTu N°7 al N°16 en todo el terreno), este ensayo se realizó hasta la profundidad de 4.5m con intervalos de medición de resistencia de punta, fricción por manga y presión de poro dinámica cada 2.5cm.

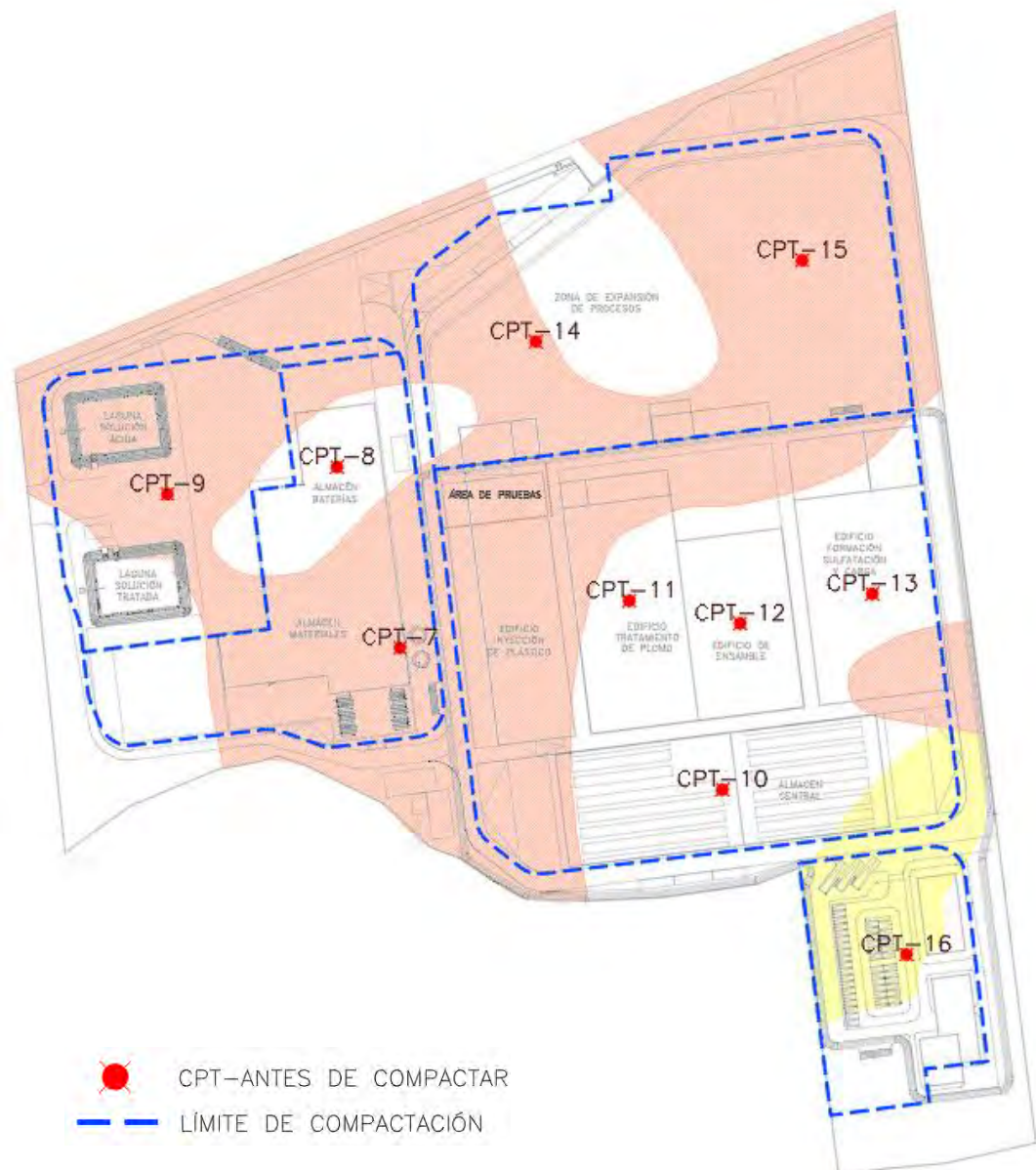


Ilustración 14 Distribución de las exploraciones de campo realizadas por el ejecutor

Fuente: Empresa contratista a cargo del mejoramiento

3.1.3.2 Ensayos de Laboratorio.

Se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio en base a las muestras extraídas en campo:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128.1999)
- Límites de Atterberg (NTP 339.129.1999)
- Resistencia a la Compresión no Confinada (NTP 339.167.2002)
- Peso Unitario Natural (NTP 339.167.2002)
- Peso Unitario Seco (NTP 339.167.2002)
- Contenido de Humedad (NTP 339.127.1998)

- Clasificación Unificada de Suelos SUCS (NTP 339.134.1999)
- Proctor Modificado (NTP 339.141.1999)
- CBR (NTP 339.145.1999)
- Contenido de Sulfatos Solubles (NTP 339.178.2002)
- Contenido de Sales Solubles Totales (NTP 339.152. 2002)

3.1.4 Características del suelo.

3.1.4.1 Perfil del suelo identificado.

De los resultados obtenidos en los ítems 3.1.3.1 y 3.1.3.2 se identificó que en gran parte de la superficie del terreno existe una capa de material orgánico constituido por tierra de cultivo de 0.2 a 0.8m de espesor conformada por arcilla limosa arenosa de plasticidad baja, medianamente compacta, con raíces.

Por debajo de esta capa se encuentra un estrato de arena fina mal graduada, suelta a medianamente densa con presencia de limo y arcilla en contenidos variables, de plasticidad baja a media, blanda a compacta.

En profundidades de 2.7 a 6.6m existe un depósito de arena fina a gruesa mal graduada medianamente densa a densa con contenido variable de grava y limo, estas características se extienden hasta 10.45m.

Se registraron lentes y bolsones de 0.4 a 1.5m de espesor de grava arenosa mal graduada, medianamente densa a muy densa y de limo arenoso no plástico, medianamente compacto a compacto.

3.1.4.2 Nivel Freático.

No se registró la presencia de nivel freático hasta las profundidades estudiadas.

3.1.4.3 Colapsabilidad del suelo.

Mediante los ensayos de laboratorio, específicamente el de densidad natural seca y límite líquido en muestras inalteradas de suelo, se determinó que las arcillas de plasticidad baja a media ubicadas en los estratos superiores, son potencialmente colapsables; sin embargo, el terreno no presenta Nivel Freático.

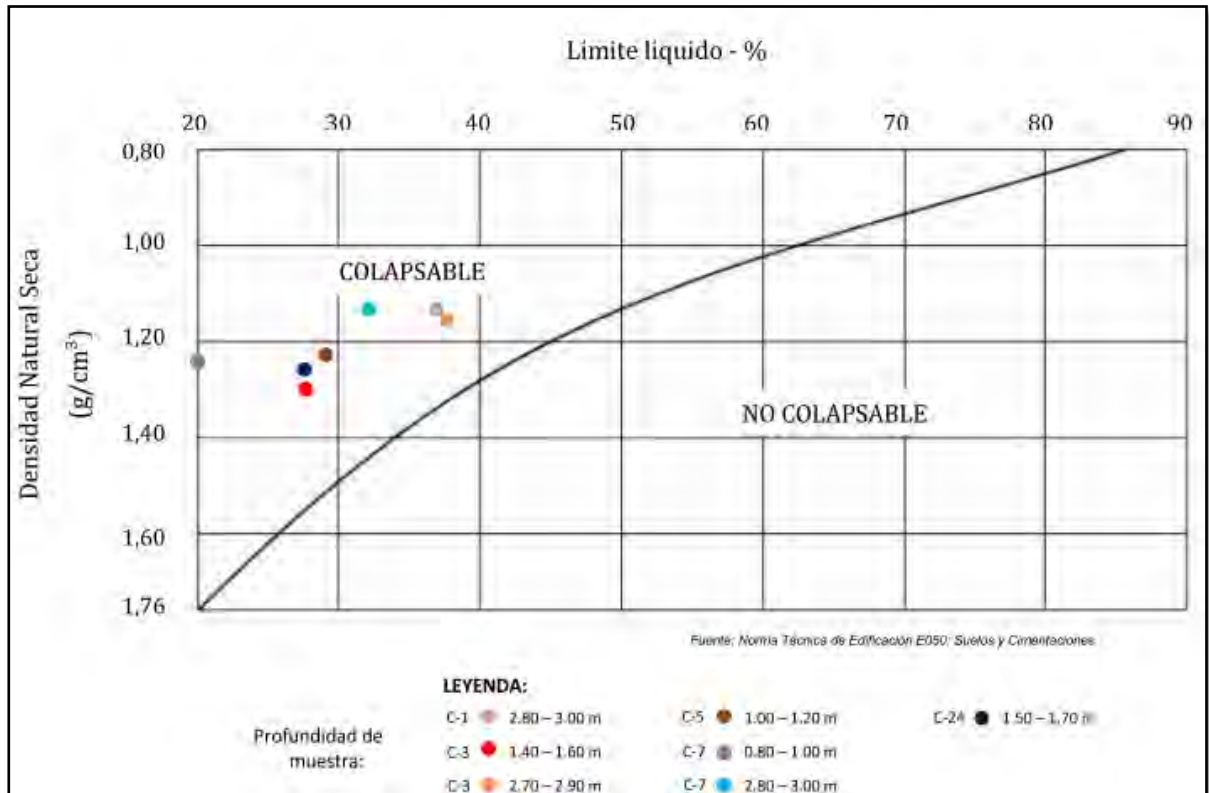


Ilustración 15 Evaluación de potencial de colapso

Fuente: Empresa encargada del EMS

3.1.5 Cimentación

3.1.5.1 Tipo de Cimentación.

El tipo de cimentación previsto para estructuras principales y menores constará de un sistema rígido con zapatas rectangulares conectadas mediante vigas de cimentación y/o cimientos corridos.

Es de suma importancia que la cimentación se apoye en un suelo mejorado con una presión admisible superior a 2.0 kg/cm^2 y que el asentamiento diferencial tolerable no supere 2.5 cm según condiciones de diseño estructural.

3.1.5.2 Profundidad de Cimentación.

Según el artículo 19 de la NTP 0.50 Suelos y Cimentaciones, la profundidad mínima de cimentación será de 0.8m debido a que el tipo de cimentación a emplearse consiste en zapatas y cimientos corridos, a que no hay cambios de volumen por humedecimiento – secado ni hielo – deshielo y debido a que la cimentación de la

estructura se apoyará en un suelo mejorado (el cual debe alcanzar los valores mostrados en el Ítem 3.1.5.1 según las solicitudes de la estructura).

Con la finalidad de nivelar el terreno y eliminar los estratos superficiales de material orgánico compuesto por capa de cultivo, material arcilloso y raíces, se realizará un corte de material, para ello, se propone delimitar el terreno en 02 sectores en función a los niveles de superficie y a la distribución proyectada de los pabellones que componen la planta industrial. El detalle de estas 02 áreas propuestas es el siguiente:

Tabla 3 Detalle de corte de terreno y profundidades de mejora mínimas

Fuente: Propia

Zona	Área (m²)	Cota inferior de corte de terreno (msnm)	Profundidad de mejora mínima (m)	Cota inferior de mejora de terreno (msnm)
Sector 01	34'342.72	38.5	4.0	34.5
Sector 02	68'709.65	40.0	4.0	36.0

Cabe precisar que si bien el Estudio de Mecánica de Suelos recomienda una profundidad de mejora mínima de 5.0m por debajo del nivel de cimentación, es decir, 5.8m con respecto a la superficie del terreno, de la tabla N°08 “Detalle de golpes corregidos con su clasificación SUCS” se visualiza que en el sector 01 (WB-1 y WB-2) el suelo alcanza o se aproxima a valores de rechazo ($N > 50$) en la cota 35.0 a 34.5 msnm y en el sector 02 (WB-3, WB-4, WB-5 y WB-6) ocurre en la cota 36.0 msnm, por ende, se opta por considerar una profundidad de mejora mínima de 4.0m.

A continuación, se muestra la ilustración con las 02 secciones propuestas:

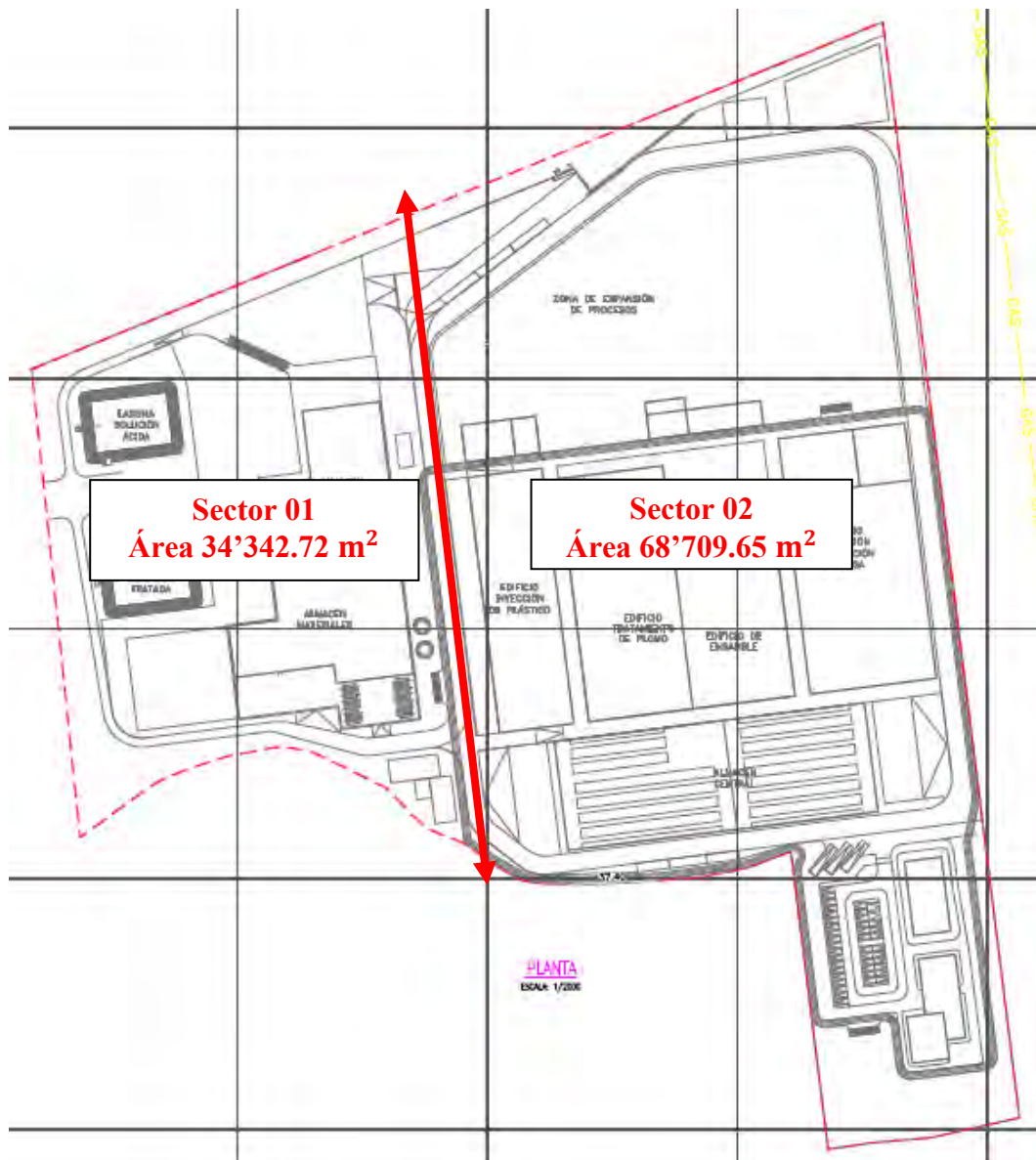


Ilustración 16 Secciones propuestas para corte de terreno

Fuente: Propia

3.1.5.3 Efecto sísmico

Para el diseño sismorresistente se ha de utilizar la Norma Técnica de Edificación E030: Diseño Sismorresistente. Ha de considerarse que la ubicación del proyecto se encuentra en la Zona 4 con un factor $Z = 0.45$ es decir que tiene 10% de probabilidad de exceder en 50 años la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido.

3.1.6 Estratigrafía del caso en estudio

En base a la clasificación SUCS obtenida en las perforaciones por lavado (WB) y a las calicatas se ha reconstruido la estratigrafía del terreno en estudio. A continuación, se

muestran 03 cortes estratigráficos con vista en planta correspondientes a las cotas: 38.0, 36.5 y 34.5 msnm:

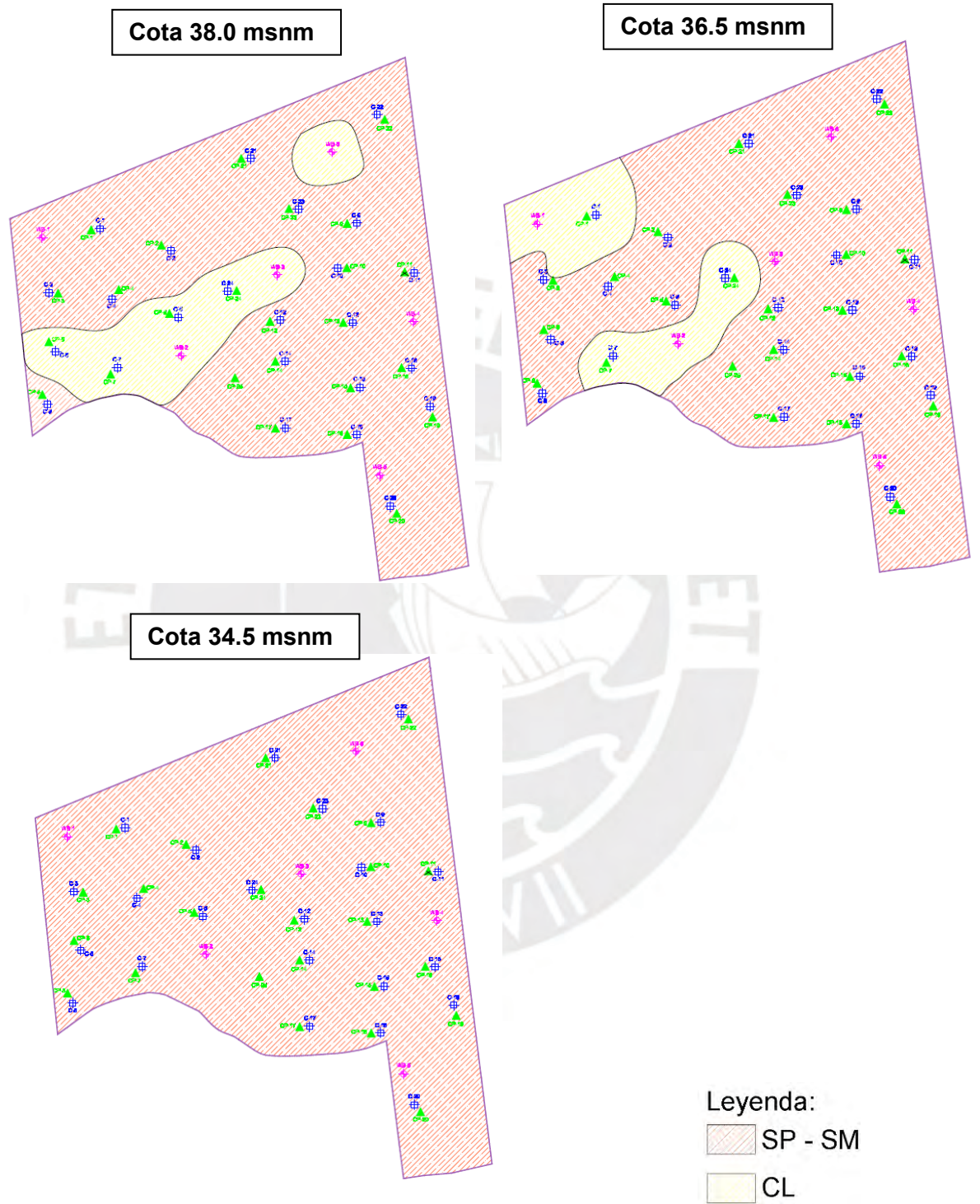


Ilustración 17 Estratigrafías identificadas en las cotas 38.0 - 36.5 y 34.5 msnm

Fuente: Propia

3.1.6.1.1 Cálculo de correlaciones entre las exploraciones de campo.

a) Corrección de los valores obtenidos en los SPT:

Se procede a calcular el valor de golpes corregido N_{60} mediante los factores de corrección y ecuación de Skempton, A.K, 1986²⁹ mostrados a continuación:

Tabla 4 Factores de corrección SPT

Fuente: Geotechnique (Skempton, A.K, 1986)

Factor	Variable	Término	Corrección
Ratio de energía	Martillo Donut	C_E	0.5 - 1.0
Ratio de energía	Martillo de seguridad	C_E	0.7 - 1.2
Ratio de energía	Martillo automático tipo Donut	C_E	0.8 - 1.3
Diámetro de perforación	65 - 115 mm	C_d	1.0
Diámetro de perforación	150 mm	C_d	1.05
Diámetro de perforación	200 mm	C_d	1.15
Longitud de barra	<3m	C_l	0.75
Longitud de barra	3-4m	C_l	0.8
Longitud de barra	4-6m	C_l	0.85
Longitud de barra	6-10m	C_l	0.95
Longitud de barra	10-30m	C_l	1.0
Tubo muestrador	Sin tubo muestrador (revestimiento)	C_m	1.0
Tubo muestrador	Con tubo muestrador (revestimiento)	C_m	1.1 - 1.3

Factores a utilizar (contemplando información del EMS):

$C_E = 1.0$ debido a la utilización de martillo tipo donut con caída libre manual.

$C_l =$ Variable según profundidad

$C_d = 1.0$ ($65 \text{ mm} \leq d_p \leq 115 \text{ mm}$)

²⁹ Skempton, A.K. (1986). *Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, aging, and overconsolidation. Geotechnique.* Londres. Pág. 426 – 446.

$C_m = 1.0$, en el ensayo no se indica el uso de revestimiento.

$$N_{60} = N \cdot C_E \cdot C_L \cdot C_d \cdot C_m \quad \dots\dots(1)$$

En la profundidad de 1.00 a 1.45m de profundidad en la perforación WB – 1 la longitud de barra es menor a 3.0, por ende, $C_L = 0.75$

Reemplazando valores para calcular el N_{60} :

$$N_{60} = 13 * 1.0 * 0.75 * 1.0 * 1.0 = 9.75$$

La totalidad de los golpes obtenidos en los ensayos SPT y golpes corregidos (N_{60}) se han tabulado según lo mostrado a continuación:

Tabla 5 Detalle de golpes corregidos (N_{60}) con su clasificación SUCS para perforaciones WB 1 a la 3

Fuente: Propia

Sondaje		WB-1			WB-2			WB-3		
Inicio de Sondeo (msnm)		38			39			40		
Cota		SUCS	N (SPT)	N60	SUCS	N (SPT)	N60	SUCS	N (SPT)	N60
Inicio	Fin									
42.0	41.5									
41.5	41.0									
41.0	40.5							O		
40.5	40.0							CL		
40.0	39.5				O			CL	6	4.5
39.5	39.0				O			CL	6	4.5
39.0	38.5	SM			CL	6	4.5	CL	17	13.6
38.5	38.0	SM			CL	6	4.5	CL	17	13.6
38.0	37.5	SM	13	9.8	CL	8	6.4	SM	11	8.8
37.5	37.0	SM	13	9.8	CL	8	6.4	CL	11	8.8
37.0	36.5	CL	9	7.2	CL	9	7.2	SM	32	27.2
36.5	36.0	CL	9	7.2	SC	9	7.2	SP-SM	32	27.2
36.0	35.5	CL	7	5.6	SC	13	11.1	SP-SM	46	43.7
35.5	35.0	SP-SM	7	5.6	SP-SM	13	11.1	SP-SM	46	43.7
35.0	34.5	SP-SM	44	37.4	SP-SM	60	57.0	SP-SM	69	65.6
34.5	34.0	SP-SM	44	37.4	SP-SM	60	57.0	SP-SM	69	65.6
34.0	33.5	SP-SM	32	30.4	SP-SM	59	56.1	SP-SM	84	79.8
33.5	33.0	SP-SM	32	30.4	SP	59	56.1	SP-SM	84	79.8
33.0	32.5	SP-SM	22	20.9	SP	60	57.0	SP-SM	60	57.0
32.5	32.0	SP-SM	22	20.9	SP	60	57.0			

Tabla 6 Detalle de golpes corregidos (N₆₀) con su clasificación SUCS para perforaciones WB 4 a la 6

Fuente: Propia

Sondaje		WB-4			WB-5			WB-6		
Inicio de Sondeo (msnm)		41			40			40.5		
Cota		SUCS	N (SPT)	N60	SUCS	N (SPT)	N60	SUCS	N (SPT)	N60
Inicio	Fin									
42.0	41.5	O								
41.5	41.0	CL						O		
41.0	40.5	SP-SM	14	10.5	Rell.			CL		
40.5	40.0	SP-SM	14	10.5	Rell.			CL	10	7.5
40.0	39.5	SP-SM	34	27.2	SP-SM	18	13.5	SM	10	7.5
39.5	39.0	SP-SM	34	27.2	SP-SM	18	13.5	CL	10	8.0
39.0	38.5	SP-SM	37	29.6	SP-SM	23	18.4	CL	10	8.0
38.5	38.0	SP-SM	37	29.6	SP-SM	23	18.4	CL	9	7.2
38.0	37.5	SP-SM	33	28.1	SP-SM	23	18.4	CL	9	7.2
37.5	37.0	SP-SM	33	28.1	SC	23	18.4	SM	31	26.4
37.0	36.5	SP-SM	45	42.8	SC	13	11.1	SM	31	26.4
36.5	36.0	SP-SM	45	42.8	SP-SM	13	11.1	SW-SM	35	33.3
36.0	35.5	SP-SM	84	79.8	SP-SM	56	53.2	SW-SM	35	33.3
35.5	35.0	SP-SM	84	79.8	SP-SM	56	53.2	SW-SM	37	35.2
35.0	34.5	SP-SM	98	93.1	SP-SM	36	34.2	SW-SM	37	35.2
34.5	34.0	SP-SM	98	93.1	SP-SM	36	34.2			
34.0	33.5	GP-GM	60	57.0	SP-SM	24	22.8			

b) Corrección de los valores obtenidos en los CPTu

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los Ensayos de penetración con piezocono (CPTu) se procede a calcular la resistencia por punta corregida (q_t) mediante la siguiente formula presentada por Robertson et al. (1986)³⁰:

$$q_t = q_c + (1 - a) \cdot u_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

q_t = Resistencia por punta corregida

q_c = Resistencia por punta registrada

u_2 = Presión de poro dinámica registrada

a = Ratio de superficie neto del piezocono = 0.8 (Indicado por el proveedor)

El terreno en estudio no se encuentra saturado y no se detectó presencia de nivel freático, según los resultados de los CPTu, la presión de poros dinámica

³⁰ Robertson, P.K., Campanella, R.G, Gillespie, D. & Greig, J. (1986). *Use of piezometer Cone Data*. Proceedings of inSitu86, ASCE Specialty Conference, Blacksburg, Virginia.

es muy cercana a 0. A continuación, se muestran 03 gráficos de presión de poros y la totalidad de los resultados se encuentra en el anexo.

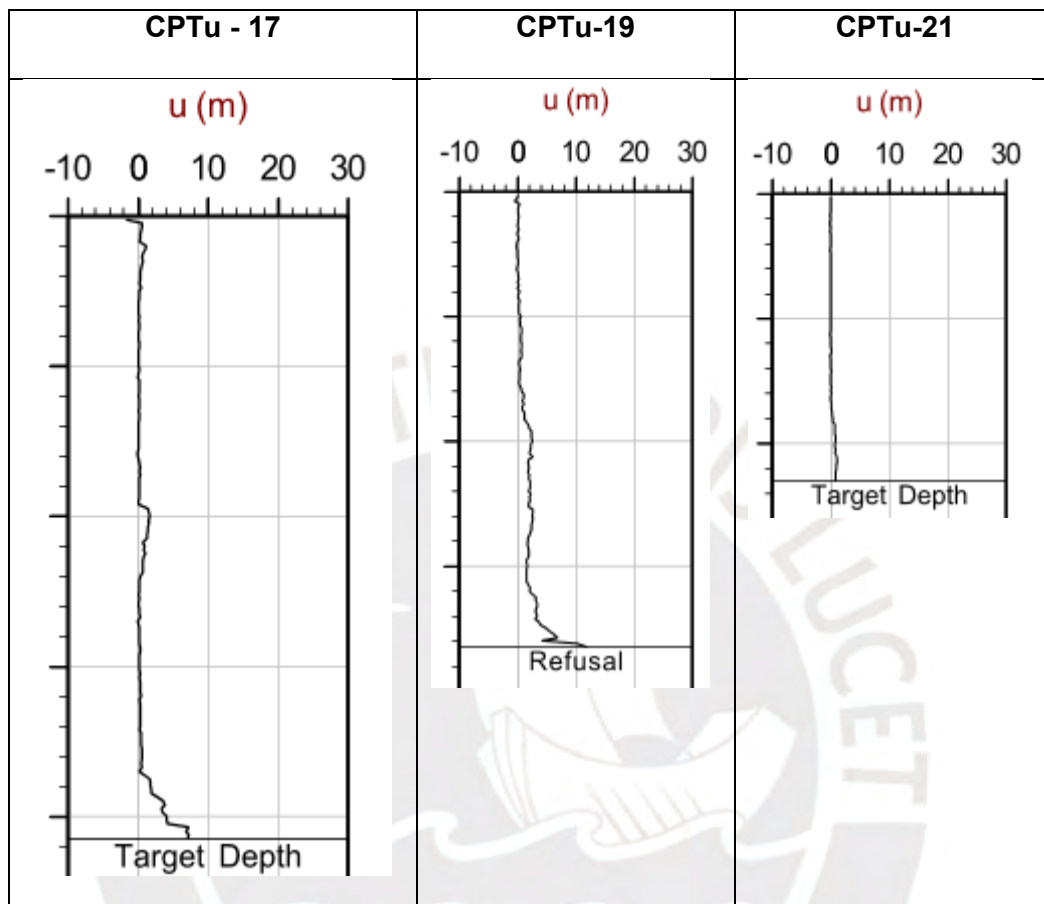


Ilustración 18 Gráfico de las presiones de poro dinámica en CPTu 17, CPTu 19 y CPTu 21

Fuente: Propia

Para el caso en estudio, se trabaja con la resistencia por punta corregida (q_t) que es muy cercana a la resistencia por punta registrada (q_c).

- c) Correlación entre los valores obtenidos del SPT y auscultación dinámica mediante cono dinámico tipo Peck (CTP).

Con la finalidad de correlacionar los valores obtenidos en el cono de Peck con respecto al Ensayo Estándar de Penetración se procedió a correlacionar los valores obtenidos de las auscultaciones y las perforaciones según cercanías:

Perforación WB – 1: Auscultación CP – 1 y CP – 3

Perforación WB – 2: Auscultación CP – 5, CP – 7*

Perforación WB – 3: Auscultación CP – 12 y CP – 24

Perforación WB – 4: Auscultación CP – 11, CP – 13 y CP – 16

Perforación WB – 5: Auscultación CP – 18 y CP – 20

Perforación WB – 6: Auscultación CP – 9, CP – 21, CP – 22 y CP - 23

Cabe resaltar, que según lo indicado en el acápite 3.1.5.2 se propone realizar un corte de terreno por limpieza y desbroce en la cota 38.5 msnm para el Sector 01 (contiene las perforaciones WB – 1 y 2) y 40.0 msnm para el Sector 02 (contiene las perforaciones WB – 3, 4, 5 y 6), por ello, para el cálculo del promedio de los N_{60} y CPT se han contemplado los resultados de los valores obtenidos a partir de la cota en la que se realizará el corte de terreno.

Tabla 7 Cálculo de correlación entre los SPT y Conos de Peck

Fuente: Propia

Sondaje WB – 1

Sondaje		WB-1		CP-1		CP-3	
Inicio de Sondeo (msnm)		38.0		39.3		39.3	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
39.0	38.5			26.3	SP-SM	25.0	O
38.5	38			26.3	SP-SM	25.0	SC
38.0	37.5	SM	9.8	18.3	CL	22.0	CL
37.5	37	SM	9.8	18.3	CL	22.0	SM
37.0	36.5	CL	7.2	19.8	CL	28.0	SM
36.5	36	CL	7.2	19.8	CL	28.0	CL
36.0	35.5	CL	5.6	31.7	SC - SM	31.7	SM
35.5	35	SP-SM	5.6	31.7		31.7	SM
35.0	34.5	SP-SM	37.4	97.5		56.5	SM
34.5	34	SP-SM	37.4	97.5		56.5	SM
34.0	33.5	SP-SM	30.4	500.0	Rechazo	75.0	
33.5	33	SP-SM	30.4	500.0	Rechazo	75.0	
Promedio			18.1	40.1		41.0	

Nivel de corte de terreno

Sondaje WB – 2

Sondaje		WB-2		CP-5		CP-7	
Inicio de Sondeo (msnm)		39.0		40.1		39.2	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
40.0	39.5				O		
39.5	39				CL		O
39.0	38.5	CL	4.5	15.00	CL	11.0	CL.ML
38.5	38	CL	4.5	15.00	CL	11.0	CL
38.0	37.5	CL	6.4	15.5	SM	20.0	CL
37.5	37	CL	6.4	15.5	CL	20.0	CL
37.0	36.5	CL	7.2	33.3	SP-SM	24.0	CL
36.5	36	SC	7.2	33.3	SP-SM	24.0	CL
36.0	35.5	SC	11.1	500.0	Rechazo	25.7	SM
35.5	35	SP-SM	11.1	500.0	Rechazo	25.7	SM
35.0	34.5	SP-SM	57.0	500.0	Rechazo	64.0	SP
34.5	34	SP-SM	57.0			500.0	Rechazo
34.0	33.5	SP-SM	56.1			500.0	Rechazo
33.5	33	SP	56.1			500.0	Rechazo
Promedio			7.7	24.4		26.8	

Nivel de corte de terreno

Sondaje WB – 3

Sondaje		WB-3		CP-12		CP-24	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.0		40.9		40.6	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
40.0	39.5			12.7	SP-SM	25.7	CL
39.5	39	CL	4.5	12.7	SP-SM	25.7	CL
39.0	38.5	CL	13.6	16.3	SP-SM	12.7	CL
38.5	38	CL	13.6	16.3	SP-SM	12.7	CL
38.0	37.5	SM	8.8	25.3	SM	16.8	CL
37.5	37	CL	8.8	25.3	SM	16.8	CL
37.0	36.5	SM	27.2	42.3		56.0	CL
36.5	36	SP-SM	27.2	42.3		56.0	SM
36.0	35.5	SP-SM	43.7	91.3		62.3	SP-SM
35.5	35	SP-SM	43.7	91.3		62.3	
35.0	34.5	SP-SM	65.6	203.0	Rechazo	90.0	
34.5	34	SP-SM	65.6	500.0	Rechazo	500.0	Rechazo
34.0	33.5	SP-SM	79.8	500.0	Rechazo	500.0	Rechazo
33.5	33	SP-SM	79.8			500.0	Rechazo
Promedio			21.2	40.4		35.7	

Nivel de corte de terreno

Sondaje WB – 4

Sondaje		WB-4		CP-11		CP-13		CP-16	
Inicio de Sondeo (msnm)		41.0		42.0		41.6		41.8	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin								
42.0	41.5				O				O
41.5	41	CL			SM		O		CL
41.0	40.5	SP-SM	10.5	13.8	CL-ML	15.0	SM	22.0	ML
40.5	40	SP-SM	10.5	13.8	SP-SM	15.0	SM	22.0	ML
40.0	39.5	SP-SM	25.5	13.0	SP-SM	23.5	SM	11.0	ML
39.5	39	SP-SM	25.5	17.3	SP-SM	23.5	SP-SM	11.0	SP-SM
39.0	38.5	SP-SM	29.6	17.3	SP-SM	24.3	SP-SM	11.7	SP-SM
38.5	38	SP-SM	29.6	81.7	SP-SM	24.3	SP-SM	11.7	SP
38.0	37.5	SP-SM	28.05	81.7	SP-SM	55.7	SP	59.7	SP-SM
37.5	37	SP-SM	28.05	500.0	Rechazo	55.7	SP	59.7	SP-SM
37.0	36.5	SP-SM	42.75	500.0	Rechazo	68.8	SP-SM	36.3	
36.5	36	SP-SM	42.75	500.0	Rechazo	68.8	SP-SM	36.3	
36.0	35.5	SP-SM	79.8			146.3	Rechazo	140.0	Rechazo
35.5	35	SP-SM	79.8			146.3	Rechazo	140.0	Rechazo
35.0	34.5	SP-SM	93.1			225.3	Rechazo		
34.5	34	SP-SM	93.1			225.3	Rechazo		
34.0	33.5	GP-GM	57			500.0	Rechazo		
Promedio			32.3	49.5		45.9		32.3	

Nivel de corte de terreno

Sondaje WB – 5

Sondaje		WB-5		CP-18		CP-20	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.0		40.9		41.5	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
40.5	40				SP-SM		SP-SM
40.0	39.5	SP-SM	13.5	32.5	SP-SM	22.5	SP-SM
39.5	39	SP-SM	13.5	32.5	SP-SM	22.5	SP-SM
39.0	38.5	SP-SM	18.4	56.3	SM	16.7	SP-SM
38.5	38	SP-SM	18.4	56.3	SP-SM	16.7	SP-SM
38.0	37.5	SP-SM	18.4	27.7	SP-SM	56.7	GP
37.5	37	SC	18.4	27.7	SP-SM	56.7	SM
37.0	36.5	SC	11.05	32.0		36.8	SM
36.5	36	SP-SM	11.05	32.0		36.8	
36.0	35.5	SP-SM	53.2	50.7		20.3	
35.5	35	SP-SM	53.2	50.7		20.3	
35.0	34.5	SP-SM	34.2	71.3		33.3	
34.5	34	SP-SM	34.2	71.3		33.3	
34.0	33.5	SP-SM	22.8	95.5		32.5	
33.5	33	SP-SM	22.8	95.5		32.5	
Promedio			25.4	53.8		31.9	

Nivel de corte de terreno

Sondaje WB – 6

Sondaje		WB-6		CP-9		CP-21		CP-22		CP-23	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.5		41.8		40.8		42.1		41.2	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin										
42.0	41.5				O				O		
41.5	41				CL				SM		O
41.0	40.5	CL		17.5	CL		O		CL		SC
40.5	40	CL	7.5	17.5	SM		SP-SM		CL		SM
40.0	39.5	SM	7.5	20.5	CL	20.0	SP-SM	15.5	CL - ML	24.0	SP-SM
39.5	39	CL	7.5	20.5	SM	20.0	SM	15.5	CL - ML	24.0	SP-SM
39.0	38.5	CL	8.0	24.0	SP-SM	16.3	SM	13.0	SP - SM	23.3	SP-SM
38.5	38	CL	7.2	24.0	SP-SM	16.3	SM	13.0	SP - SM	23.3	SP
38.0	37.5	CL	7.2	25.0	SP-SM	21.0	CL	22.3	SP	54.3	SP
37.5	37	SM	26.4	25.0	SP-SM	21.0	CL	22.3	SP	54.3	
37.0	36.5	SM	26.4	152.0		23.0	SP-SM	43.8		60.5	
36.5	36	SW-SM	33.3	152.0		23.0	SP-SM	43.8		60.5	
36.0	35.5	SW-SM	33.3			38.3		143.0		99.3	
35.5	35	SW-SM	35.2			38.3		143.0		99.3	
35.0	34.5	SW-SM	35.2			34.7		98.0		203.5	Rechazo
34.5	34					34.7		98.0		203.5	Rechazo
Promedio			21.9	23.7		26.1		59.6		55.4	

Nivel de corte de terreno

Consideraciones:

- Se descarta el CP-25 (cercana a WB-2) debido a que no hay una calicata próxima con clasificación SUCS que permita identificar la estratigrafía.
- No se consideraron valores de N60 mayores a 50 por haber llegado al rechazo ni CPT mayores a 100.

Habiendo realizado el cálculo de las correlaciones para cada perforación por WB se procedió a tabular los resultados:

Perforación	Factor de relación
WB - 1	0.45
WB - 2	0.30
WB - 3	0.56
WB - 4	0.76
WB - 5	0.59
WB - 6	0.53

Según el EMS se recomienda utilizar un valor de correlación de 0.5 para suelos granulares y 1.0 para suelos cohesivos; sin embargo, según los cálculos precedentes, se utilizará el coeficiente obtenido de 0.53.

Esta correlación entre el Ensayos de Penetración Estándar (SPT) y la auscultación dinámica mediante cono dinámico tipo Peck (CTP) permite recalcular los valores del CTP obtenidos en campo a fin de convertirlos en N corregidos. De este modo, se identifica un mayor espectro de data que permite identificar con mayor precisión aquella zona con menores resistencias.

Tras afectar al promedio de la cantidad de golpes en los CP – 1 al CP - 25 por el factor de correlación de 0.53 se obtienen valores mínimos de 12 golpes, con ello se constata que la zona con menor capacidad portante corresponde al área contenida en el WB – 2.

La tabulación de las auscultaciones dinámicas y su valor correlacionado están adjuntados en el anexo de la presente tesis.

3.2 Diseño del mejoramiento de suelos por compactación dinámica

Con el pasar de los años se han desarrollado nuevos métodos de diseño de la técnica de compactación dinámica, entre los principales autores están Poran y Rodríguez³¹ con una propuesta de diseño en suelos arenosos sin presencia de nivel freático, el método de la Federal Highway Administration (FHWA)³² y Jahangiri et al. con el desarrollo de un análisis en elementos finitos en 2 dimensiones en diversos tipos de suelo.³³

En el presente trabajo de tesis se utilizó el método de diseño propuesto por la FHWA de 1995 que consta de los pasos mostrados en el desarrollo de este acápite. Cabe resaltar que el análisis teórico siempre ha de contrarrestarse con el desempeño real de la técnica en el lugar donde va a desarrollarse el mejoramiento.

3.2.1 Elección de la masa y altura de caída.

³¹ Poran, C. J. & Rodríguez, J. A. (1992) *Design of Dynamic Compaction*. Canadian Geotechnical Journal, 29, 5, Canada. Pág. 796-802.

³² FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA.

³³ Jahangiri, G., Pak, A. & Ghassemi, A. (2011) *Numerical Modelling of Dynamic Compaction in Dry Sandy Soils for Determination of Effective Print Spacing*. Journal of Structural Engineering and Geotechniques, 1, USA. Pág. 1-9.

Inicialmente la profundidad de mejora por el método de compactación dinámica se expresó mediante la fórmula empírica de Menard (1976)³⁴ de la siguiente manera:

$$D_{\text{máx}} = \sqrt{M * H} \quad \dots\dots(2)$$

Donde:

$D_{\text{máx}}$ = Profundidad de mejora (m).

M = Masa (ton)

H = Altura de caída (m)

Sin embargo, la práctica ha demostrado que hay varios condicionantes que generan la reducción de esta profundidad de mejora, tales como: el tipo de suelo a tratar, la eficiencia de la grúa a utilizar según el tipo de caída que tiene (sistema de caída libre o semi caída libre), la presencia de estratos duros o compactos que absorban la energía transmitida y la sección o área transversal de la masa que impacta con el suelo.

Es por ello, que la fórmula para calcular la profundidad de mejora está expresada se la siguiente manera.³⁵

$$D_{\text{máx}} = c * n * \sqrt{M * H} \quad \dots\dots(3)$$

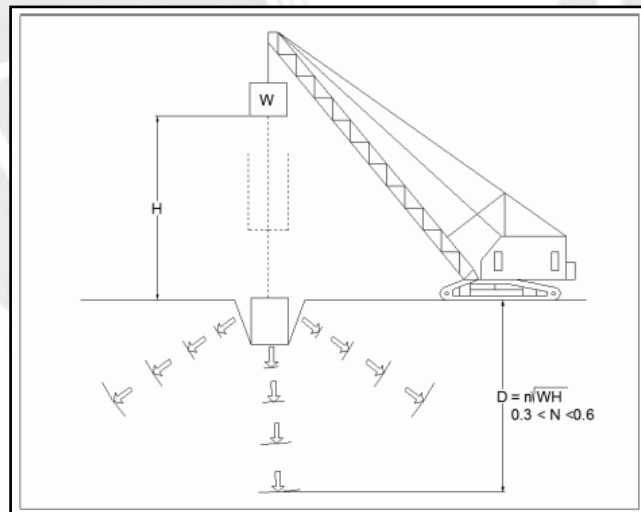


Ilustración 19 Profundidad de mejora ante una masa W y una altura de caída H

Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

Donde:

³⁴ Bielza, A. (1999) *Manual de técnicas de mejora de terreno*. España. Pág. 66.

³⁵ Pérez, T. & Montejano, J. & Valiente, R. (2015) *Dynamic compaction evaluation using in situ test*. España. Pág.4.

c = Factor de eficiencia de la máquina a utilizar (1.2 para sistema de caída libre o 0.9 en grúas con semi caída libre).

n = Factor según tipo de suelo, permeabilidad y grado de saturación, este valor va de 0.35 a 0.6

Para identificar el factor n a utilizar en la ecuación, se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 8 Valores de n en función al tipo de suelo, permeabilidad y grado de saturación del mismo

Fuente: Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

Tipo de suelo	Grado de saturación	Valor de n recomendado
Depósitos de suelo permeables – suelos granulares	Alto	0.5
	Bajo	0.5 – 0.6
Depósitos de suelos semipermeables Principalmente limos con índice plástico < 8	Alto	0.35 – 0.4
	Bajo	0.4 - 0.5
Depósitos impermeables	Alto	No recomendable
Principalmente arcillas con índice de plasticidad > 8		0.35 – 0.40
	Bajo	Los suelos deben tener un contenido de agua menor al límite plástico

* Para una energía aplicada de 100 a 300 t-m/m² y una masa que utiliza un cable para su caída.

A continuación, se procede a cuantificar las variables de la fórmula

- ✓ La grúa disponible, para la ejecución de la compactación dinámica, cuenta con cables de frenado para subir y descender la masa, por ello, se empleará un coeficiente c de 0.9.
- ✓ De lo expresado en el acápite 3.1.5.2, se define que la profundidad de mejora (D_{máx}) para el sector 01 y 02 es de 4.0m.
- ✓ Por otro lado, según las estratigrafías identificada en la perforación WB – 2 (sondaje más desfavorable) se procede a calcular el valor del coeficiente n:

Estratigrafía compuesta por 2m de arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media (CL), 1m de arena fina ligeramente gravosa, arcillosa (SC) y 1m de arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa (SP – SM) que suman los 4.0m de profundidad en los que se realiza el mejoramiento por compactación dinámica.

$$n \text{ promedio} = \frac{\sum n * h}{\sum h} = \frac{0.4 * 2.0 + 0.5 * 1.0 + 0.55 + 1}{4.0} = 0.46 \quad \dots\dots(4)$$

Reemplazando este valor de n promedio en la fórmula 02:

$$4.0 \text{ m} = 0.9 * 0.46 * \sqrt{M * H}$$

$$92.34 = M * H$$

Cabe resaltar que la altura de caída de la grúa disponible es de 15m, reemplazando este valor, se obtiene que la masa mínima necesaria es de:

$$M = 6.2 \text{ ton}$$

Se opta por escoger una masa de 10 toneladas debido a disponibilidad del mercado, por ende, la profundidad de mejora teórica del terreno:

$$D_{\text{máx}} = 0.9 * 0.46 * \sqrt{15 * 10} = 5.07 \text{ m}$$

3.2.2 Cálculo de la energía a aplicar.

En la siguiente tabla se muestran las energías requeridas a aplicar en ton.m/m^3 para diversos tipos de suelo considerando el tipo de suelo a compactar, el espesor o profundidad de mejora

Tipo de suelo	Energía aplicada (t-m/m^3)	Energía Proctor estándar (%)
Suelo permeable de grano grueso. (Zona 1)	20 – 25	33 – 41
Suelo semipermeable de grano fino. (Zona 2) y relleno de arcilla arriba del nivel freático. (Zona 3)	25 - 35	41 – 60
Rellenos sanitarios	60 – 110	100 - 180
Nota: la energía de Proctor estándar equivale aproximadamente a 60 t-m/m^3		

Ilustración 20 Energía aplicada (ton.m/m^3) según el tipo de suelo a compactar (FHWA, 1995).

Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

Si bien la profundidad de mejora teórica ($D_{\text{máx}}$) es de 5.07m, por el sobredimensionamiento calculado en la masa a emplear, la profundidad necesaria a mejorar se ha definido en 4.0 m y considerando que se tienen estratos de suelo de Zona 1 y Zona 2 se opta por considerar un valor de energía aplicada de 25 ton.m/m^3 . A partir de estos valores, la energía específica requerida en ton.m/m^3 se calcula como:

$$AE = \text{Energía aplicada} * D_{\text{máx}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$AE = 25 * 4.0 = 100.0 \text{ ton.m/m}^2$$

3.2.3 Determinación del espaciamiento entre huellas, número de golpes y cantidad de fases.

Los puntos de golpeo o huellas producidas por la caída de la grúa pueden generar una malla de impactos con una distribución cuadrada o triangular entre 5 a 10 m de espaciamiento. Hay mallas con otro tipo de distribución donde el espaciamiento se

mide como la diagonal entre ejes de huellas.

Se presenta a continuación, una ilustración de la disposición diagonal o lateral entre huellas.

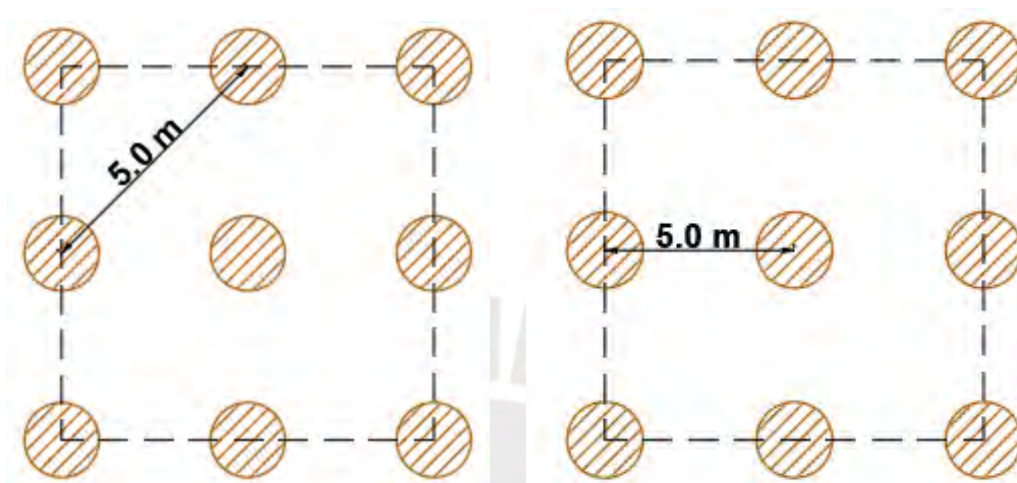


Ilustración 21 Distribución de huellas a espaciamientos de 5m con medición diagonal y lateral.

Fuente: Dynamic Compaction (FHWA, 1995)

El espaciamiento entre huellas se calcula como 1.5 a 2.5 veces el ancho o diámetro de la masa. Para la masa escogida de 15 toneladas con dimensiones de 2x2m (Cuadrada), el intervalo de espaciamiento será:

$$1.5 * L < S < 2.5 * L \quad \text{..... (6)}$$

Donde:

L = Lado de masa

S = Espaciamiento entre huellas

$$3 < S < 5$$

Con la recomendación de espaciamientos mínimos y máximos citada líneas arriba, se establece un rango entre 3 a 5m. Mas espaciamiento involucra mayor cantidad de golpes para poder satisfacer la energía a aplicar y menor espaciamiento implica menor cantidad de golpes para cumplir el objetivo. Para el caso en estudio se opta por trabajar con un valor de 5m en diagonal para mayor rapidez en el proceso de ejecución.

Asimismo, se recalca que el cálculo teórico de la separación entre huellas ha de evaluarse en una etapa de prueba donde el desempeño del mejoramiento permitirá mantener o aumentar el valor de S.

3.2.4 Cálculo del número de golpes y cantidad de fases.

Para el cálculo del número de golpes por huella se empleará la siguiente fórmula:

$$AE = \frac{N.M.H.P}{S^2}$$

Donde:

N= Número de golpes por huella

P = Número de fases

$$100 = \frac{N.10.15.P}{5^2}$$

$$NP = 17.0$$

Se aprecia que la cantidad de golpes totales a aplicar es de 17, con la finalidad de dividir este número de impactos en una o más fases, se cita a las siguientes recomendaciones:

Según Uriel. A, la cantidad de golpes debería oscilar entre 5 a 10 golpes sucesivos³⁶, por otro lado, según la FHWA este rango fluctúa entre 7 a 15 impactos³⁷. Adicionalmente, debe considerarse que, si la totalidad de los golpes por huella se concentran en una sola fase, la profundidad del cráter o huella ocasionada puede resultar mayor a la altura de la masa y esto no es conveniente por las siguientes razones:

- Al subir la masa después de generado el impacto, se genera una fuerza de succión en la base y paredes. Es por ello que se requerirá una mayor fuerza en los cables de izaje para levantar la masa, esto reduce la durabilidad de los mismos.
- Las paredes del cráter, que tienen una profundidad considerablemente mayor, pueden derrumbarse en la base de la huella generando una superficie irregular que afectará en la correcta transmisión de energía a estratos inferiores.
- El aflojamiento de las partículas de suelo en la superficie y paredes (producido por la fuerza de succión) se han de compactar con un procedimiento adicional de planchado para densificar la superficie suelta.

Con estas recomendaciones, se decide realizar 2 fases con 10 golpes en la primera fase y 7 golpes en la segunda.

A modo de verificación se presenta una tabla con la energía aplicada en el proceso.

³⁶ Uriel. A (1985). *Mejora de terrenos por medios dinámicos*. Curso sobre pavimentos y rellenos portuarios. Puerto Autónomo de Valencia.

³⁷ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA.

Tabla 9 Cálculo de Energía total aplicada (ton.m/m²)

Fuente: Propia

P - Número de fase	M - Peso de la masa (ton)	H - Altura de Caída (m)	N - Número de golpes por huella	S - Espaciamiento (m)	EA - Energía específica aplicada por fase (ton.m/m ²)
1	10	15	10	5	60
2	10	15	7	5	42
Energía total aplicada (ton.m/m²)					102

3.2.5 Descripción de la plataforma de trabajo.

Debido a que el equipo utilizado para realizar la compactación dinámica es una grúa de aproximadamente 100 toneladas, es necesaria la existencia de una plataforma de trabajo que evite inestabilidad en la grúa y garantice una superficie nivelada. Esta plataforma está conformada por una capa de grava con espesor entre 0.3 a 0.9m, siendo necesaria su colocación cuando se tienen suelos correspondientes a la Zona 2 (Suelos favorables con restricciones) en caso de saturación³⁸

Cabe resaltar que el introducir material de tipo granular para construir la plataforma de trabajo puede entorpecer el proceso de mejoramiento pues si la masa a utilizar no es de gran peso, esta no penetra fácilmente las capas superficiales y se reduce la cantidad de energía aplicada.

Por otro lado, el costo que involucra la colocación de un espesor de grava como los señalados, genera un aumento en el presupuesto del mejoramiento.

De lo descrito en la página 36, se ha propuesto un corte de terreno hasta la cota 39.0 msnm, con ello, se nivelará la superficie para los trabajos de compactación dinámica y al no existir nivel freático, no se considerará la colocación de grava para este proyecto.

3.3 Verificación del tratamiento

3.3.1 Descripción del procedimiento constructivo

³⁸ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA. Pág. 28

El procedimiento ejecutado en el caso de estudio consistió en las 4 etapas descritas a continuación:

3.3.1.1 Preparación de la superficie

Según lo mencionado anteriormente, se realizará un corte de terreno hasta la cota 39.0 para la nivelación y remoción de la capa superior de suelo conformada por material orgánico de carácter vegetal según lo descrito en el EMS.

3.3.1.2 Prueba de Desempeño

De acuerdo con el plan de trabajo, elaborado por la empresa a cargo del mejoramiento de suelos por compactación dinámica, se ubicó en el terreno una zona denominada “Área de Prueba” de 989 m², la cual tuvo como finalidad definir la secuencia de trabajo (distribución y número de golpes, peso y altura de caída a utilizar) y definir el porcentaje de mejoramiento alcanzado por el proceso.

Cabe resaltar, que siempre es necesario realizar una prueba de desempeño que permita corroborar o redefinir lo establecido en el diseño del mejoramiento por compactación dinámica.

El “Área de Prueba” se ubicó en la parte central del terreno, cerca de la ubicación de la Calicata C-24 y cono de Peck CP-24 (sondaje más desfavorable aparentemente determinado por el EMS). En esta área se establecieron 2 mallas de trabajo: la malla de 5x5 cuyos puntos de compactación estarían distanciados 5 m en dirección diagonal y la malla de 6x6 cuyos puntos estarían distanciados 6 m en dirección diagonal en el proceso de ejecución.

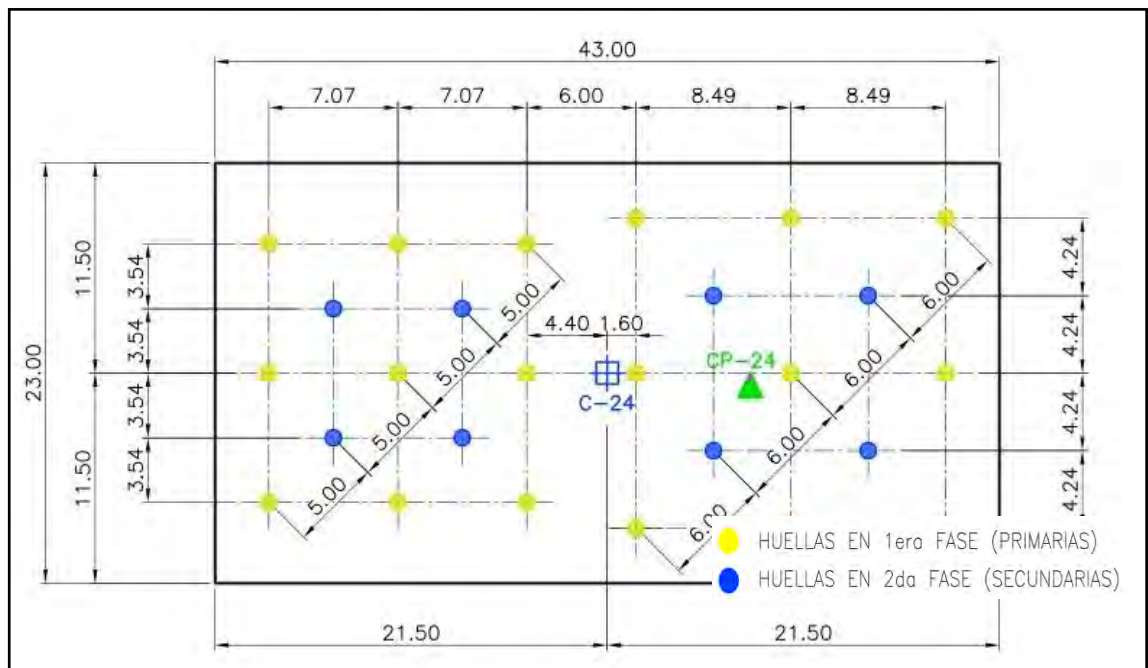


Ilustración 22 Zona de Área de Prueba con malla de huellas de compactación de 5x5 y 6x6

Fuente: Propia

3.3.1.3 Ejecución de la compactación dinámica

La ejecución de la técnica por compactación dinámica, para el caso en estudio, consistió en dividir el área total a mejorar en 5 etapas por facilidad constructiva y realizar dos fases de apisonado: la primera con 12 golpes y la segunda con 7 golpes a un espaciamiento de 5 m en dirección diagonal al eje entre huellas. En las siguientes ilustraciones aprecia la división del área en las zonas mencionadas y una fotografía correspondiente a la compactación dinámica del caso en estudio que es la primera realizada en el país.

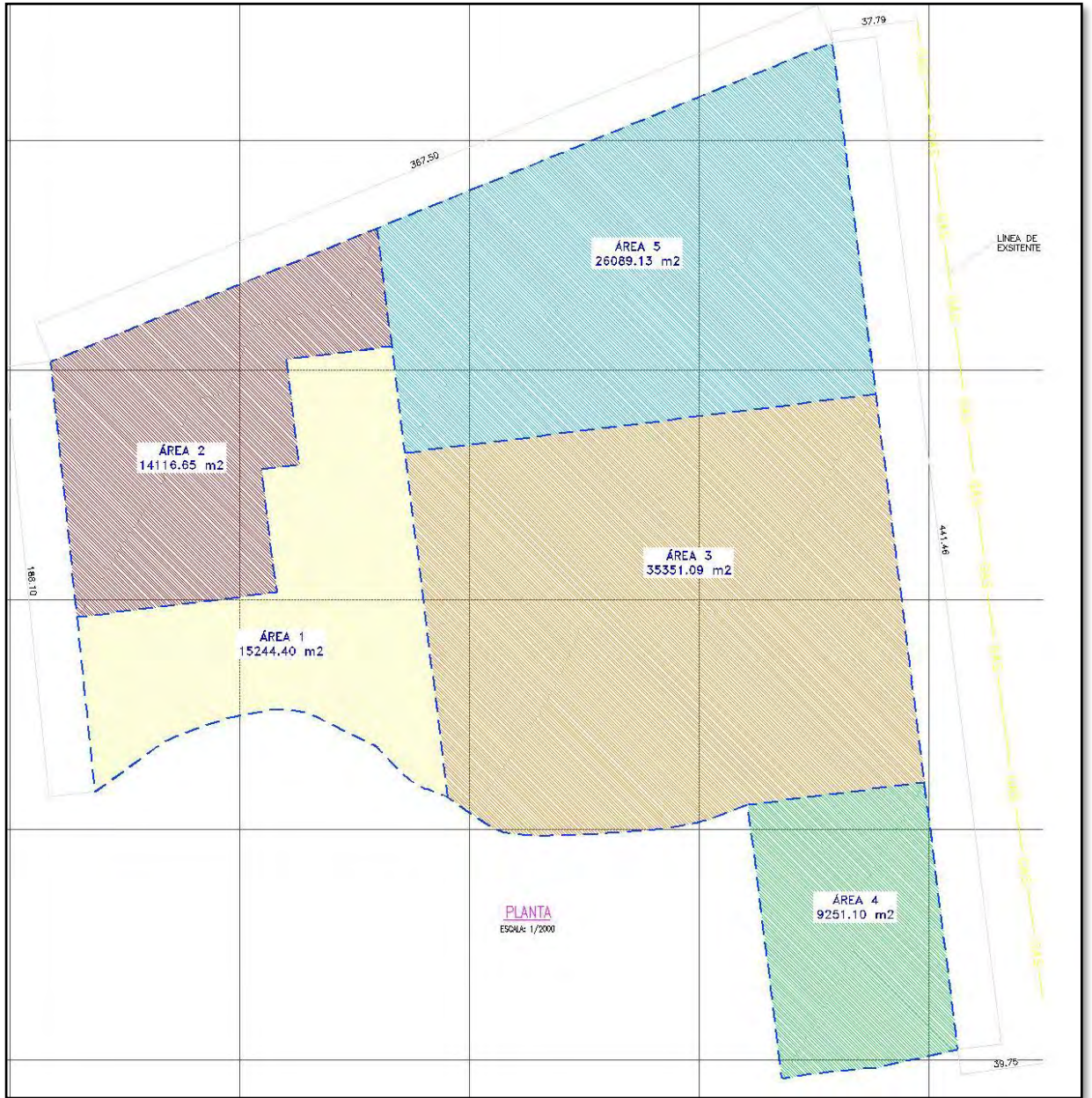


Ilustración 23 Distribución de áreas para el proceso de compactación dinámica

Fuente: Empresa Ejecutora



Ilustración 24 Primera compactación dinámica en Perú

Fuente: Empresa Ejecutora, 2017

3.3.1.4 Proceso de planchado

Posterior a los impactos generados en el terreno, las formaciones de las huellas generan una irregularidad en la superficie, es por ello que se debe enrazar mediante un equipo de movimiento de tierras, ya sea una retroexcavadora o una excavadora.

Después de nivelar el terreno, queda presencia de material suelto en la superficie que debe compactarse con un proceso de planchado, este consiste en soltar una masa de menor peso a una altura reducida en toda la superficie del terreno.

A continuación, se muestra una imagen del caso en estudio correspondiente a este procedimiento.



Ilustración 25 Proceso de planchado de superficie

Fuente: Propia

3.3.1.5 Resultados de los ensayos ejecutados en campo

Para corroborar que la mejora del suelo tras la aplicación de la compactación dinámica supere los estándares establecidos de presión admisible y asentamiento permisible, se ejecutaron Ensayos de penetración con piezocono (CPTu) y una prueba de hundimiento. A continuación, se mostrarán los resultados correspondientes al ‘Área de prueba’, esta abarca la calicata 24 (Definida como la zona más desfavorable a compactar)

3.3.1.6 Ensayos CPTu realizados en la zona de prueba

A continuación, se muestra el detalle de los ensayos CPTu realizados en el Área de prueba distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 10 Distribución de CPTu ejecutados

Fuente: propia

	Malla de 5x5m	Malla de 6x6m
Ensayos CPTu antes del mejoramiento	CPTu - 1	CPTu - 4
Ensayos CPTu después del mejoramiento en la huella de impacto	CPTu - 2	CPTu - 5

Ensayos CPTu después del mejoramiento entre huellas de impacto	CPTu - 3	CPTu - 6
--	----------	----------

La distribución de los ensayos CPTu fue la siguiente:

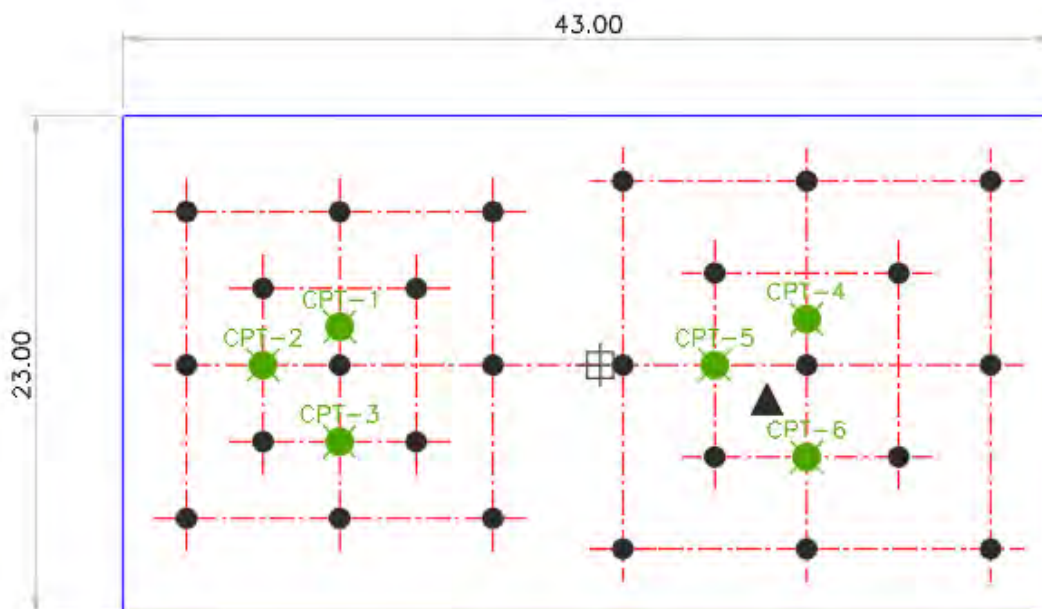


Ilustración 26 Ubicación de CPTu en planta

Fuente: propia

En los ensayos CPTu se midió la resistencia por punta corregida (q_t) cada 2.5 cm, a continuación, se muestran los resultados cada 20 cm para una mejor visualización y su correlación con los Números de golpes SPT (N_{spt}):

- Valores obtenidos en la malla de 5x5 (CPTu 1, 2 y 3)

Tabla 11 Resultados de la resistencia por punta corregida (q_t) en la malla 5x5

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

Profundidad (m)	Antes del mejoramiento CPTu 01		Después del mejoramiento en la huella de impacto CPTu 02		Después del mejoramiento entre huellas de impacto CPTu 03	
	q_t (Mpa)	NSPT	q_t (Mpa)	NSPT	q_t (Mpa)	NSPT
0.03	1.72	3.44	1.75	3.49	0.17	0.35
0.20	8.55	17.10	5.88	11.75	3.18	6.36

0.40	7.26	14.52	7.94	15.88	4.79	9.58
0.60	7.66	15.31	9.68	19.36	5.42	10.84
0.80	8.50	17.01	8.43	16.86	5.12	10.24
1.00	3.87	7.74	10.16	20.32	5.42	10.85
1.20	3.74	7.49	13.47	26.94	5.93	11.86
1.40	2.58	5.16	17.89	35.79	7.11	14.22
1.60	3.21	6.41	13.64	27.28	6.98	13.96
1.80	4.26	8.52	13.34	26.68	5.94	11.89
2.00	3.72	7.43	14.68	29.35	6.60	13.21
2.20	3.85	7.71	14.24	28.48	10.50	21.00
2.40	5.36	10.72	13.86	27.71	11.79	23.58
2.60	4.53	9.06	12.88	25.76	11.56	23.13
2.80	3.36	6.73	13.04	26.08	15.50	31.01
3.00	4.05	8.09	18.21	36.42	11.27	22.55
3.20	12.15	24.31	16.05	32.09	6.09	12.17
3.40	9.77	19.53	17.08	34.16	7.51	15.02
3.60	13.53	27.05	21.98	43.97	20.16	40.32
3.80	19.99	39.98	21.21	42.42	19.79	39.59
4.00	21.27	42.54	29.07	58.15	22.98	45.95
4.20		-	20.43	40.87	24.00	48.00
4.40		-	24.25	48.50	25.33	50.66
4.60		-	24.41	48.81	29.04	58.08
4.80		-	22.59	45.19	26.22	52.43

5.00		-	22.01	44.02	29.42	58.84
5.20		-	22.49	44.98		-
5.40		-	19.74	39.49		-
5.60			12.60			
5.80			21.55			

- Valores obtenidos en la malla de 6x6 (CPTu 4,5 y 6)

Tabla 12 Resultados de la resistencia por punta corregida (qt) en la malla 6x6

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

Profundidad (m)	Antes del mejoramiento CPTu 04		Después del mejoramiento en la huella de impacto CPTu 05		Después del mejoramiento entre huellas de impacto CPTu 06	
	qt (Mpa)	NSPT	qt (Mpa)	NSPT	qt (Mpa)	NSPT
0.025	1.216	2.432	0.501	1.002	0.618	1.236
0.200	13.320	26.640	3.997	7.994	7.117	14.234
0.400	10.607	21.214	5.249	10.498	9.531	19.062
0.600	7.525	15.050	6.394	12.788	8.300	16.600
0.800	7.011	14.021	10.889	21.778	6.535	13.070
1.000	4.333	8.666	13.468	26.936	6.095	12.190
1.200	4.568	9.136	13.277	26.553	6.366	12.732
1.400	4.343	8.687	16.120	32.239	7.040	14.079
1.600	4.770	9.541	19.615	39.230	8.174	16.347
1.800	5.089	10.178	19.123	38.245	7.089	14.179
2.000	4.010	8.019	18.280	36.560	9.350	18.700
2.200	4.615	9.231	16.859	33.718	8.957	17.914
2.400	11.566	23.133	15.237	30.473	11.332	22.665
2.600	11.573	23.146	14.996	29.993	13.515	27.030
2.800	7.644	15.289	13.881	27.762	10.620	21.239
3.000	7.026	14.051	15.607	31.214	8.326	16.653
3.200	8.666	17.332	15.087	30.174	16.813	33.625
3.400	4.445	8.891	14.842	29.683	25.359	50.719
3.600	4.712	9.424	19.331	38.661	30.144	60.288
3.800	4.616	9.233	25.167	50.333	32.225	64.450
4.000	5.518	11.037	31.342	62.683	25.876	51.752
4.200	12.183	24.365	32.338	64.676	20.391	40.782
4.400		0.000	30.0927	60.185	19.1678	38.336

4.600		0.000	28.0379	56.076	21.4942	42.988
4.800		0.000	29.2965	58.593	25.2814	50.563
5.000		0.000	31.2204	62.441	30.3162	60.632

3.3.1.7 Medición de asentamientos mediante la Prueba de Hundimiento

Con la finalidad de predecir los asentamientos producidos en el suelo ante las sollicitaciones de la estructura puesta en funcionamiento, se realizó una prueba de hundimiento que consiste en colocar un terraplén de 2.5 m de altura equivalente a una presión sobre el terreno de 50 kPa sobre el suelo. Para llevar a cabo la medición, se colocaron 5 platos de asentamiento con cota de desplante a nivel de superficie del terreno. A continuación, se muestran 2 ilustraciones correspondientes a la prueba realizada en el terreno.



Ilustración 27 Terraplén situado en la zona de prueba

Fuente: Empresa ejecutora, 2017



Ilustración 28 Platos de asentamiento colocados en zona de prueba

Fuente: Empresa ejecutora, 2017

Se colocaron 5 platos de asentamiento distribuidos de la siguiente manera:

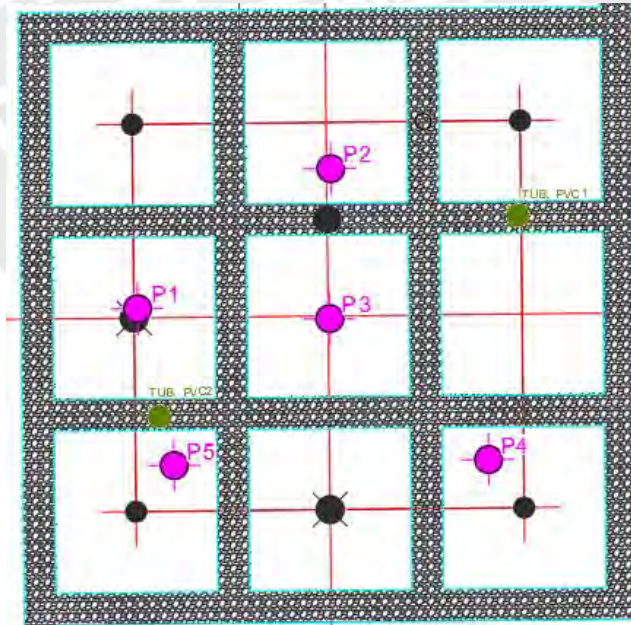


Ilustración 29 Distribución en planta de los platos de asentamiento

Fuente: Empresa ejecutora, 2017

Resultado de los asentamientos en malla de 5x5: Considerar los hundimientos registrados previo al vertido de agua pues estos son los que tendría el suelo en las condiciones naturales.

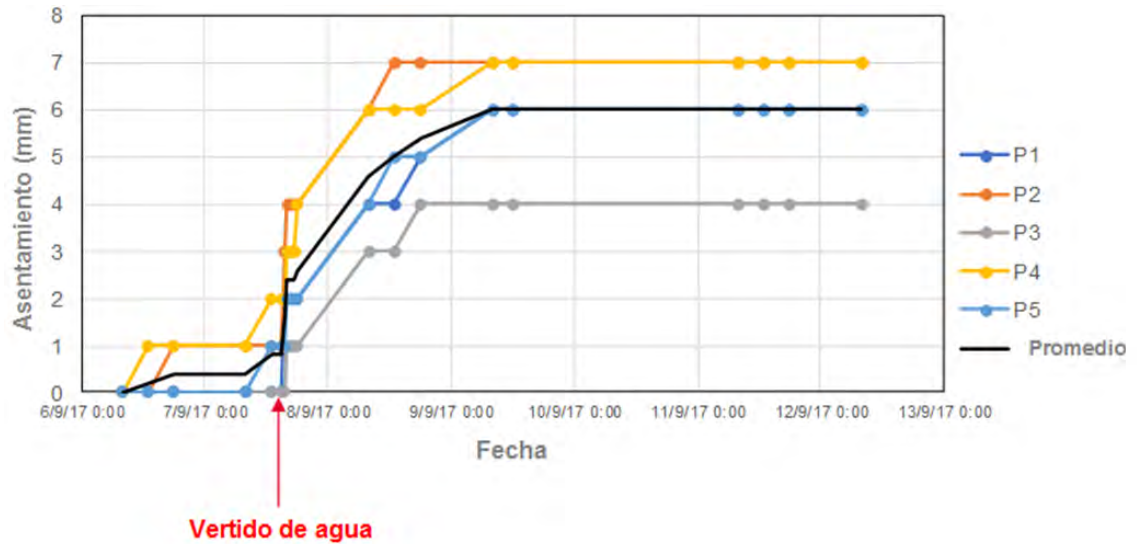


Ilustración 30 Asentamientos calculados en la malla de 5x5

Fuente: Empresa ejecutora, 2017

Resultado de los asentamientos en malla de 6x6: Considerar los hundimientos registrados previo al vertido de agua pues estos son los que tendría el suelo en las condiciones naturales.

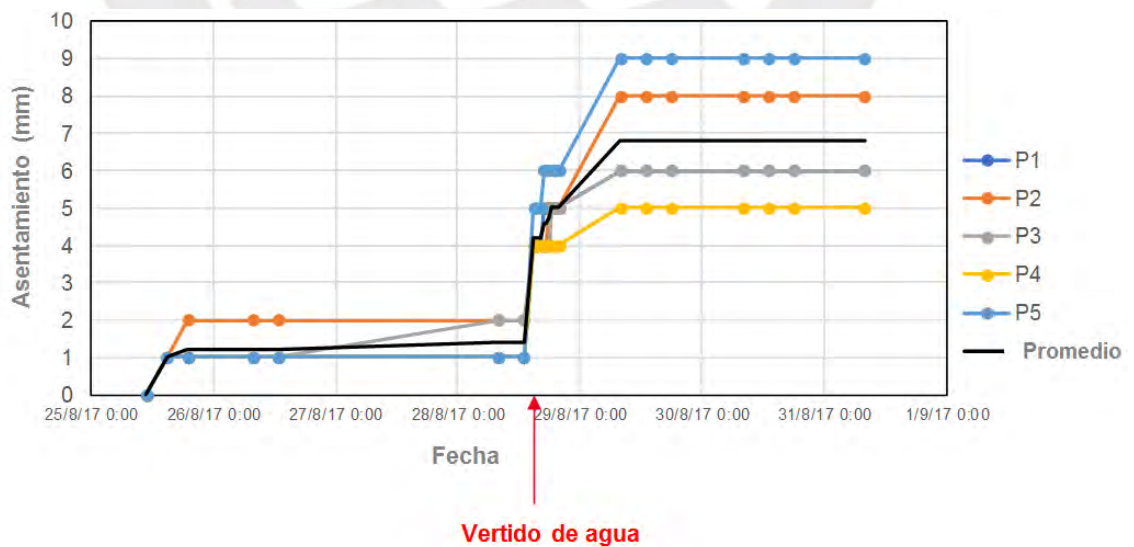


Ilustración 31 Asentamientos calculados en la malla de 6x6

Fuente: Empresa ejecutora, 2017

4 Análisis de la factibilidad técnica y económica

4.1 Comparativo entre la evaluación preliminar y la verificación del tratamiento

Los objetivos del mejoramiento de terreno por compactación dinámica han sido definidos según el Estudio de Mecánica de Suelos inicial, estos comprenden la obtención de una presión admisible superior a 2.0 kg/cm^2 y que el asentamiento diferencial tolerable no supere 2.5 cm.

Con la finalidad de corroborar la factibilidad técnica de la compactación dinámica se identificó en campo la zona más desfavorable según los ensayos de exploración de campo iniciales y en esta se realiza una prueba de desempeño (ver acápite 3.3.1.2). Garantizando una presión admisible superior al objetivo mencionado en esta zona desfavorable implica un mejoramiento de los parámetros geotécnicos en el resto del terreno, esto siempre y cuando haya una vasta cantidad de estudios iniciales distribuidos en la zona de estudio.

En base a los resultados de los ensayos CPTu y prueba de hundimiento mostrados en el capítulo 03, se procede a realizar el análisis correspondiente.

4.1.1 Ensayos de penetración con piezocono CPTu

En base a las tablas 9 y 10 del capítulo anterior se verifica un incremento de las resistencias por punta corregida (q_t) entre los ensayos de penetración con piezocono iniciales y finales:

Área de prueba de 5 m x 5 m:

- Antes de la compactación dinámica (CD) – CPTu 01:

De 0 – 3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia por punta corregida promedio (q_t , avg) se calcula en 4.93 MPa

De 0 – 4.1 m (Profundidad de ensayo inicial CPTu 01) la resistencia por punta corregida promedio se calcula en 7.28 MPa

- Después de la compactación dinámica (CD):

En los puntos de compactación o ejes de huella – CPTu 02:

De 0 – 3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia por punta corregida promedio (qt, avg) se calcula en 12.19 MPa

De 0 – 4.1 m (Profundidad de ensayo inicial CPTu 02) la resistencia por punta corregida promedio se calcula en 13.97 Mpa.

Entre los puntos de compactación o entre ejes de huella – CPTu 03:

De 0 – 3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia por punta corregida promedio (qt, avg) se calcula en 7.47 MPa

De 0 – 4.1 m (Profundidad de ensayo inicial CPTu 31) la resistencia por punta corregida promedio se calcula en 9.16 Mpa

A continuación, se muestra el gráfico comparativo de la resistencia por punta corregida (qt) entre los ensayos descritos:

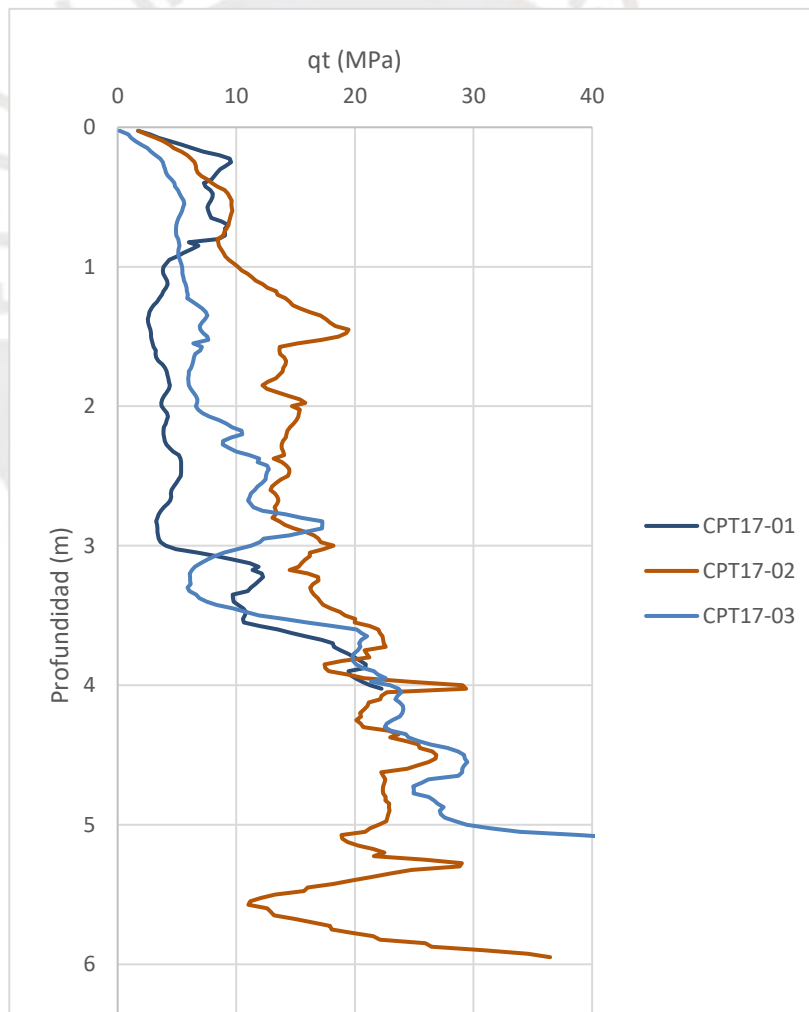


Ilustración 32 Comparativo de resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 01 al 03

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

El proceso de densificación en la malla 5x5 ha logrado que el suelo presente un aumento promedio a la resistencia por punta corregida (q_t) entre 1.26 a 1.92 veces de acuerdo a las mediciones hasta 4.1 m de profundidad y un aumento entre 1.37 a 4.5 veces la resistencia a las diferentes profundidades.

Área de prueba de 6 m x 6 m:

La profundidad de la capa colapsable corresponde a 4.3 m para en esta malla de 6x6 y los ensayos de piezocono han sido ejecutados hasta esta profundidad.

- Antes de la compactación dinámica (CD) – CPTu 04:

De 0 – 4.3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia por punta corregida promedio (q_t , avg) se calcula en 7.16 MPa

- Después de la compactación dinámica (CD):

En los puntos de compactación o ejes de huella – CPTu 05:

De 0 – 4.3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia punta corregida promedio (q_t , avg) se calcula en 15.91 MPa

Entre los puntos de compactación o entre ejes de huella – CPTu 06:

De 0 – 4.3 m (Fondo de capa colapsable) la resistencia por punta corregida promedio (q_t , avg) se calcula en 13.04 MPa

A continuación, se muestra el gráfico comparativo de la resistencia por punta corregida (q_t , avg) entre los ensayos descritos:

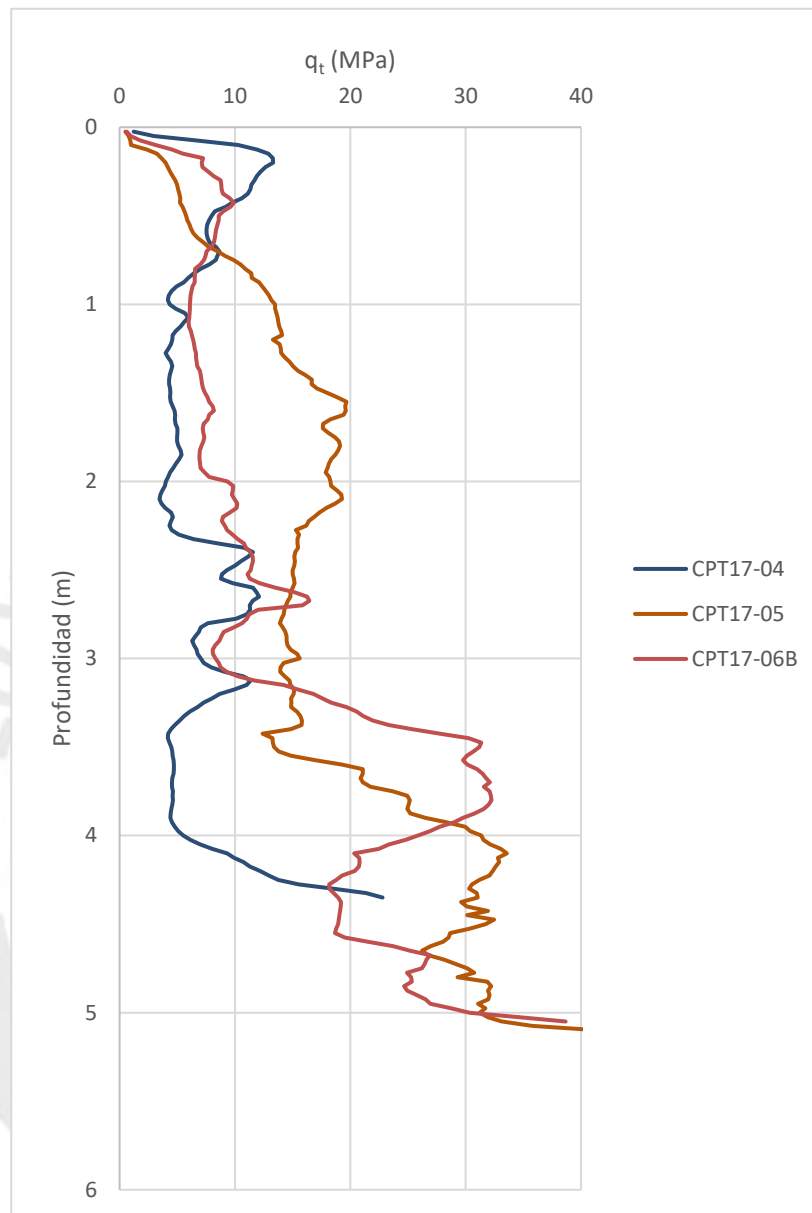


Ilustración 33 Comparativo de resultados de resistencia por punta corregida (q_t) entre los CPTu 04 al 06.

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

El proceso de densificación en la malla 6x6 ha logrado que el suelo presente un aumento promedio a la resistencia de punta corregida (q_t) entre 1.82 a 2.22 veces de acuerdo a las mediciones hasta 4.3 m de profundidad y un aumento entre 1.14 a 5 veces la resistencia a las diferentes profundidades.

En consecuencia, a los valores obtenidos de la resistencia de punta corregida (q_t) se verifica que ambas mallas de compactación 5x5 m y 6x6 m permiten alcanzar los

objetivos definidos en el área de prueba definida.

Ahora bien, según lo definido en el acápite 3.1.6.1.1 Cálculo de correlaciones entre las exploraciones de campo, se identificó que la zona más desfavorable se encontraba contenida en la perforación WB – 2 debido a su baja capacidad admisible y a la predominancia cohesiva en la estratigrafía identificada, recordemos que este tipo de suelo tiene menos predisposición para mejorar sus características ante la aplicación de la compactación dinámica (ver ilustración 09).

Debido a esta discrepancia en la selección de la ubicación de la zona de prueba y, con la finalidad de verificar el mejoramiento de la presión admisible, se calcularán las resistencias por punta corregidas promedio (q_t) obtenidas en los 02 ensayos más próximos a la perforación mencionada (CPTu 19 y CPTu 23)

Tabla 13 Resultados de la resistencia por punta corregida (q_t) en el CPTu 19 y CPTu 23

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

CPTu 19			CPTu 23		
Profundidad m	q_t Mpa	Nspt	Profundidad m	q_t Mpa	Nspt
0.03	0.74	1.48	0.03	0.47	0.95
0.20	6.89	13.77	0.20	7.89	15.78
0.40	7.49	14.98	0.40	10.62	21.24
0.60	9.25	18.50	0.60	13.12	26.24
0.80	14.82	29.63	0.80	11.79	23.58
1.00	14.77	29.55	1.00	13.98	27.96
1.20	13.99	27.97	1.20	15.28	30.55
1.40	20.35	40.69	1.40	14.50	28.99
1.60	18.02	36.03	1.60	15.63	31.26
1.80	15.49	30.98	1.80	16.78	33.56
2.00	9.48	18.96	2.00	16.63	33.26
2.20	10.88	21.76	2.20	16.47	32.93
2.40	11.32	22.65	2.40	16.40	32.80
2.60	8.83	17.66	2.60	15.48	30.95
2.80	10.28	20.55	2.80	18.89	37.78
3.00	13.26	26.52	3.00	19.59	39.18
3.20	22.93	45.87	3.20	20.55	41.09
3.40	32.42	64.84	3.40	22.01	44.02
3.60	50.22	100.45	3.60	20.44	40.87
			3.80	27.02	54.05
			4.00	25.49	50.97
			4.20	43.46	86.91
			4.40	50.33	100.67

Del CPTu 19 se verifica que de 0 – 3.6 m (Profundidad del ensayo) la resistencia por punta corregida promedio (qt, avg) se calcula en 15.9 MPa

Del CPTu 23 se verifica que de 0 – 4.40 m (Profundidad del ensayo) la resistencia por punta corregida promedio (qt, avg) se calcula en 18.78 Mpa.

A continuación, se muestra el gráfico de los resultados obtenidos en los ensayos con piezocono en función a qt:

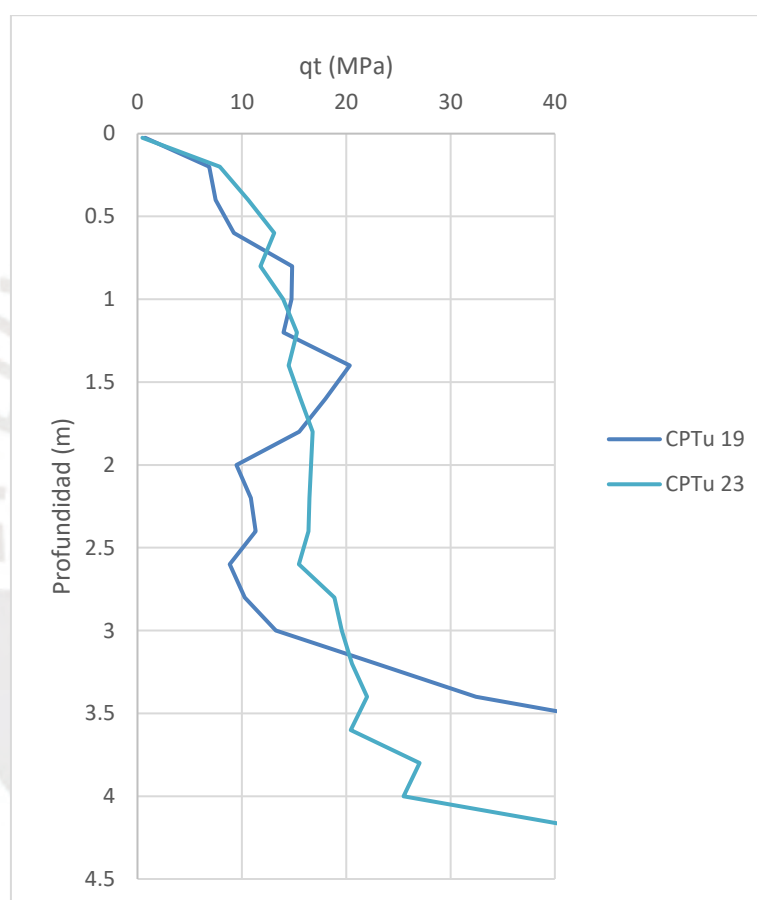


Ilustración 34 Resultados de resistencia por punta corregida (qt) entre los CPTu 19 y 23

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

Con estos resultados se verifica que, en la zona crítica del proyecto, identificada con las correlaciones, supera los valores requeridos de resistencia del suelo.

Finalmente, se procedió a tabular todos los resultados de las resistencias (qt) obtenidas en los ensayos de penetración con piezocono CPTu 17 al CPTu 30 y los valores de N_{spt} en toda la profundidad de los sondeos. A continuación, se muestran el resumen de los valores obtenidos:

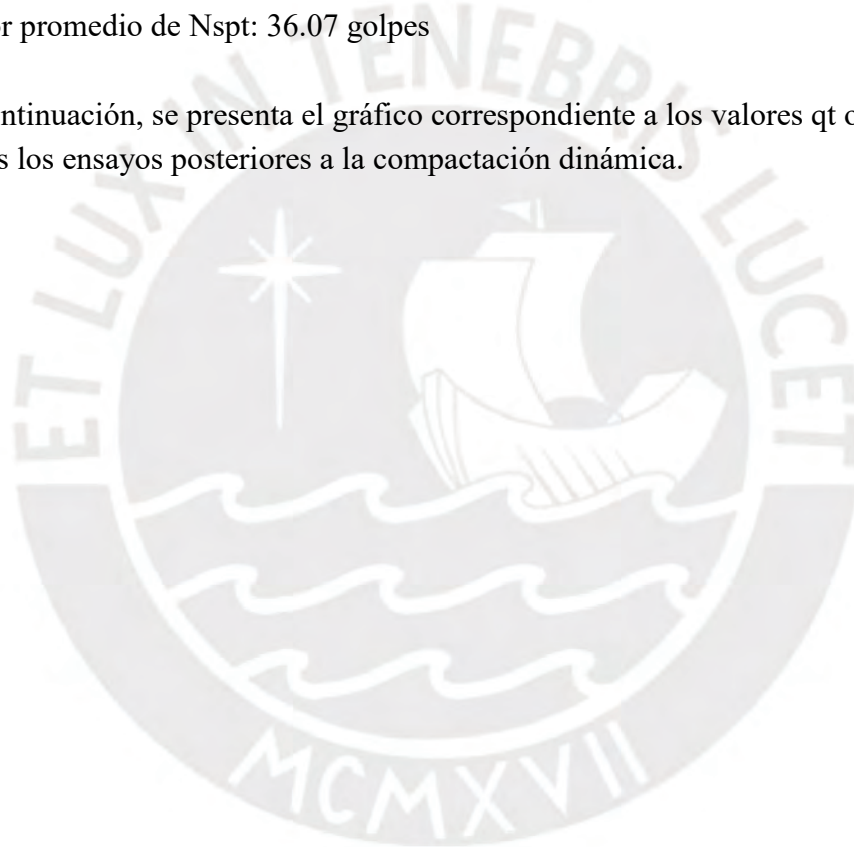
En toda la profundidad de los ensayos con piezocono:

Resistencia de punta corregida promedio (q_t) de los CPT 17 al 30: 20.93 Mpa
Valor mínimo de las q_t promedio: 13.42 Mpa (CPTu 17)
Valor máximo de las q_t promedio: 28.59 Mpa
Valor promedio de N_{spt} : 41.85 golpes

En la profundidad $D_{m\acute{a}x} = 4m$ planteada en el dise\u00f1o de mejoramiento por compactaci\u00f3n din\u00e1mica (Cap\u00edtulo 03)

Resistencia de punta corregida promedio (q_t) de los CPT 17 al 30: 18.04 Mpa
Valor m\u00ednimo de las q_t promedio: 11.74 Mpa (CPTu 17)
Valor m\u00e1ximo de las q_t promedio: 26.08 Mpa
Valor promedio de N_{spt} : 36.07 golpes

A continuaci\u00f3n, se presenta el gr\u00e1fico correspondiente a los valores q_t obtenidos en todos los ensayos posteriores a la compactaci\u00f3n din\u00e1mica.



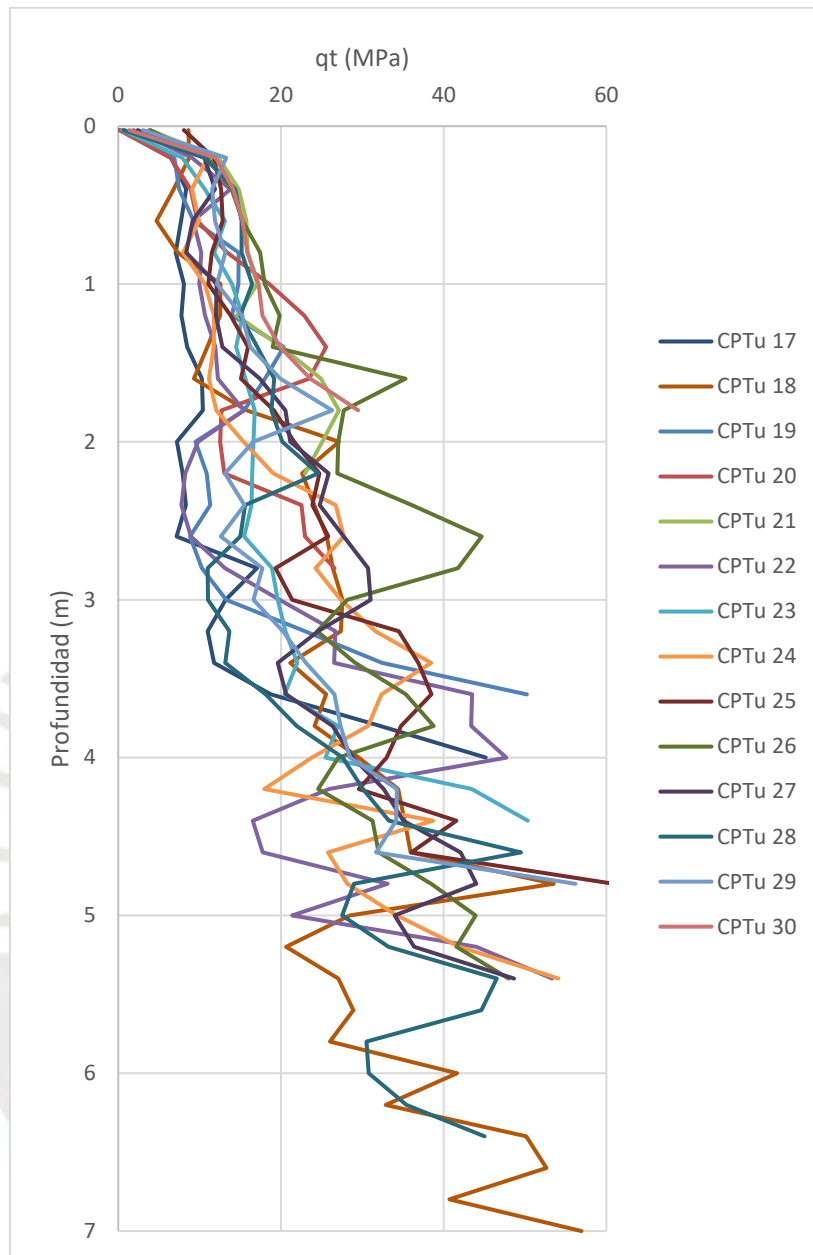


Ilustración 35 Resultados de resistencia por punta corregida (q_t) entre los CPTu 17 al 30 posterior a la compactación dinámica

Fuente: Análisis de los resultados de empresa encargada de Ensayos de penetración con piezocono

Por ende, se corrobora que la resistencia de suelo satisface con los objetivos del mejoramiento de suelos a la profundidad de diseño.

En el anexo se adjunta la totalidad de los resultados y tablas realizadas.

4.1.2 Prueba de hundimiento

De lo indicado en el acápite 3.3.1.7 Medición de asentamientos mediante la Prueba de Hundimiento, se verifica que esta tuvo 02 (dos) objetivos: calcular el asentamiento del

suelo en estado seco (natural) e inundado, este último con la finalidad de verificar la reducción del potencial de colapso en los suelos cohesivos.

Este último asentamiento fue calculado en campo debido a la solicitud realizada por la supervisión de obra con el sustento del riesgo a una inundación en el terreno que sature alguna zona donde hay presencia de suelo colapsable (ver ilustración 17).

Los resultados del área de prueba de 5 m x 5 m muestran lo siguiente:

El asentamiento promedio del material seco a una carga de 50 kPa fue de 0.8mm al tercer día de medición.

El asentamiento del material húmedo al final de la prueba (5 días después de iniciar la saturación) fue de 6.0 mm

Con estos resultados, se calcula el potencial de colapso como el asentamiento inducido desde la saturación como $0.0052/3 = 0.17\%$ donde 3 corresponde a la cantidad de metros de espesor de capa colapsable

Asimismo, los resultados del área de prueba de 6 m x 6 m muestran lo siguiente:

El asentamiento promedio del material seco a una carga de 50 kPa fue de 1.2mm al cuarto día de medición.

El asentamiento del material húmedo al final de la prueba (5 días después de iniciar la saturación) fue de 6.8 mm

Con estos resultados, se calcula el potencial de colapso como el asentamiento inducido desde la saturación como $0.0056/4.3 = 0.13\%$ donde 4.3 corresponde a la cantidad de metros de espesor de capa colapsable

Considerando que las cargas transmitidas al terreno serán de 2 kg/cm^2 o 200kPa, se extrapolan los valores de Potencial de Colapsabilidad obtenidos a 50 kPa concluyendo que la técnica de compactación dinámica ha conseguido reducir este valor a menos del 1% y en términos de asentamiento, los valores obtenidos son significativamente menores a 1 cm y por ende a 2.5 cm que es el asentamiento máximo permisible.

4.2 Comparativo entre el diseño realizado y la ejecución

De lo indicado en el acápite 3.2, el diseño del mejoramiento de suelos por compactación dinámica se basó en el método de diseño propuesto por la Federal Highway Administration (FHWA)³⁹, el cálculo de las variables de masa, altura de caída, espaciamiento entre huellas y cantidad de golpes se determinó en función a la estratigrafía del sondeo correspondiente a la perforación WB – 2 por ser el sondaje más desfavorable (menor resistencia y estratigrafía predominante conformada por

³⁹ FHWA (1995) *Dynamic Compaction*. USA.

suelo cohesivo)

Con la finalidad de corroborar este diseño con las pruebas de desempeño ejecutadas en el área de prueba se incluye el siguiente comparativo:

Tabla 14 Comparativo de variables obtenidas en el diseño y ejecución de la compactación dinámica
Fuente: Propia

Variabes	Diseño	Ejecución
Masa (ton)	10	15
Altura de caída (m)	15	15
Espaciamiento diagonal entre huellas (m)	5	5
Cantidad de golpes (und)	17	19

Se observa en la tabla anterior que hay una diferencia entre el diseño y lo ejecutado respecto a la masa a utilizar y a la cantidad de golpes, siendo así, que en el diseño se concibió una menor energía de compactación para el suelo en estudio. Se precisa que la profundidad de mejora de terreno a garantizar durante la ejecución fue determinada según lo establecido en el Estudio de Mecánica de Suelos inicial. En este documento se estableció una profundidad de mejora por 5m bajo el nivel de apoyo de la cimentación; sin embargo, el diseño trabajado contempla un mejoramiento de 4m respecto al nuevo nivel de terreno, esto debido al corte de terreno por desbroce y limpieza y según la data de los ensayos de exploración de campo que permiten identificar que a esta profundidad el suelo tiene resistencia hasta el rechazo.

4.3 Análisis de costo de la compactación dinámica

El costo del mejoramiento por compactación dinámica varía según la envergadura del proyecto (área de tratamiento) y según las exigencias del mismo: alcanzar una resistencia admisible específica, un asentamiento permisible, reducir la colapsabilidad y/o el potencial de licuefacción lo cual se transcribe en la aplicación de mayor o menor energía al suelo.

Para el caso en estudio, los objetivos de mejora consistieron en obtener una resistencia admisible de 2 kg/cm^2 y un asentamiento permisible máximo de 2.5 cm, con estas premisas se determinó que la cantidad de golpes necesarias por huella corresponde a 19 según la prueba de desempeño en el Área de Prueba y que el espaciamiento entre huellas a utilizar corresponde a 5m entre huellas.

Dado que la etapa de diseño da un resultado tentativo de aplicación de golpes,

espaciamiento entre huellas y fases, en la etapa aplicativa de la técnica por compactación dinámica, estos valores pueden ser mayores o menores, es por ello que la estimación de costo preliminar puede tener una alta variabilidad, la cual significa un alto riesgo para la empresa especialista en el mejoramiento.

Dentro del alcance del trabajo por el mejoramiento de la compactación dinámica deben incluirse las siguientes Partidas:

- Movilización y Desmovilización de equipos, herramientas y accesorios para la compactación dinámica.
- Compactación Dinámica con masa de 15 toneladas.
- Relleno de huellas con retroexcavadora.
- Servicio de topografía preliminar y durante la ejecución de obra.
- Pruebas de control de Calidad que incluye ensayos de exploración en campo para identificar la resistencia del suelo antes y después del mejoramiento, monitoreo de vibraciones durante el proceso de ejecución.

Asimismo, dependiente de las condiciones iniciales del terreno, se pueden incluir las siguientes partidas:

- Desbroce y limpieza de terreno con la finalidad de eliminar residuos, maleza, entre otros que pudiesen existir en el terreno.
- Remoción de interferencias existentes en el área de trabajo que consiste en identificar y remover tuberías de gas, agua, desagüe, entre otras que estén tendidas en la zona de alcance.

A continuación, se muestra el cálculo de los precios unitarios que componen el costo directo:

Partida	1.01 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA LA COMPACTACIÓN DINÁMICA								
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1	EQ.	1	Costo unitario directo por : glb		73,325.56	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra							
1-0019	Gerente de proyecto expatriado				día		2.00	1,116.96	2,233.92
1-0024	Operador de grúa expatriado				día		2.00	905.74	1,811.48
									4,045.40
		Materiales							-
		Equipos							
3-0014	Grúa Liebherr sobre orugas HS 855				día		2.00	7,467.88	14,935.76
3-0016	Kit compactación				día		2.00	572.80	1,145.60
3-0017	Masa 15 ton				día		2.00	644.40	1,288.80
3-0018	Masa 10 ton				día		2.00	418.86	837.72
3-0019	Retroexcavadora 420 E				día		2.00	1,159.92	2,319.84
3-0022	Torre de iluminación				día		2.00	193.32	386.64
3-0023	Máquina de soldar				día		2.00	232.70	465.40
									21,379.76
		Subcontratos							
4-0002	Transporte en cama cuna 60 ton inc. Chofer y combustible.				vje		2.00	12,888.00	25,776.00
4-0003	Transporte en cama baja 40 ton inc. Chofer y combustible.				vje		2.00	3,222.00	6,444.00
4-0004	Transporte en plataforma 30 ton inc. Chofer y combustible.				vje		8.00	1,288.80	10,310.40
4-0010	Boletos aereos para personal expatriado				vez		2.00	2,685.00	5,370.00
									47,900.40

Partida	1.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS CPT								
Rendimiento	vez/DIA	MO.	1	EQ.	1	Costo unitario directo por : glb		3,436.80	
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra							
		Materiales							-
		Equipos							-
		Subcontratos							-
4-0009	Movilización y Desmovilización de equipos para ensayos CPTu				vez		2.00	1,718.40	3,436.80
									3,436.80

Partida	2.01	COMPACTACIÓN DINÁMICA CON MASA DE 15 TONELADAS						
Rendimiento	m2/DIA	MO.	600	EQ.	600	Costo unitario directo por : m2		25.52
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra						
1-0006	Operador de grúa expatriado			hh	1	0.02	90.57	1.51
1-0008	Vigia			hh	1	0.02	13.50	0.22
1-0010	Mecánico			hh	1	0.02	41.17	0.69
1-0011	Soldador			hh	1	0.02	37.59	0.63
1-0001	Gerente de proyecto expatriado			hh	1	0.02	111.70	1.86
		Materiales						
2-0001	Combustible			galón		0.30	10.00	3.00
2-0002	Lubricantes			kg		0.01	20.00	0.20
2-0003	Cables para izaje			ml		0.01	241.65	1.21
		Equipos						
3-0001	Grúa Liebherr sobre orugas HS 855			hm	1	0.02	746.79	12.45
3-0003	Kit compactación			hm	1	0.02	57.28	0.95
3-0004	Masa 15 ton			hm	1	0.02	64.44	1.07
3-0005	Masa 10 ton			hm	1	0.02	41.89	0.70
3-0009	Torre de iluminación			hm	2	0.03	19.33	0.64
3-0010	Máquina de soldar			hm	1	0.02	23.27	0.39
		Subcontratos						
								16.21

Partida	2.02	RELLENO DE HUELLAS CON RETROEXCAVADORA						
Rendimiento	m2/DIA	MO.	600	EQ.	600	Costo unitario directo por : m2		2.84
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra						
1-0007	Operador de retroexcavadora			hh	1	0.02	41.17	0.69
1-0008	Vigia			hh	1	0.02	13.50	0.22
		Materiales						
		Equipos						
3-0006	Retroexcavadora 420 E			hm	1	0.02	115.99	1.93
		Subcontratos						
								1.93

Partida	2.03	SERVICIO DE TOPOGRAFIA						
Rendimiento	sem/DIA	MO.	1	EQ.	1	Costo unitario directo por : sem		3,189.78
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
		Mano de Obra						
		Materiales						
		Equipos						
		Subcontratos						
4-0001	Servicio de topografía			sem		1.00	3,189.78	3,189.78
								3,189.78

Partida	2.04	PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD				Costo unitario directo por : glb			191,435.13
Rendimiento	glb/DIA	MO.	1	EQ.	1				
Código	Descripción Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra								-
	Materiales								-
	Equipos								-
	Subcontratos								-
4-0005	Ensayos CPTu Preliminar (incluye mov. equipo)				glb		1.00	58,296.72	58,296.72
4-0006	Ensayos CPTu Final (incluye mov. equipo)				glb		1.00	83,286.91	83,286.91
4-0007	Prueba de Hundimiento				und		1.00	20,585.00	20,585.00
4-0011	Monitoreo de vibraciones				glb		1.00	29,266.50	29,266.50
									191,435.13

Ilustración 36 Cálculo de Precios Unitarios Compactación Dinámica

Fuente: Propia, actualización a septiembre 2020

En resumen, el costo total del proyecto es el siguiente:

ITEM	RESUMEN POR PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/.	TOTAL S/.
1	Trabajos Preliminares				
1.1	Movilización y Desmovilización de 01 grúa compactadora en cama cuna 60 toneladas, herramientas y todos los accesorios necesarios para la ejecución de los trabajos de Compactación Dinámica (Lima-Chilca-Lima).	vez	1.0	73,325.56	73,325.56
1.2	Movilización y Desmovilización de equipos, herramientas y todos los accesorios necesarios para la ejecución de los ensayos de penetración con piezocono CPTu.	vez	2.0	3,436.80	6,873.60
2	Ejecución de la Compactación Dinámica				
2.1	Compactación Dinámica con masa de 15 toneladas	m2	100,052.4	25.52	2,553,585.95
2.2	Relleno de huellas con retroexcavadora	m2	100,052.4	2.84	284,579.96
2.3	Servicio de topografía	sem	30.0	3,189.78	95,693.40
3	Control de Calidad				
3.1	Pruebas de control de calidad	Gbl	1.0	191,435.13	191,435.13
SUBTOTAL					3,205,493.6
GASTOS GENERALES				22%	705,208.6
UTILIDAD				12%	384,659.2
TOTAL					4,295,361.4

Ilustración 37 Presupuesto General

Fuente: Propia, actualización a septiembre 2020

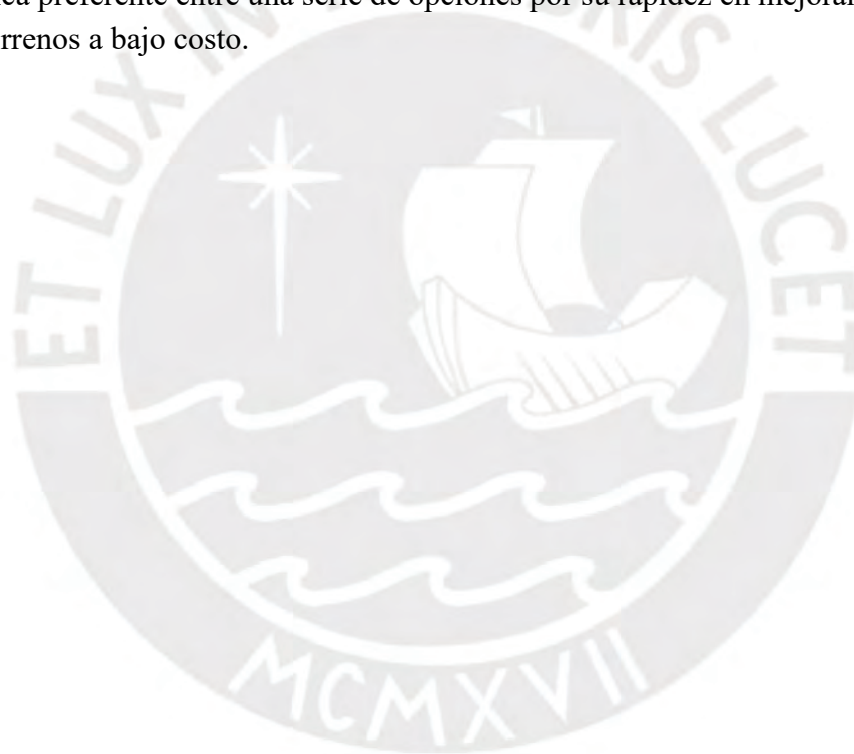
Por ende, el costo estimado unitario por m² se calcula en S/. 42.93 (Cuarenta y dos con 93/100 soles) incluido IGV.

Las consideraciones para el cálculo de este presupuesto son las siguientes:

- Turno laboral simple de lunes a viernes por 10 horas efectivas.
- El presupuesto contempla Precios Unitarios debido a la posibilidad de no ejecutar en zonas colindantes a cercos perimétricos o a propiedades vecinas por altas vibraciones y posibles afectaciones.
- El costo del personal incluye todos los beneficios sociales y SCTR.

- En este proyecto de mejoramiento la mano de obra y personal es altamente calificada; cabe resaltar que hay personal expatriado contemplado para la ejecución de los trabajos.
- Hay 02 movilizaciones y desmovilizaciones de equipos, herramientas y accesorios para los ensayos de penetración con piezocono CPTu debido a que hay una campaña antes y después del mejoramiento.
- Costo de equipos incluye mantenimiento de los mismos.
- El rendimiento ha sido calculado específicamente para las condiciones del caso: altura de caída, espaciamiento entre huellas y cantidad de golpes según fases.

Finalmente, se puede afirmar por los valores señalados, que la aplicabilidad de la compactación dinámica es económicamente factible y que fue seleccionada como la técnica preferente entre una serie de opciones por su rapidez en mejoramiento masivo de terrenos a bajo costo.



5 Conclusiones y recomendaciones

Se demuestra la factibilidad técnica de la aplicación de la compactación dinámica tras el cumplimiento de los 02 objetivos establecidos para el mejoramiento de suelos según EMS inicial los cuales corresponden a una presión admisible superior a 2.0 kg/cm^2 y a que el asentamiento diferencial tolerable no supere 2.5 cm. Con respecto a la primera finalidad, se verificó que las resistencias por punta corregida (q_t) en los ensayos de penetración con piezocono tuvieron el siguiente resultado:

De la prueba de desempeño se verificó que el proceso de densificación en la malla 5x5 tuvo un aumento de 1.26 a 1.92 veces de acuerdo a las mediciones hasta 4.1 m de profundidad en los ensayos de penetración con piezocono (CPTu) y una resistencia por punta corregida (q_t) promedio de 11.56 MPa. Con respecto a la densificación en la malla 6x6 se ha logrado que el suelo presente un aumento de resistencia entre 1.82 a 2.22 veces de acuerdo a las mediciones hasta 4.3 m de profundidad y una resistencia por punta corregida (q_t) promedio de 14.47 MPa.

De la ejecución del mejoramiento en todo el terreno se verificó que los resultados de la resistencia de punta corregida promedio (q_t) de los CPTu 17 al 30 a los 4m de profundidad (objetivo trazado en el diseño de la técnica del capítulo 03) corresponde a 18.04 MPa donde el valor mínimo q_t se obtuvo en el CPTu 17 y respecto a toda la profundidad ensayada, el valor de la resistencia corresponde a 20.93 MPa.

Con respecto al segundo objetivo de medición de asentamientos y verificación de la reducción del potencial de colapso (esto último por solicitud de la supervisión), se realizó una prueba de hundimiento cuyo resultado indicó que, incluso en estado de saturación del terreno, el asentamiento obtenido en el terreno es de 1 cm, valor inferior a los 2.5cm máximos permisible.

Se calculó un costo estimado por m^2 de ejecución en S/. 42.93 (Cuarenta y dos con 93/100 soles) incluido costo directo, gastos generales, utilidad e IGV bajo las condiciones establecidas en el acápite 4.3 y según el requerimiento de mejora de este proyecto en específico. Su bajo costo como técnica de mejoramiento masivo de terreno permitió su selección como técnica preferente entre una serie de opciones se dio por su rapidez en la aplicación.

En el diseño del mejoramiento por compactación dinámica presentado se identificó la necesidad de emplear una masa de 10 toneladas, una altura de caída de 15 metros de altura, un espaciamiento diagonal entre huellas de 5m y 17 golpes de impacto en el terreno repartidos en 10 para la primera y 7 en la segunda fase de compactación a modo

de obtener una mejora de la resistencia del suelo hasta 4.0 m de profundidad.

Durante la etapa de prueba de desempeño se estableció que tanto la malla de 5x5 y 6x6 cumplieran con los objetivos del mejoramiento, por ende, en campo se definieron 19 golpes de impacto que difieren respecto al diseño realizado en 2 golpes, así como la masa utilizada debido al requerimiento de mayor energía a aplicar para mejorar el suelo existente.

Se recomienda realizar correlaciones entre los ensayos exploratorios en campo realizados antes del mejoramiento de suelos, esto con la finalidad de obtener valores de resistencia según el tipo de suelo del terreno. Ante esta premisa, se verificó que la prueba de desempeño debió ejecutarse en la zona contenida por la perforación WB – 2 y no en la auscultación con cono de Peck CP 24.



6 Bibliografía

Artículos:

ROBERT G. LUKAS. “Dynamic compaction, Geotechnical engineering circular No 1,” U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. (1995).

ANA BIELZA FELIÚ, Manual de Técnicas de Mejora del Terreno, U.D Proyectos. E.T.S de Mians-U.P.M. MADRID 1999.

SEMSIG-AETESS, Jornadas Técnicas 23 de febrero de 2006. 6ª sesión de Técnicas de Mejora del Terreno. Avances en el diseño de las Técnicas de mejora del terreno, D. César Sagaseta Millán (Universidad de Cantabria).

SEMSIG-AETESS, Jornadas Técnicas 23 de febrero de 2006. 6ª sesión de Técnicas de Mejora del Terreno. Métodos de control y su aplicación a suelos arcillosos, D. Claudio Olalla Marañón (Universidad Politécnica de Madrid. Laboratorio de Geotecnia CEDEX).

MINISTERIO DE FOMENTO. CEDEX, Curso sobre técnicas generales de refuerzo y mejora del terreno. Madrid 2003 Planteamiento General, diseño y control, D. Carlos Oteo Mazo. Dr. Ingeniero de Caminos (Universidad Politécnica de Madrid.).

MOSTAFA, KHALED, “Numerical modeling of dynamic compaction in cohesive soils”, United States, 2010.

J.P.BUÉ, LIAUSU, J. ROBERT, “Traitement de 45 hectares de remblais de forte épaisseur par compactage dynamique haute énergie”, Prague, ISBN 80-86769-00-3, (Vol.1)

ARRIAGA VAZQUEZ. “Aspectos constructivos de la técnica de compactación dinámica para mejoramiento masivo de suelos”. México, 2006.

MENARD ESPAÑA, “Guía Técnica 2017”

SOLETANCHE BACHY PERÚ, “Guía Técnica 2017”

Normas técnicas

NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E050: SUELOS Y CIMENTACIONES.

NORMALISATION FRANCAISE XP P 94-063, 1997

Informes:

M&M CONSULTORES, Estudio de mecánica de suelos. Referencia: M4600, Fecha: junio 2016

MENARD, Procedimiento Compactación dinámica. Referencia: MENARD-ING-ETNA-PRO01 revisión A, Fecha: 29/03/2017

CONETEC, Presentación de los resultados de investigación de campo, (contratado por SOLETANCHE BACHY PERU), Referencia: 17-72006, Fecha: 18/08/2017

Planos:

Plano en planta general, ETNA SA, Referencia: 121566-4-AG-001, Rev. 0, Fecha: 04-07-2016

Planta general, SOLETANCHE BACHY, Referencia: SBP-1807-032-DWG-001, Rev. 00, Fecha: 11-07-2017

Planta – Ubicación de ensayos CPT previos a la compactación, SOLETANCHE BACHY, Referencia: SBP-1807-032-DWG-004, Rev. 00, Fecha: 07-07-2017

Anexos

Planos en planta de la ubicación de ensayos exploratorios de campo

Cálculo de correlaciones entre ensayos de penetración estándar (SPT) y auscultación dinámica mediante cono dinámico tipo peck (CTP)

Cálculo de resistencias por punta corregida promedio (q_c) en los piezoconos posteriores al mejoramiento de suelos

Estudio de mecánica de suelos inicial

Informe de zona de prueba por la empresa ejecutora

Informe de zona de prueba por la empresa supervisora

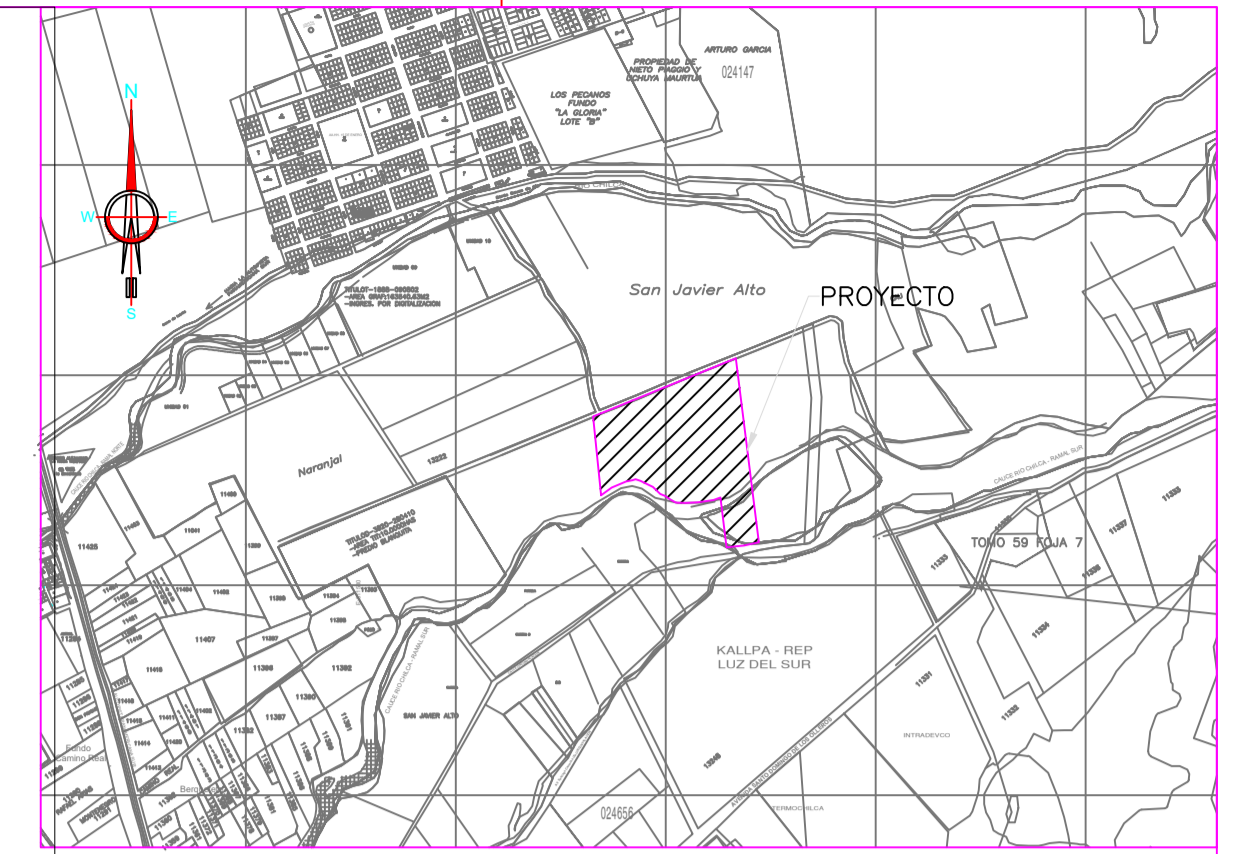
Investigación de campo final a la compactación dinámica

Reporte de Conformidad del mejoramiento de suelos



**PLANOS EN PLANTA DE
UBICACIÓN DE ENSAYOS
EXPLORATORIOS DE
CAMPO**





CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
ESCALA: S/E

- NOTAS:**
- 1.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
 - 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.
 - 3.- SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18S.

SIMBOLOGÍA:

- PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING
- CALICATA
- AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK
- CPT-ANTES DE COMPACTAR
- CPT-DESPUES DE COMPACTAR
- LÍMITE DE COMPACTACIÓN

1:600 0 6 12 18 24 30m
1:2000 0 20 40 60 80 100m
ESCALA GRÁFICA

REV#	FECHA	ELABORADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	STATUS DE EMISIÓN
01	JUNIO 2016	M&M	M&M	M&M	M&M	EMS CULMINADO Y APROBADO

EMISIÓN

ESTATUS DE EMISIÓN	(PRE) Preliminar (EPI) Emitido para Información	(EPA) Emitido para Aprobación (APU) Aprobado para Uso	(APC) Aprobado para Construcción (ASB) As Built (como construido)

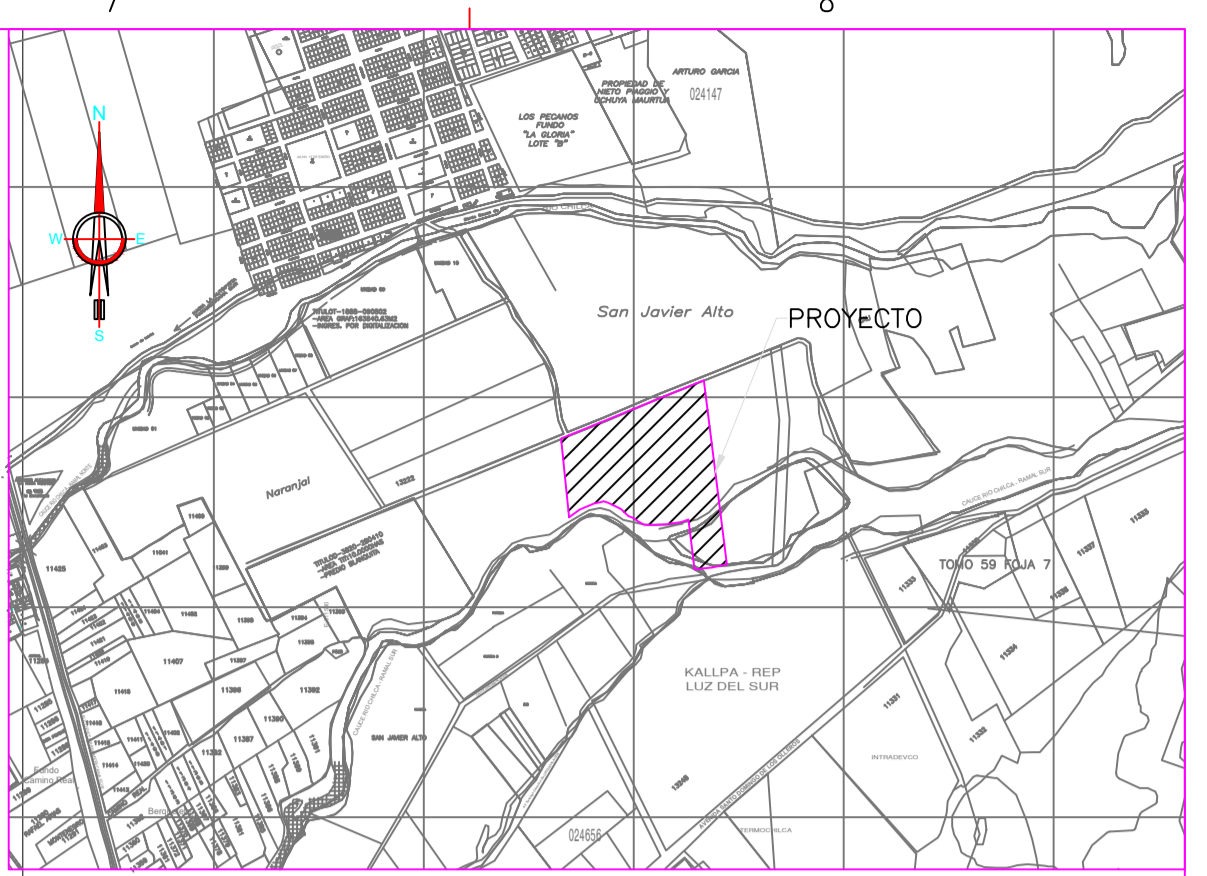
Detalle de ensayos

- 24 calicatas (C-1 a C-24)
- 6 perforaciones por lavado wash boring (WB-1 a WB-6)
- 25 auscultaciones dinámicas con Cono de Peck (CP-1 a CP-25)

Nombre de Proyecto: **COMPACTACIÓN DINÁMICA PLANTA ETNA**

Título de Documento:	PLANTA - UBICACIÓN DE ENSAYOS EMS INICIAL PREVIOS A LA COMPACTACIÓN	Rev:	01
Esc:	IND.		

PLANTA
ESCALA: 1/2000



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
ESCALA: S/E

COORDENADAS CPT

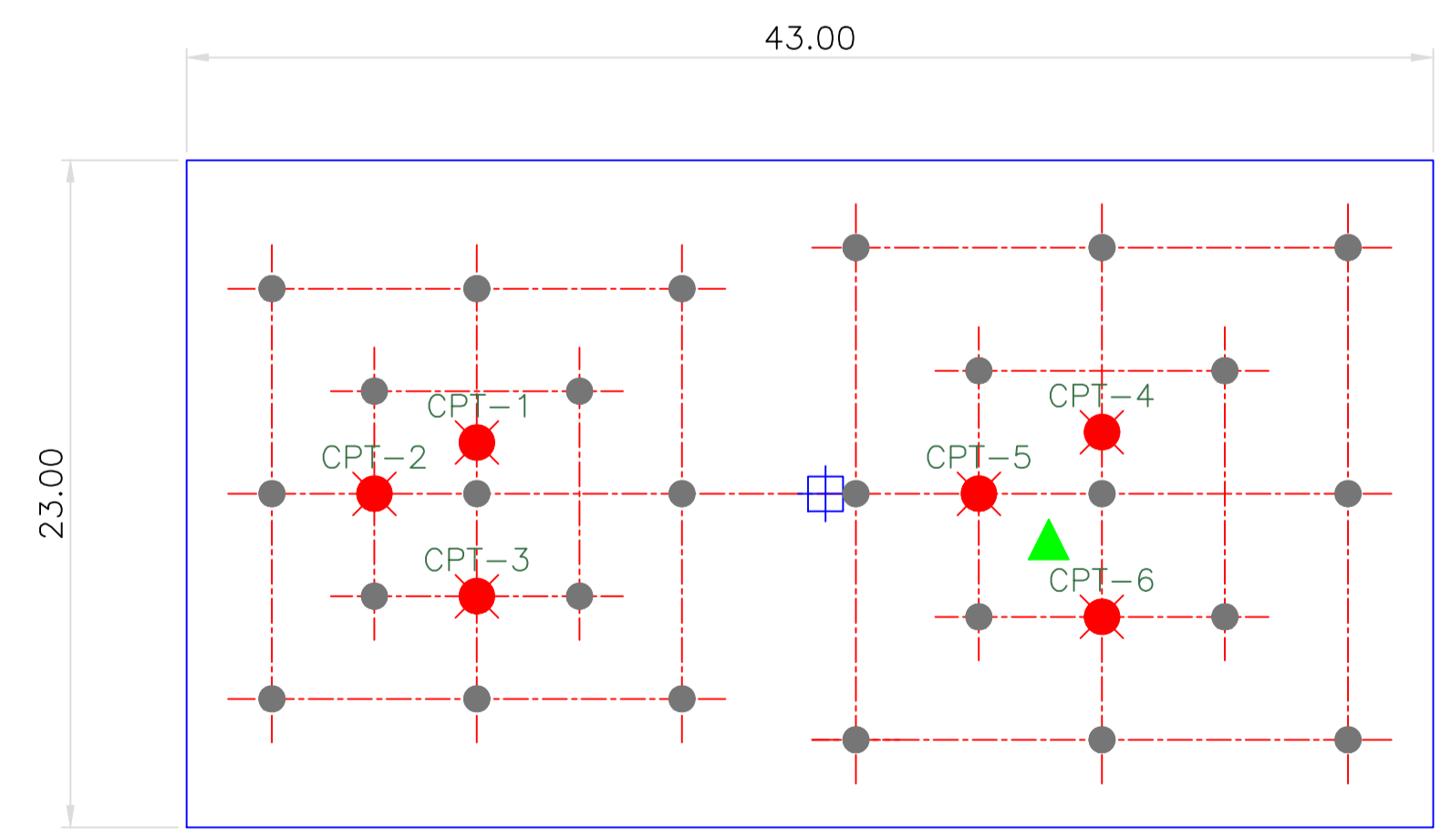
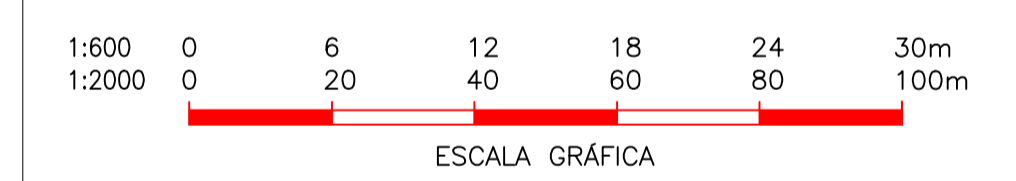
HUELLA #	NORTE	ESTE
CPT-1	8618358.314	311991.001
CPT-2	8618354.804	311991.420
CPT-3	8618351.293	311991.839
CPT-4	8618361.573	312012.321
CPT-5	8618357.360	312012.824
CPT-6	8618353.148	312013.328
CPT-7	8618295.757	311966.850
CPT-8	8618365.757	311942.505
CPT-9	8618355.273	311876.869
CPT-10	8618240.898	312091.466
CPT-11	8618313.964	312055.457
CPT-12	8618305.192	312098.265
CPT-13	8618316.639	312149.360
CPT-14	8618414.284	312019.316
CPT-15	8618445.703	312122.265
CPT-16	8618177.047	312162.585

NOTAS:

- 1.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.
- 3.- SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18S.
- 4.- LOS ENSAYOS CPT-1 Y CPT-4 SE REALIZARÁN ANTES DEL INICIO DE LA COMPACTACIÓN, LOS ENSAYOS CPT-2, CPT-3, CPT-5 Y CPT-6 SE REALIZARÁN LUEGO DE LA COMPACTACIÓN.

SIMBOLOGÍA:

- PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING
- CPT-ANTES DE COMPACTAR
- CALICATA
- CPT-DESPUES DE COMPACTAR
- AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK
- LÍMITE DE COMPACTACIÓN



CPT-#
(VER CUADRO DE COORDENADAS)
ÁREA DE PRUEBAS
ESCALA: 1/600

PLANTA
ESCALA: 1/2000

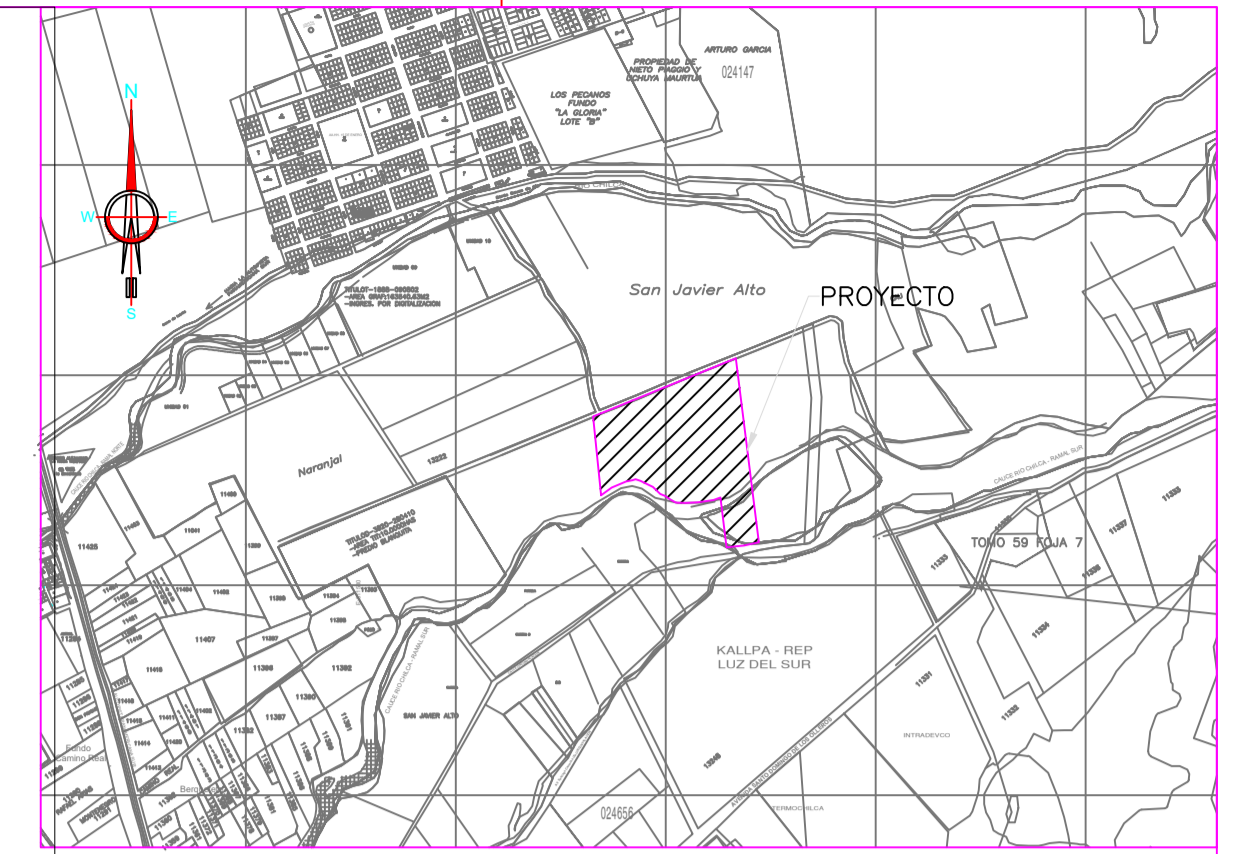
REV#	FECHA	ELABORADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	STATUS DE EMISION
01	JUNIO 2016	M&M	M&M	M&M	M&M	EMS CULMINADO Y APROBADO

Detalle de ensayos
- 12 ensayos de penetración de cono (CPTu 1 y CPTu 4 en la zona de prueba y CPTu 7 al CPTu 16 en todo el terreno.)

Nombre de Proyecto: **COMPACTACIÓN DINÁMICA PLANTA ETNA**

Título de Documento: **PLANTA - UBICACIÓN DE ENSAYOS COMPLEMENTARIOS PREVIOS A LA COMPACTACIÓN**

Rev: **01**
Esc: **IND.**



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
ESCALA: S/E

COORDENADAS CPT

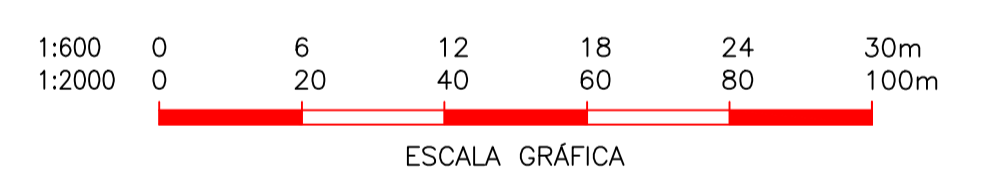
HUELLA #	NORTE	ESTE
CPT-17	8618295.757	311966.850
CPT-18	8618365.757	311942.505
CPT-19	8618279.106	311881.168
CPT-20	8618355.273	311876.869
CPT-21	8618233.556	312061.058
CPT-22	8618245.428	312132.472
CPT-23	8618310.677	312008.835
CPT-24	8618313.964	312055.457
CPT-25	8618305.192	312098.265
CPT-26	8618316.639	312149.360
CPT-27	8618414.284	312019.316
CPT-28	8618398.471	312101.633
CPT-29	8618445.703	312122.265
CPT-30	8618177.047	312162.585

NOTAS:

- 1.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.
- 3.- SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18S.

SIMBOLOGÍA:

- PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING
- CPT-ANTES DE COMPACTAR
- CALICATA
- CPT-DESPUES DE COMPACTAR
- AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK
- LÍMITE DE COMPACTACIÓN



REV#	FECHA	ELABORADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	STATUS DE EMISION
01	JUNIO 2016	M&M	M&M	M&M	M&M	EMS CULMINADO Y APROBADO

EMISION

ESTATUS DE EMISION	(PRE) Preliminar (EPI) Emitido para Información	(EPA) Emitido para Aprobación (APU) Aprobado para Uso	(APC) Aprobado para Construcción (ASB) As Built (como construido)

Detalle de ensayos
- 14 ensayos de penetración de cono (CPTu 17 y CPTu 30 en todo el terreno.

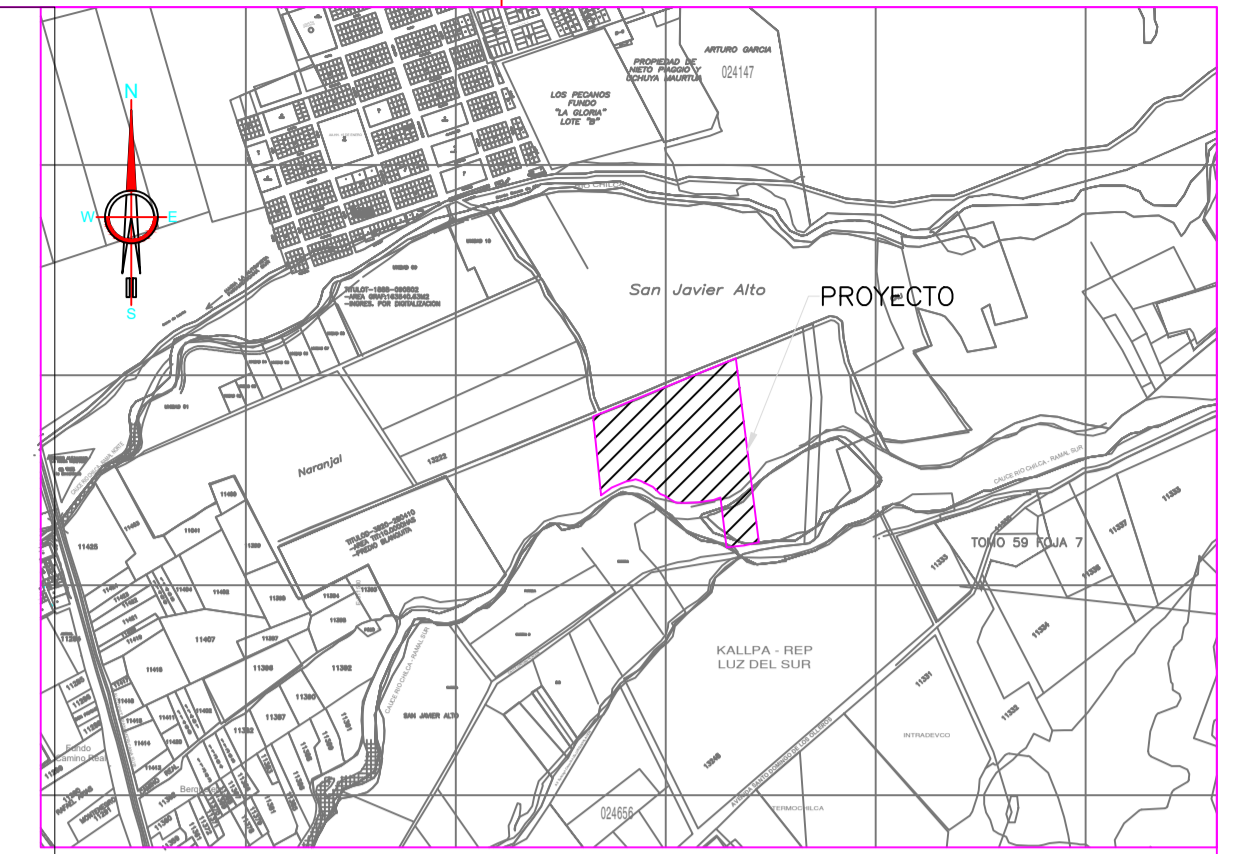
Nombre de Proyecto:
COMPACTACIÓN DINÁMICA PLANTA ETNA

Título de Documento:	PLANTA - UBICACIÓN DE ENSAYOS FINALES DESPUÉS DE LA COMPACTACIÓN	Rev:	01
Esc:	IND.	Rev:	01

PLANTA
ESCALA: 1/2000



PLANTA
ESCALA: 1/2000



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
ESCALA: S/E

COORDENADAS CPT

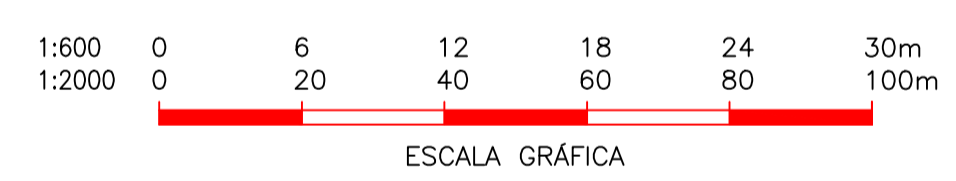
HUELLA #	NORTE	ESTE
CPT-17	8618295.757	311966.850
CPT-18	8618365.757	311942.505
CPT-19	8618279.106	311881.168
CPT-20	8618355.273	311876.869
CPT-21	8618233.556	312061.058
CPT-22	8618245.428	312132.472
CPT-23	8618310.677	312008.835
CPT-24	8618313.964	312055.457
CPT-25	8618305.192	312098.265
CPT-26	8618316.639	312149.360
CPT-27	8618414.284	312019.316
CPT-28	8618398.471	312101.633
CPT-29	8618445.703	312122.265
CPT-30	8618177.047	312162.585

NOTAS:

- 1.- DIMENSIONES Y NIVELES EN METROS, SALVO INDICADO.
- 2.- USAR SOLO DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS.
- 3.- SISTEMA DE COORDENADAS UTM WGS-84, ZONA 18S.
- 4.- LOS ENSAYOS CPT-1 Y CPT-4 SE REALIZARÁN ANTES DEL INICIO DE LA COMPACTACIÓN, LOS ENSAYOS CPT-2, CPT-3, CPT-5 Y CPT-6 SE REALIZARÁN LUEGO DE LA COMPACTACIÓN.

SIMBOLOGÍA:

- PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING
- CPT-ANTES DE COMPACTAR
- CALICATA
- CPT-DESPUES DE COMPACTAR
- AUSCULTACIÓN CON CONO DE PECK
- LÍMITE DE COMPACTACIÓN



REV#	FECHA	ELABORADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	STATUS DE EMISION
01	JUNIO 2016	M&M	M&M	M&M	M&M	EMS CULMINADO Y APROBADO

EMISION

ESTATUS DE EMISION	(PRE) Preliminar (EPI) Emitido para Información	(EPA) Emitido para Aprobación (APU) Aprobado para Uso	(APC) Aprobado para Construcción (ASB) As Built (como construido)
--------------------	---	---	---

Detalle de ensayos

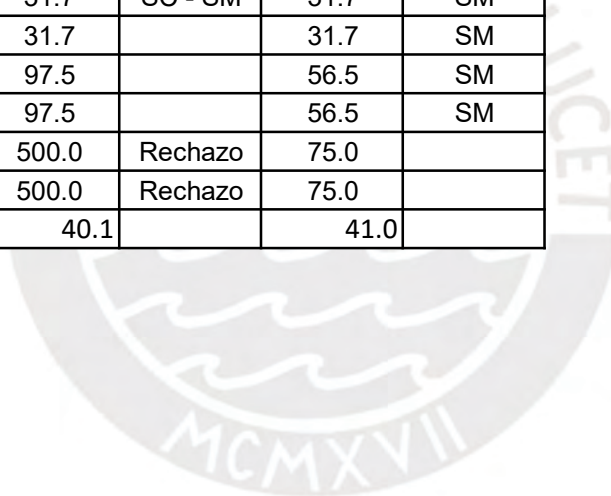
Nombre de Proyecto: **COMPACTACIÓN DINÁMICA PLANTA ETNA**

Título de Documento:	PLANTA - UBICACIÓN DE TODOS LOS ENSAYOS	Rev:	01
		Esc:	IND.

**CALCULO DE
CORRELACIONES ENTRE
ENSAYOS DE PENETRACIÓN
ESTÁNDAR (SPT) SEGÚN Y
AUSCULTACIÓN DINÁMICA
MEDIANTE CONO DINÁMICO
TIPO PECK (CTP)**

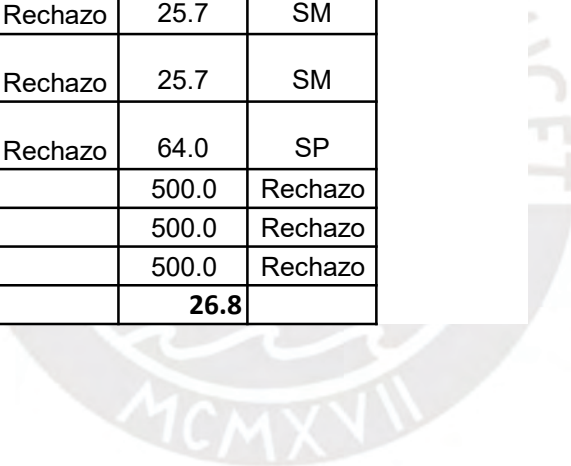
Sondaje		WB-1		CP-1		CP-3	
Inicio de Sondeo (msnm)		38.0		39.3		39.3	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
39.0	38.5			26.3	SP-SM	25.0	O
38.5	38			26.3	SP-SM	25.0	SC
38.0	37.5	SM	9.8	18.3	CL	22.0	CL
37.5	37	SM	9.8	18.3	CL	22.0	SM
37.0	36.5	CL	7.2	19.8	CL	28.0	SM
36.5	36	CL	7.2	19.8	CL	28.0	CL
36.0	35.5	CL	5.6	31.7	SC - SM	31.7	SM
35.5	35	SP-SM	5.6	31.7		31.7	SM
35.0	34.5	SP-SM	37.4	97.5		56.5	SM
34.5	34	SP-SM	37.4	97.5		56.5	SM
34.0	33.5	SP-SM	30.4	500.0	Rechazo	75.0	
33.5	33	SP-SM	30.4	500.0	Rechazo	75.0	
Promedio			18.1	40.1		41.0	

Nivel de corte de terreno



Sondaje		WB-2		CP-5		CP-7	
Inicio de Sondeo (msnm)		39.0		40.1		39.2	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
40.0	39.5				O		
39.5	39				CL		O
39.0	38.5	CL	4.5	15.00	CL	11.0	CL.ML
38.5	38.0	CL	4.5	15.00	CL	11.0	CL
38.0	37.5	CL	6.4	15.5	SM	20.0	CL
37.5	37	CL	6.4	15.5	CL	20.0	CL
37.0	36.5	CL	7.2	33.3	SP-SM	24.0	CL
36.5	36	SC	7.2	33.3	SP-SM	24.0	CL
36.0	35.5	SC	11.1	500.0	Rechazo	25.7	SM
35.5	35	SP-SM	11.1	500.0	Rechazo	25.7	SM
35.0	34.5	SP-SM	57.0	500.0	Rechazo	64.0	SP
34.5	34	SP-SM	57.0			500.0	Rechazo
34.0	33.5	SP-SM	56.1			500.0	Rechazo
33.5	33	SP	56.1			500.0	Rechazo
Promedio			7.7	24.4		26.8	

Nivel de corte de terreno



Sondaje		WB-3		CP-12		CP-24	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.0		40.9		40.6	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
42.0	41.5						
41.5	41						
41.0	40.5						
40.5	40						
40.0	39.5			12.7	SP-SM	25.7	CL
39.5	39	CL	4.5	12.7	SP-SM	25.7	CL
39.0	38.5	CL	13.6	16.3	SP-SM	12.7	CL
38.5	38	CL	13.6	16.3	SP-SM	12.7	CL
38.0	37.5	SM	8.8	25.3	SM	16.8	CL
37.5	37	CL	8.8	25.3	SM	16.8	CL
37.0	36.5	SM	27.2	42.3		56.0	CL
36.5	36	SP-SM	27.2	42.3		56.0	SM
36.0	35.5	SP-SM	43.7	91.3		62.3	SP-SM
35.5	35	SP-SM	43.7	91.3		62.3	
35.0	34.5	SP-SM	65.6	203.0	Rechazo	90.0	
34.5	34	SP-SM	65.6	500.0	Rechazo	500.0	Rechazo
34.0	33.5	SP-SM	79.8	500.0	Rechazo	500.0	Rechazo
33.5	33	SP-SM	79.8			500.0	Rechazo
Promedio			21.2	40.4		35.7	

Nivel de corte de terreno



Sondaje		WB-4		CP-11		CP-13		CP-16	
Inicio de Sondeo (msnm)		41.0		42.0		41.6		41.8	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin								
42.0	41.5				O				O
41.5	41	CL			SM		O		CL
41.0	40.5	SP-SM	10.5	13.8	CL-ML	15.0	SM	22.0	ML
40.5	40	SP-SM	10.5	13.8	SP-SM	15.0	SM	22.0	ML
40.0	39.5	SP-SM	25.5	13.0	SP-SM	23.5	SM	11.0	ML
39.5	39	SP-SM	25.5	17.3	SP-SM	23.5	SP-SM	11.0	SP-SM
39.0	38.5	SP-SM	29.6	17.3	SP-SM	24.3	SP-SM	11.7	SP-SM
38.5	38	SP-SM	29.6	81.7	SP-SM	24.3	SP-SM	11.7	SP
38.0	37.5	SP-SM	28.05	81.7	SP-SM	55.7	SP	59.7	SP-SM
37.5	37	SP-SM	28.05	500.0	Rechazo	55.7	SP	59.7	SP-SM
37.0	36.5	SP-SM	42.75	500.0	Rechazo	68.8	SP-SM	36.3	
36.5	36	SP-SM	42.75	500.0	Rechazo	68.8	SP-SM	36.3	
36.0	35.5	SP-SM	79.8			146.3	Rechazo	140.0	Rechazo
35.5	35	SP-SM	79.8			146.3	Rechazo	140.0	Rechazo
35.0	34.5	SP-SM	93.1			225.3	Rechazo		
34.5	34	SP-SM	93.1			225.3	Rechazo		
34.0	33.5	GP-GM	57			500.0	Rechazo		
Promedio			32.3	49.5		45.9		32.3	

Nivel de corte de terreno

Sondaje		WB-5		CP-18		CP-20	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.0		40.9		41.5	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin						
42.0	41.5						
41.5	41						O
41.0	40.5				O		SP-SM
40.5	40				SP-SM		SP-SM
40.0	39.5	SP-SM	13.5	32.5	SP-SM	22.5	SP-SM
39.5	39	SP-SM	13.5	32.5	SP-SM	22.5	SP-SM
39.0	38.5	SP-SM	18.4	56.3	SM	16.7	SP-SM
38.5	38	SP-SM	18.4	56.3	SP-SM	16.7	SP-SM
38.0	37.5	SP-SM	18.4	27.7	SP-SM	56.7	GP
37.5	37	SC	18.4	27.7	SP-SM	56.7	SM
37.0	36.5	SC	11.05	32.0		36.8	SM
36.5	36	SP-SM	11.05	32.0		36.8	
36.0	35.5	SP-SM	53.2	50.7		20.3	
35.5	35	SP-SM	53.2	50.7		20.3	
35.0	34.5	SP-SM	34.2	71.3		33.3	
34.5	34	SP-SM	34.2	71.3		33.3	
34.0	33.5	SP-SM	22.8	95.5		32.5	
33.5	33	SP-SM	22.8	95.5		32.5	
Promedio			25.4	53.8		31.9	

Nivel de corte de terreno



Sondaje		WB-6		CP-9		CP-21		CP-22		CP-23	
Inicio de Sondeo (msnm)		40.5		41.8		40.8		42.1		41.2	
Cota		SUCS	N60	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata	Cn	SUCS Calicata
Inicio	Fin										
42.0	41.5				O				O		
41.5	41				CL				SM		O
41.0	40.5	CL		17.5	CL		O		CL		SC
40.5	40	CL	7.5	17.5	SM		SP-SM		CL		SM
40.0	39.5	SM	7.5	20.5	CL	20.0	SP-SM	15.5	CL - ML	24.0	SP-SM
39.5	39	CL	7.5	20.5	SM	20.0	SM	15.5	CL - ML	24.0	SP-SM
39.0	38.5	CL	8.0	24.0	SP-SM	16.3	SM	13.0	SP - SM	23.3	SP-SM
38.5	38	CL	7.2	24.0	SP-SM	16.3	SM	13.0	SP - SM	23.3	SP
38.0	37.5	CL	7.2	25.0	SP-SM	21.0	CL	22.3	SP	54.3	SP
37.5	37	SM	26.4	25.0	SP-SM	21.0	CL	22.3	SP	54.3	
37.0	36.5	SM	26.4	152.0		23.0	SP-SM	43.8		60.5	
36.5	36	SW-SM	33.3	152.0		23.0	SP-SM	43.8		60.5	
36.0	35.5	SW-SM	33.3			38.3		143.0		99.3	
35.5	35	SW-SM	35.2			38.3		143.0		99.3	
35.0	34.5	SW-SM	35.2			34.7		98.0		203.5	Rechazo
34.5	34					34.7		98.0		203.5	Rechazo
Promedio			21.9	23.7		26.1		59.6		55.4	

Nivel de corte de te

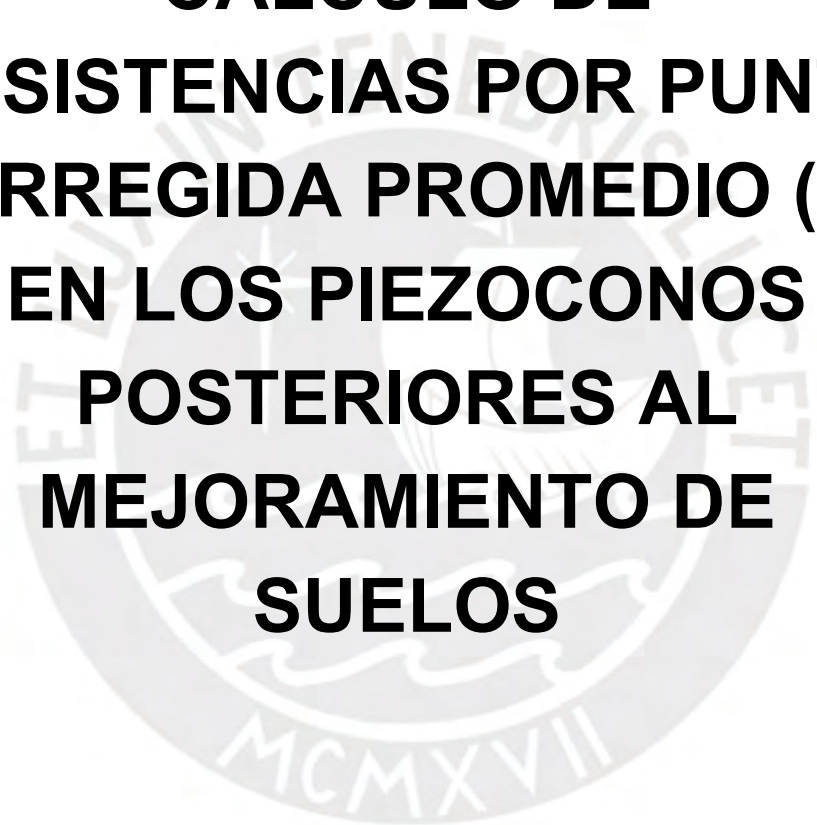
rreno



Sondaje		CP-1			CP-2			CP-3			CP-4			CP-5			CP-6			CP-7			CP-8			CP-9			CP-10			CP-11			CP-12		
Inicio de Sondeo (msnm)		39.31			39.99			39.31			39.5			40.1			39			39.2			39.98			41.8			41.7			42			40.9		
Cota		Prof(m)	Golp es	Prom edio	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Prome dio	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi	Prof(m)	Golp es	Pro medi			
Inicio	Fin																																				
42.0	41.7																																	0			
41.7	41.4																																	0	21		
41.4	41.1																																	0.3	22		
41.1	40.8																																	0.3	17		
40.8	40.5																																	0.6	18		
40.5	40.2																																	0.9	17		
40.2	39.9																																	1.2	19		
39.9	39.6																																	1.5	22		
39.6	39.3																																	1.8	17		
39.3	39.0																																	2.1	28		
39.0	38.7																																	2.4	27		
38.7	38.4																																	2.7	25		
38.4	38.1																																	3	30		
38.1	37.8																																	3.3	20		
37.8	37.5																																	3.6	29		
37.5	37.2																																	3.9	65		
37.2	36.9																																	4.2	362		
36.9	36.6																																	4.5	479		
36.6	36.3																																	4.8	203		
36.3	36.0																																	5.1	139		
36.0	35.7																																	5.4	203		
35.7	35.4																																	5.7	500		
35.4	35.1																																	6	500		
35.1	34.8																																	6.3	63		
34.8	34.5																																	6.6	360		
34.5	34.2																																				
34.2	33.9																																				
33.9	33.6																																				
33.6	33.3																																				
33.3	33.0																																				
33.0	32.7																																				
32.7	32.4																																				
32.4	32.1																																				

Promedio			42.5			58.6			42.3			38.9			21.9			36.5			28.3			29			30.1			24.6			49.5			36.8
Cercanía			WB - 1			WB - 1			WB - 1			WB - 1			WB - 2			WB - 2			WB - 2			WB - 2			WB - 3			WB - 3			WB - 4			WB - 3
Nspt			22.5			31.1			22.4			20.6			11.6			19.4			15			15.4			16			13			26.2			19.5

**CALCULO DE
RESISTENCIAS POR PUNTA
CORREGIDA PROMEDIO (q_c)
EN LOS PIEZOCONOS
POSTERIORES AL
MEJORAMIENTO DE
SUELOS**



CPTu 17			CPTu 18			CPTu 19			CPTu 20			CPTu 21			CPTu 22			Profundidad m
Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m
0.03	0.17	0.34	0.03	8.63	17.26	0.03	0.74	1.48	0.03	0.14	0.29	0.03	3.89	7.78	0.03	1.87	3.75	0.03
0.20	6.52	13.04	0.20	8.70	17.41	0.20	6.89	13.77	0.20	6.42	12.84	0.20	12.31	24.63	0.20	9.07	18.13	0.20
0.40	8.36	16.72	0.40	6.83	13.65	0.40	7.49	14.98	0.40	8.90	17.81	0.40	14.80	29.59	0.40	13.77	27.55	0.40
0.60	7.72	15.45	0.60	4.70	9.41	0.60	9.25	18.50	0.60	9.73	19.46	0.60	15.76	31.52	0.60	9.23	18.45	0.60
0.80	7.05	14.11	0.80	7.33	14.67	0.80	14.82	29.63	0.80	13.39	26.78	0.80	15.89	31.79	0.80	10.20	20.40	0.80
1.00	8.09	16.18	1.00	12.57	25.13	1.00	14.77	29.55	1.00	18.54	37.08	1.00	17.07	34.15	1.00	9.98	19.97	1.00
1.20	7.74	15.49	1.20	12.53	25.06	1.20	13.99	27.97	1.20	22.87	45.73	1.20	14.57	29.15	1.20	10.68	21.35	1.20
1.40	8.45	16.91	1.40	10.96	21.91	1.40	20.35	40.69	1.40	25.54	51.08	1.40	20.08	40.16	1.40	11.93	23.86	1.40
1.60	10.29	20.59	1.60	9.29	18.58	1.60	18.02	36.03	1.60	23.45	46.90	1.60	24.93	49.86	1.60	12.25	24.49	1.60
1.80	10.39	20.79	1.80	15.78	31.56	1.80	15.49	30.98	1.80	12.66	25.33	1.80	27.12	54.25	1.80	15.44	30.87	1.80
2.00	7.19	14.39	2.00	27.13	54.25	2.00	9.48	18.96	2.00	12.54	25.08	2.00	25.07	50.14	2.00	9.81	19.61	2.00
2.20	7.93	15.86	2.20	22.60	45.19	2.20	10.88	21.76	2.20	13.03	26.05	2.20	22.93	45.87	2.20	8.23	16.46	2.20
2.40	8.30	16.60	2.40	24.08	48.15	2.40	11.32	22.65	2.40	22.52	45.03				2.40	7.78	15.55	2.40
2.60	7.17	14.33	2.60	25.64	51.27	2.60	8.83	17.66	2.60	22.97	45.94				2.60	8.92	17.85	2.60
2.80	17.03	34.06	2.80	26.37	52.75	2.80	10.28	20.55	2.80	26.58	53.16				2.80	13.11	26.21	2.80
3.00	13.20	26.41	3.00	27.57	55.14	3.00	13.26	26.52							3.00	19.86	39.72	3.00
3.20	10.99	21.97	3.20	27.35	54.70	3.20	22.93	45.87							3.20	26.71	53.42	3.20
3.40	11.78	23.56	3.40	21.14	42.28	3.40	32.42	64.84							3.40	26.55	53.10	3.40
3.60	18.74	37.47	3.60	25.54	51.09	3.60	50.22	100.45							3.60	43.49	86.97	3.60
3.80	32.21	64.43	3.80	24.15	48.30										3.80	43.38	86.75	3.80
4.00	45.17	90.34	4.00	29.57	59.14										4.00	47.69	95.38	4.00
			4.20	34.40	68.79										4.20	25.90	51.80	4.20
			4.40	35.18	70.36										4.40	16.53	33.05	4.40
			4.60	35.92	71.85										4.60	17.76	35.53	
			4.80	53.53	107.06										4.80	33.12	66.25	
			5.00	28.46	56.93										5.00	21.39	42.79	
			5.20	20.65	41.29										5.20	44.00	88.01	
			5.40	27.06	54.11										5.40	53.33	106.66	
			5.60	28.91	57.82													
			5.80	26.04	52.08													
			6.00	41.64	83.28													
			6.20	32.88	65.76													
			6.40	50.15	100.30													
			6.60	52.62	105.24													
			6.80	40.69	81.38													
			7.00	56.94	113.88													

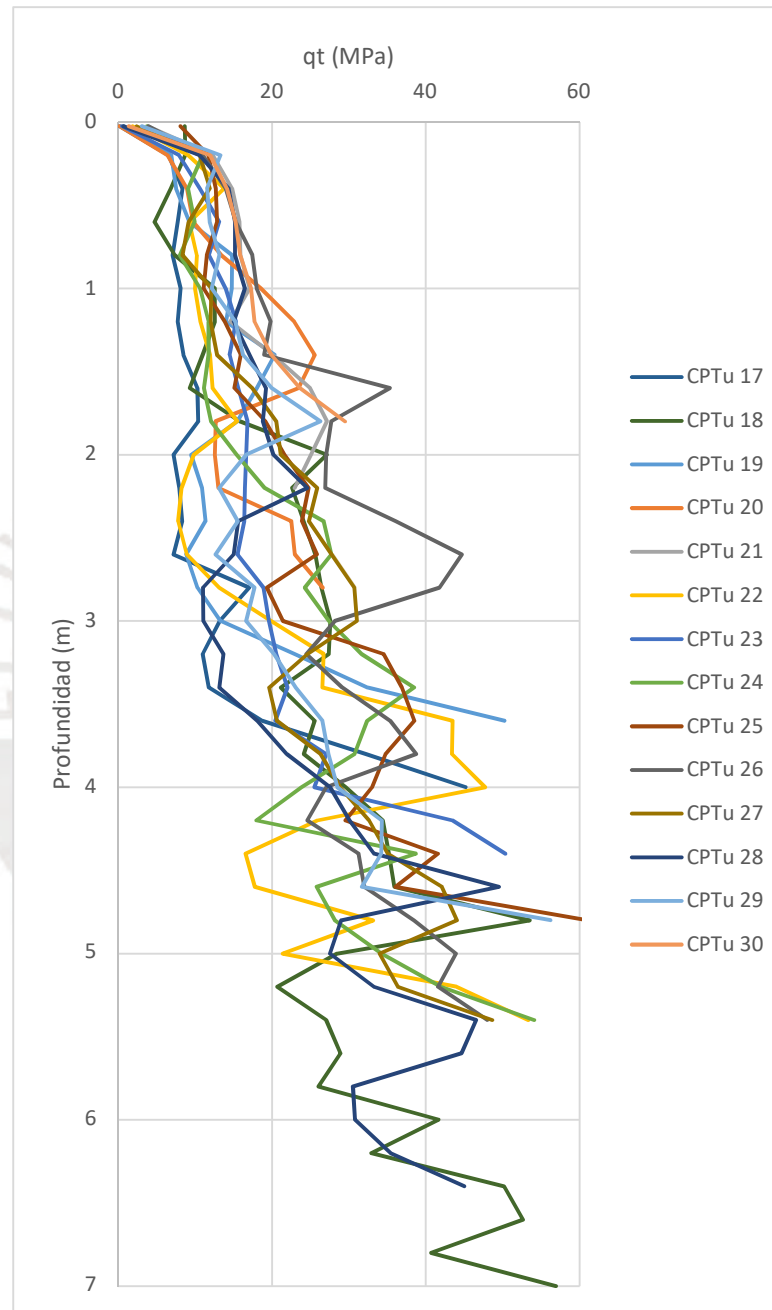
Promedio Total	13.42	26.84	26.16	52.32	15.90	31.80	16.08	32.17	19.18	38.36	19.84	39.68
Máximo	69.10	138.20	62.59	125.18	51.33	102.65	27.43	54.86	69.59	139.18	54.27	108.54
Promedio en los 4m propuestos de mejoramiento	11.74	23.47	17.86	35.72	15.90	31.80	16.08	32.17	19.18	38.36	16.87	33.74
Máximo	45.17	90.34	29.95	59.90	51.33	102.65	27.43	54.86	69.59	139.18	48.58	97.16

CPTu 23		CPTu 24			CPTu 25			CPTu 26			CPTu 27			CPTu 28			CPTu 29			CPTu 30		
qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt	Profundidad m	qt Mpa	Nspt
0.47	0.95	0.03	3.74	7.48	0.03	8.07	16.14	0.03	3.93	7.85	0.03	2.39	4.79	0.03	0.64	1.29	0.03	3.06	6.12	0.03	1.36	2.72
7.89	15.78	0.20	10.96	21.92	0.20	11.72	23.43	0.20	10.98	21.95	0.20	10.61	21.22	0.20	10.58	21.15	0.20	13.28	26.56	0.20	11.95	23.91
10.62	21.24	0.40	9.06	18.13	0.40	12.65	25.30	0.40	13.94	27.88	0.40	11.89	23.78	0.40	14.37	28.74	0.40	11.53	23.06	0.40	14.13	28.26
13.12	26.24	0.60	9.91	19.82	0.60	12.82	25.64	0.60	15.27	30.54	0.60	9.15	18.30	0.60	15.15	30.31	0.60	11.89	23.77	0.60	15.26	30.52
11.79	23.58	0.80	7.97	15.95	0.80	11.49	22.99	0.80	17.45	34.90	0.80	8.34	16.67	0.80	15.16	30.33	0.80	13.17	26.33	0.80	15.86	31.71
13.98	27.96	1.00	10.65	21.31	1.00	11.08	22.15	1.00	17.99	35.98	1.00	12.10	24.21	1.00	16.48	32.95	1.00	12.13	24.27	1.00	17.26	34.52
15.28	30.55	1.20	11.76	23.51	1.20	13.83	27.67	1.20	19.83	39.65	1.20	12.02	24.03	1.20	15.00	30.00	1.20	15.19	30.39	1.20	17.71	35.42
14.50	28.99	1.40	11.74	23.49	1.40	15.95	31.89	1.40	18.96	37.92	1.40	12.81	25.62	1.40	17.07	34.14	1.40	16.23	32.46	1.40	19.88	39.76
15.63	31.26	1.60	11.14	22.29	1.60	15.08	30.17	1.60	35.30	70.61	1.60	17.41	34.82	1.60	19.19	38.38	1.60	19.93	39.86	1.60	23.61	47.22
16.78	33.56	1.80	12.05	24.10	1.80	19.14	38.27	1.80	27.70	55.40	1.80	20.56	41.12	1.80	18.82	37.65	1.80	26.29	52.57	1.80	29.48	58.96
16.63	33.26	2.00	15.39	30.78	2.00	21.62	43.24	2.00	27.03	54.06	2.00	21.14	42.28	2.00	20.16	40.32	2.00	16.61	33.22			
16.47	32.93	2.20	19.05	38.09	2.20	24.73	49.45	2.20	26.91	53.82	2.20	25.85	51.70	2.20	24.56	49.13	2.20	13.11	26.21			
16.40	32.80	2.40	26.71	53.42	2.40	23.87	47.75	2.40	36.09	72.18	2.40	24.76	49.52	2.40	15.59	31.17	2.40	15.51	31.03			
15.48	30.95	2.60	27.73	55.46	2.60	25.83	51.66	2.60	44.69	89.37	2.60	27.71	55.42	2.60	15.01	30.03	2.60	12.61	25.22			
18.89	37.78	2.80	24.25	48.50	2.80	19.31	38.63	2.80	41.77	83.54	2.80	30.69	61.38	2.80	11.01	22.02	2.80	17.71	35.42			
19.59	39.18	3.00	27.36	54.71	3.00	21.38	42.77	3.00	28.15	56.31	3.00	31.03	62.05	3.00	11.04	22.08	3.00	16.63	33.26			
20.55	41.09	3.20	31.62	63.25	3.20	34.50	68.99	3.20	24.46	48.93	3.20	24.58	49.16	3.20	13.68	27.36	3.20	20.25	40.51			
22.01	44.02	3.40	38.45	76.91	3.40	36.90	73.80	3.40	29.14	58.27	3.40	19.61	39.21	3.40	13.15	26.30	3.40	23.08	46.15			
20.44	40.87	3.60	32.37	64.74	3.60	38.48	76.97	3.60	35.34	70.69	3.60	20.62	41.24	3.60	18.10	36.19	3.60	26.57	53.14			
27.02	54.05	3.80	30.69	61.39	3.80	34.74	69.49	3.80	38.75	77.51	3.80	26.32	52.64	3.80	21.92	43.84	3.80	27.31	54.63			
25.49	50.97	4.00	23.79	47.58	4.00	33.00	66.00	4.00	27.04	54.07	4.00	28.87	57.74	4.00	27.58	55.16	4.00	28.49	56.98			
43.46	86.91	4.20	17.94	35.88	4.20	29.55	59.11	4.20	24.58	49.17	4.20	32.63	65.25	4.20	30.08	60.15	4.20	34.25	68.50			
50.33	100.67	4.40	38.70	77.40	4.40	41.58	83.16	4.40	31.24	62.48	4.40	35.04	70.08	4.40	33.25	66.49	4.40	34.17	68.33			
		4.60	25.77	51.55	4.60	36.02	72.04	4.60	32.01	64.02	4.60	42.09	84.17	4.60	49.50	99.00	4.60	31.69	63.38			
		4.80	28.15	56.30	4.80	60.91	121.82	4.80	38.47	76.95	4.80	44.02	88.03	4.80	28.97	57.95	4.80	56.20	112.40			
		5.00	34.26	68.52				5.00	43.92	87.84	5.00	33.97	67.94	5.00	27.53	55.06						
		5.20	41.96	83.91				5.20	41.58	83.16	5.20	36.37	72.75	5.20	33.24	66.48						
		5.40	54.10	108.20				5.40	47.98	95.96	5.40	48.64	97.29	5.40	46.52	93.03						
														5.60	44.63	89.25						
														5.80	30.52	61.05						
														6.00	30.79	61.59						
														6.20	35.42	70.84						
														6.40	45.02	90.04						

18.78	37.57		23.11	46.22		24.57	49.14		28.59	57.18		24.44	48.87		23.69	47.37		20.21	40.41		19.00	38.00
54.06	108.12		61.25	122.50		60.91	121.82		56.05	112.10		59.81	119.62		60.15	120.30		56.20	112.40		70.71	141.41
16.32	32.64		19.30	38.60		21.51	43.01		26.08	52.17		19.25	38.50		16.09	32.18		17.34	34.67		19.00	38.00
27.02	54.05		44.85	89.70		41.53	83.06		46.67	93.35		34.60	69.21		27.58	55.16		30.31	60.63		70.71	141.41

En toda la profundidad	
Resistencia de punta corregida promedio (qt) Mpa	20.93
Valor de Nspt correlacionado	41.85
Valor máximo qt promedio Mpa	28.59
Valor mínimo qt promedio Mpa	13.42

Hasta la profundidad de 4m (Dmáx utilizada)	
Resistencia de punta corregida promedio (qt) Mpa	18.04
Valor de Nspt correlacionado	36.07
Valor máximo qt promedio Mpa	26.08
Valor mínimo qt promedio Mpa	11.74



Registro de perforaciones por lavado Wash Boring

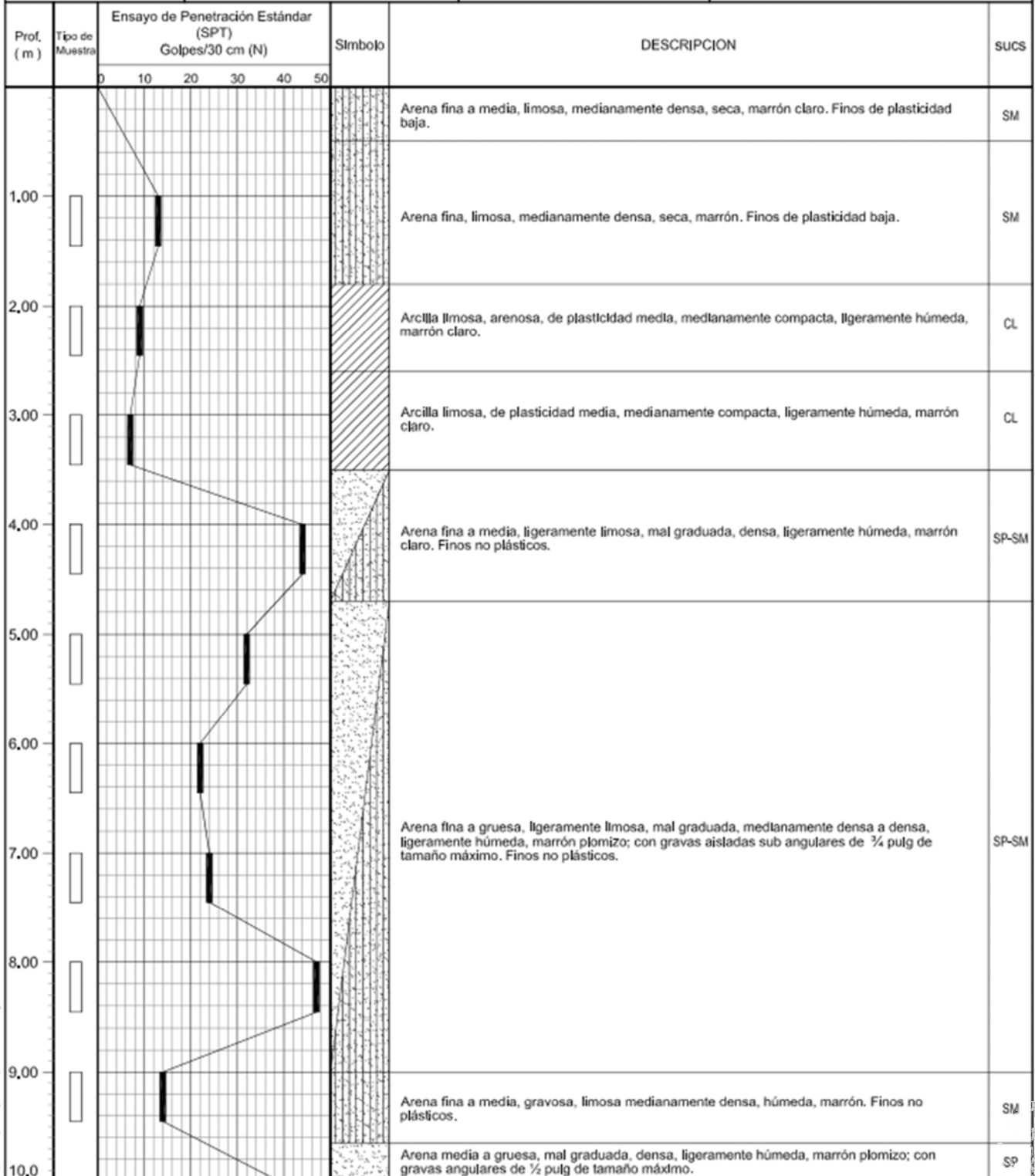




REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 2

Sondaje: WB-1	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.00 m	Registrado: G. PÉREZ	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R004	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 30/05/16	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 10,45 m	
Prof. Agua Subterránea: -		
Coordenadas: E: 312,075,83 m N: 8618,752,69 m		
Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S		



TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bata	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Bloque
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en penetrometro	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 2A

Sondaje: WB-1	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.00 m	Registrado: G. PÉREZ	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R004	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 30/05/16	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 10,45 m	
Prof. Agua Subterránea: -		
Coordenadas: E: 312,075,83 m N: 8618,752,69 m		
Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Ensayo de Penetración Estándar (SPT) Golpes/30 cm (N)					Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
		0	10	20	30	40			
11.0								Arena media a gruesa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con gravas angulares de ½ pulg de tamaño máximo.	SP
12.0									
13.0									
14.0									
15.0									
16.0									
17.0									
18.0									
19.0									
20.0									

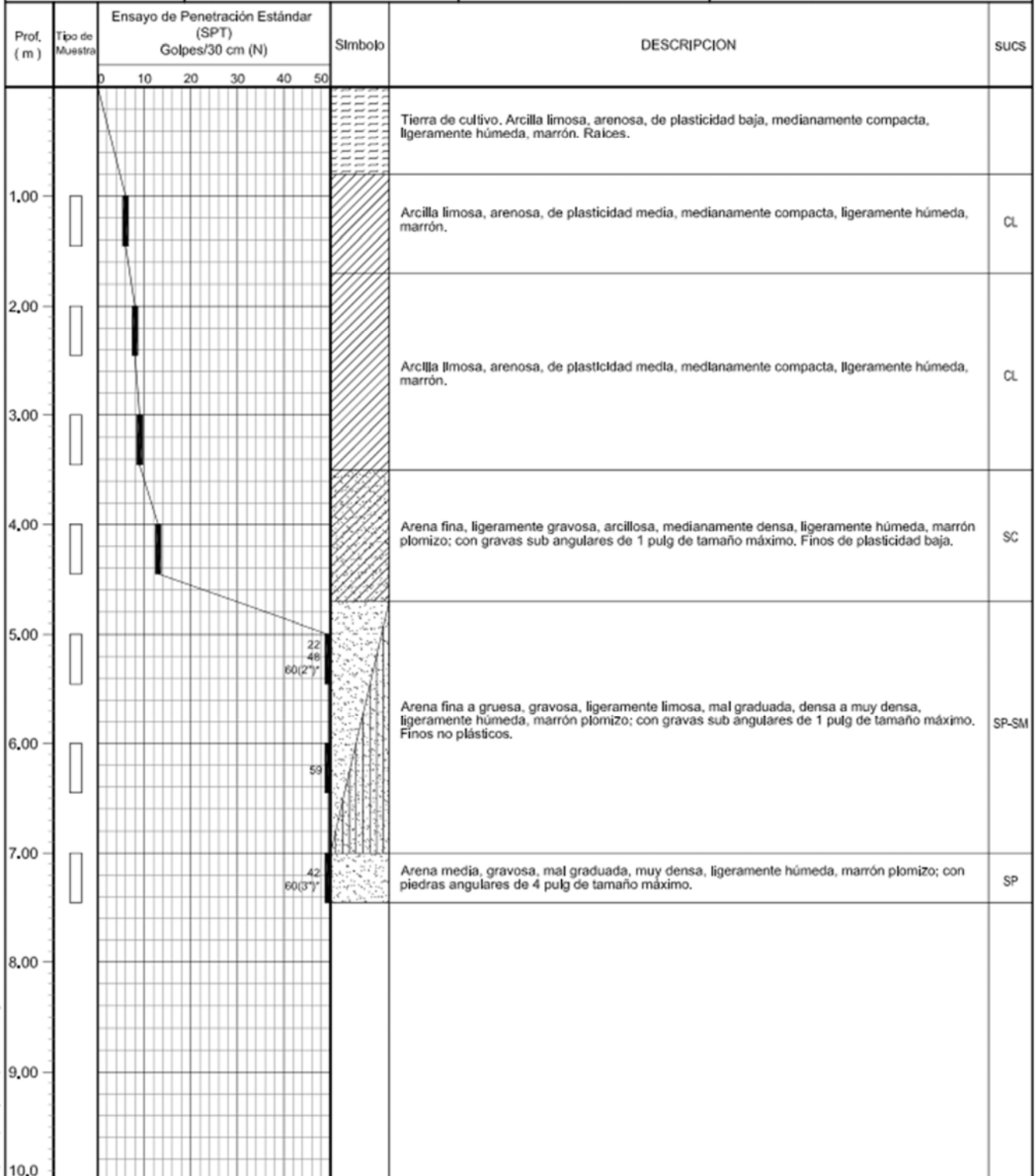
TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Balsa <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en penetramiento <input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Instalado en Bloque <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Instalado en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Instalado en Tubo	OBSERVACIONES:
--	---	-------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 3

Sondaje: WB-2	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.96 m	Registrado: G. PÉREZ	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R004	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 31/05/16	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 7.45 m	
Prof. Agua Subterránea: —		
Coordenadas: E: 312,195.26 m N: 8618,650.89 m		
Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S		



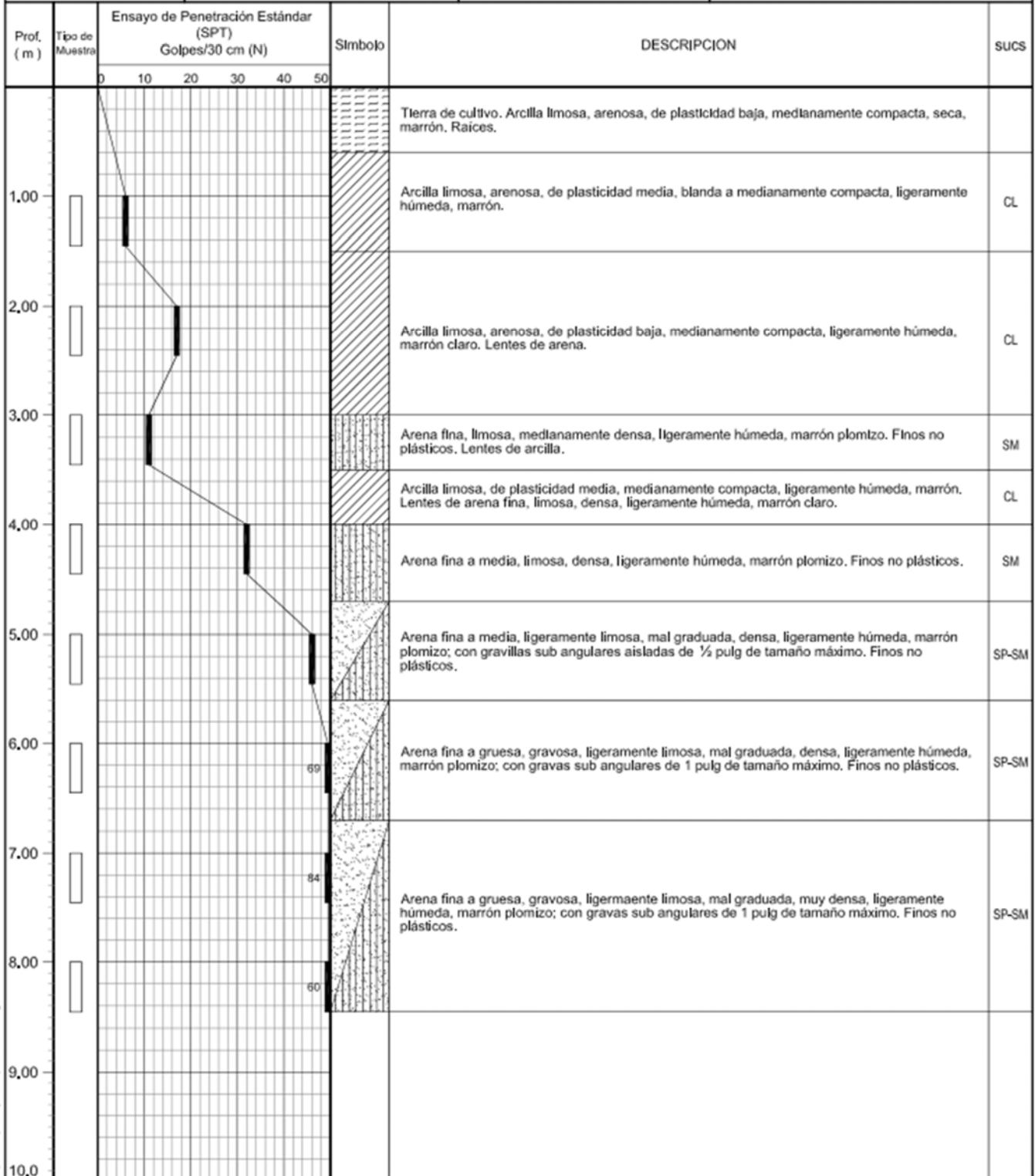
TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolas <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Shelby <input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES: * Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 60 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
--	---



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 4

Sondaje: WB-3	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,00 m	Registrado: G. PÉREZ	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R004	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Prof. Agua Subterránea: -	Profundidad alcanzada: 8,45 m
Fecha: 29/02/16	Coordenadas: E: 312,277.77 m N: 8618,720.66 m	Dibujado: F. TAPIA
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	



TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalada en Bloque
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en perforación	<input type="checkbox"/> Muestra Instalada en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalada en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

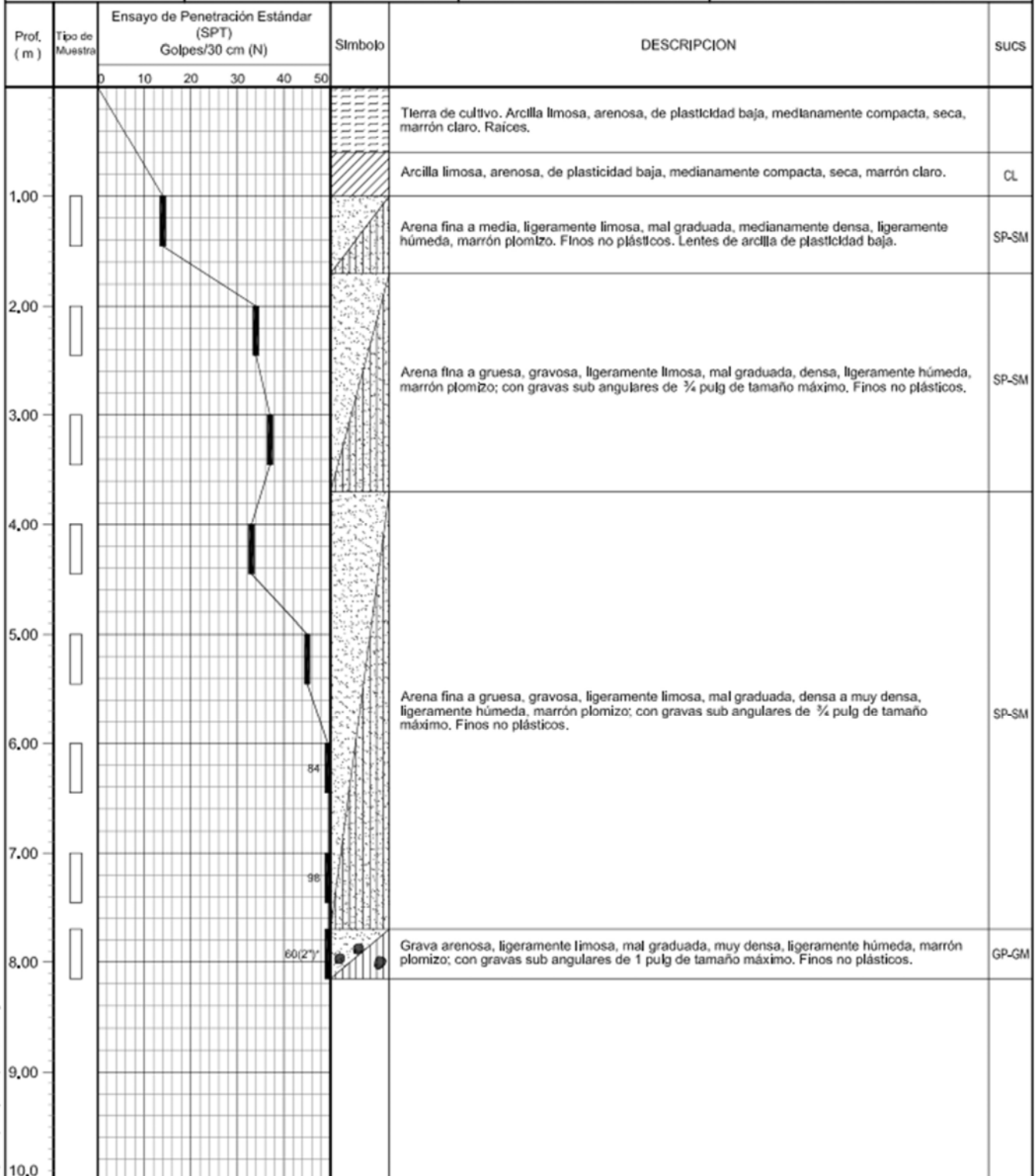
OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 5

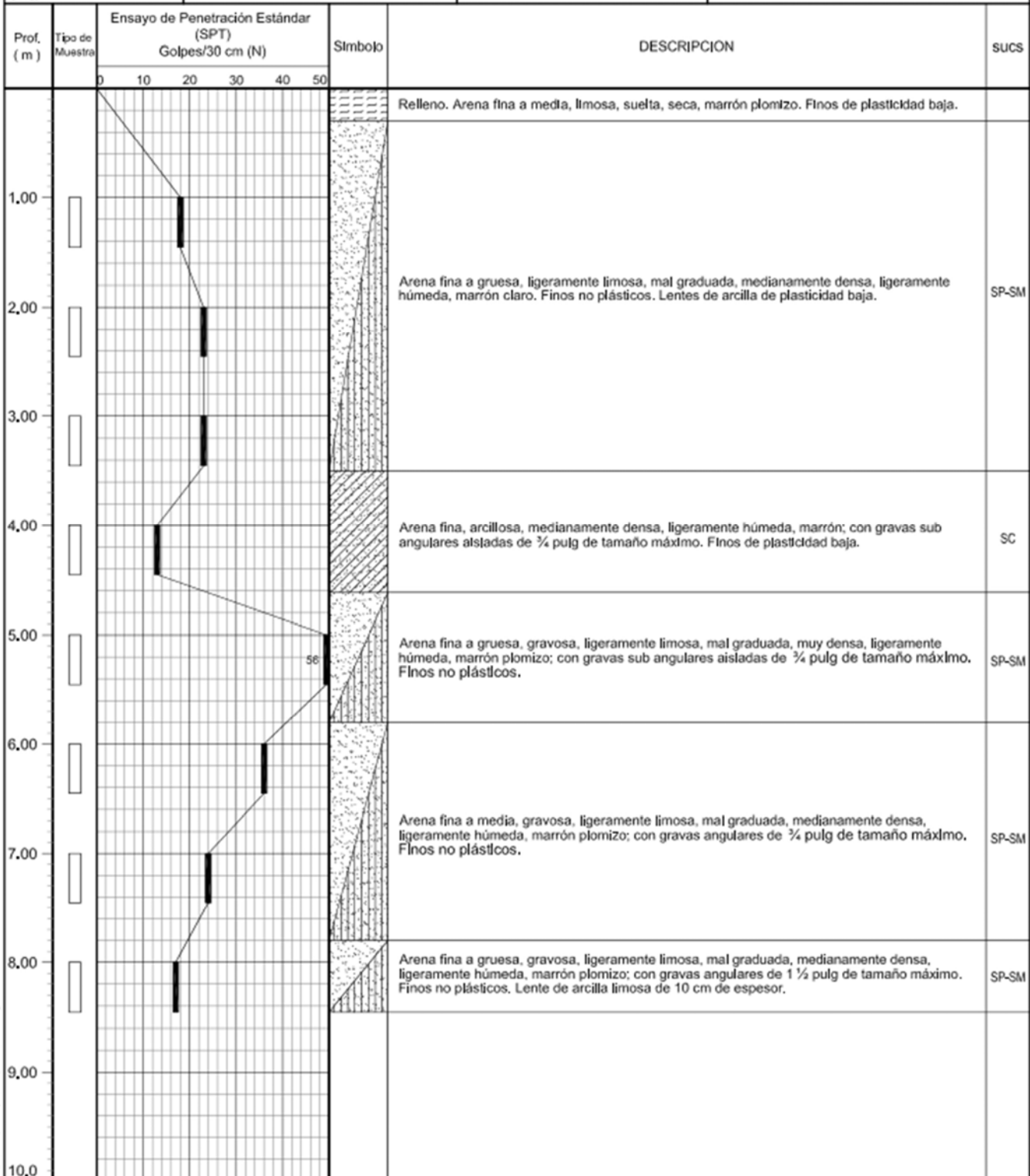
Sondaje: WB-4	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 42.16 m	Registrado: G. PÉREZ	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R004	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Prof. Agua Subterránea: -	Profundidad alcanzada: 8,15 m
Fecha: 29/02/16	Coordenadas: E: 312,395,13 m N: 8618,680,24 m	Dibujado: F. TAPIA
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	



TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolas	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Bloque
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en penetrometro	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	


OBSERVACIONES:
* El número entre paréntesis indica la penetración alcanzada con 60 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar SPT.
11

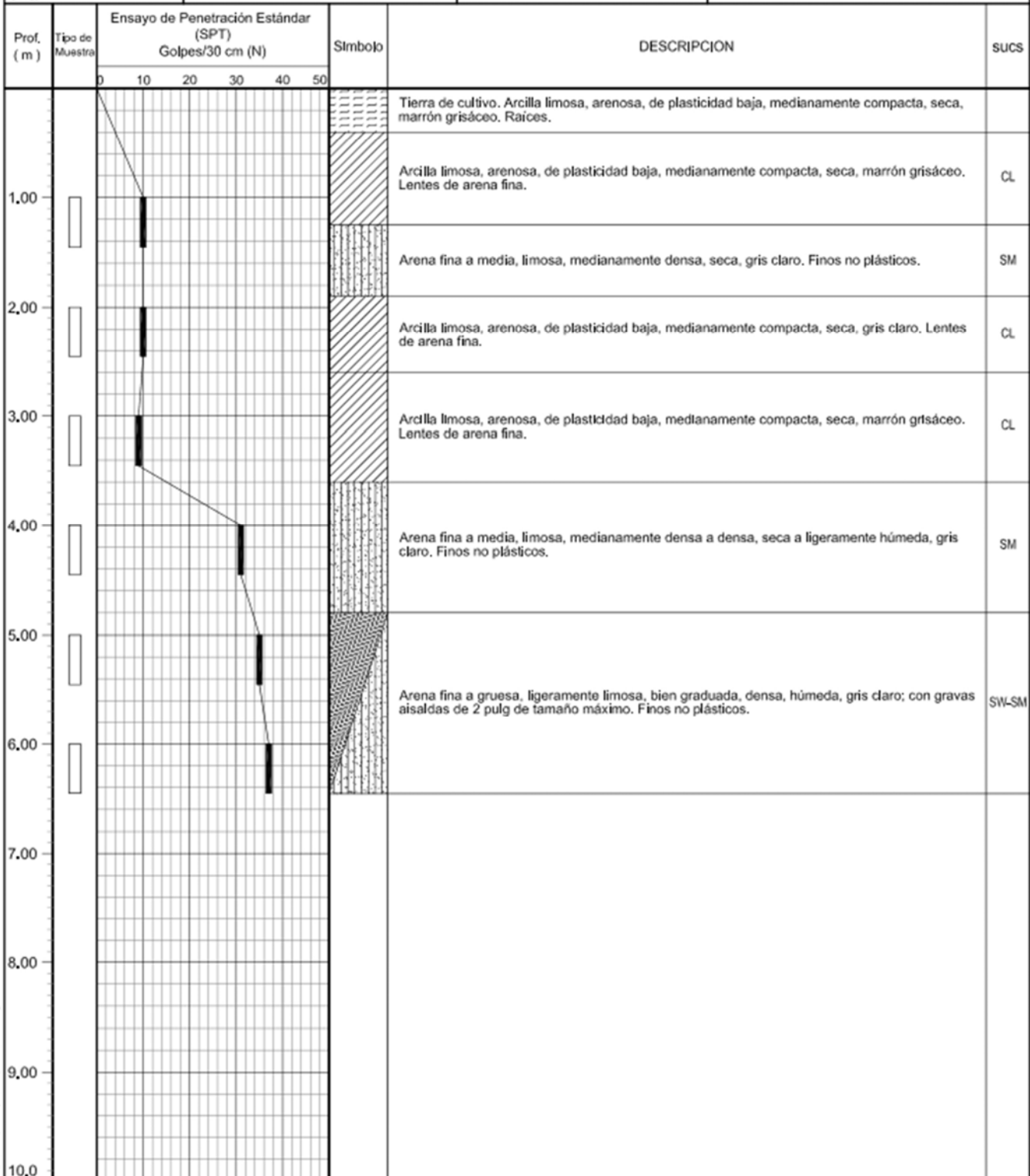
	REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS		LÁMINA N° M4600 - 6
	Sondaje: WB-5 Cota de Sondaje: 41.02 m	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING Registrado: G. PÉREZ	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Código: 020-PROC-T001-R004 Versión: 02 Fecha: 29/02/16	Prof. Agua Subterránea: - Coordenadas: E: 312,366.29 m N: 8618,547.68 m	Responsable: J. HILARES Fecha ejecución: 02/06/16	Revisado: M. MARTINELLI Fecha de Rev: JUNIO-2016
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUENTRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 8.45 m	Dibujado: F. TAPIA



TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolas	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Bloque
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en peralímetro	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:

	REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS		LÁMINA N° M4600 - 7
	Sondaje: WB-6 Cota de Sondaje: 41.59 m	Tipo: PERFORACIÓN POR LAVADO TIPO WASH BORING Registrado: G. PÉREZ	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Código: 020-PROC-T001-R004 Versión: 02 Fecha: 29/02/16	Prof. Agua Subterránea: - Coordenadas: E: 312,325,13 m N: 8618,826,56 m	Responsable: J. HILARES Fecha ejecución: 10/06/16	Revisado: M. MARTINELLI Fecha de Rev: JUNIO-2016
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentRA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 6,45 m	Dibujado: F. TAPIA



TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolas	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Bloque
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en penetrometro	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada Relativa	<input type="checkbox"/> Muestra Instalado en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:





REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 8

Sondaje: C-1	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.38 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R025	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 04/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 4,00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: -	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,125,84 m N: 8618,760,35 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón amarillento.	
1.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
1.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón grisáceo.	CL
2.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta, húmeda, marrón amarillento. Lentes de limo arenoso.	CL
2.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta, húmeda, marrón amarillento. Lentes de limo arenoso.	CL
3.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta, húmeda, marrón amarillento. Lentes de limo arenoso.	CL
3.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta, húmeda, marrón amarillento. Lentes de limo arenoso.	CL
4.00			Arena fina a media, ligeramente gravosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SC-SM
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
--	-----------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 9

Sondaje: C-2	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.08 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 02/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
0.50			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja. Raíces. Lentes de limo arenoso.	SM
1.00			Arcilla limosa, de plasticidad media, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón amarillento. Lentes de arena fina, limosa.	CL
1.50			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SP-SM
2.00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 2 ½ pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SM
2.50			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón; con gravas sub angulares de 1 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
3.00			Arena fina a media, gravosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 1 ½ de tamaño máximo.	SP
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 10

Sondaje: C-3	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.00 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 31/05/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5.00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: -	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,081,47 m N: 8'618,705.19 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.75			Arena fina, arcillosa, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja. Raíces.	SC
1.00			Arena fina, limosa, suelta, ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja.	SM
1.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, marrón amarillento.	CL
2.00			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja. Lentes de arcilla.	SM
2.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta a muy compacta, húmeda, marrón amarillento.	CL
3.00				
3.50				
4.00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 1 1/2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Lentes de limo arenoso.	SM
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
---	-----------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 11

Código: GEO-PROC-T001-RU05

Versión: 02

Fecha: 29/02/16

ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA

Sondaje: **C-4**Cota de Sondaje: **39.44 m**Prof. Agua Subterránea: **—**Coordenadas:
E: **312,136.03 m**
N: **8'618,699.54 m**

Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S

Tipo: **CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL**Registrado: **G. OSCO**Responsable: **J. HILARES**Fecha ejecución: **03/06/2016**Profundidad alcanzada: **4,00 m**Proyecto: **PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE**Revisado: **M. MARTINELLI**Fecha de Rev: **JUNIO-2016**Dibujado: **F. TAPIA**

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50			Arena fina a media, limosa, suelta, seca, marrón. Finos de plasticidad baja. Raíces.	SM
1.00			Arena fina, arcillosa, mal graduada, suelta, seca a ligeramente húmeda, marrón, gris. Finos de plasticidad baja. Raíces. Lentes de arcilla.	SC
1.50				
2.00			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, grs claro. Finos no plásticos. Lentes de arena fina, limosa.	SM
2.50				
3.00			Arena fina a media, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grs; con gravas sub angulares aisladas de 2 pulg de tamaño máximo.	SP
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS

- Muestra Alterada en Sello
 Muestra Inalterada en Sello
 Muestra Inalterada en Siga
 Muestra Inalterada en Tubo
 Muestra de Agua Subterránea

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 12

Sondaje: C-5	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.13 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-RU05	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 03/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 4,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, gris claro. Lentes de arena fina.	CL
1.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo.	CL
1.50				
2.00			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja. Lentes de arena fina.	SM
2.50				
3.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, húmeda, marrón.	CL
3.50			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares de 2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello | <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby |
| <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga | <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo |
| <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea | |

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 13

Sondaje: C-6	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.01 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Prof. Agua Subterránea: -	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,087,42 m N: 8'618,654,53 m	Responsable: J. HILARES
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 4,00 m
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA		Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón gris. Raíces.	
1.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Lentes arena fina.	CL-ML
1.50			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja. Lentes de arcilla.	SM
2.00			Arena fina a medía, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, grs claro; con piedras sub angulares aisladas de 4 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arena fina, gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 14

Sondaje: C-7	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.31 m	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 03/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro.	
			Arena fina, limosa, suelta, seca, marrón claro. Finos no plásticos.	SM
1.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, blanda, seca, marrón claro.	CL-ML
			Arena fina, limosa, suelta, seca, marrón claro. Finos no plásticos.	SM
1.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	CL
			Arena fina a media, arcillosa, limosa, medianamente densa, seca, marrón claro. Finos de plasticidad baja.	SC-SM
2.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro.	CL
			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro plomizo; con piedras sub redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, compacta, ligeramente húmeda, marrón. Lente de arena fina, limosa.	CL
3.00			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SM
3.50			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SM
4.00			Arena fina a media, ligeramente gravosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SM
4.50			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con piedras y bolones sub redondeados y sub angulares de 6 1/2 pulg de tamaño máximo.	SP
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 15

Sondaje: C-8	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 39.00 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-RU05	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 06/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Prof. Agua Subterránea: -		
Coordenadas: E: 312,080,46 m N: 8'618,608,81 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
0.50			Arena fina a media, limosa, mal graduada, suelta, seca, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja. Raíces	SM
1.00			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SM
1.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja. Lentes de arcilla limosa, arenosa.	SP-SM
2.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, húmeda, marrón.	CL
2.50			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja. Lentes de arcilla limosa arenosa.	SP-SM
3.50				
4.00				
4.50				
5.00			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras sub redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Soplete <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
---	---------------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 16

Sondaje: C-9	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41.91 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Prof. Agua Subterránea: -	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,346.50 m N: 8'618,765.16 m	Fecha ejecución: 06/06/2016
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 5.00 m
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA		
Dibujado: F. TAPIA		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.00			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón gris. Raíces.	
0.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Lentas de arena fina, limosa.	CL
1.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, gris claro. Lentas de arena fina, limosa.	CL
1.50			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja.	SM
2.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, húmeda, gris claro. Lentas de arena fina, limosa.	CL
2.50			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja	SM
3.00			Arena fina a media, ligeramente gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.50			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS		OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby	
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo	
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea		



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 17

Sondaje: C-10	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,56 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Prof. Agua Subterránea: -	Fecha ejecución: 08/06/2016
Fecha: 29/02/16	Coordenadas: E: 312,329.82 m N: 8'618,726.26 m	Profundidad alcanzada: 4,00 m
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUESTA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
1.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Lentes de arena fina.	CL
2.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00			Arena fina a media, limosa, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos no plásticos.	SM
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
--	---------------------------------------



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 18

Sondaje: C-11	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 42.09 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 08/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: -	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,396.32 m N: 8'618,722.79 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
1.00			Arena fina, limosa, suelta, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos de plasticidad baja.	SM
1.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón claro.	CL-ML
2.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas sub angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras angulares de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón; con gravas sub angulares de 2 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 19

Sondaje: C-12	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,00 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Prof. Agua Subterránea: -	Responsable: J. HILARES
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,280,44 m N: 8'618,681,56 m	Fecha ejecución: 07/06/2016
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Fecha de Rev: JUNIO-2016
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Profundidad alcanzada: 4,00 m	Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0,50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
1,00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, grs claro.	CL
1,50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Lentes de limo arenoso.	SP-SM
2,50			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SM
3,50			Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, gris. Finos plásticos.	SM
4,00				
4,50				
5,00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 20

Sondaje: C-13	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41.64 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 07/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: -	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,343.17 m N: 8'618,679.37 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50			Arena fina a media, limosa, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja.	SM
1.00				
1.50				
2.00				
2.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro; con gravas angulares aisladas de 2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.50				
4.00			Arena fina a media, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, gris claro; con gravas aisladas sub angulares de 1½ pulg de tamaño máximo.	SP
4.50			Arena fina a gruesa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón; con gravas sub angulares de 2 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
5.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM

TIPOS DE MUESTRAS		OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby	
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo	
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea		



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 21

Sondaje: C-14	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.78 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 04/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 4,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, gris claro. Lentas de arena fina, limosa.	CL
1.00			Arena fina, arcillosa, limosa, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja.	SC-SM
1.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón amarillento. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
2.00			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón grs; con piedras sub angulares de 4 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arena fina a gruesa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grsáceo; con gravas sub angulares de 2 pulg de tamaño máximo.	SP
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS		OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby	
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo	
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea		



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 22

Sondaje: C-15	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41.33 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Prof. Agua Subterránea: -	Fecha ejecución: 08/06/2016
Fecha: 29/02/16	Coordenadas: E: 312,349.42 m N: 8'618,623.34 m	Profundidad alcanzada: 4,00 m
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUESTA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCIÓN Y REPRODUCCIÓN SIN AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, medianamente densa, seca, marrón grisáceo; con gravas sub angulares aisladas de 2 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
1.00			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
1.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SP-SM
2.00			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.00			Arena fina a gruesa, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.50			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grís; con piedras sub angulares de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grís; con piedras sub angulares de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 23

Código: 020-PROC-T001-R005	Prof. Agua Subterránea: —	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,393.55 m N: 8'618,640.19 m	Fecha ejecución: 08/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 4,20 m	Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
1.00			Arcilla limosa, arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón claro.	CL
1.50			Limo arenoso, no plástico, medianamente compacto a compacto, ligeramente húmedo, marrón claro.	ML
2.50			Arena fina, media, ligeramente gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con piedras sub angulares de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.50			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras sub angulares de 5 pulg de tamaño máximo.	SP
4.00			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón claro. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 24

Sondaje: C-17	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.33 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-RU05	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 04/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0,50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca marrón claro. Raíces.	
1,00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 1 ½ pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SM
1,50				
2,00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda a húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SP-SM
2,50				
3,00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con piedras sub angulares de 4 pulg tamaño máximo	GP
3,50				
4,00			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas sub angulares de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
4,50				
5,00			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con piedras sub angulares de 4 pulg de tamaño máximo.	SP

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sople <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 25

Sondaje: C-18	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,01 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Prof. Agua Subterránea: -	Responsable: J. HILARES
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,346,60 m N: 8'618,583.02 m	Fecha ejecución: 06/06/2016
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Fecha de Rev: JUNIO-2016
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Profundidad alcanzada: 4,00 m	Dibujado: F. TAPIA

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
0.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca, gris claro; con gravas sub angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Raíces.	SP-SM
1.00			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa a densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo.	SP
1.50			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, gris. Finos de plasticidad baja.	SM
2.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas aisladas de ¼ pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
2.50				
3.00				
3.50				
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Soplete <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 26

Sondaje: C-19	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,57 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-RU05	Prof. Agua Subterránea: -	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Coordenadas: E: 312,409.57 m N: 8'618,607.24 m	Fecha ejecución: 08/06/2016
Fecha: 29/02/16	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 5,00 m
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA		
Dibujado: F. TAPIA		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente, compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
0,50			Arena fina, limosa, medianamente densa, seca, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja.	SM
1,00			Arena fina a media, gravosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	SP-SM
2,00				
2,50			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con piedras sub angulares de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
3,00				
3,50				
4,00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja.	SM
4,50				
5,00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 27

Sondaje: C-20	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41,46 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 07/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCUESTA PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0,50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
1,00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, seca, marrón grisáceo; con gravas sub angulares aisladas de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
1,50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos	SP-SM
2,00				
2,50				
3,00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SP-SM
3,50				
4,00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón gris; con gravas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo.	GP
4,50			Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, gris claro. Finos no plásticos.	SM
5,00				

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby	
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo	
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 28

Sondaje: C-21	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.86 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 11/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: -	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,255.25 m N: 8'618,820.82 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón gris. Raíces.	
1.00			Arena fina, ligeramente limosa, mal graduada, suelta, seca, gris claro.	SP-SM
1.50				
2.00				
2.50			Arena fina, limosa, suelta a medianamente densa, seca, marrón grisáceo. Finos no plásticos. Lentes de limo arenoso.	SM
3.00				
3.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, ligeramente húmeda, marrón grs. Lentes de arena fina.	CL
4.00				
4.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, marrón gris; con gravas aisladas sub angulares de 2 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sople	<input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 29

Sondaje: C-22	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 42.04 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Versión: 02	Fecha ejecución: 13/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5.00 m	
ESTE FORMATO ES DE AUTORIA Y PROPIEDAD DE M&M CONSULTORES S.R.L., POR ENDE SE ENCuentra PROHIBIDA TODA DISTRIBUCION Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE LA EMPRESA	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón. Raíces.	
1.00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, seca, marrón grisáceo. Finos no plásticos.	SM
1.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón claro. Lentes de arena fina, limosa.	CL
2.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Lentes de arena fina.	CL-ML
2.50			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Lentes de arena fina.	CL-ML
3.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
3.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
4.00			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo; con gravas angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM
4.50			Arena fina a gruesa, mal graduada, medianamente densa a densa, húmeda, marrón grs; con gravas aisladas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo.	SP
5.00			Arena fina a gruesa, mal graduada, medianamente densa a densa, húmeda, marrón grs; con gravas aisladas sub angulares de 3 pulg de tamaño máximo.	SP

TIPOS DE MUESTRAS	
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

OBSERVACIONES:



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 30

Sondaje: C-23	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 41.32 m	Registrado: G. OSCO	Revisado: M. MARTINELLI
Prof. Agua Subterránea: -	Responsable: J. HILARES	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Coordenadas: E: 312,296.17 m N: 8'618,777.11 m	Fecha ejecución: 11/06/2016	Dibujado: F. TAPIA
Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	Profundidad alcanzada: 4,00 m	

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón grisáceo. Raíces.	
0.50			Arena fina, arcillosa, medianamente densa, seca, marrón grisáceo. Finos de plasticidad baja. Lentes de arena fina, limosa.	SC
1.00			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, seca, marrón grisáceo. Finos no plásticos.	SM
1.50			Arena fina a media, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, seca, gris claro; con gravas angulares aisladas de 1/4 pulg de tamaño máximo. Lentes de limo arenoso.	SP-SM
2.00				
2.50				
3.00				
3.50			Arena fina a gruesa, gravosa, mal graduada, medianamente densa a densa, seca a ligeramente húmeda, marrón gris; con piedras sub angulares de 4 pulg de tamaño máximo. Lentes de arena fina.	SP
4.00				
4.50				
5.00				

TIPOS DE MUESTRAS	OBSERVACIONES:
<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Sello <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Siga <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input checked="" type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	



REGISTRO DE PERFIL DE SUELOS

LÁMINA N° M4600 - 31

Sondaje: C-24	Tipo: CALICATA EXCAVADA EN FORMA MANUAL	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCION ETNA CHILCA, CAÑETE
Cota de Sondaje: 40.55 m	Registrado: G. OSCO	
Código: 020-PROC-T001-R005	Responsable: J. HILARES	Revisado: M. MARTINELLI
Versión: 02	Fecha ejecución: 11/06/2016	Fecha de Rev: JUNIO-2016
Fecha: 29/02/16	Profundidad alcanzada: 5,00 m	Dibujado: F. TAPIA
Prof. Agua Subterránea: —	Referencia: Sistema de Coord: PSAD56 18S	
Coordenadas: E: 312,235,29 m N: 8'618,706.72 m		

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
0.00 - 0.50			Tierra de cultivo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca, marrón claro. Raíces.	
0.50 - 4.00			Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, seca a ligeramente húmeda, marrón grisáceo claro. Lentes de arena fina, limosa.	CL
4.00 - 4.50			Arena fina a media, limosa, medianamente densa, seca a ligeramente húmeda, grs claro. Finos no plásticos.	SM
4.50 - 5.00			Arena fina a gruesa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, marrón grisáceo; con gravas sub angulares aisladas de 1 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	SP-SM

TIPOS DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Soplete <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	OBSERVACIONES:
---	-----------------------------------

Registro de auscultación dinámica con cono
de Peck





REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

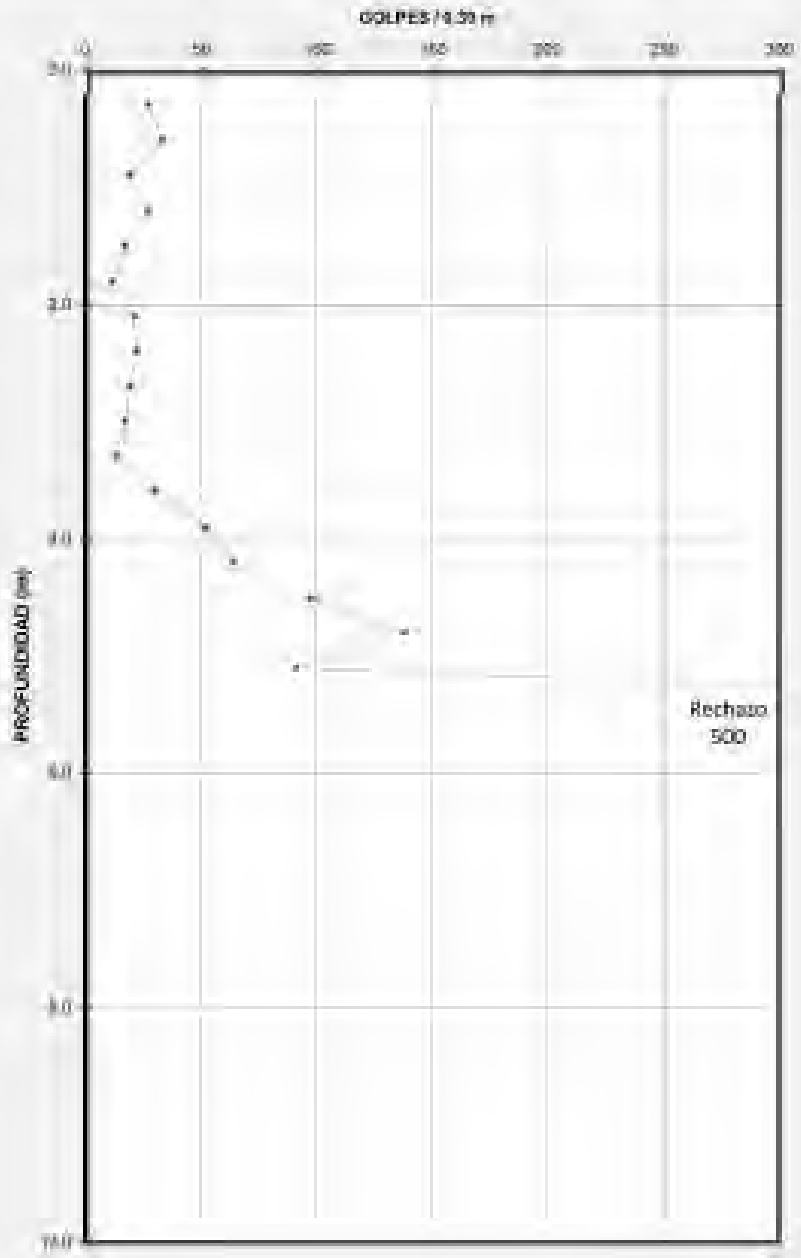
LÁMINA N°M4600-32

Desarrollado por: FOLIO 01
 Fecha: 01
 Hoja: 1 de 1

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Identificación:	CP-1	Responsable:	G. PEREZ
Profundidad:	5.40 m	Supervisor:	J. HERRERA
Altura:	19.31 m	Fecha:	06/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Operador:	M. MARTINELLI

DATOS

PROF. (m)	GOLPES / 0.30 m
0.00	11
0.30	27
0.60	31
0.90	18
1.20	27
1.50	27
1.80	18
2.10	24
2.40	24
2.70	18
3.00	17
3.30	18
3.60	18
3.90	18
4.20	18
4.50	17
4.80	18
5.10	18
5.40	18



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N° M4600-33

CÓDIGO DE PROYECTO: 4331

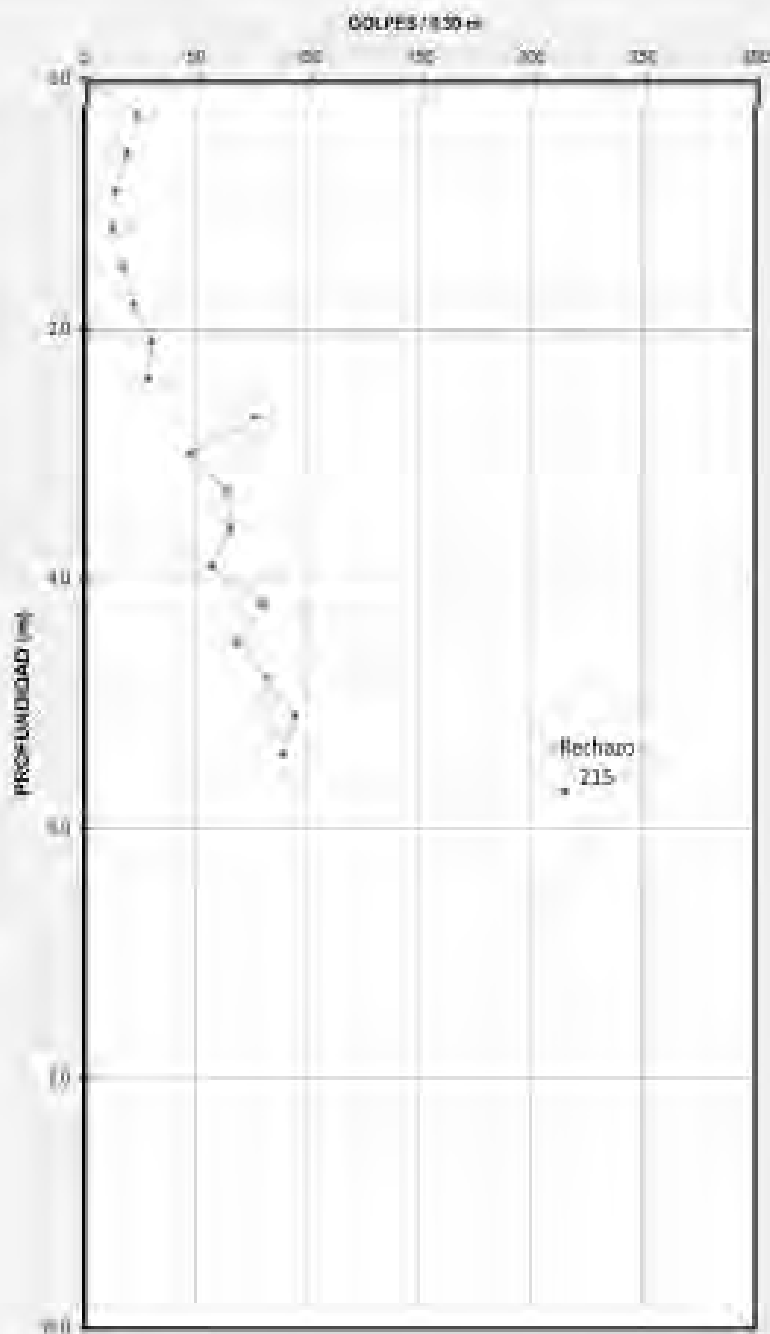
VOLUMEN: 01

FOLIO: 14/0333

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-2	Operador:	G. PEREZ
Profundidad:	5.70 m	Supervisor:	J. HILARES
Fecha:	29.09.2016	Proyecto:	CHILCA, CAÑETE
		Operario:	M. MARTINELLI

DATOS

PROF. (m)	GOLPES / 0.30 m
0.30	0
0.60	24
0.90	31
1.20	34
1.50	34
1.80	37
2.10	32
2.40	36
2.70	37
3.00	38
3.30	38
3.60	35
3.90	37
4.20	38
4.50	37
4.80	38
5.10	38
5.40	38
5.70	38



Observaciones



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON COWO DE PECK

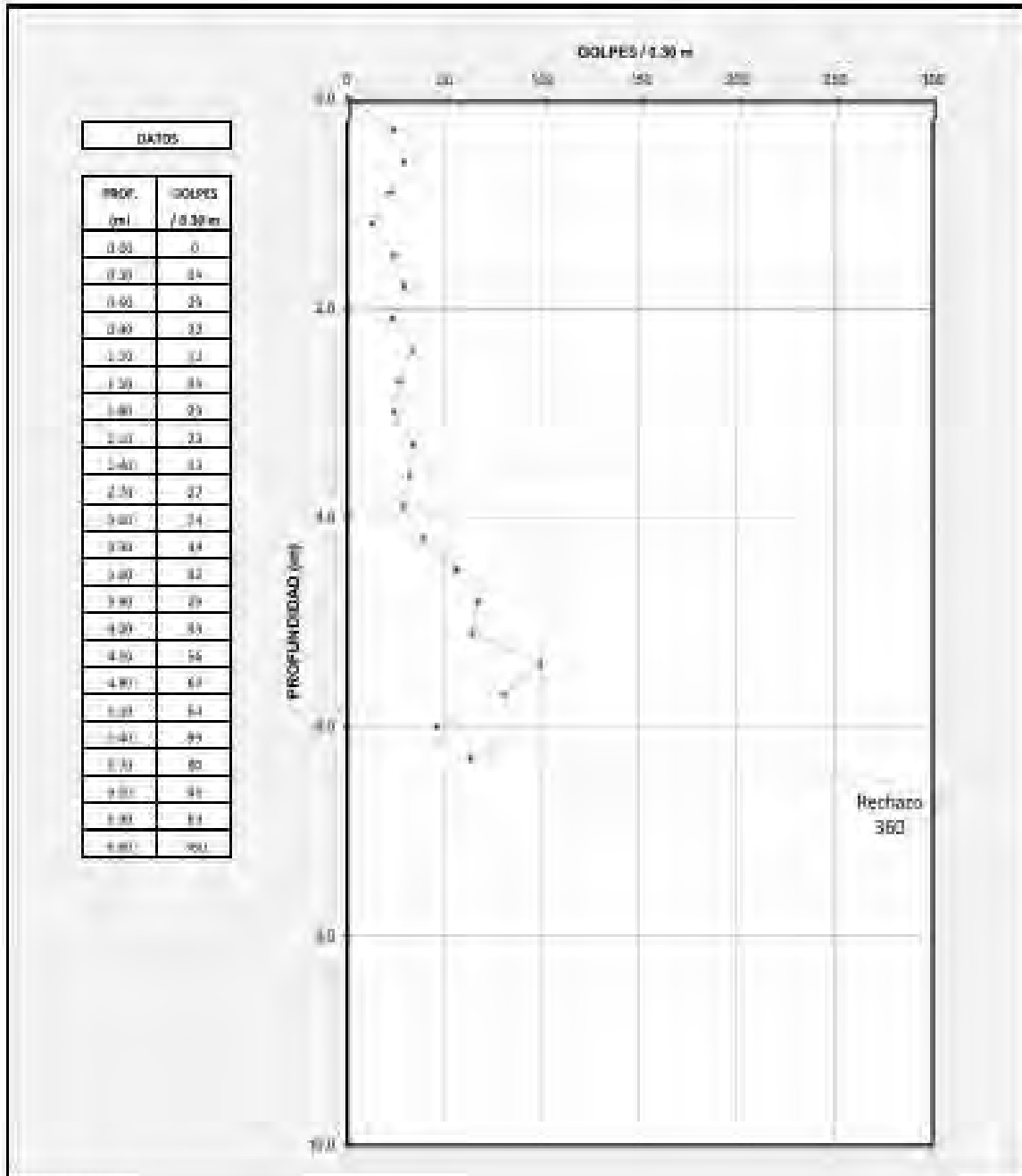
LÁMINA N°M4600-34

Código de Proyecto: 101-100

Forma: 11

Fecha: 14/07/11

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Código:	CP-3	Responsable:	D. PEREZ
Prof. Promedio:	8.10 m	Asesorado:	I. HERRERA
Fecha:	19/05	Fecha:	06/06/2010
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILGA, CAÑETE
		Analista:	M. MARTINELLI



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON COND DE PECK

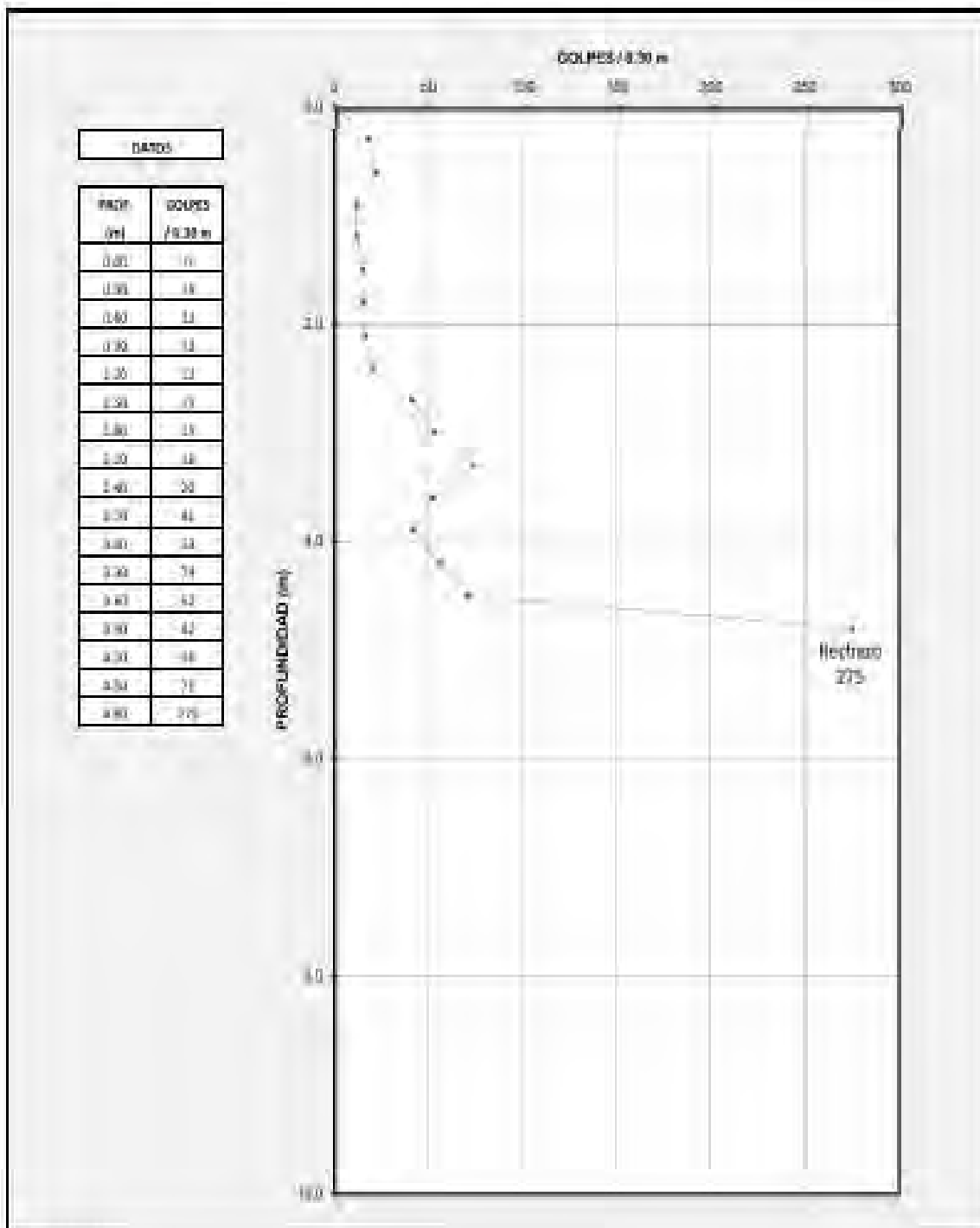
LÁMINA N°M4600-35

Logaritmo PECK 1001 H/cm

Velocidad 37

Fecha 14/01/15

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO			
Código	CP-4	Supervisor	S. PEREZ	Proyecto	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
Prof. Promedio	4.80 m	Mediador	I. HILARES	Ubicación	CHILCA, CAÑETE
Dist.	39.49 m	Fecha	06/06/2016	Resumen	M. MARTINELLI



Observaciones



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

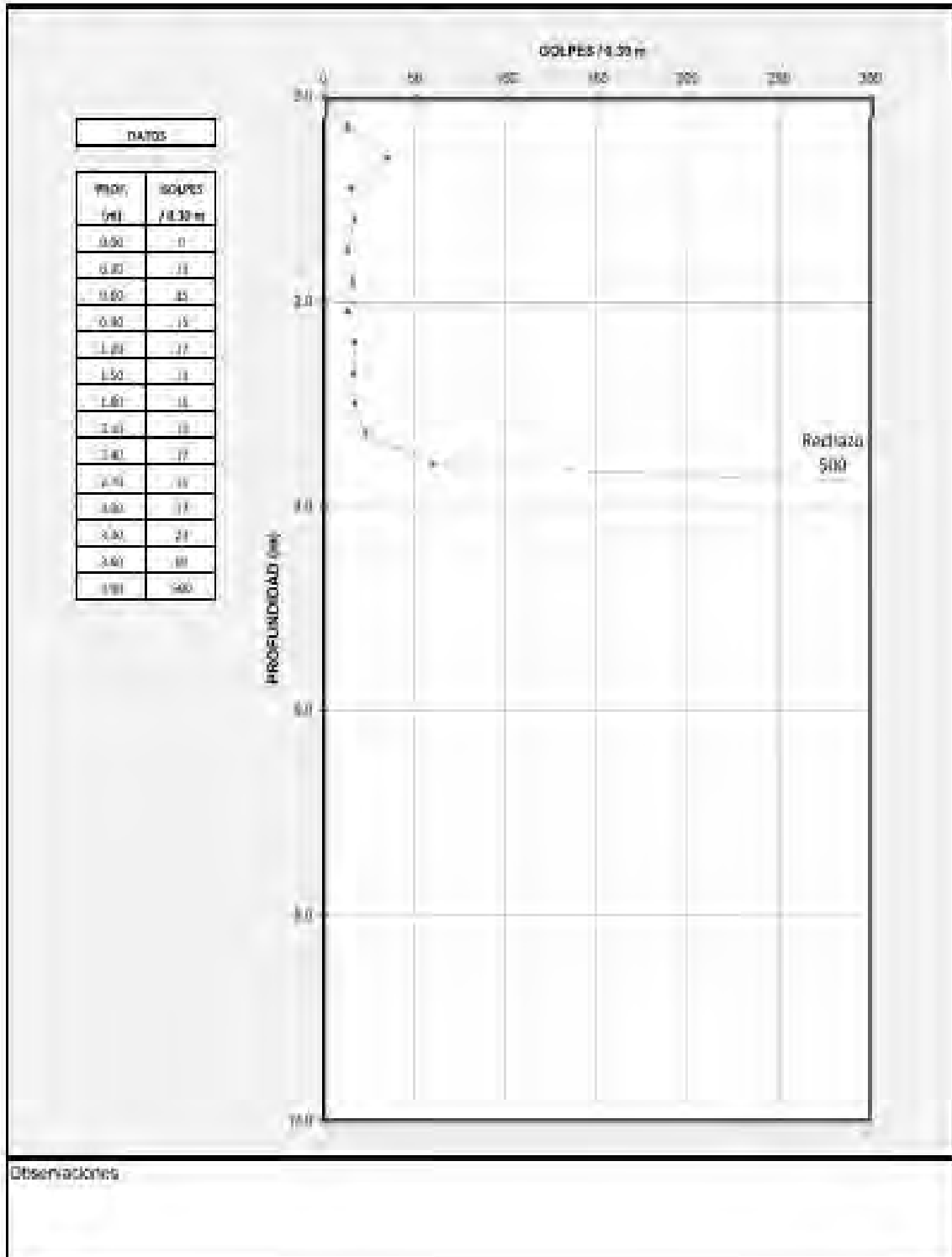
LÁMINA N°M4600-36

Código PROCTOLAB

Hoja 01

de 01 Hojas

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Identificación	CP-5	Responsable	EL PEREZ
Profundidad	1.50 m	Supervisor	J. HERRERA
Profundidad	40.06 m	Fecha	09/06/2016
		Proyecto	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación	CHILCA, CAÑETE
		Operario	M. MARTINELLI





RÉGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N°M4600-37

Edificio 210/11000 TOLU 4100

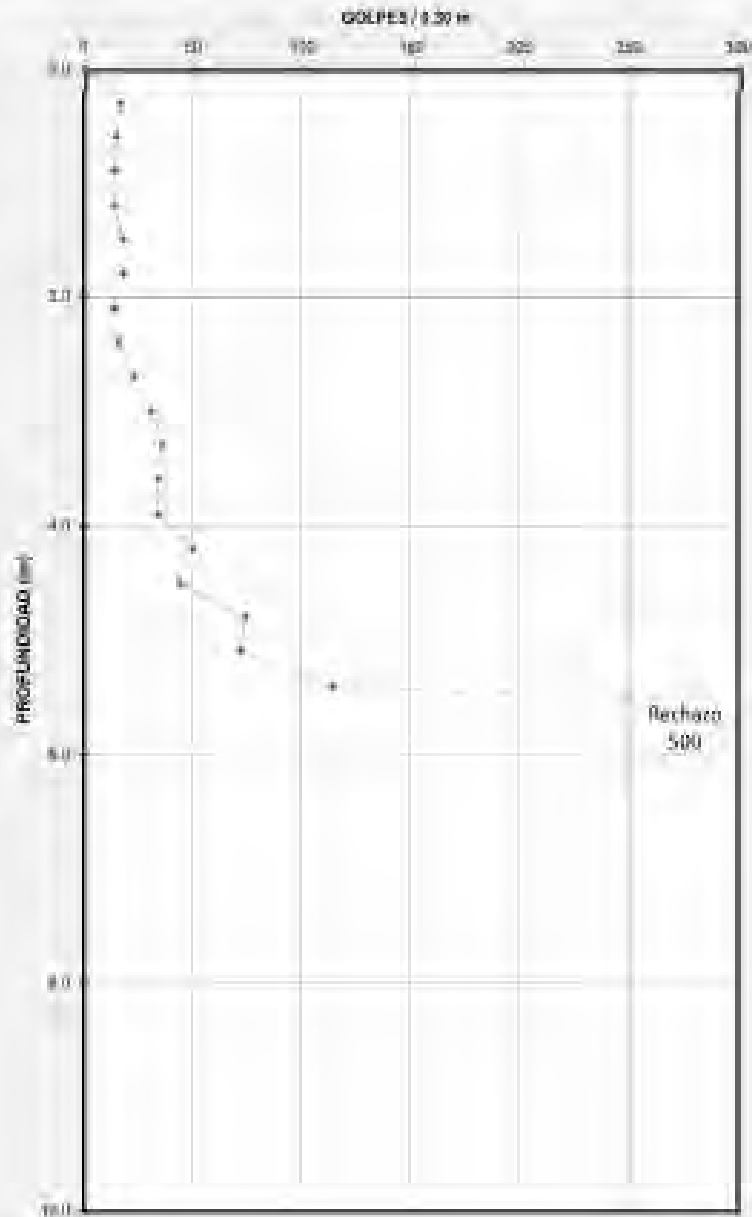
Parcela 01

Fecha: 24.07.16

DATOS DEL SONDEO		DATOS DEL PROYECTO	
Identificación:	CP-6	Responsable:	G. PEREZ
Profundidad:	3.70 m	Responsable:	J. HILARES
Profundidad:	39.00 m	Fecha:	06/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Operador:	M. MARTINELLI

DATOS:

PROF. (m)	GOLPES / 0.30 m
0.00	0
0.30	17
0.60	15
0.90	14
1.20	14
1.50	18
1.80	18
2.10	14
2.40	18
2.70	25
3.00	25
3.30	16
3.60	28
3.90	18
4.20	20
4.50	24
4.80	14
5.10	12
5.40	114
5.70	180



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

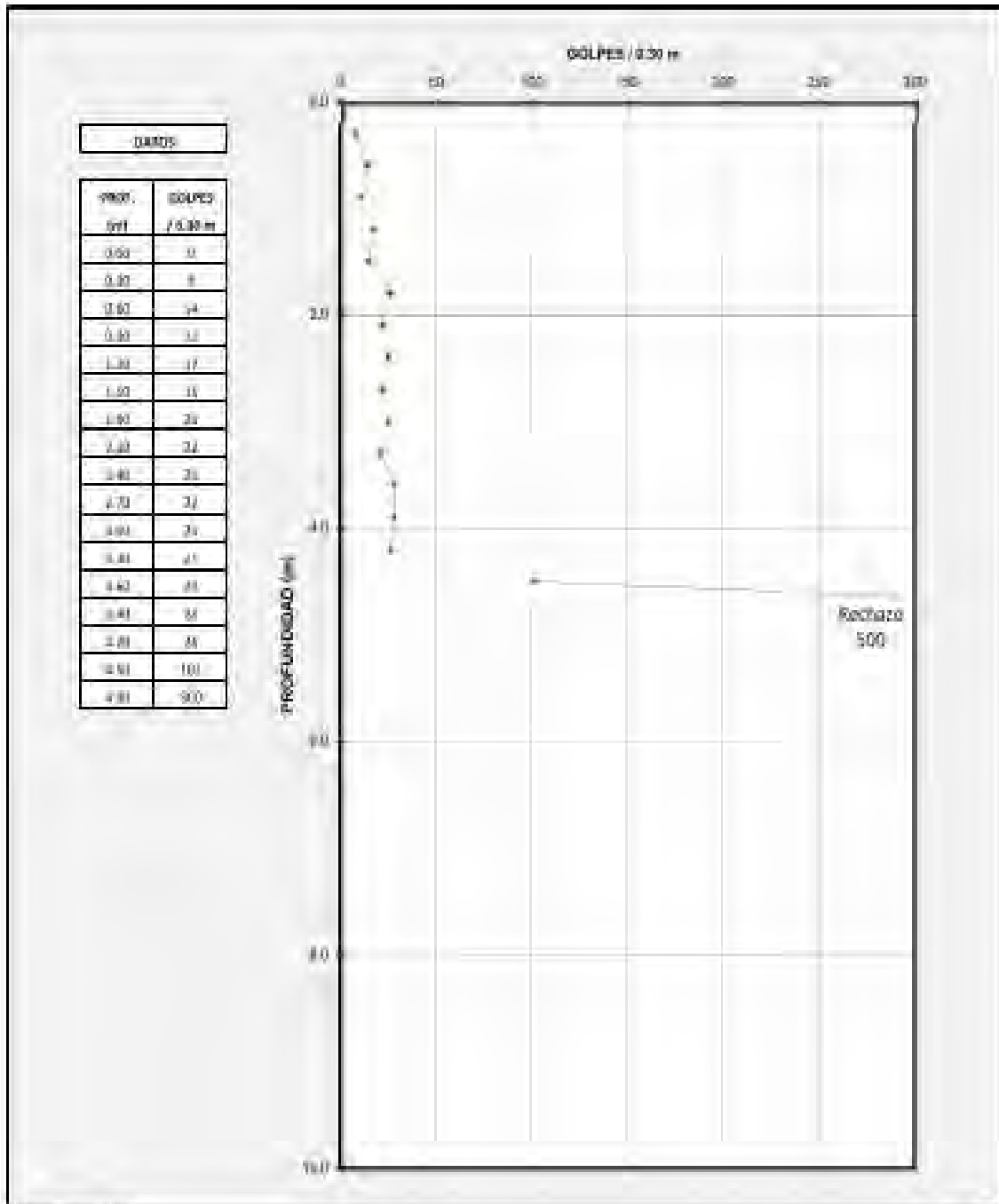
LÁMINA N°M4600-38

Código Único: 1911638

Revista: 01

Fecha: 12/01/18

DATOS DEL SONDEO		DATOS DEL PROYECTO	
Condición:	CP-7	Responsable:	E. PEREZ
Profundidad:	4.00 m	Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
Profundidad total:	19.70 m	Ubicación:	CHILCA, CAÑETE
Fecha:	04/06/2018	Elaborado:	M. MARTINELLI



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

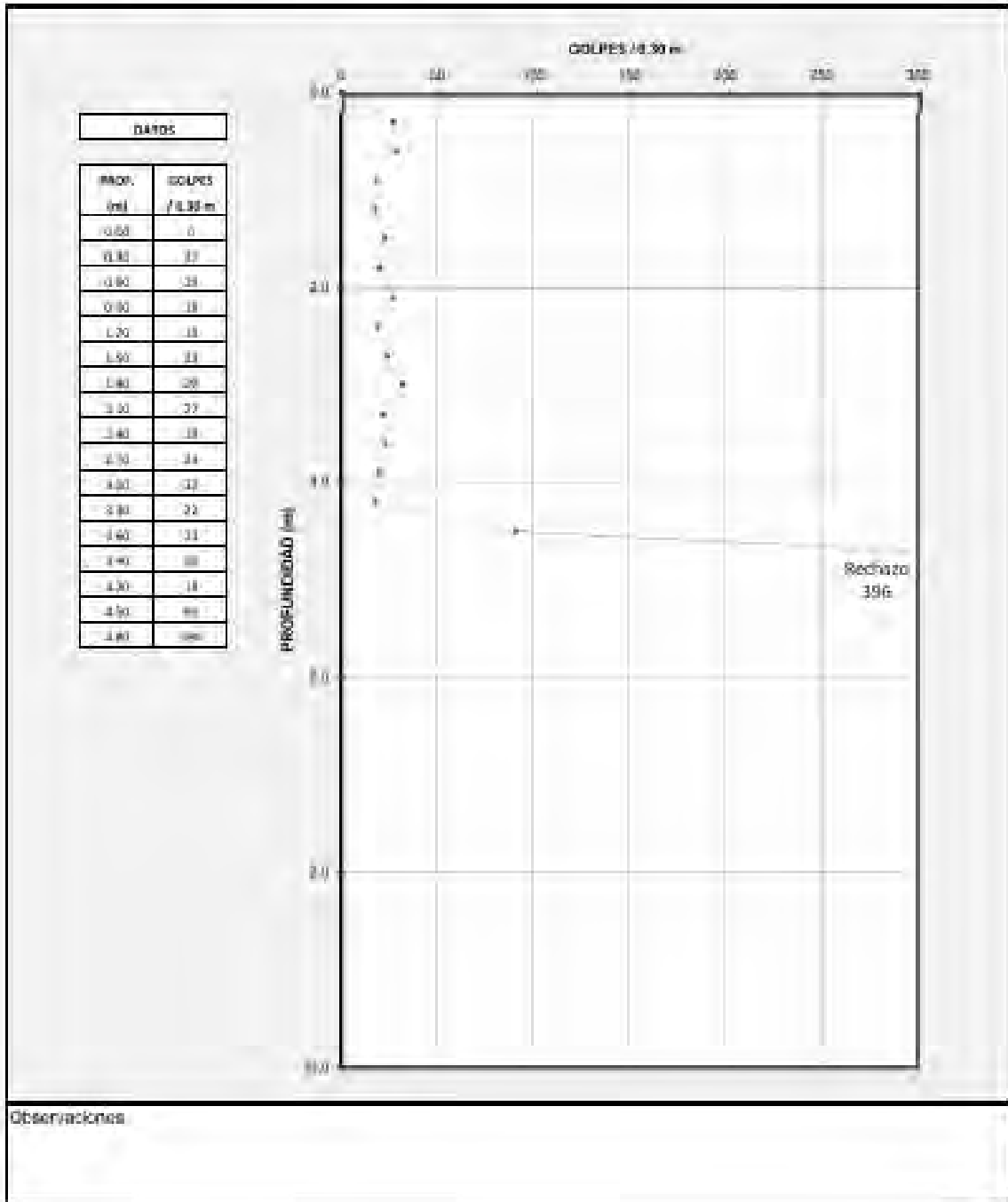
LÁMINA N°M600-39

Consultor: INGENIERO F. ALB...

Unidad: 21

Forma: 1400 11

DATOS DEL SONAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Condición:	CP-8	Supervisor:	G. PEREZ
Profundidad:	4.80 m	Beneficiario:	J. HERRERA
Fecha:	18.08 m	Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CAÑETE
		Realizado por:	M. MARTINELLI





REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N°M4600-40

Código de Proyecto: 001-001

Version: 01

Fecha: 04/05/11

DATOS DEL SONDAJE

Código	CP-9
Profundidad	4.30 m
Cota	41.83 m

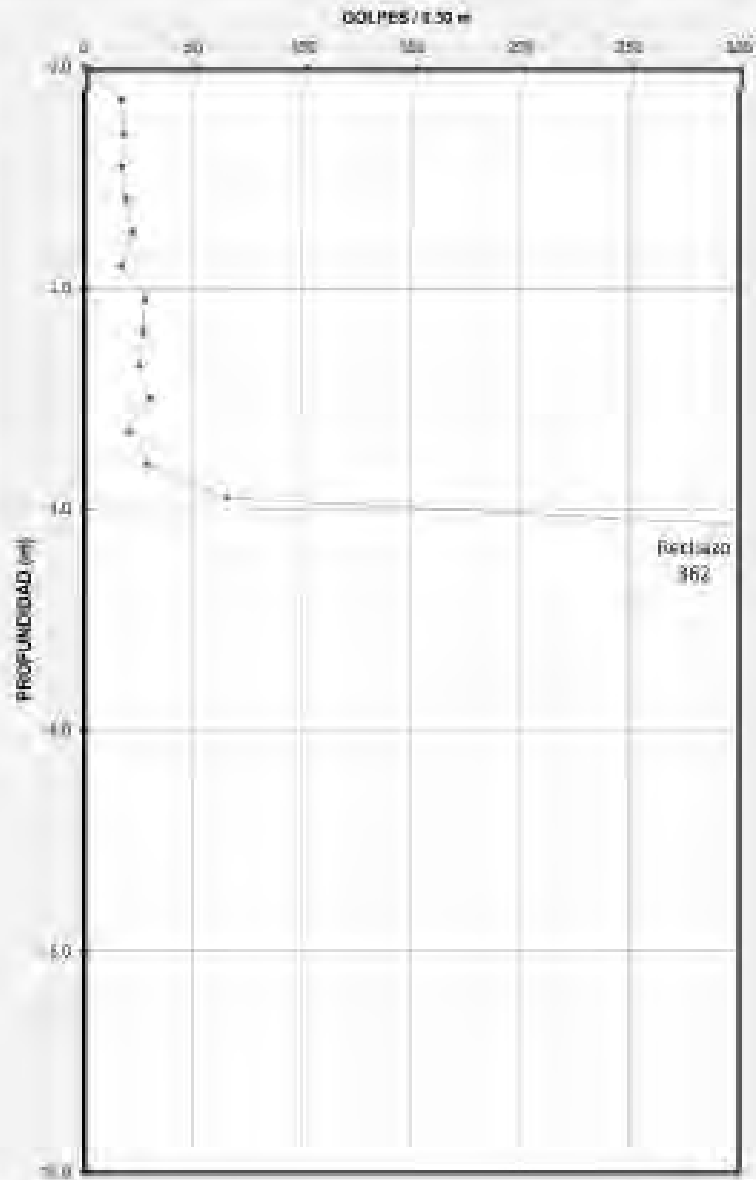
Engañador	EL PEREZ
Administrador	J. HILARES
Fecha	04/06/2016

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
Ubicación	CHILCA, CAÑETE
Responsable	M. MARTINELLI

DATOS

PROF (m)	GOLPES / 0.30 m
0.00	0
0.30	11
0.60	18
0.90	17
1.20	13
1.50	21
1.80	12
2.10	28
2.40	33
2.70	21
3.00	36
3.30	26
3.60	23
3.90	40
4.20	40



Observaciones:

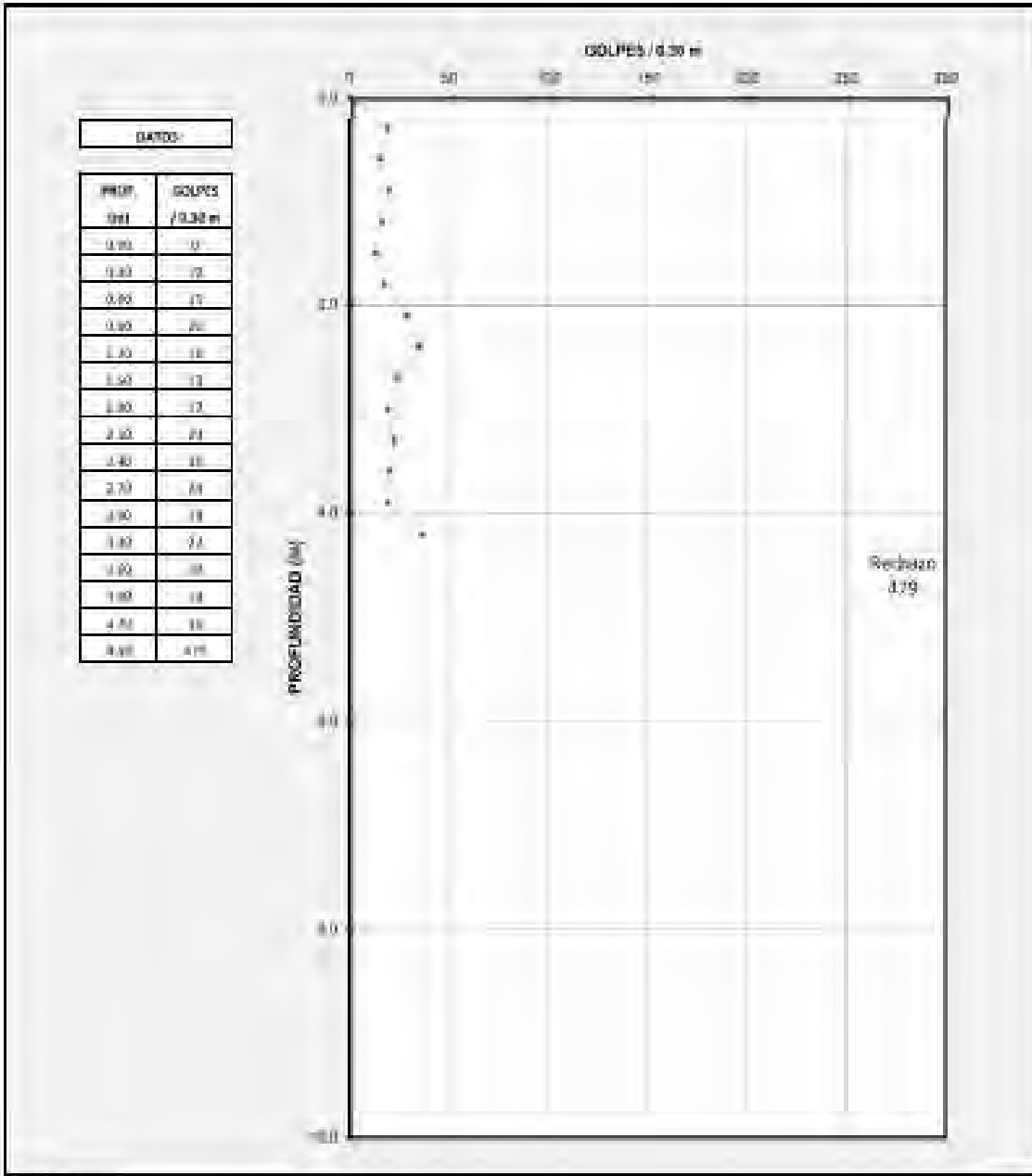


REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N°M4600-41

Comodoro Rivadavia, 1001 4100
 Versión: 01
 Fecha: 04/05/16

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-10	Responsable:	S. PEREZ
Profundidad:	4.58 m	Cliente:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
Fecha:	04/05/2016	Lugar:	CHILCA, CAËTE
		Proyectista:	M. MARTINELLI



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

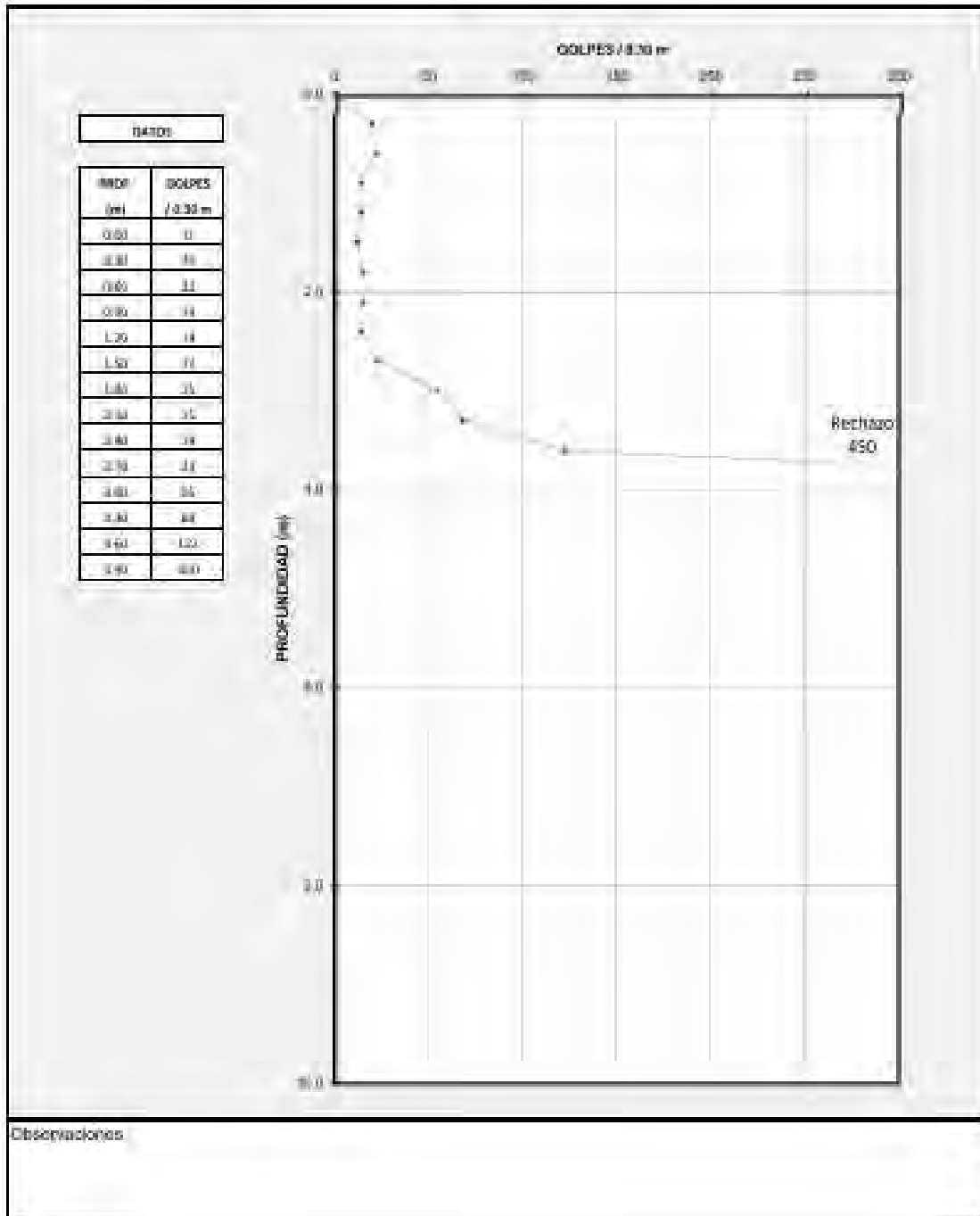
LÁMINA N° M4600-42

EXAMEN N° 00000000000000000000

PROYECTO

FECHA DE EMISIÓN

DATOS DEL SONDEO		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre	CP-11	Responsable	G. PEREZ
Profundidad	42.00 m	Responsable	J. NIÑARES
Fecha	04/06/2016	Responsable	M. MARTINELLI
		Proyecto	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
		Ubicación	CHILCA, CAÑETE





REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

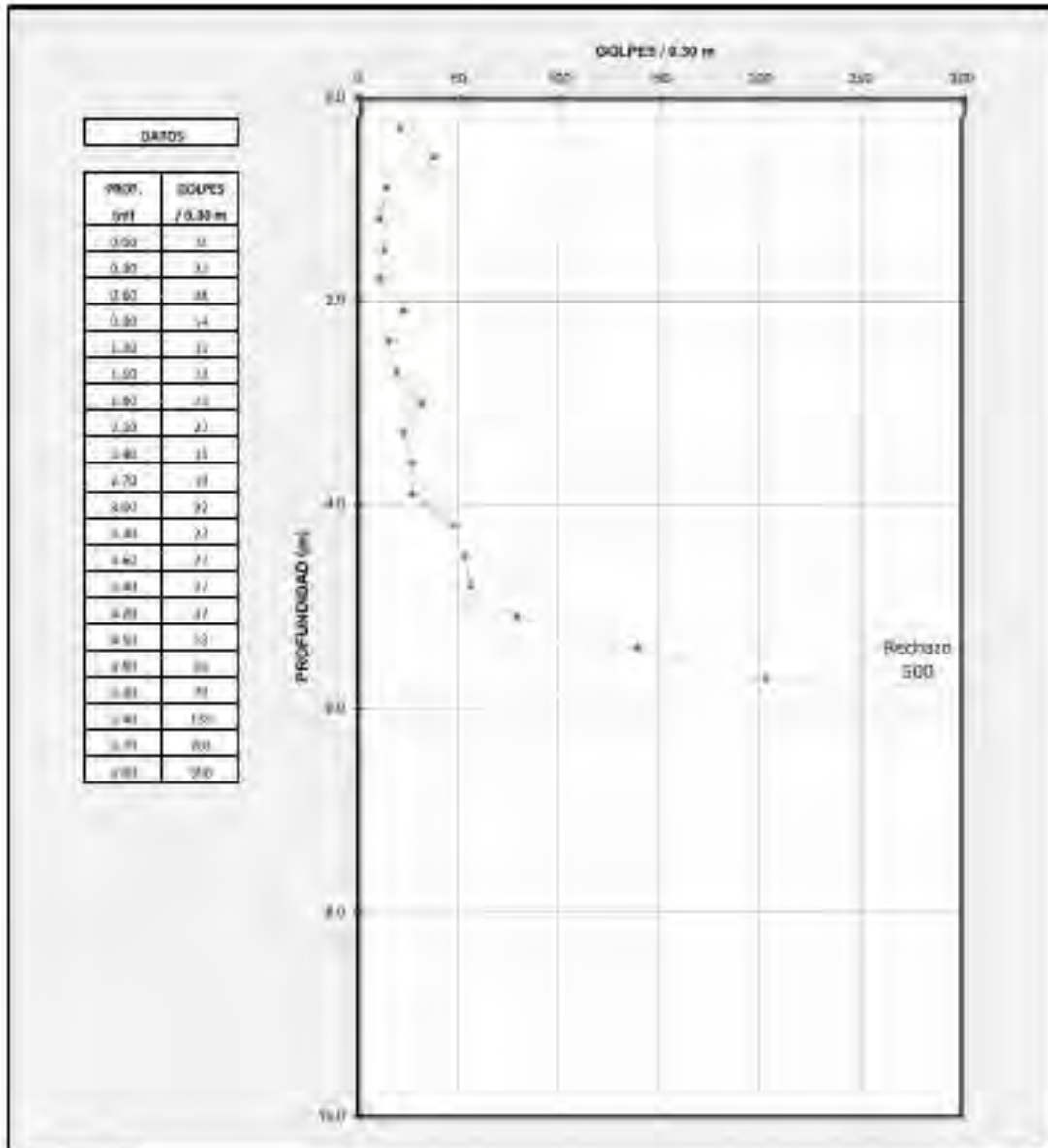
LÁMINA N°M4600-43

Código: 2111012-1011-0301

Revista: 01

Fecha: 12/12/15

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-12	Responsable:	B. PEREZ
Profundidad:	6.00 m	Responsable:	J. REYES
Cota:	40.91 m	Fecha:	03/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CAÑETE
		Realizado:	M. MARTINELLI



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

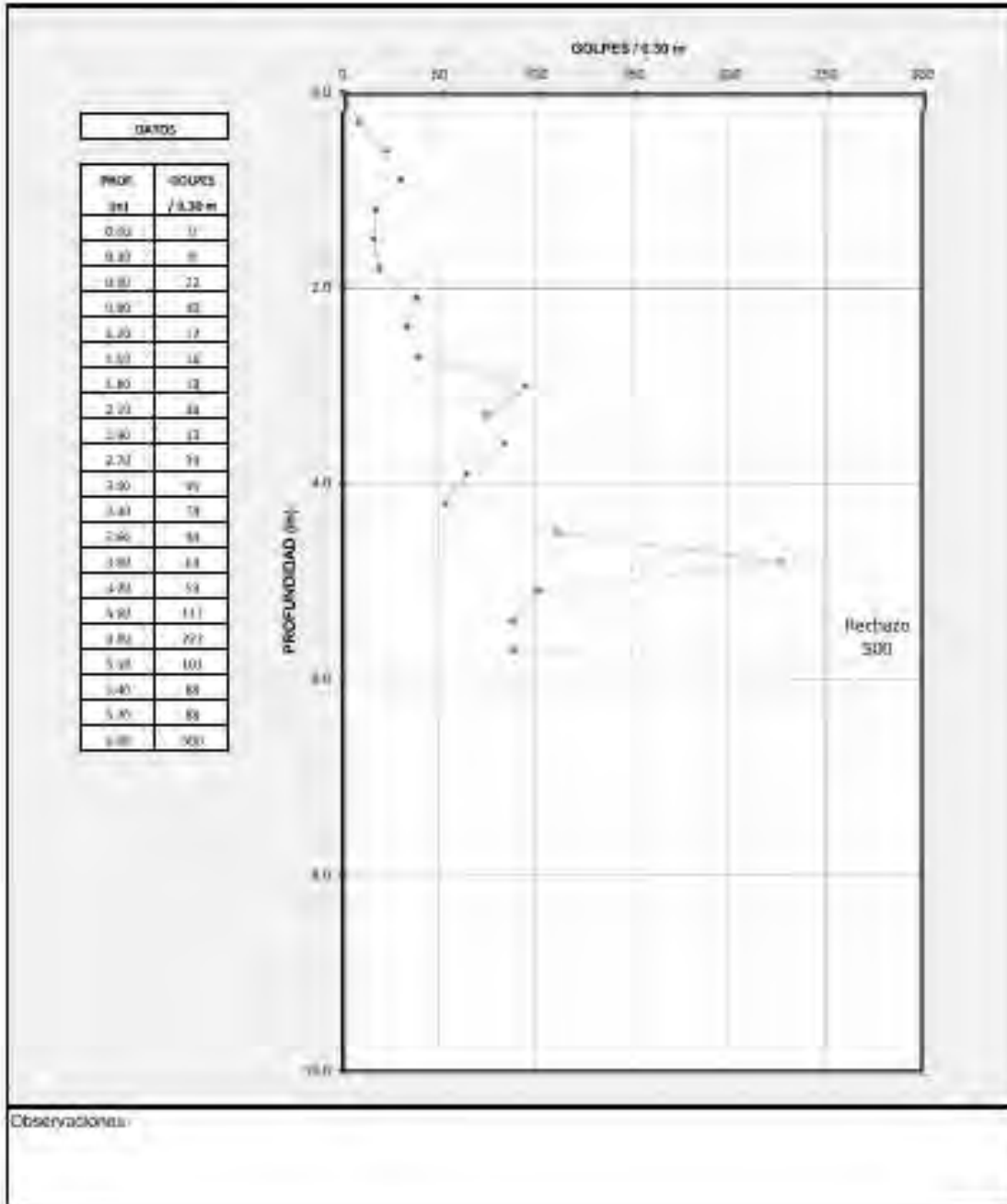
LÁMINA N°M4600-44

Código GEO-PROCTO01-4126

Hoja: 01

Fecha: 13/05/14

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Identificación:	CP-13	Proyectista:	G. PEREZ
Prof. Promediada:	6.00 m	Supervisor:	L. HILARES
Cable:	41.56 m	Fecha:	03/06/2014
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Proyectista:	M. MARTINELLI





REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON COND DE PECK

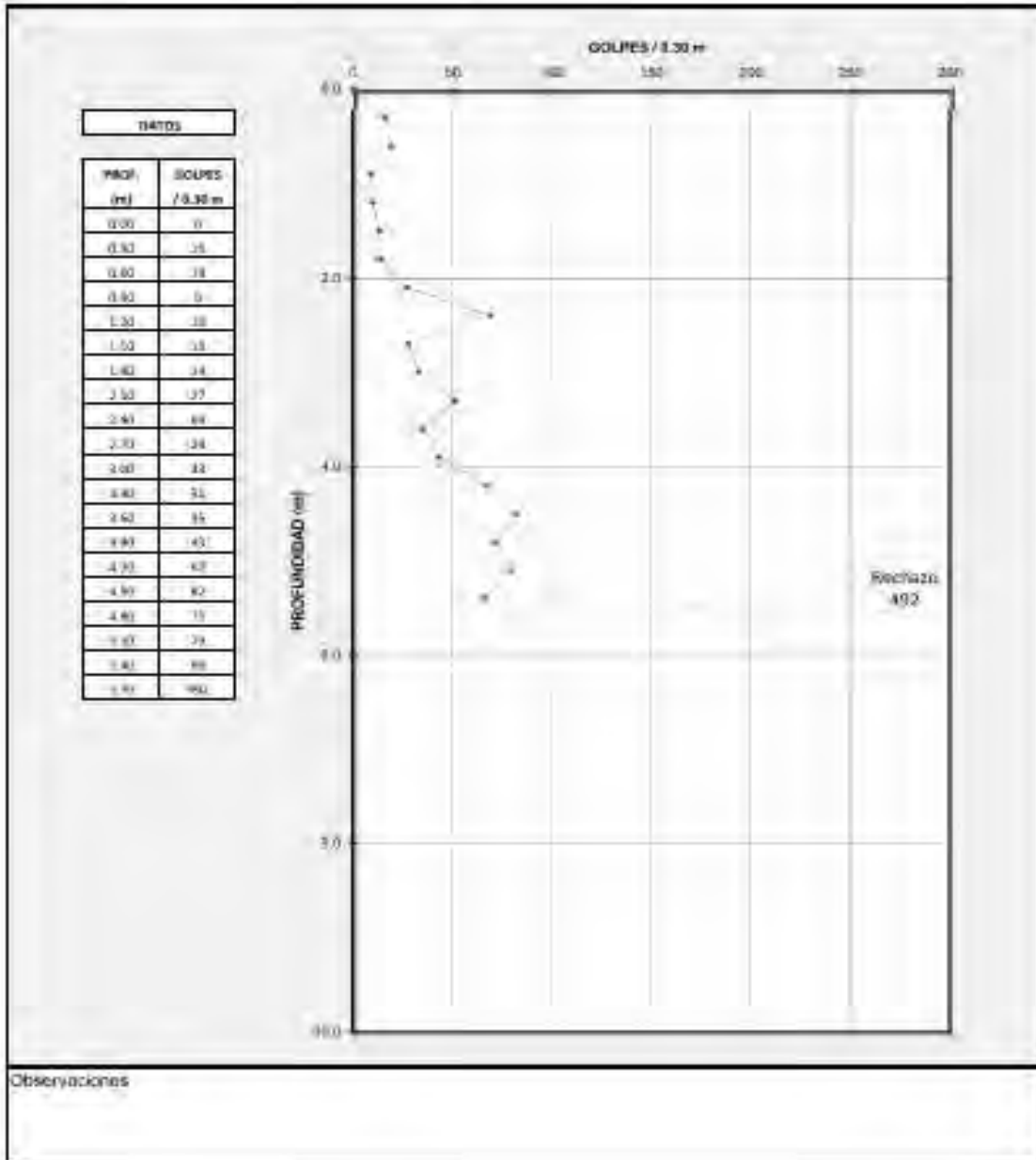
LÁMINA N°M4600-45

Código: C.D.-PECK, TALL #187

Fecha: 01

Revisión: 1.0

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-14	Responsable:	G. PEREZ
Profundidad:	5.70 m	Supervisor:	J. BARRAS
Fecha:	03/06/2016	Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CARENTE
		Operario:	M. MARTINELLI





REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

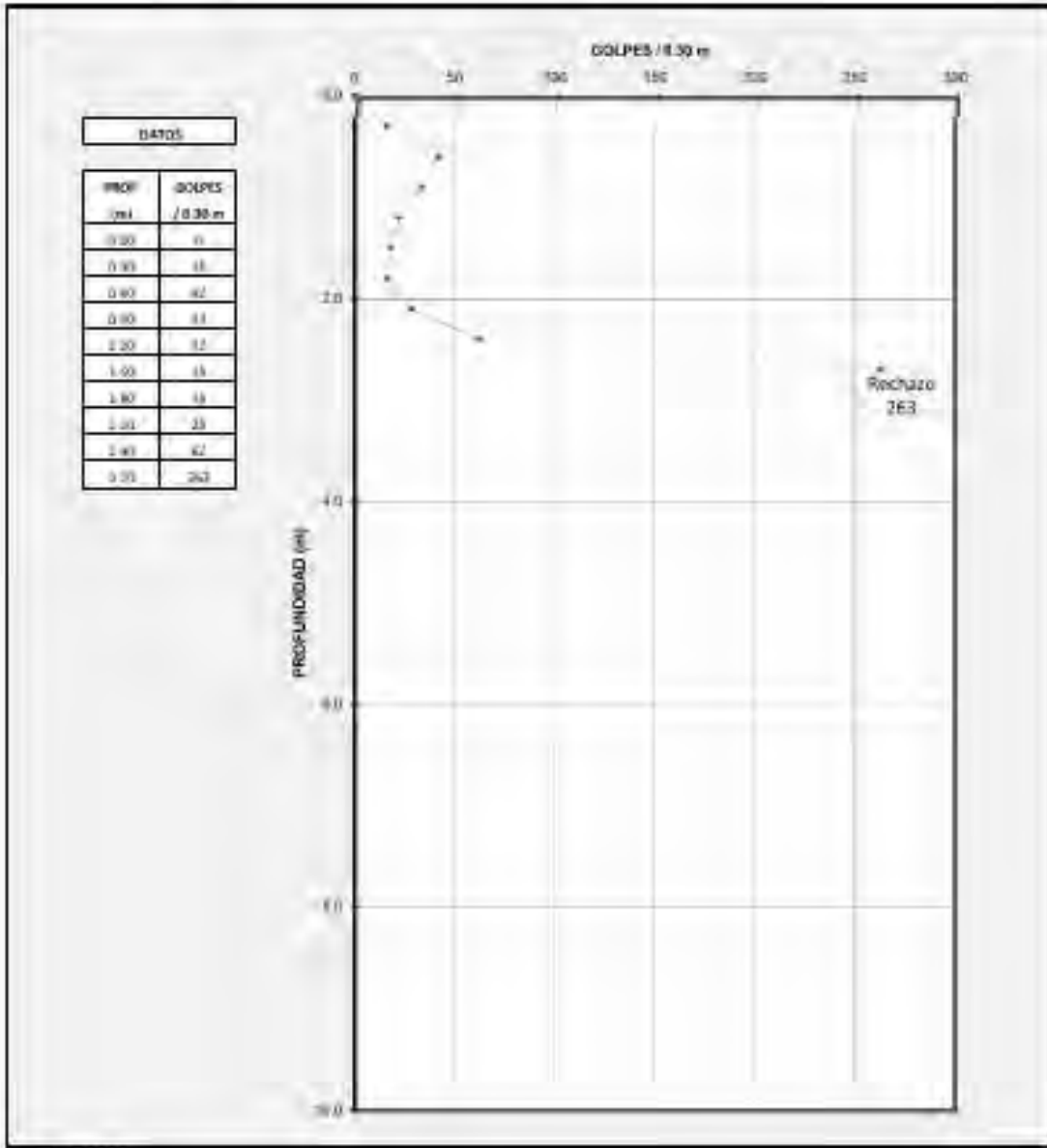
LÁMINA N°M4600-05

Código/ID-PROYECTO: 1460

Orden: 01

Fecha: 14/01/16

DATOS DEL SONDEO		DATOS DEL PROYECTO	
Código:	CP-15	Responsable:	G. PEREZ
Prof. Proyecto:	2.70 m	Responsable:	J. HERRERA
Prof. Total:	41.25 m	Fecha:	05/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Operador:	M. MARTINELLI



Observaciones



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N°M4600-47

Código GCU-PPS-CT01-220

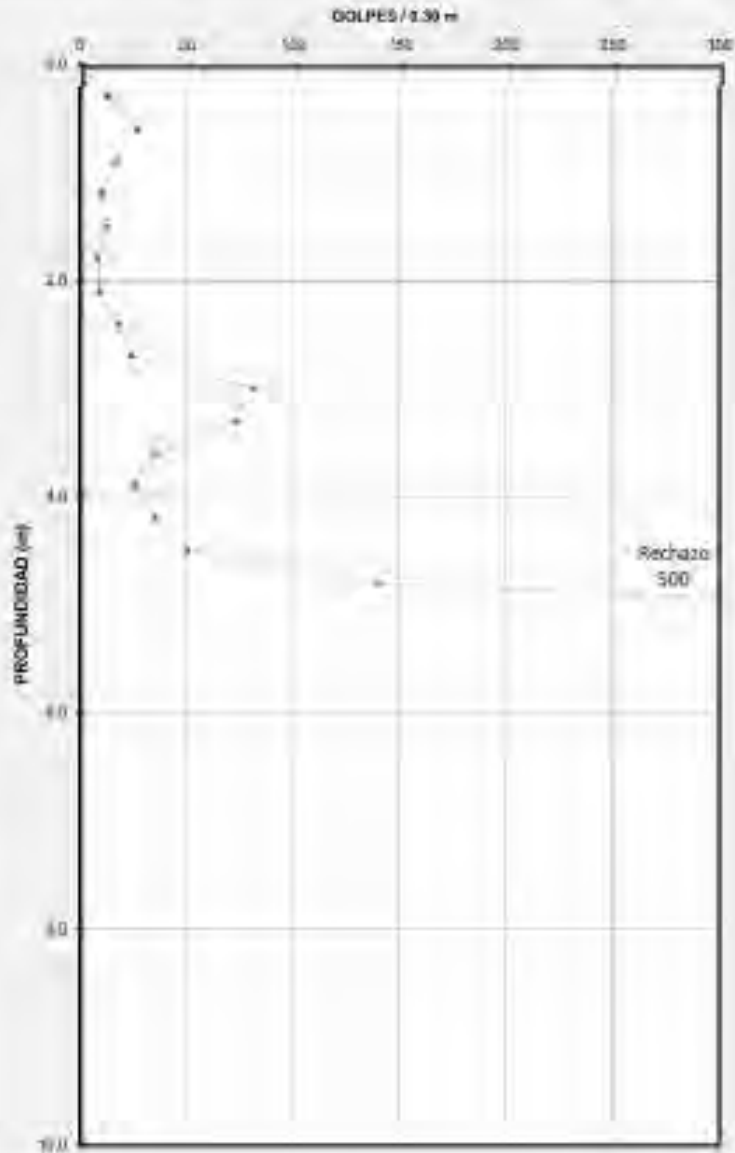
Revisión: 01

Fecha: 14/07/16

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-16	Responsable:	D. PEREZ
Prof. (m):	5.10 m	Asesoramiento:	I. HERRERA
Calo:	81.79 m	Fecha:	08/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Operador:	M. MARTINELLI

DATOS

PROF. (m)	GOLPES / 0.30 m
0.00	0
0.30	13
0.60	07
0.90	11
1.20	05
1.50	07
1.80	06
2.10	09
2.40	18
2.70	21
3.00	43
3.30	53
3.60	41
3.90	21
4.20	01
4.50	00
4.80	140
5.10	300



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

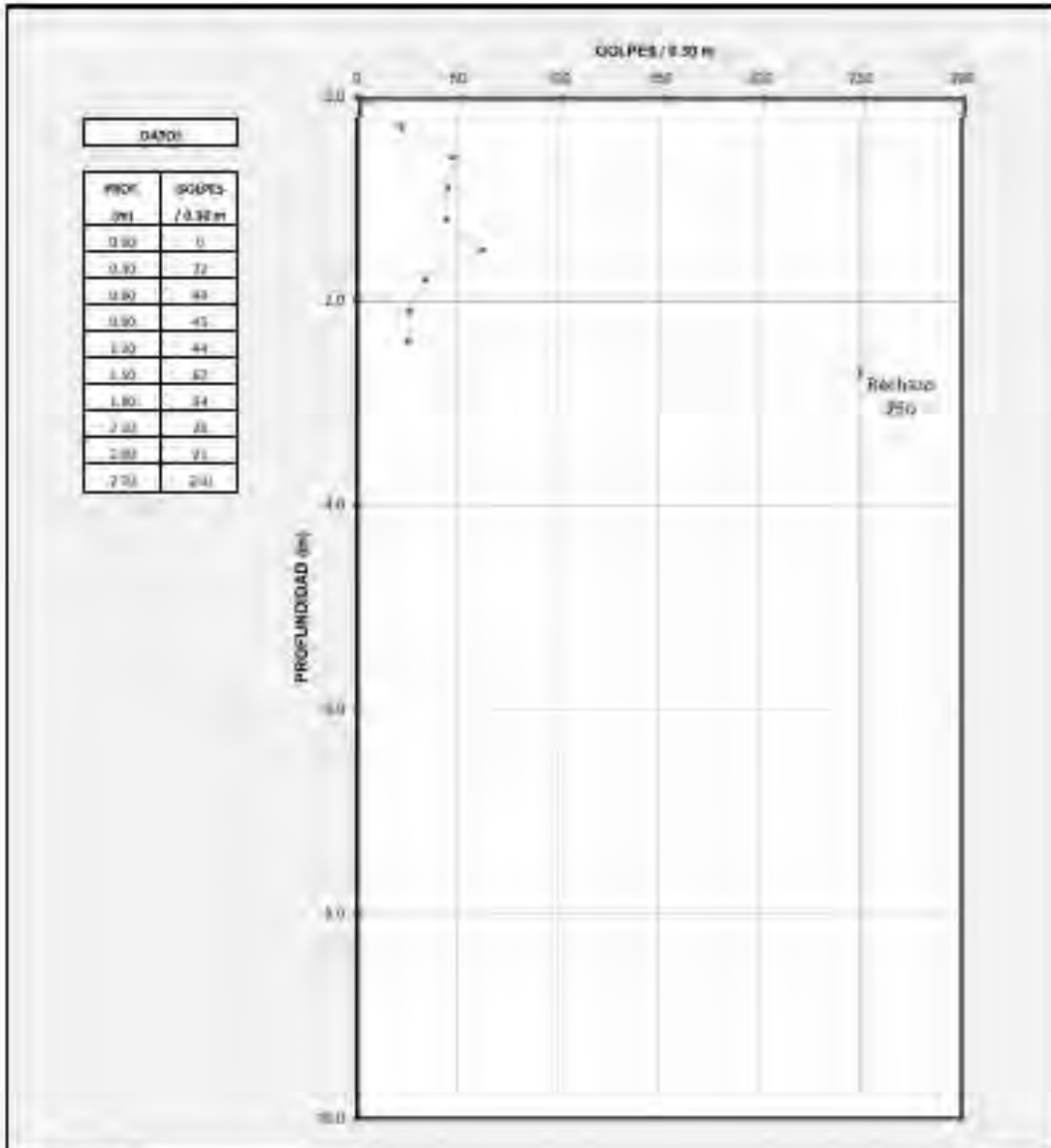
LÁMINA N°MA600-48

Código: 0.0490CT001-48m

Orden: 02

Fecha: 14/01/13

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-17	Responsable:	G. PEREZ
Profundidad:	2.70 m	Supervisor:	I. HEARES
Altura:	40.28 m	Fecha:	03/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CAÑETE
		Profesor:	M. MARTINELLI



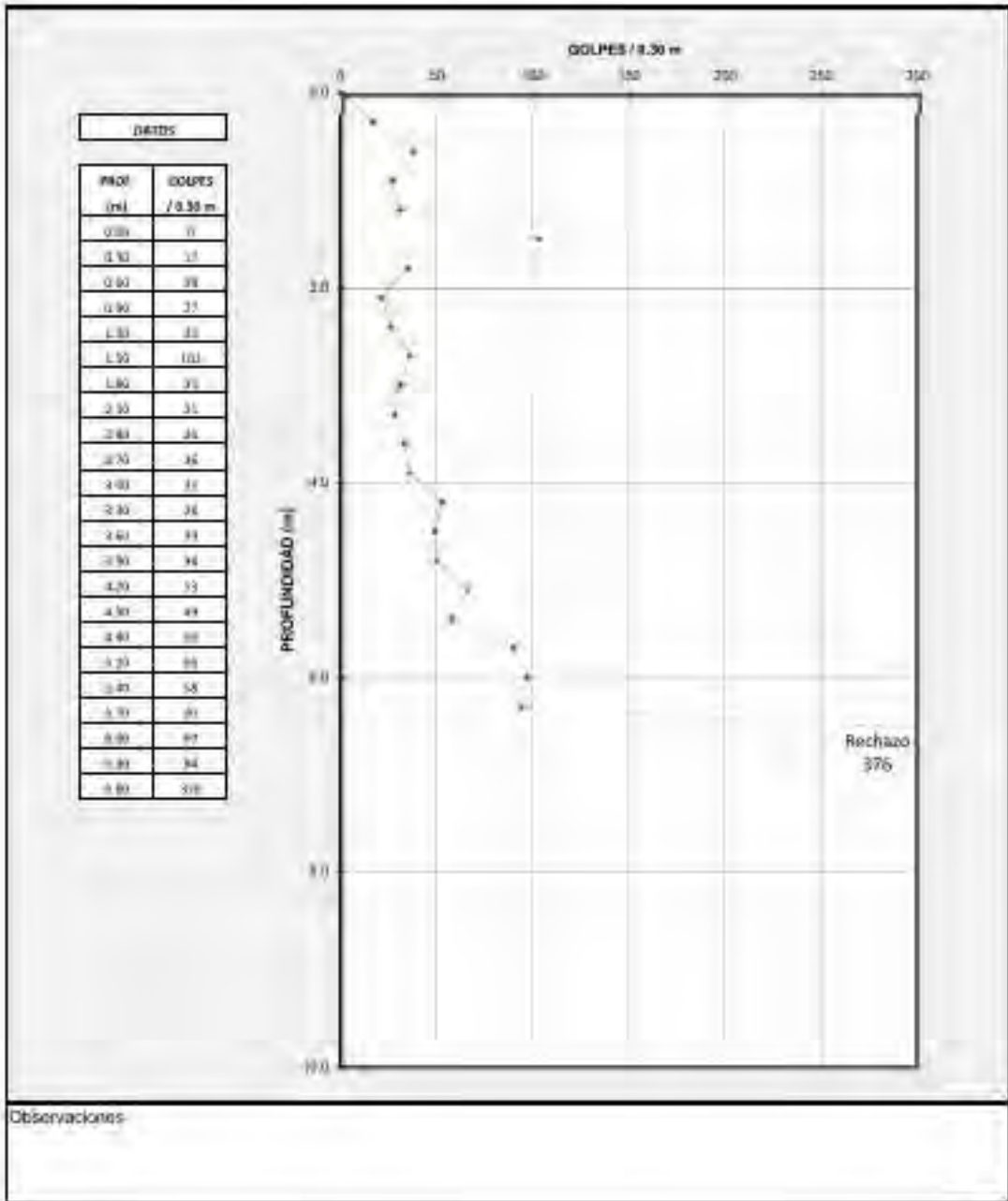
Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONDO DE PECK

LÁMINA N°M4600-43
 CADENAGD/PROG. T001 11/09
 Versión: 01
 Fecha: 04/01/15

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-18	Programa:	EL PEREZ
Prof. Finalizada:	6.60 m	Responsable:	L. HERRERA
Fecha:	02/06/2016	Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CAÑETE
		Elaborado:	M. MARTINELLI



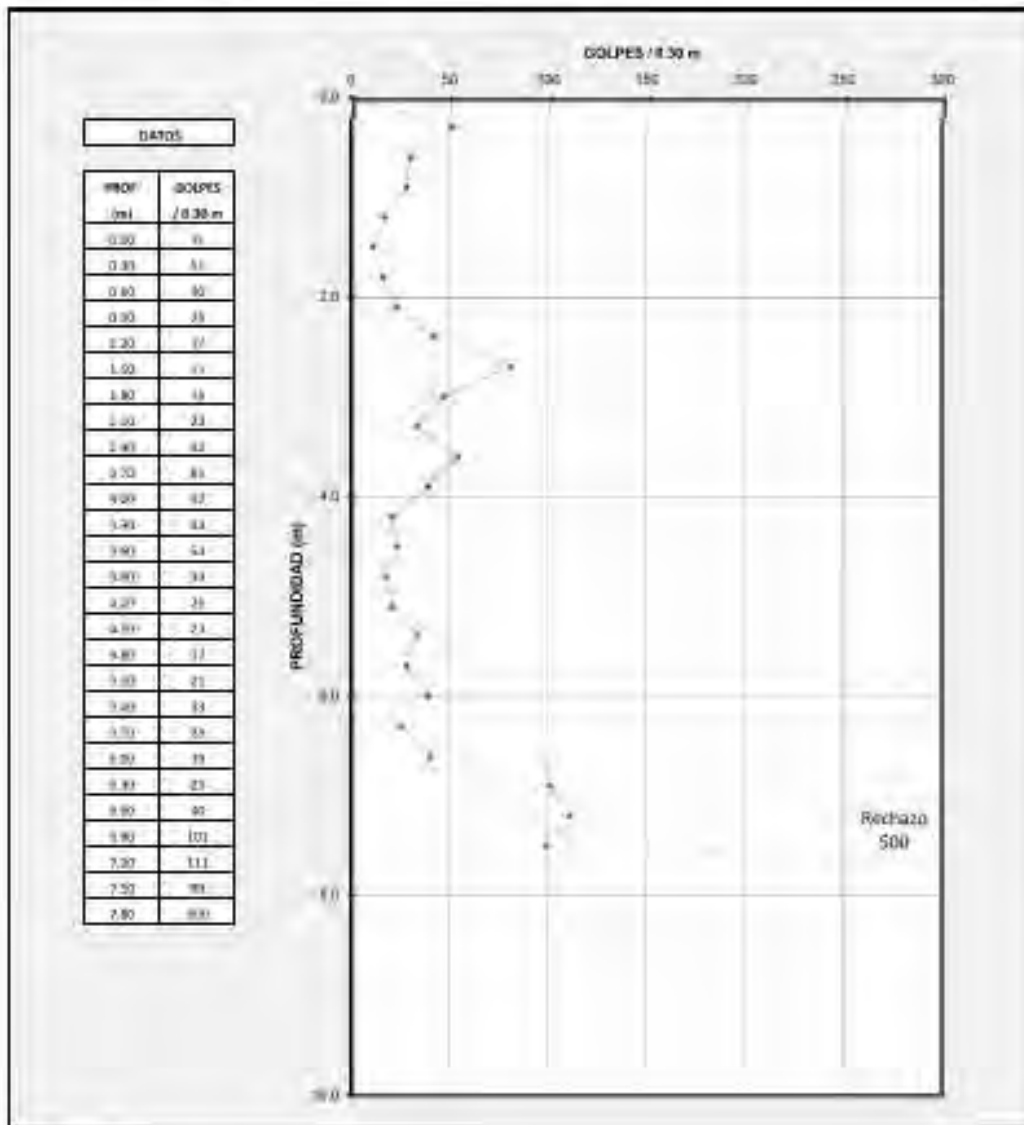


REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

LÁMINA N°M4600-51

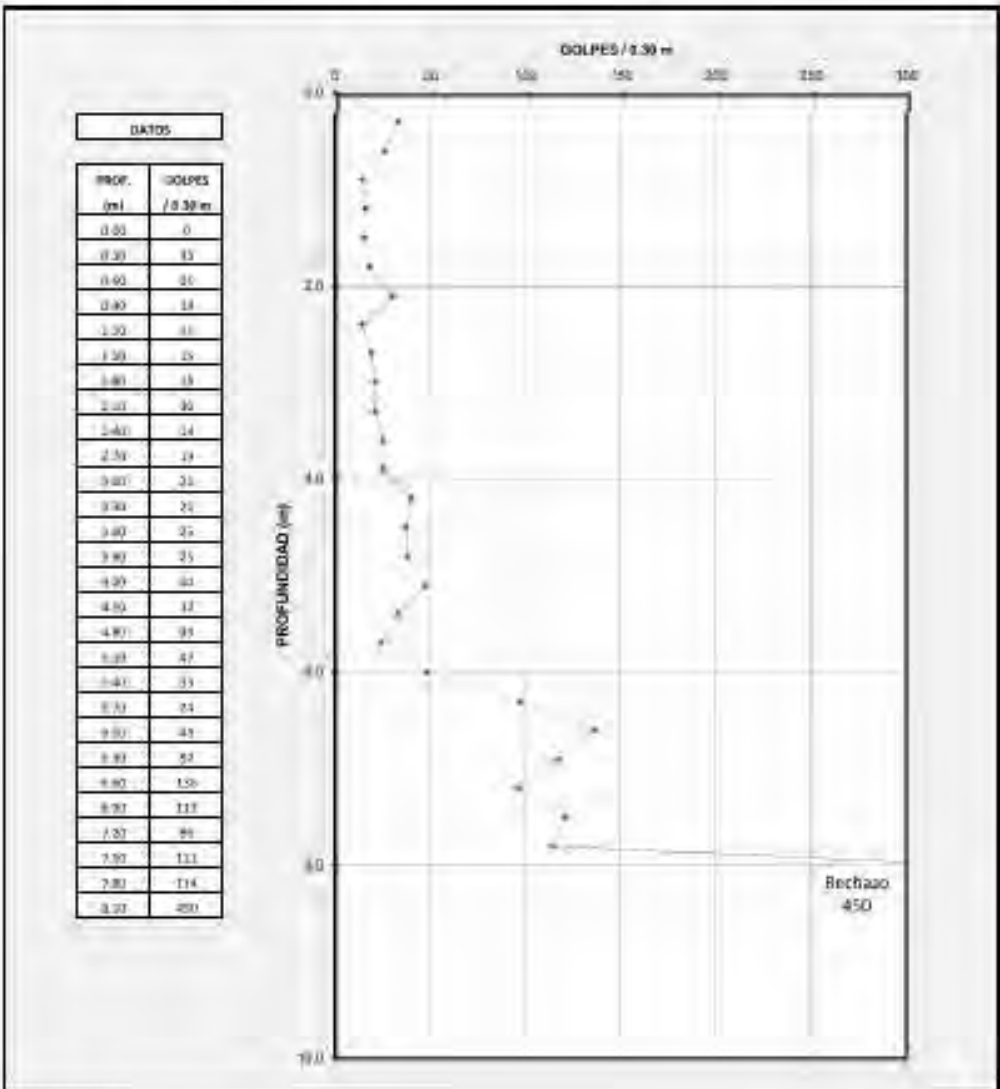
Código/ID/PROYECTO/FECHA:
 Proyecto: 01
 Fecha: 14/07/15

DATOS DEL SONDEO		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-20	Proyector:	SL PEREZ
Prof. Perforación:	7.80 m	Responsible:	J. HERRERA
Prof. Cimentación:	41.50 m	Fecha:	02/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Ubicación:	CHILCA, CARETE
		Proyector:	M. MARTINELLI



Observaciones

	REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK		LÁMINA N°M4600-52
			LOGO: OGLA/PELCA/ETNA-200
			Edición: 01
Fecha: 14/07/12			
DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre: CP-21	Responsable: G. PEREZ	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA	
Prof: 8.10 m	Realizado por: J. IBARRIS	Ubicación: CHILGA, CAÑETE	
Diámetro: 40.76 m	Fecha: 16/06/2016	Operador: M. MARTINELLI	



Observaciones:



REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

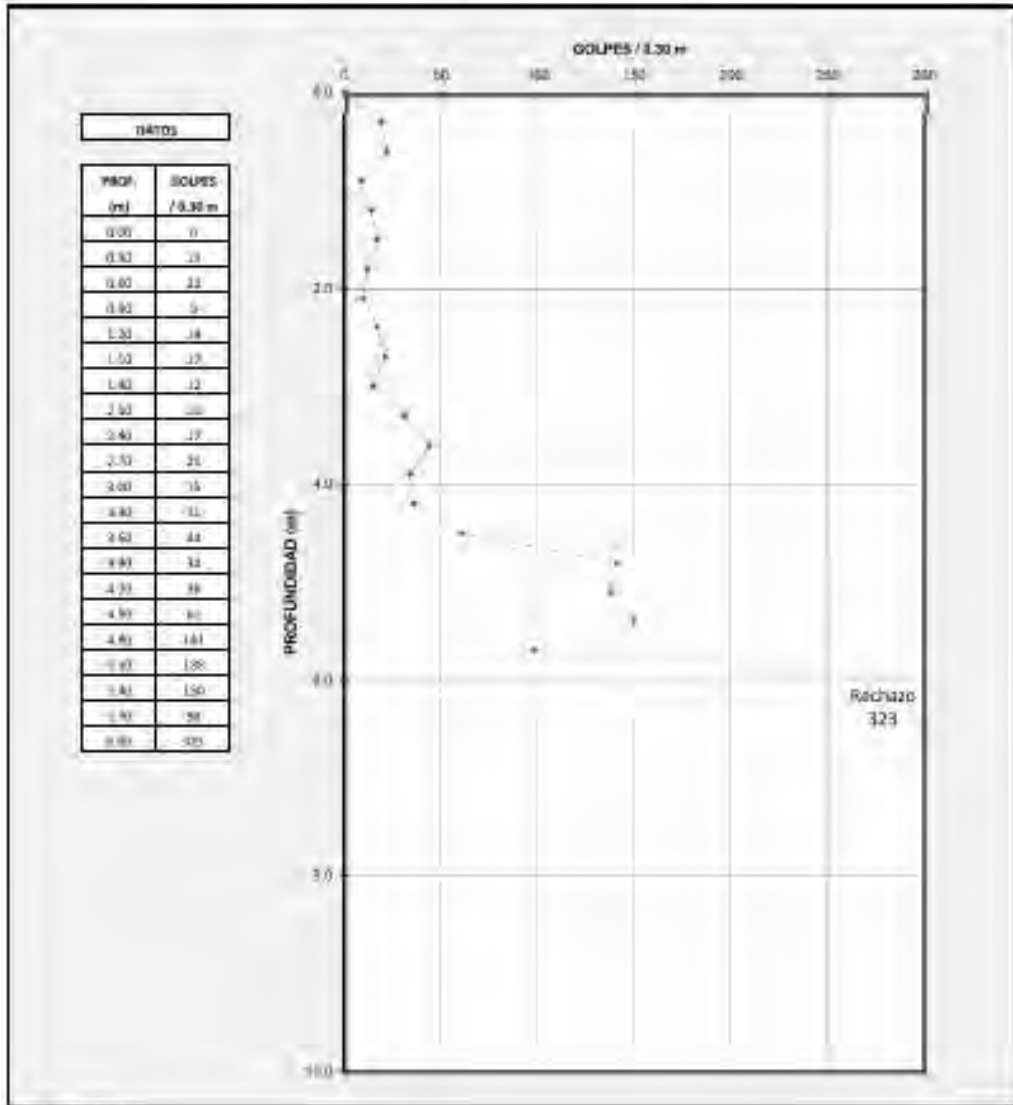
LÁMINA N°M4600-53

Deposito-PECU-TOLU-FABO

Folio 01

Fecha 14.07.15

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Código:	CP-22	Responsable:	G. PEÑEZ
Profundidad:	6.00 m	Supervisor:	J. HERRERA
Fecha:	12.10.15	Fecha:	08/06/2016
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Lugar:	CHILCA, CAÑETE
		Geólogo:	M. MARTINELLI



Observaciones



RÉGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK

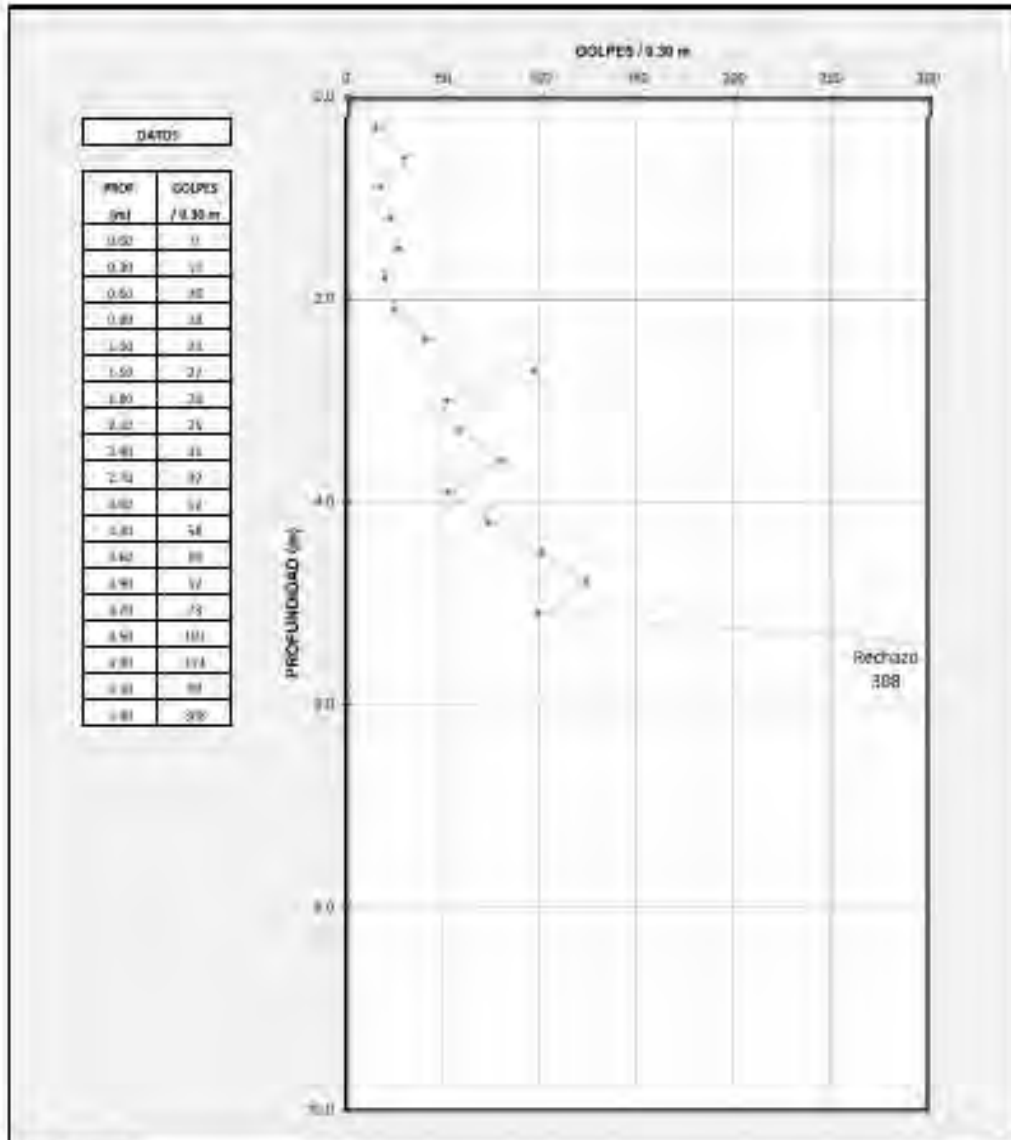
LÁMINA N°M4600-54

Código: POCOPROG 70014 (B)

Forma: 32

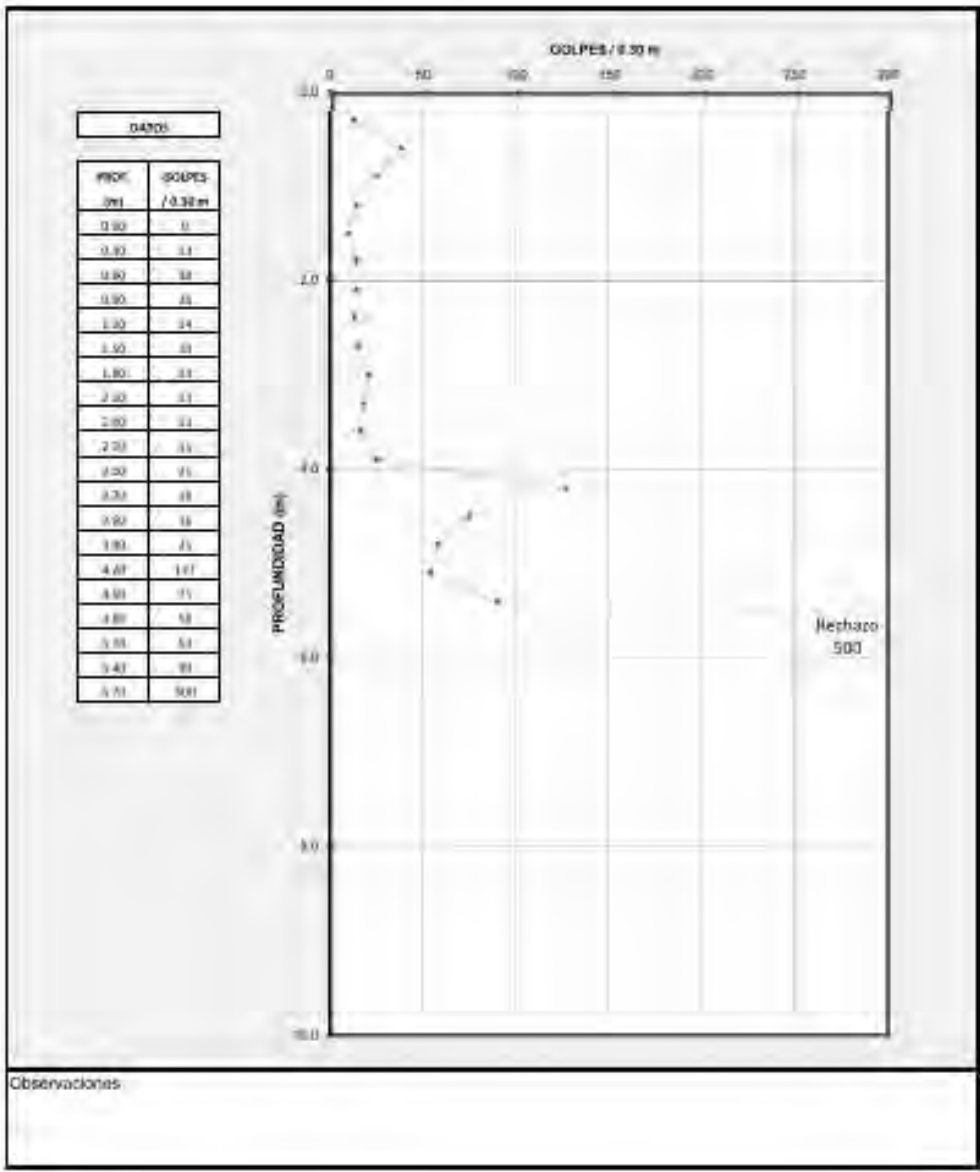
Fecha: 10/06/15

DATOS DEL SONDAJE		DATOS DEL PROYECTO	
Nombre:	CP-23	Registrado:	G. PEREZ
Prof. (m):	5.40 m	Responsable:	J. HUARES
Diámetro:	41.24 m	Fecha:	10/06/2015
		Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA
		Localidad:	CHILCA, CANETE
		Revisor:	M. MARTINELLI

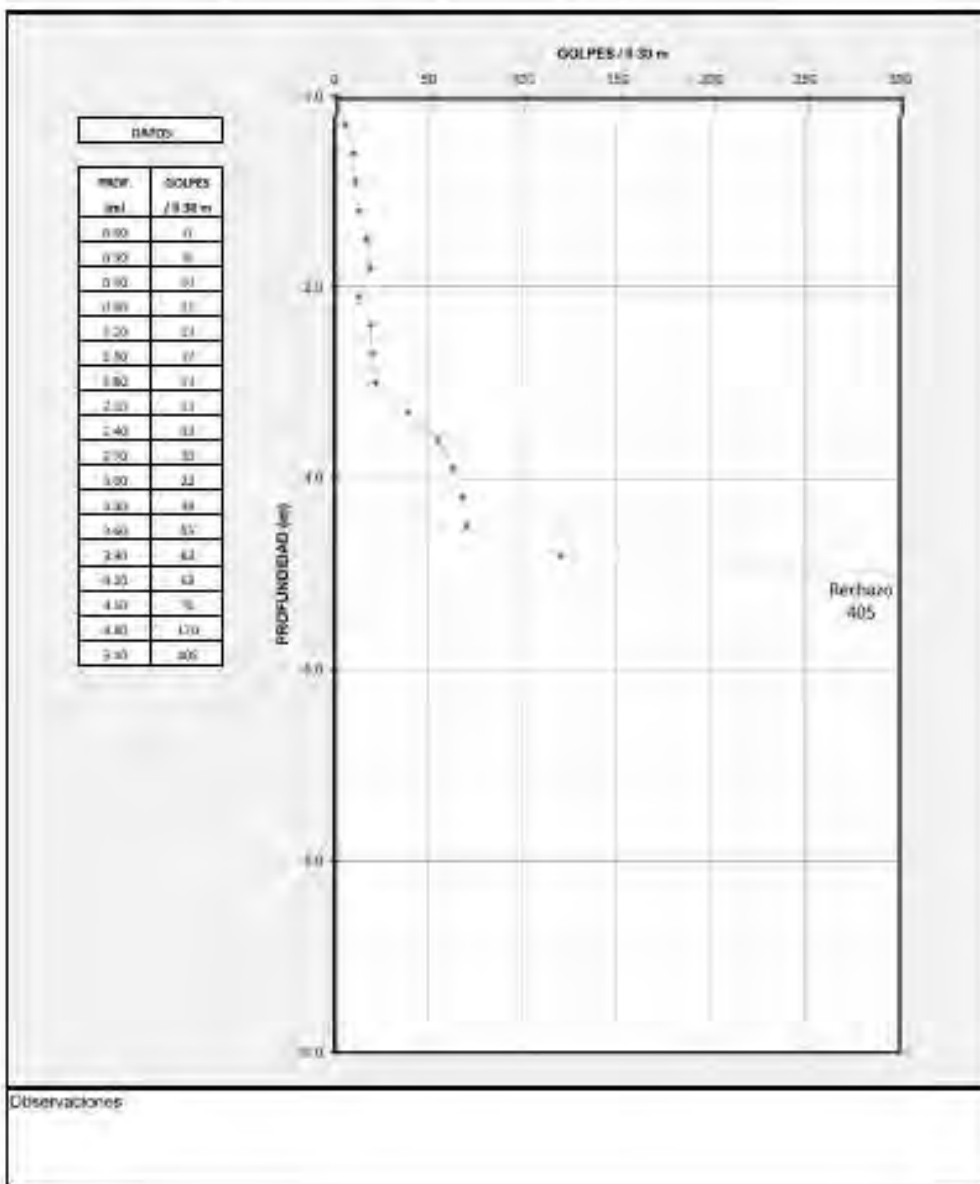



Observaciones:

	RÉGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK		LÁMINA N°M4600-55		
			<small>Código de Proyecto: 7001-7200</small>		
			<small>Fecha: 14/01/13</small>		
DATOS DEL SONDAJE			DATOS DEL PROYECTO		
<small>Grupo:</small>	CP-24	<small>Región:</small>	S. PERÚ	<small>Proyecto:</small>	PLANTA DE PRODUCCION ETNA
<small>Prof. (m):</small>	5.70 m	<small>Región:</small>	I. HUANUCO	<small>Ubicación:</small>	CHILCA, CANETE
<small>Diám. (m):</small>	40.62 m	<small>Fecha:</small>	05/06/2016	<small>Proyectista:</small>	M. MARTINELLI



	REGISTRO DE AUSCULTACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK		LÁMINA N°M4600-56		
			Código (DIN-NR-147-10) N°:		
			Área:		
Fecha:		Fecha:			
DATOS DEL SONDAJE			DATOS DEL PROYECTO		
Nombre: CP-25	Registro: G. PEÑEZ	Proyecto: PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA			
Prof. Final: 5.10 m	Supervisión: I. HILARES	Ubicación: CHILCA, CARETE			
Cota: 40.26 m	Fecha: 16/09/2016	Ejecutor: M. MARTINELLI			





Resultados de Ensayo de Penetración
Estándar (SPT)

CUADRO N° M4600-1

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Código: GEO-PRDC-1001-RD01	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Version: 01	Fecha: 14.03.16
		Proyecto: Junio-2016	

Sondaje:	WB-1
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1.	1.00 - 1.45	13	SM
2	2.00 - 2.45	9	CL
3	3.00 - 3.45	7	CL
4	4.00 - 4.45	44	SP-SM
5	5.00 - 5.45	32	SP-SM
6	6.00 - 6.45	22	SP-SM
7	7.00 - 7.45	24	SP-SM
8	8.00 - 8.45	47	SP-SM
9	9.00 - 9.45	14	SM
10	10.00 - 10.45	39	SP



CUADRO N° M4600-2

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Código: QED/PRDC/1001-RCD/1	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Hoja: 01	Página: 14/23-10
		Proyecto: junio-2016	

Sondeo:	WB-2
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	1.00 - 1.45	6	CL
2	2.00 - 2.45	8	CL
3	3.00 - 3.45	9	CL
4	4.00 - 4.45	13	SC
5	5.00 - 5.45	22, 48, 60(2)**	SP-SM
6	6.00 - 6.45	59	SP-SM
7	7.00 - 7.45	44, 42, 60(3)*	SP

* Los números entre paréntesis indican la penetración alcanzada con 60 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar



CUADRO N° M4600-3

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Datos: GEOPROG-T001-R001	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Waters: 01	Fecha: 14.03.16
		Proyecto:	junio-2016

Sondaje:	WB-3
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	1.00 - 1.45	5	CL
2	2.00 - 2.45	17	CL
3	3.00 - 3.45	11	SM
4	4.00 - 4.45	32	SM
5	5.00 - 5.45	46	SP-SM
6	6.00 - 6.45	69	SP-SM
7	7.00 - 7.45	84	SP-SM
8	8.00 - 8.45	60	SP-SM



CUADRO N° M4600-4

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Codigo: QED-PRDC-T001-RIC21	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Version: 01	Fecha: 14/03/16
		Proyecto: junio-2016	

Sondaje:	WB-4
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	1.00 - 1.45	14	SP-SM
2	2.00 - 2.45	34	SP-SM
3	3.00 - 3.45	37	SP-SM
4	4.00 - 4.45	33	SP-SM
5	5.00 - 5.45	45	SP-SM
6	6.00 - 6.45	84	SP-SM
7	7.00 - 7.10	98	SP-SM
8	7.70 - 8.15	60(2*) ^a	GP-GM

* El número entre parentesis indica la penetración alcanzada con 60 golpes del martillo de 140 lb utilizado para el ensayo de penetración estándar



CUADRO N° M4600-5

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Código: GEO-PRDC-T001-RC01	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Unidad: 01	Fecha: 31/03/16
		Proyecto:	Junio-2016

Sondaje:	WB-5
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	1.00 - 1.45	18	SP-SM
2	2.00 - 2.45	23	SP-SM
3	3.00 - 3.45	23	SP-SM
4	4.00 - 4.45	13	SC
5	5.00 - 5.45	56	SP-SM
6	6.00 - 6.45	36	SP-SM
7	7.00 - 7.45	24	SP-SM
8	8.00 - 8.45	17	SP-SM



CUADRO N° M4600-6

Cuadro:	ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)	Código: GEOPROD/1001-RCD/1	
Proyecto:	PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA, CHILCA, CAÑETE	Wason: 01	Fecha: 16/02/16
		Proyecto: junio-2016	

Sondeo:	WB-6
Tipo:	Perforación por lavado (Wash Boring)

N°	Profundidad (m)	Número de golpes cada 0.30 m de penetración (N)	CLASIFICACIÓN SUCS
1	1.00 - 1.45	10	CL
2	1.00 - 2.45	10	CL
3	3.00 - 3.45	9	CL
4	4.00 - 4.45	31	SM
5	5.00 - 5.45	35	SW-SM
6	6.00 - 6.45	37	SW-SM





Análisis granulométrico



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-79

CODIGO: GEO-PROC 1001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

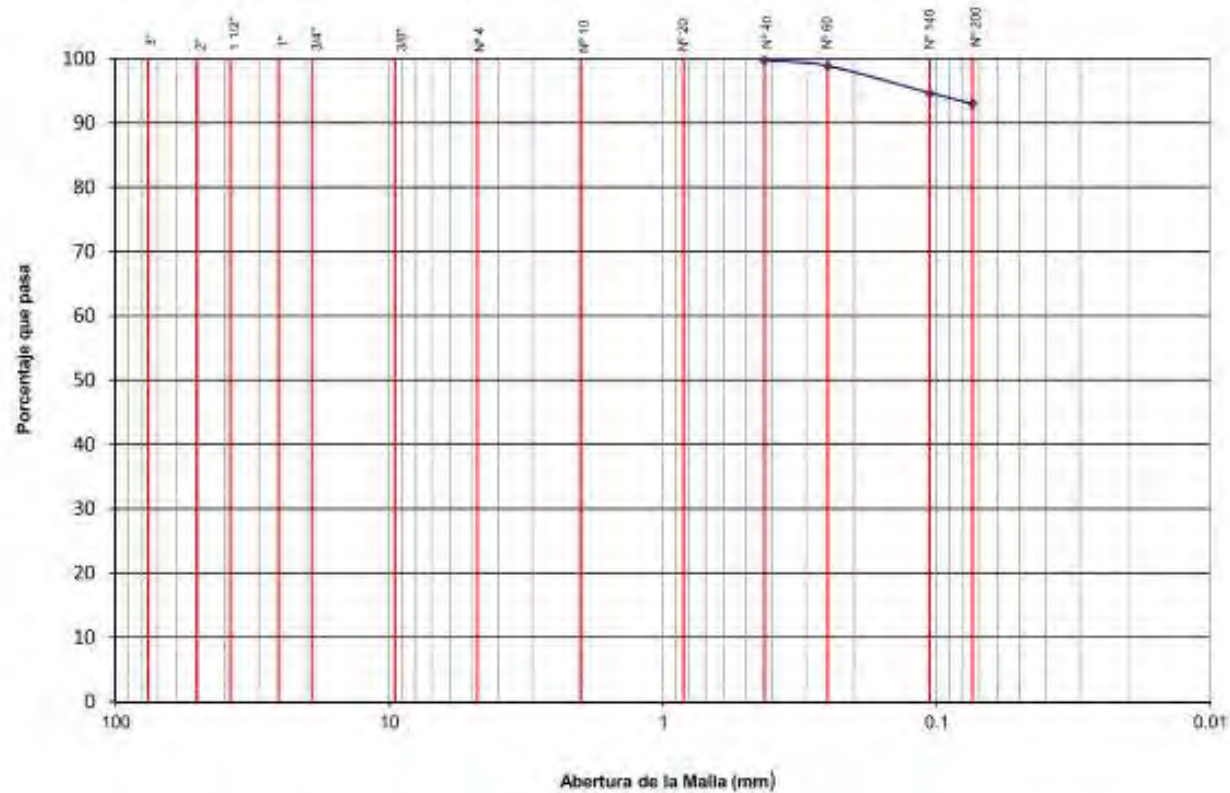
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-1**

PROFUNDIDAD: **2.80 - 3.00 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 37

LP= 20

IP= 17

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-81

CÓDIGO: GEO-PROC T001-RL05

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

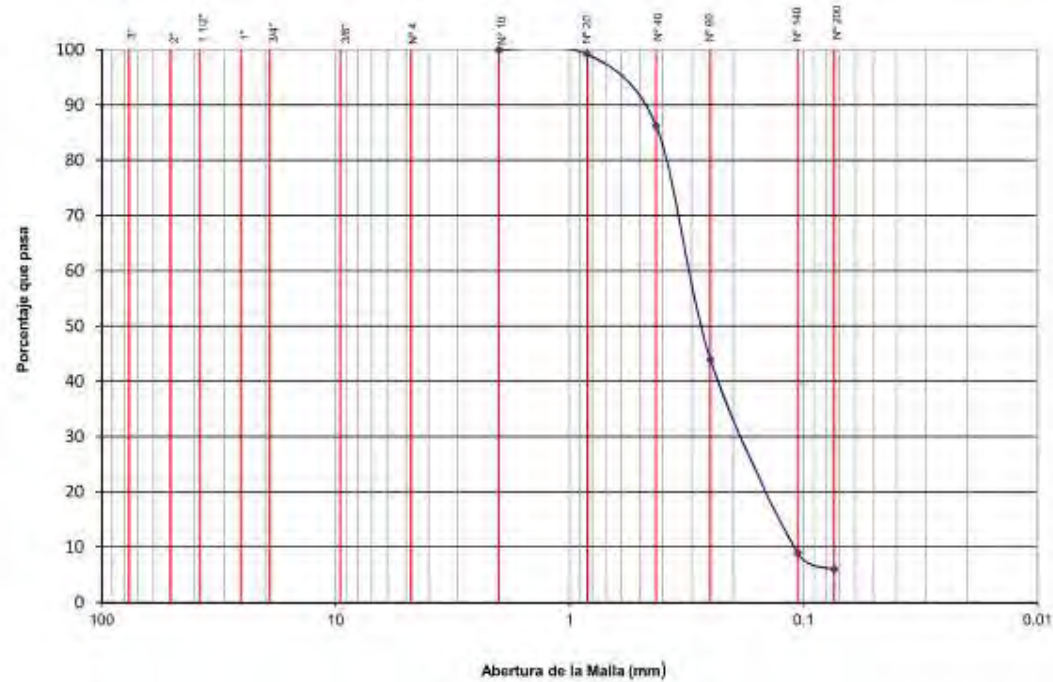
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-2**

PROFUNDIDAD: **1.60 - 1.80 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-82

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RJ.08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

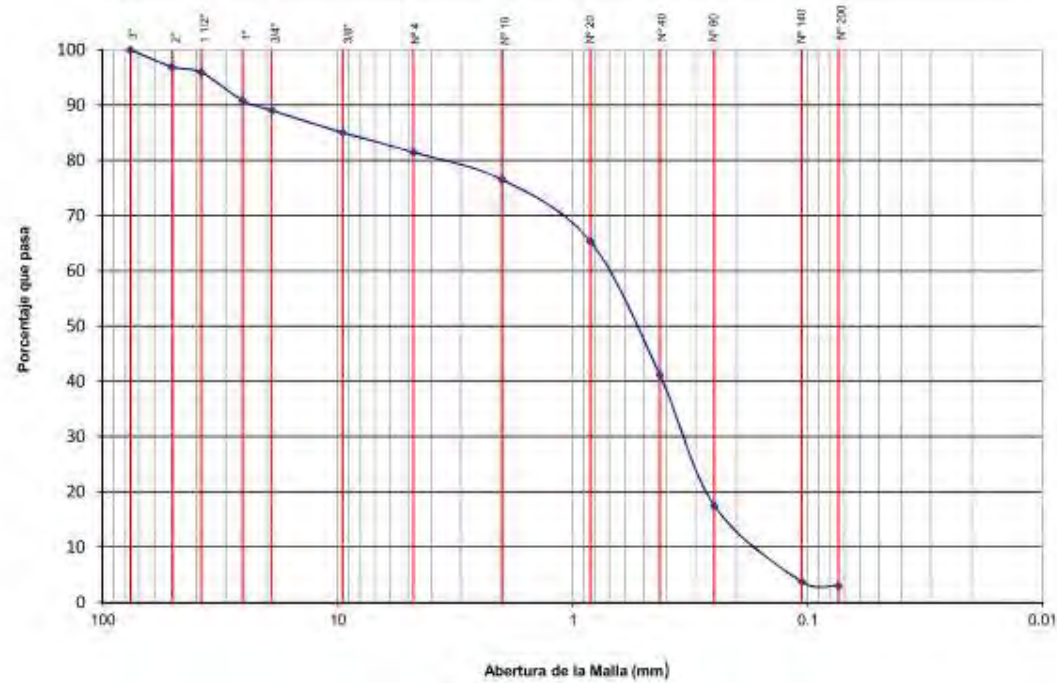
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-2**

PROFUNDIDAD: **4,60 - 4,80 m**

SOLICITA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 4,74$

$C_c = 0,96$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

$SUCS = SP$



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-83

CÓDIGO: GFD-PROC-T001-R.08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

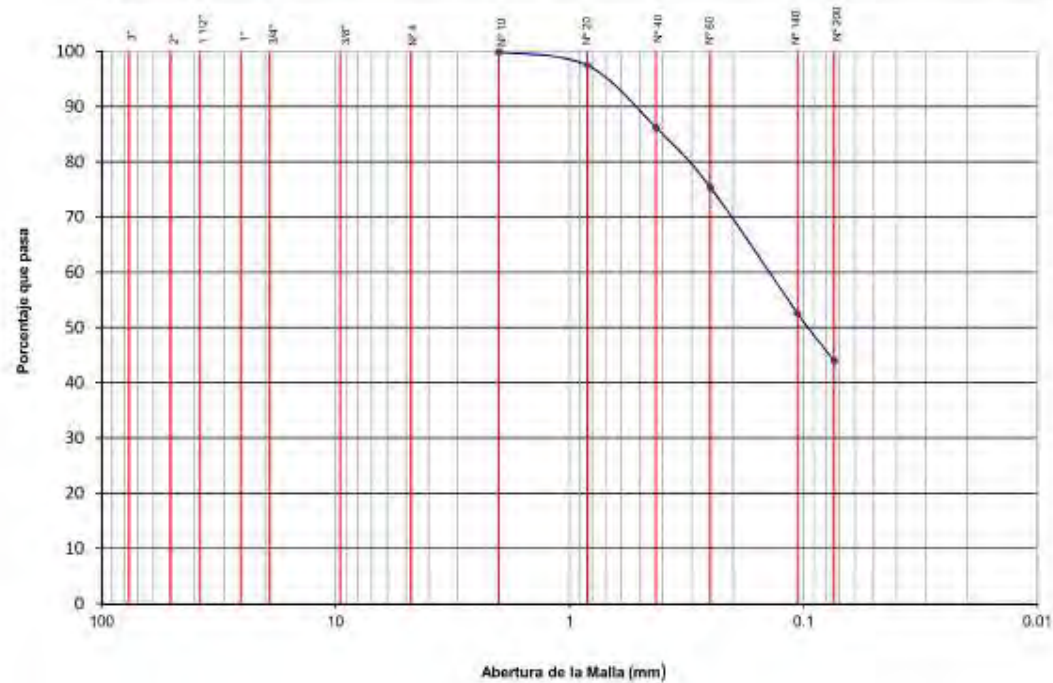
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-3**

PROFUNDIDAD: **0.60 - 0.90 m**

BOLEADERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 21

LP= 16

IP= 5

SUCS= SC-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-84

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

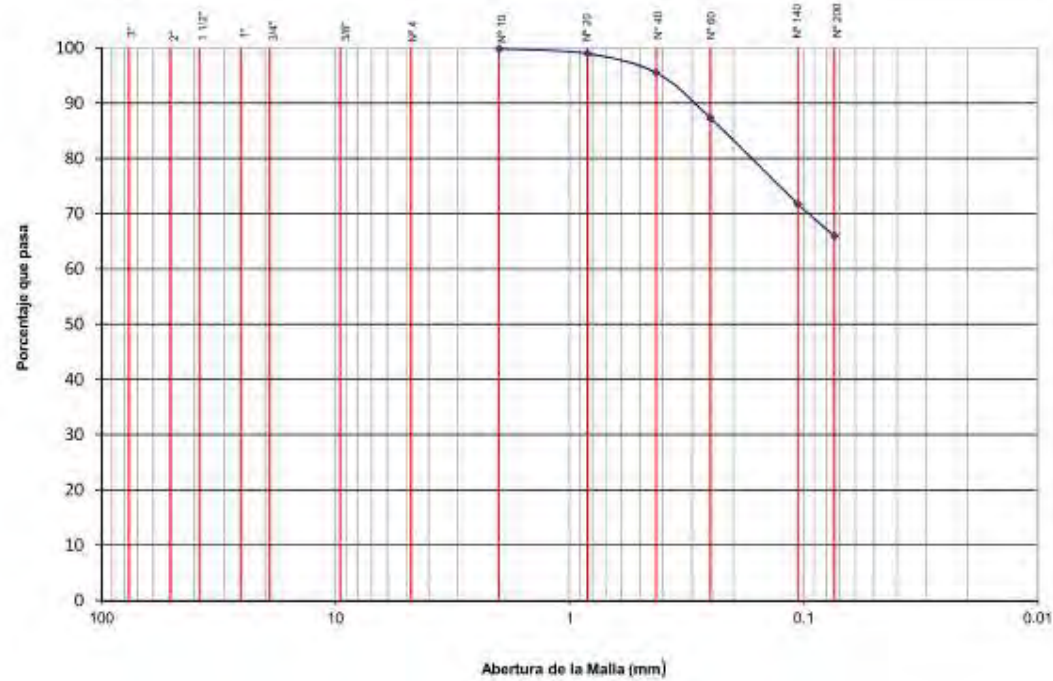
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-3**

PROFUNDIDAD: **1.40 - 1.60 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-85

CÓDIGO: GEO-PROG-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

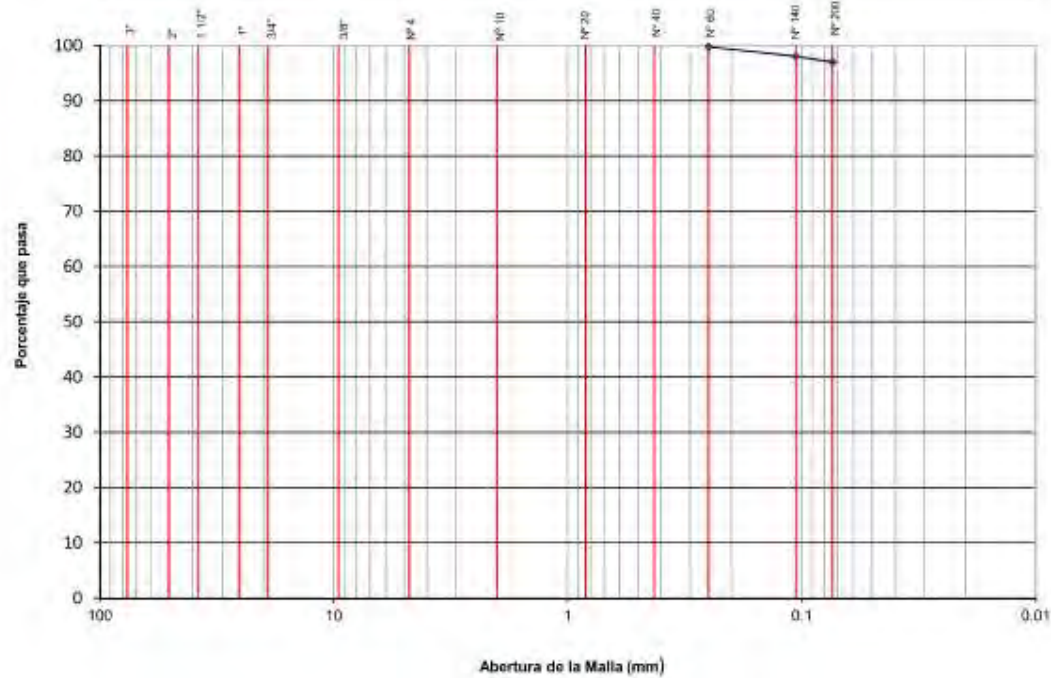
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-3**

PROFUNDIDAD: **2.70 - 2.90 m**

BOLOMBIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-86

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

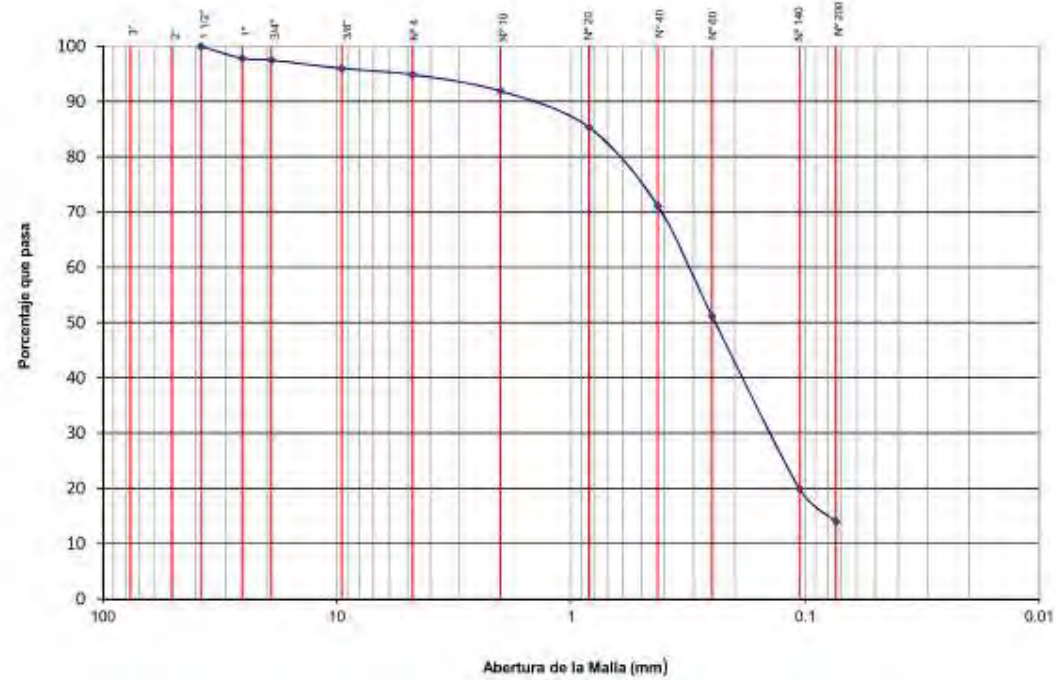
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-3**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-87

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSION: 01

FECHA: 14/01/16

PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-4**

PROFUNDIDAD: **1.20 - 1.40 m**

SOLERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cl= -

Cc= -

LL= 32

LP= 20

IP= 12

SUCS= SC



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-88

CÓDIGO: GEO-PROC-TI01-9L08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14/01/16

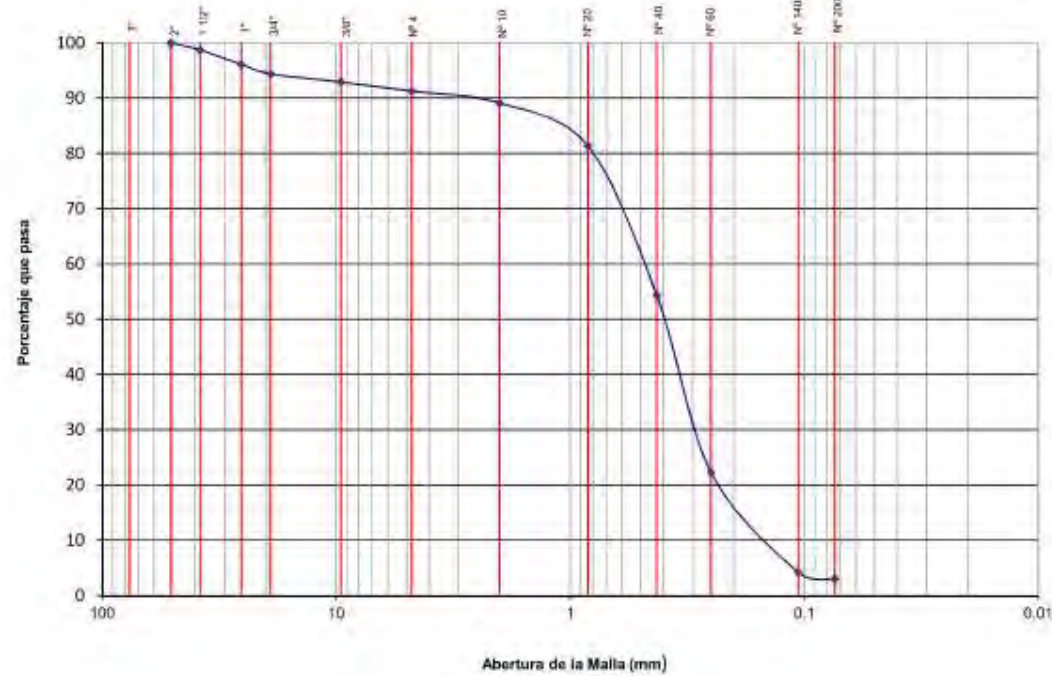
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-4**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 3.38

Cc= 1.09

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-89

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

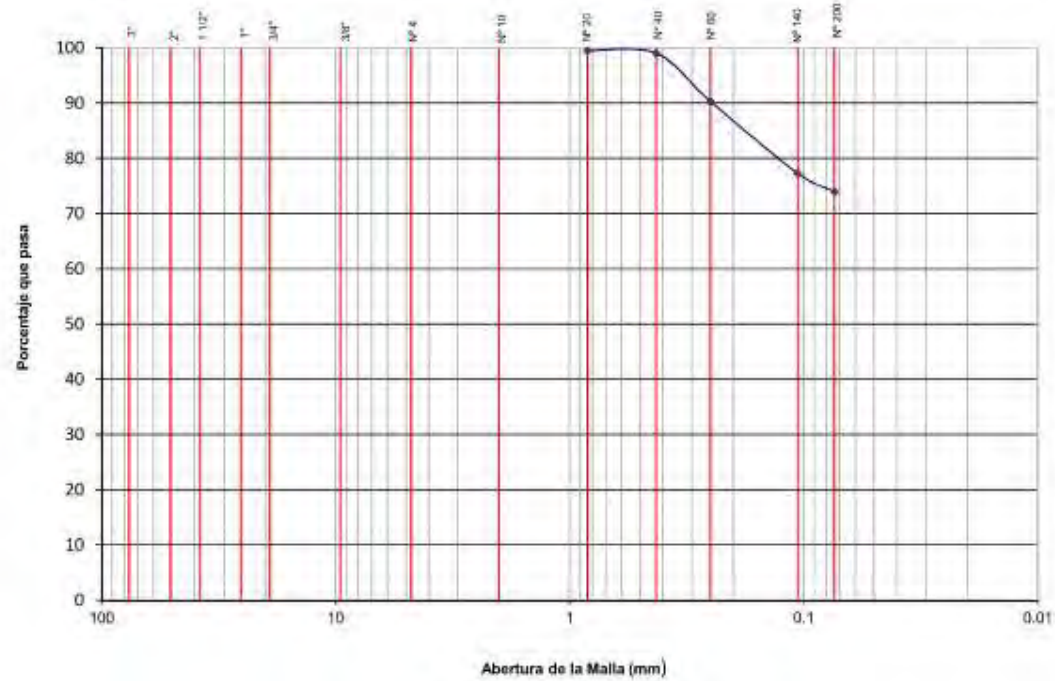
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-5**

PROFUNDIDAD: **1.00 - 1.20 m**

BOLENERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 29

LP= 19

IP= 10

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-90

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-R108

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

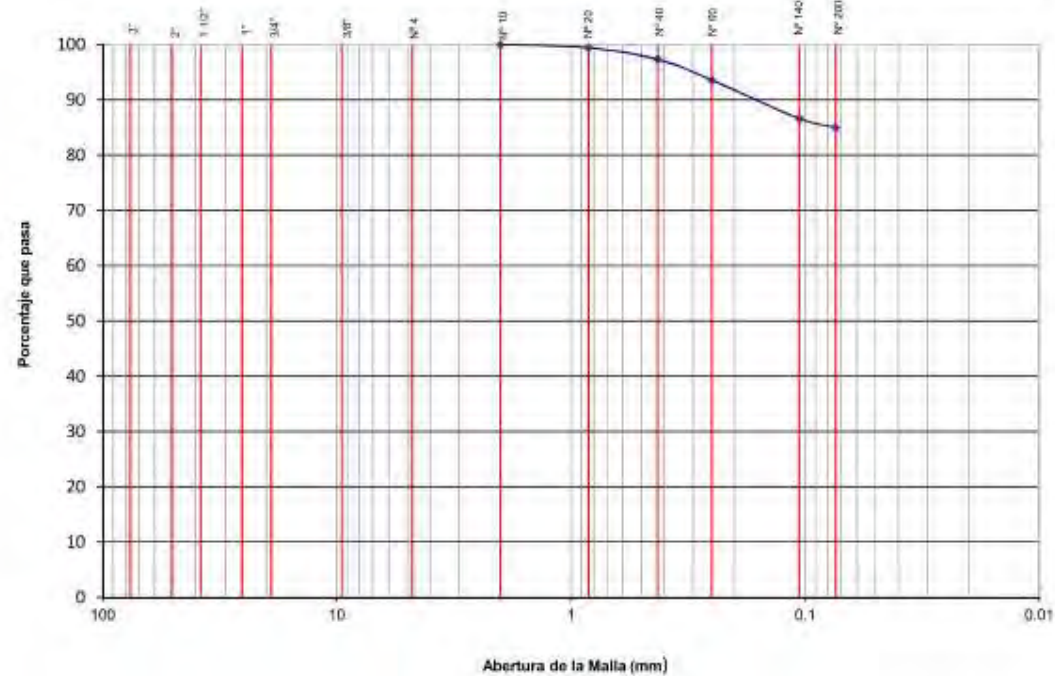
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-5**

PROFUNDIDAD: **2.80 - 3.00 m**

BOLEADERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 38

LP= 20

IP= 18

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-91

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-R08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

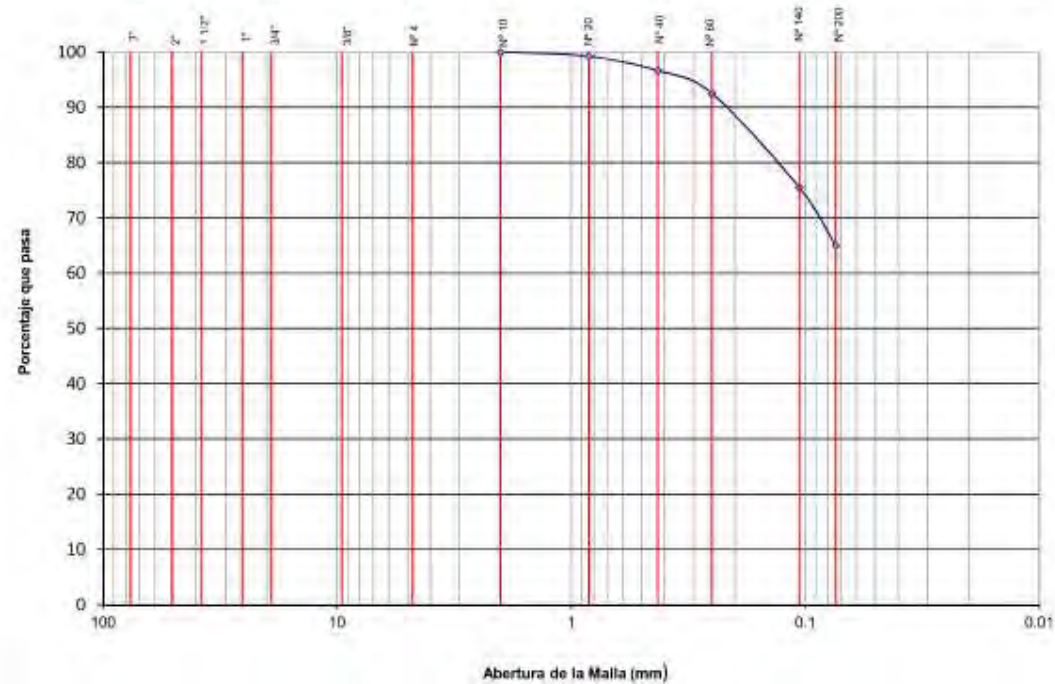
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-6**

PROFUNDIDAD: **0.60 - 0.80 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 23

LP= 16

IP= 7

SUCS= CL-ML



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-92

CÓDIGO: GEO-PRDC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 31.01.16

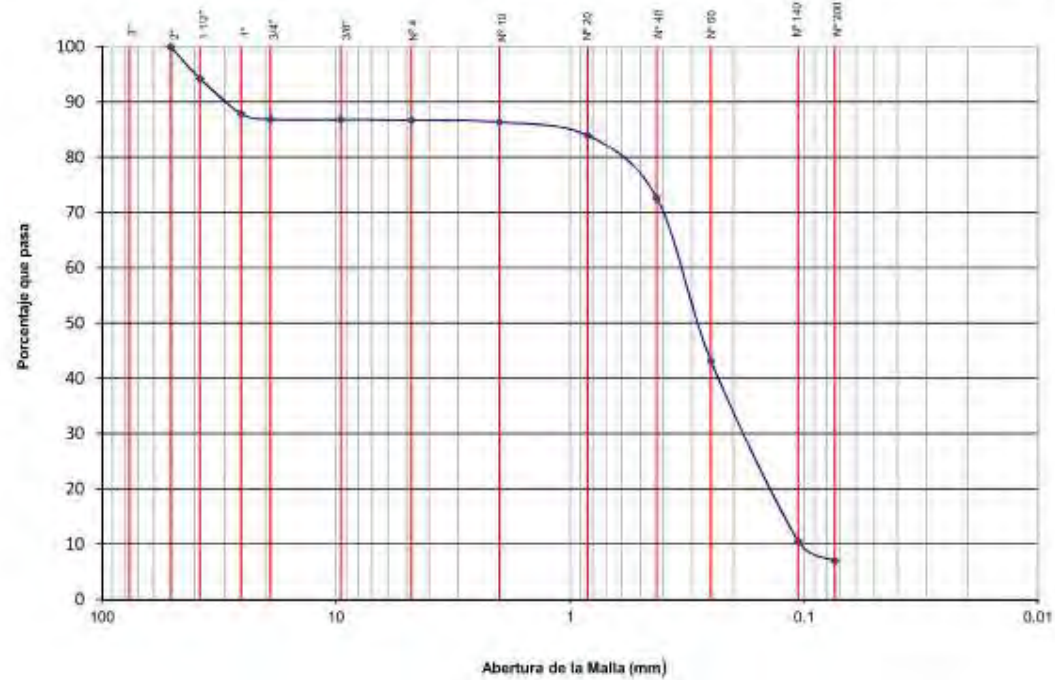
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-6**

PROFUNDIDAD: **3.00 - 3.20 m**

BOLEDERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 3.43$

$C_c = 1.03$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

SUCS= SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-93

CÓDIGO: GEO-PROC-7001-94.08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

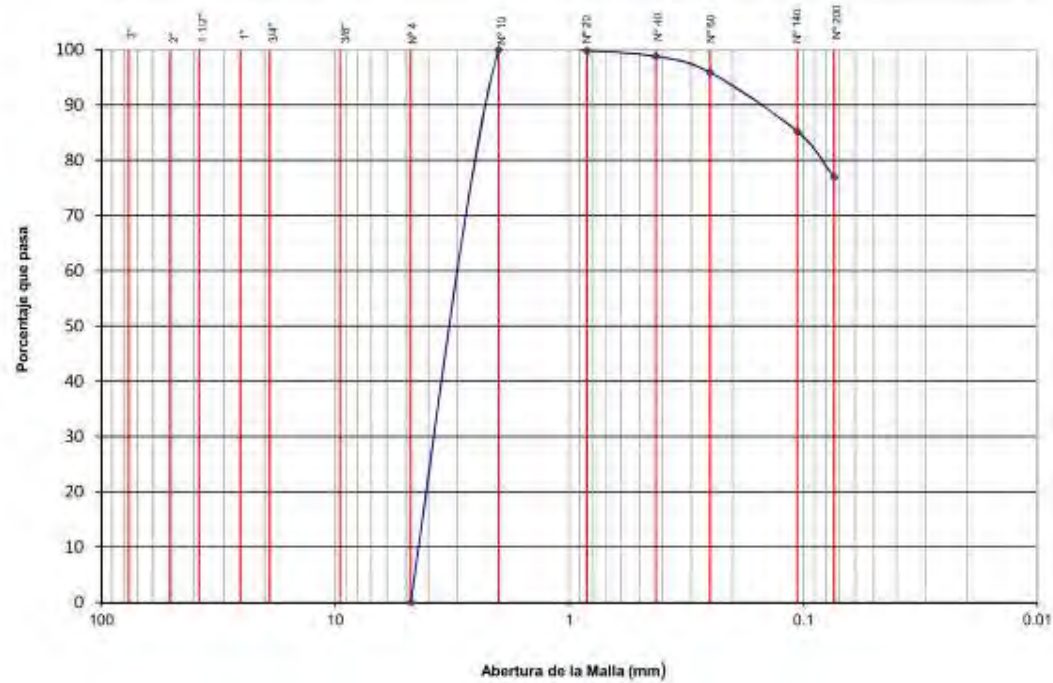
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-7**

PROFUNDIDAD: **0.80 - 1.00 m**

BOLEADERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 19

LP= 14

IP= 5

SUCS= CL-ML



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-94

CÓDIGO: GEO-PROC T001-RJ08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

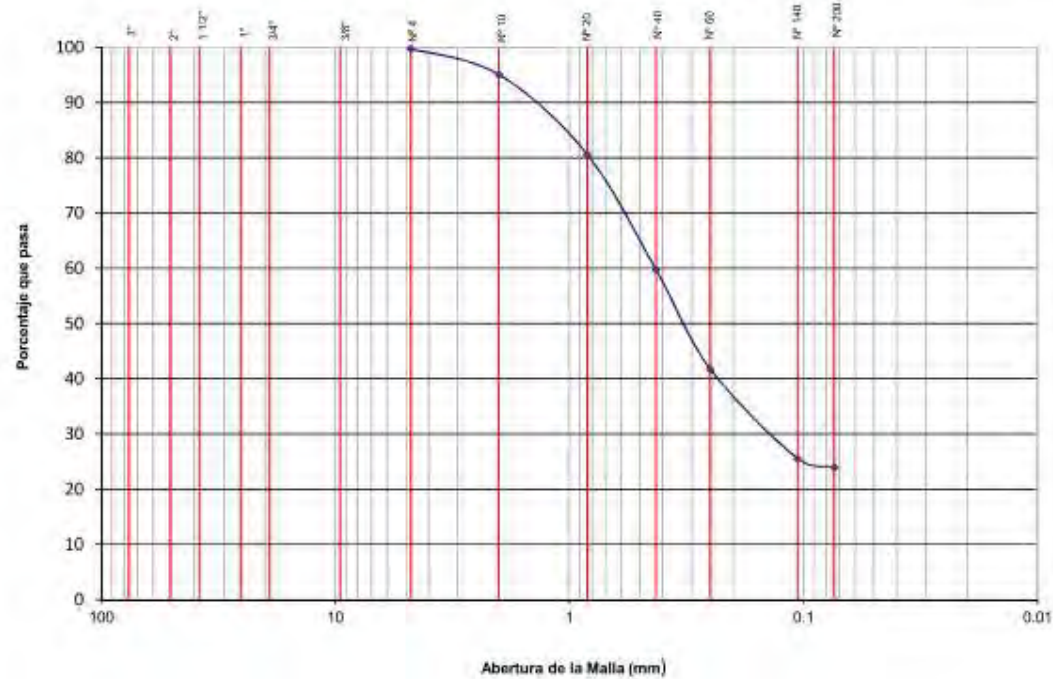
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-7**

PROFUNDIDAD: **1.60 - 1.70 m**

BOLENDIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 19

LP= 14

IP= 5

SUCS= SC-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-96

CÓDIGO: GEO-PROC-7001-RL08

VERSION: 01

FECHA: 14.01.16

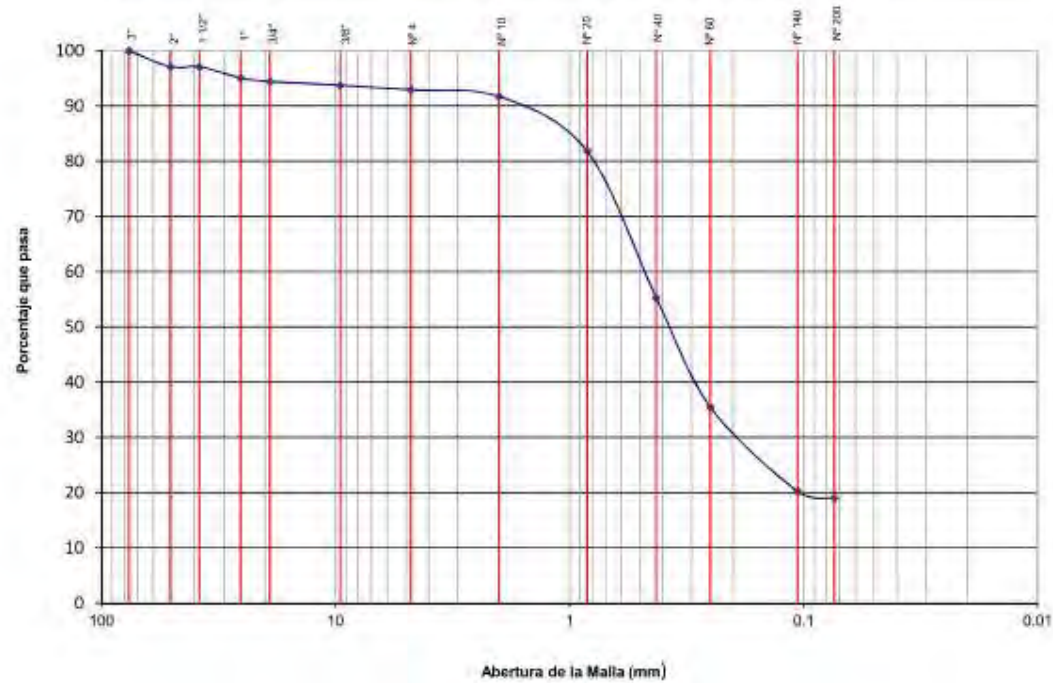
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-7**

PROFUNDIDAD: **4.00 - 4.20 m**

SUCS	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



- Cu= -
- Cc= -
- LL= -
- LP= NP
- IP= NP
- SUCS= SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-97

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

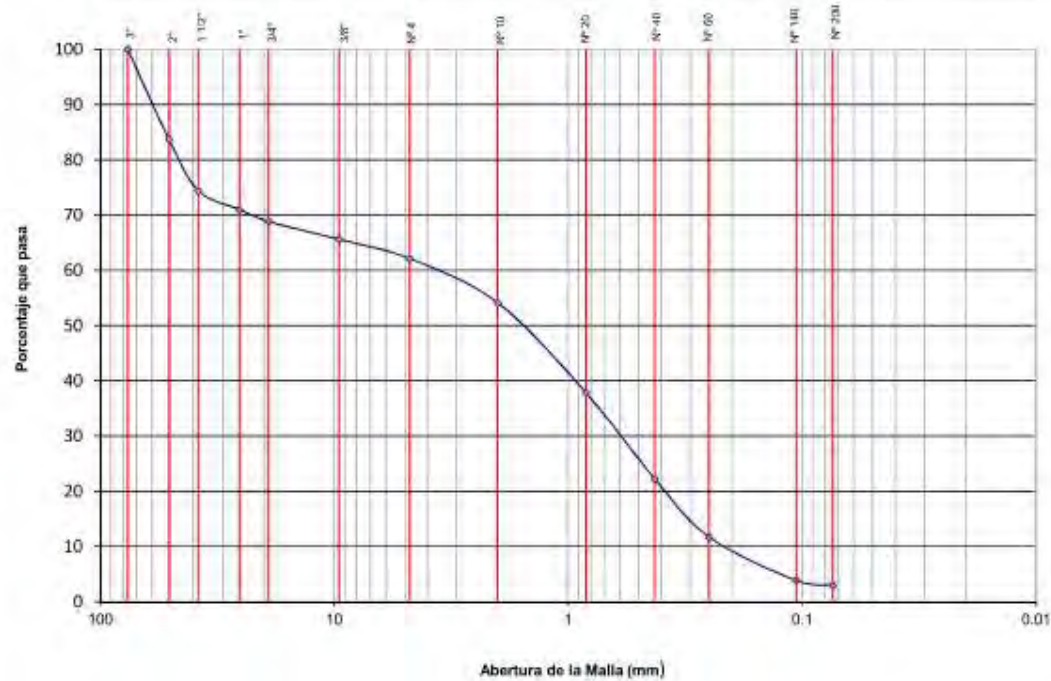
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-7**

PROFUNDIDAD: **4.80 - 5.00 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-98

CÓDIGO: GEO-PROC-T003-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

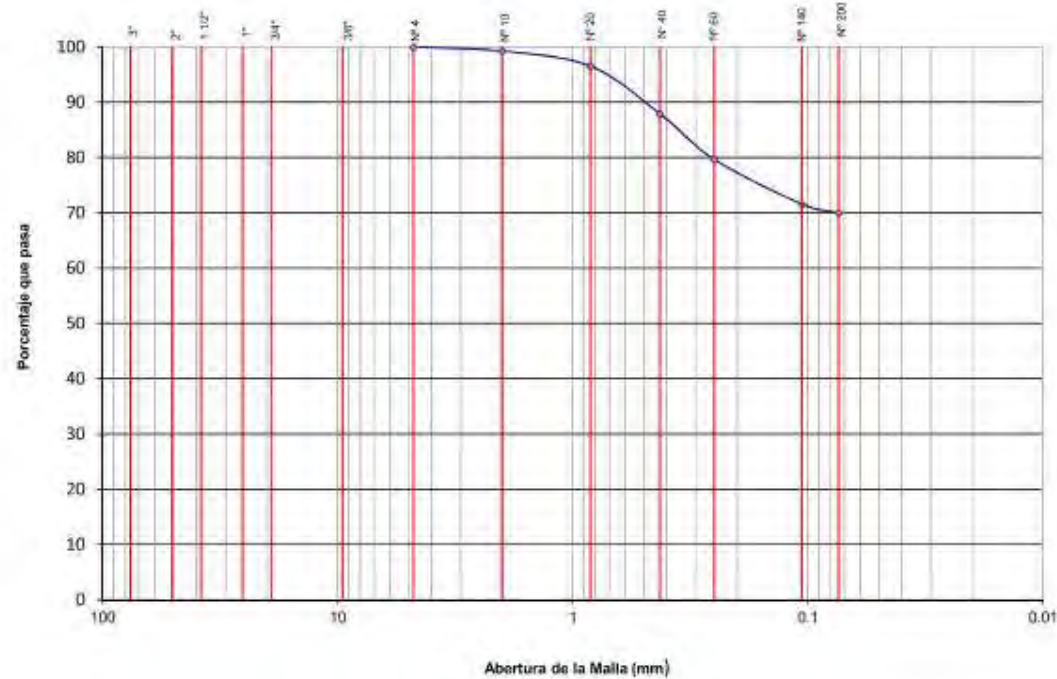
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SÓNDAJE: **C-8**

PROFUNDIDAD: **2.20 - 2.80 m**

BOLENERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 29

LP= 17

IP= 12

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-99

CÓDIGO: GEO-PROC.7001_RL08

VERSIÓN:01

FECHA:14.01.16

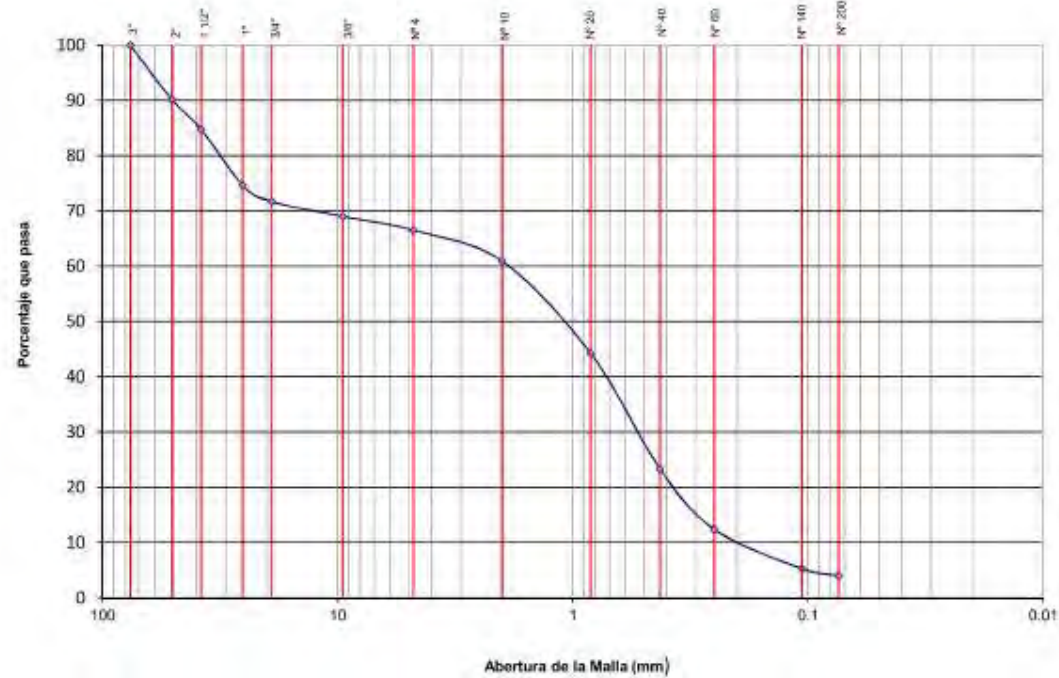
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-8**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

BOLENERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 10.21$

$C_c = 0.77$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

SUCS = SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-100

CÓDIGO: GEO-PROC-1001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

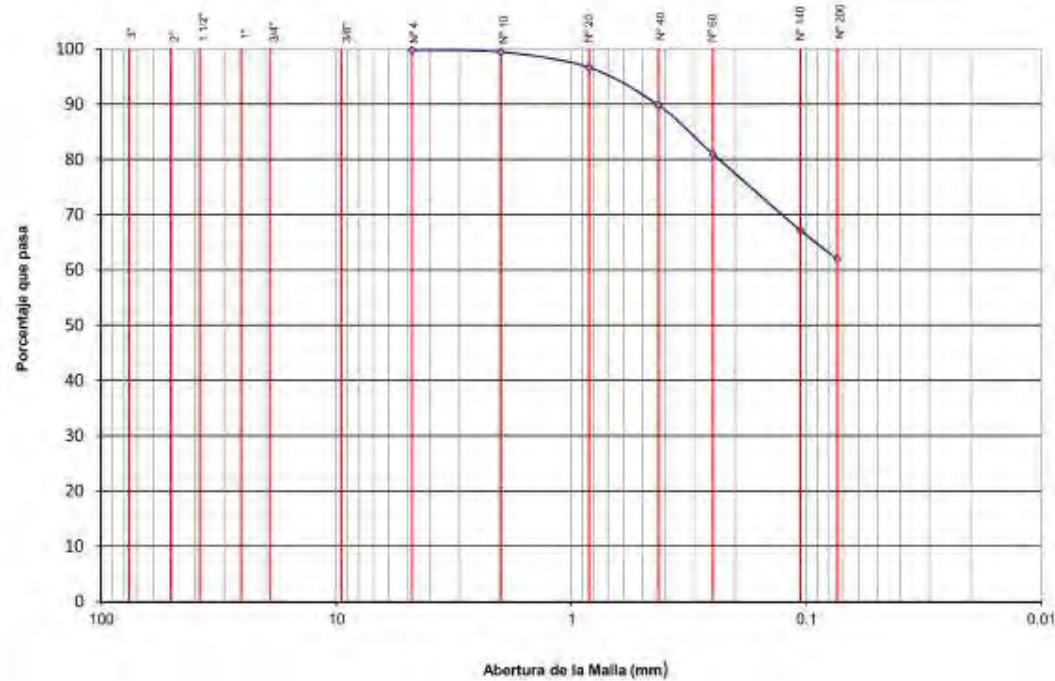
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-9**

PRDFUNDIDAD: **2.00 - 2.20 m**

BOLEADERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 28

LP= 16

IP= 10

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-101

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: III

FECHA: 14.01.15

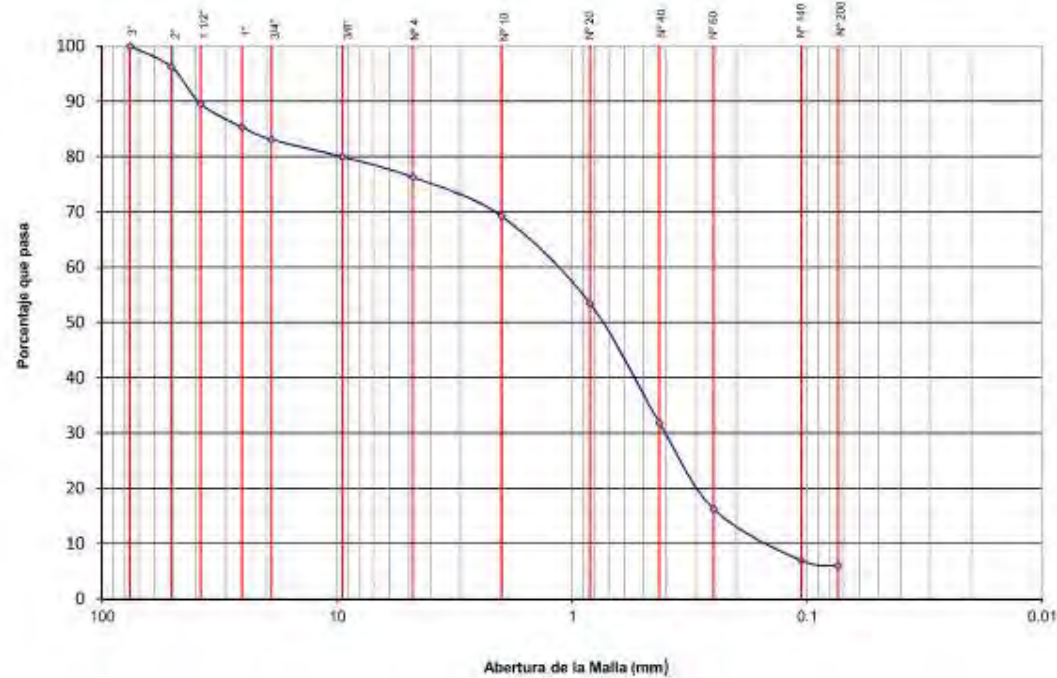
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-9**

PROFUNDIDAD: **4.20 - 4.40 m**

SOLUCIÓN	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 8.62

Cc= 0.88

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-102

CÓDIGO: GEO-PROCT001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

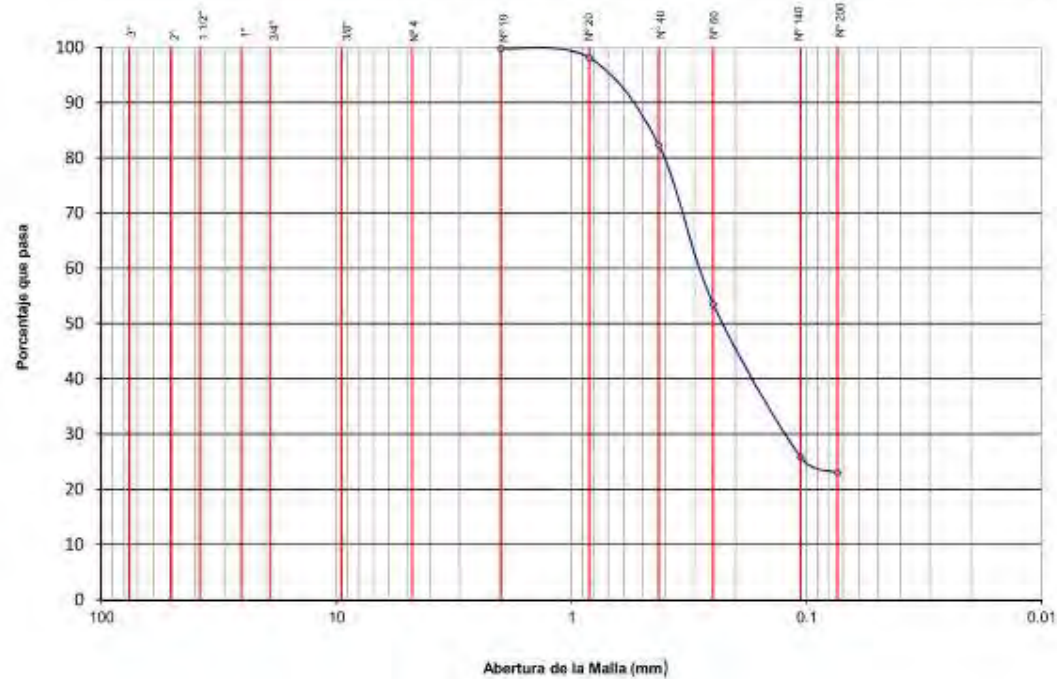
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-10**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

MOLCERENA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



-
-
-
-
-
-



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-103

CÓDIGO: GEO-PROC-1001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.03.19

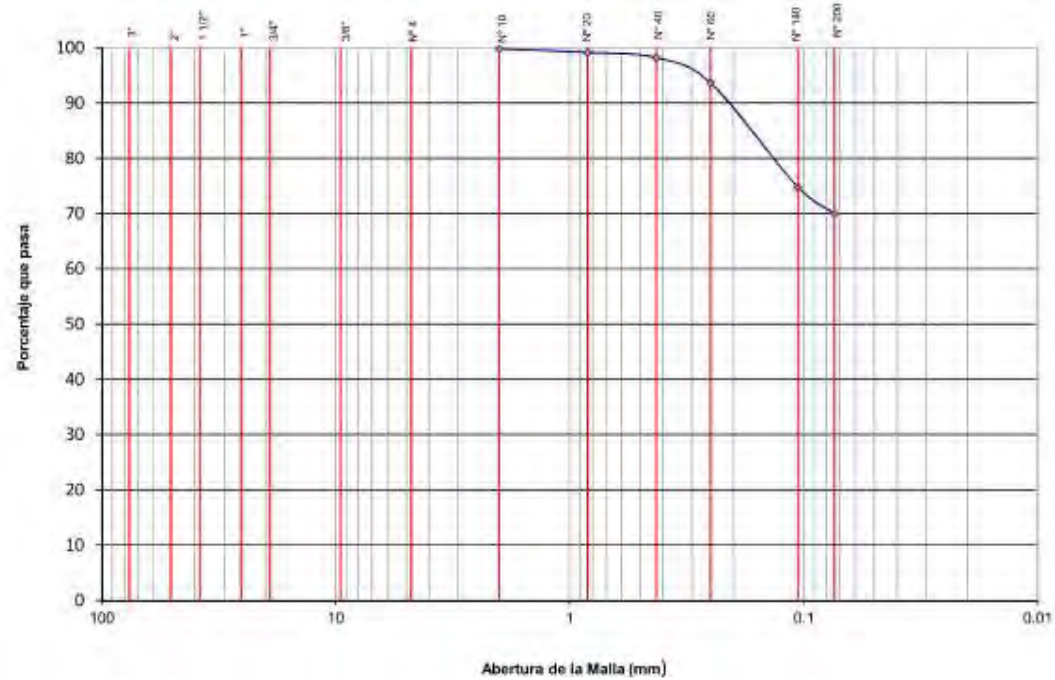
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-11**

PROFUNDIDAD: **1.60 - 1.80 m**

BIENES	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = -$

$C_c = -$

$LL = 23$

$LP = 16$

$IP = 7$

SUCS= CL-ML



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-104

CÓDIGO: GEO-PROCT-001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

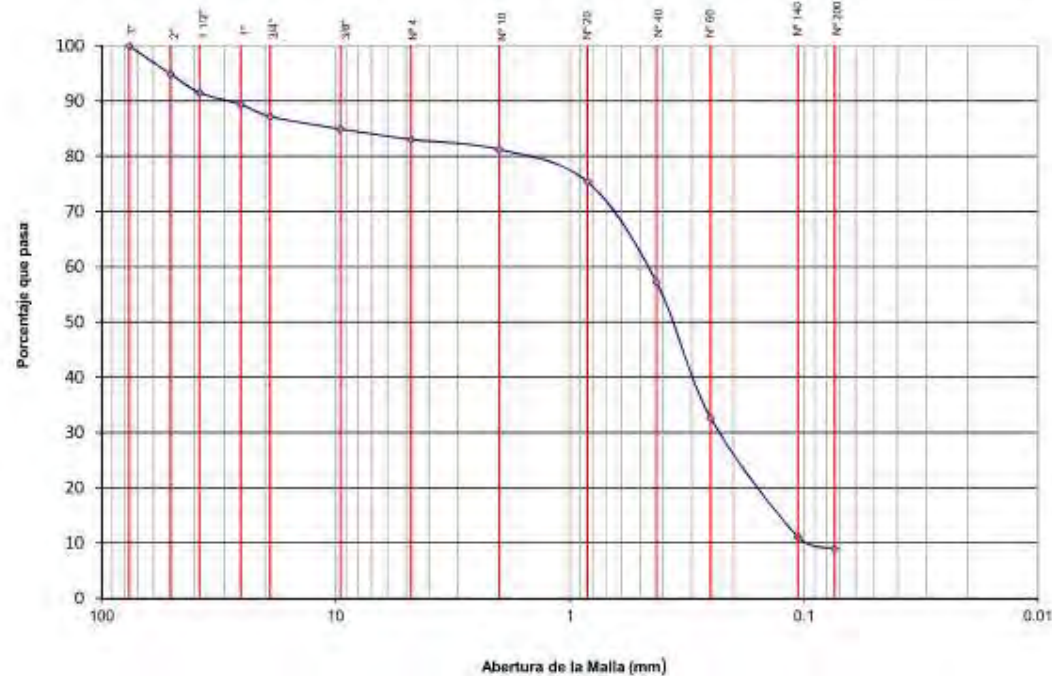
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-11**

PROFUNDIDAD: **3.50 - 3.70 m**

BOLEADERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 5.32

Cc= 1.23

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-105

CODIGO: GEO-PROC-T003-B.008

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

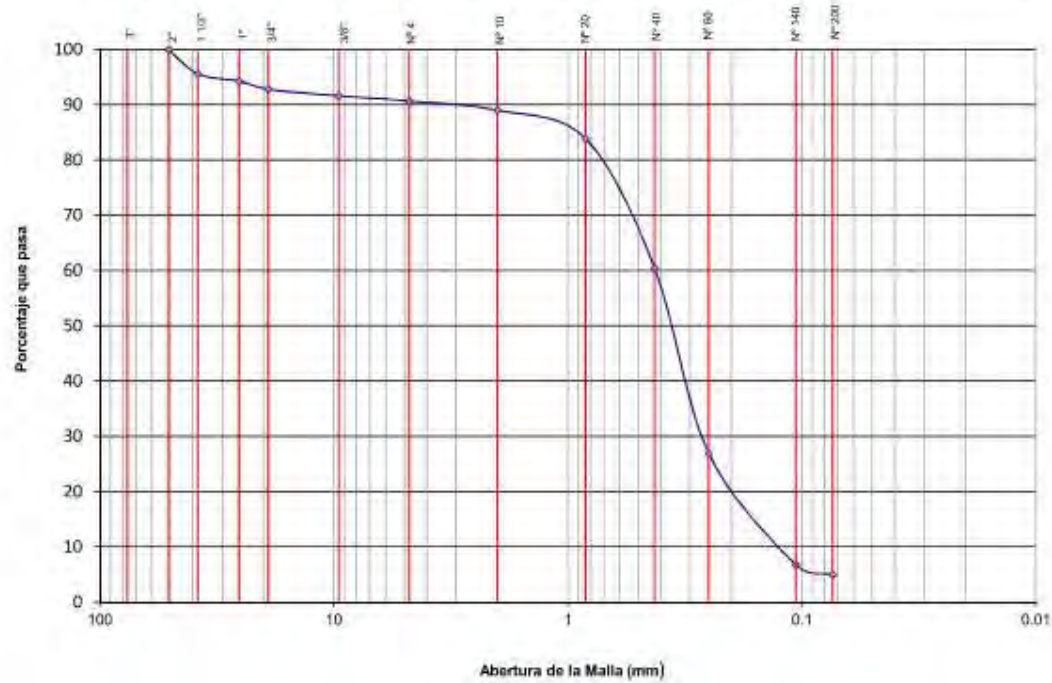
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-12**

PROFUNDIDAD: **2.40 - 2.60 m**

BOLEADERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 3.41

Cc= 1.29

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-107

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-R108

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

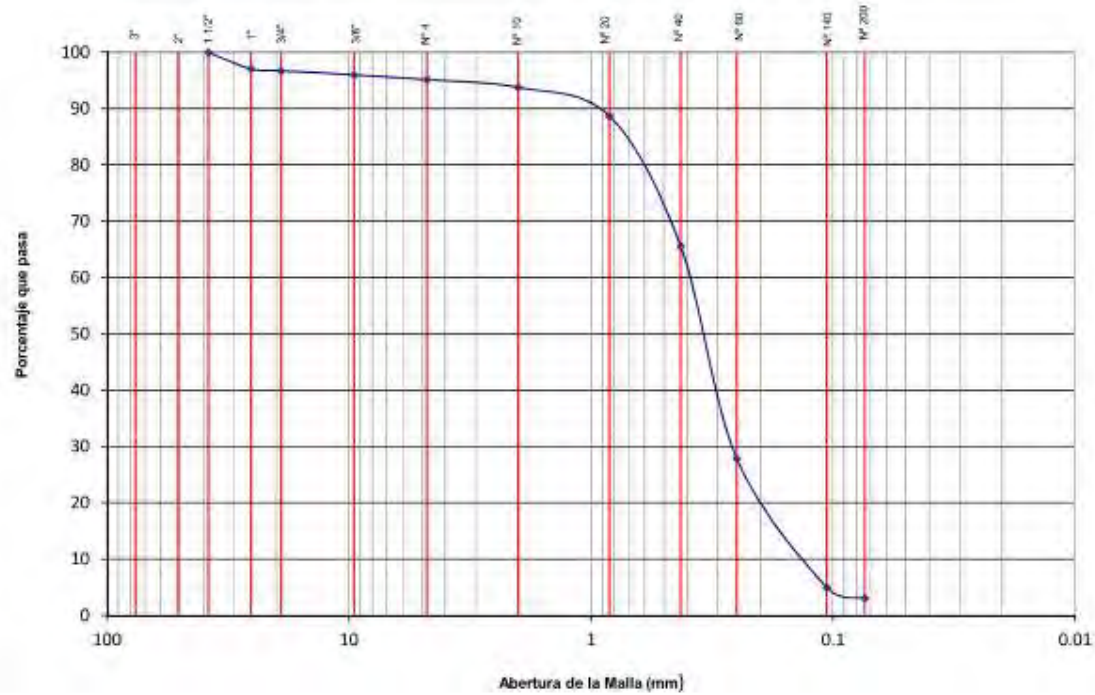
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-13**

PROFUNDIDAD: **4.00 - 4.20 m**

BOLOMBIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



- Cu= 3.07
- Cc= 1.3
- LL= -
- LP= NP
- IP= NP
- SUCS= SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-108

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

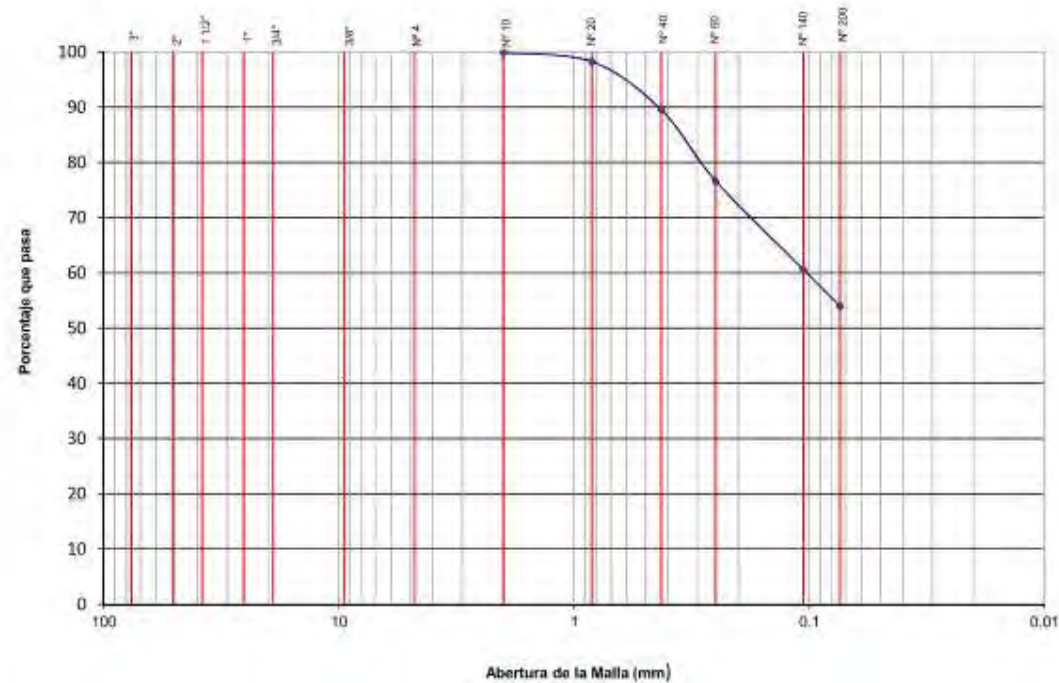
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-14**

PROFUNDIDAD: **0.40 - 1.00 m**

SOLICITADA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 23

LP= 13

IP= 10

SUCS= CL



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-110

CÓDIGO: GED-PROC-1903-RLOB

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

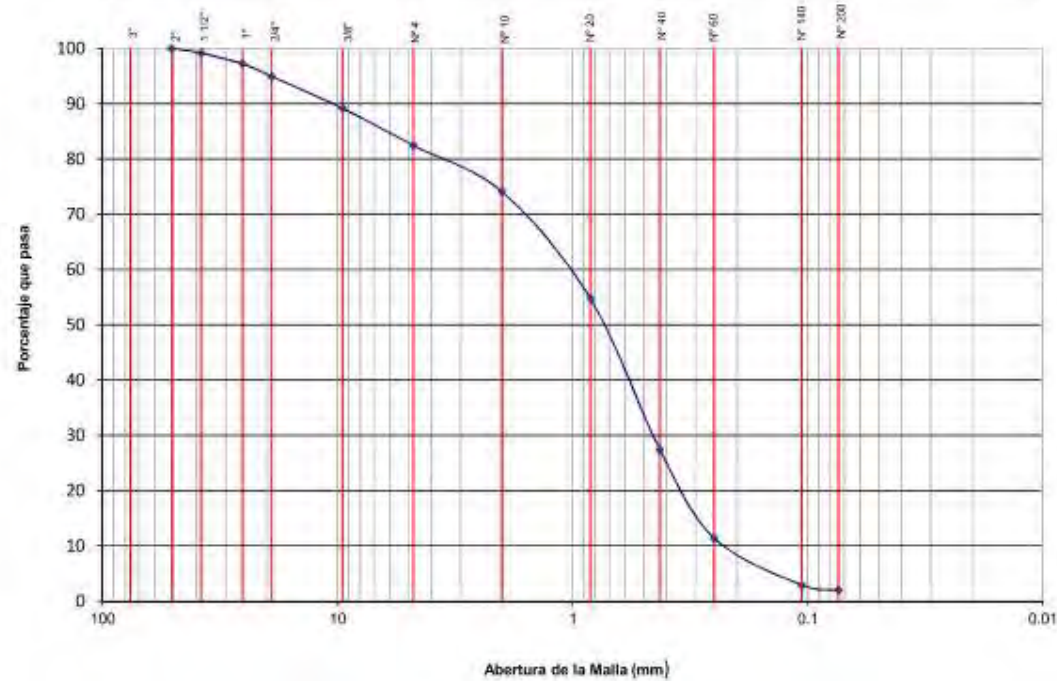
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-14**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

BOLETERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 4.86$

$C_c = 0.87$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

$SUCS = SP$



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-111

CÓDIGO: GEO-PROD-001-RL03

VERSIÓN: 03

FECHA: 14.01.16

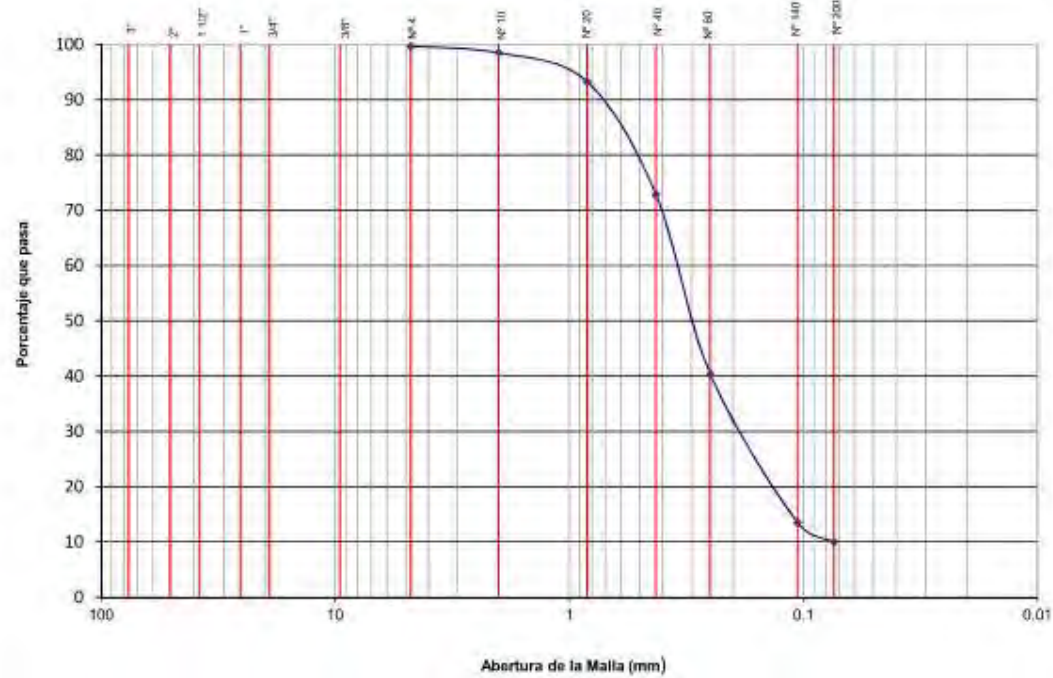
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-15**

PROFUNDIDAD: **2.00 - 2.20 m**

BOLOMERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 4.79$

$C_c = 1.28$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

$SUCS = SP-SM$



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-112

CODIGO: GEO-PRDC-1003 RLO8

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

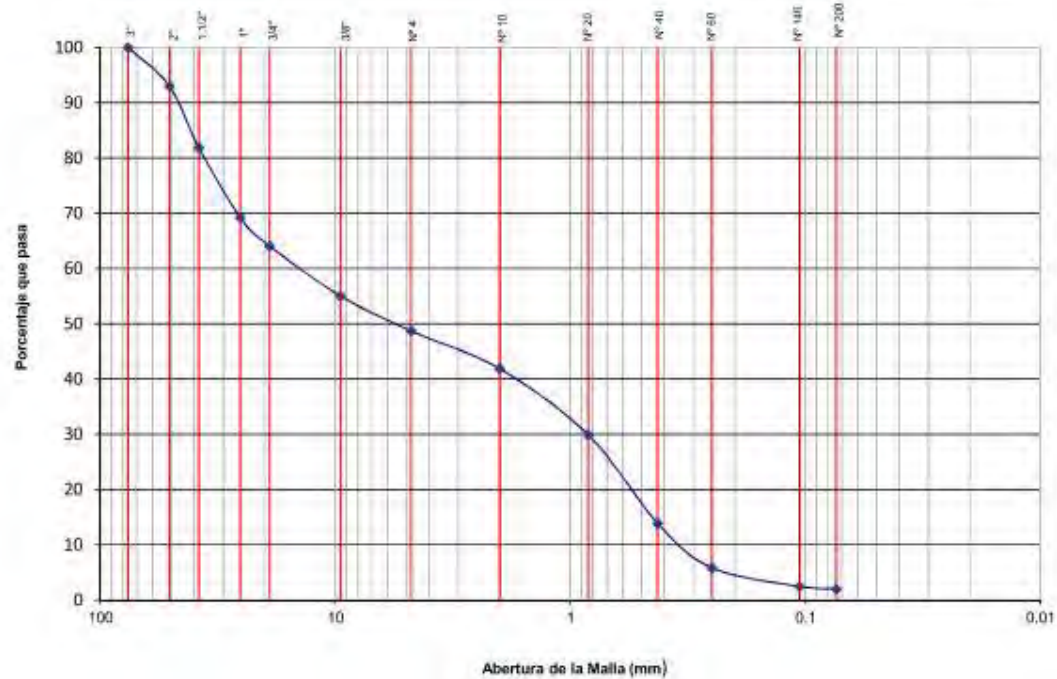
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-15**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

SOLERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 41.18$
$C_c = 0.16$
$LL = -$
$LP = NP$
$IP = NP$
$SUCS = GP$



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-114

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RS.08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.15

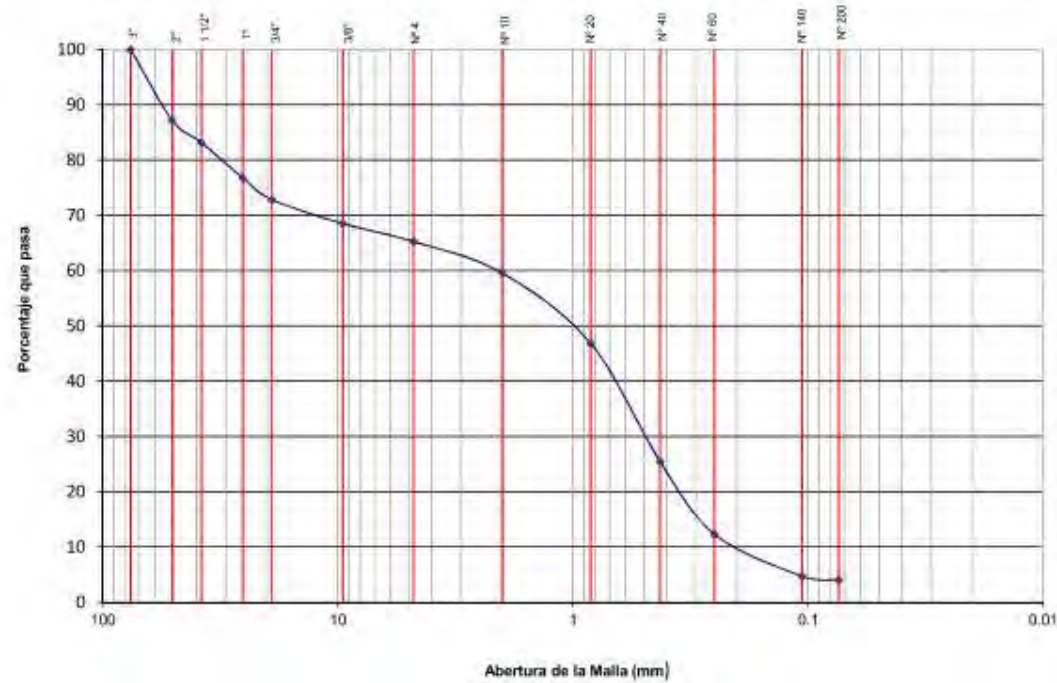
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-16**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

BILOGRAMA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 11.22$

$C_c = 0.58$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

SUCS = SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-115

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL06

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

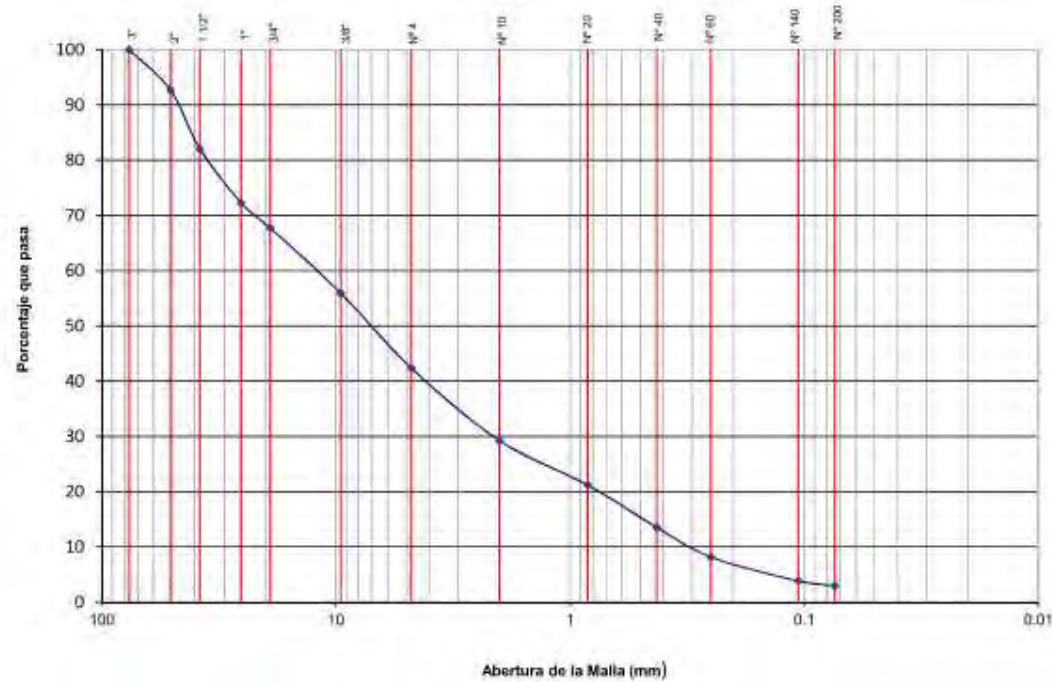
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-17**

PROFUNDIDAD: **3.00 - 3.20 m**

BOLOMERA	GRAVÁ		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 40.32

Cc= 0.99

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= GP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-116

CÓDIGO: GEO-PROC-1001-RU08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

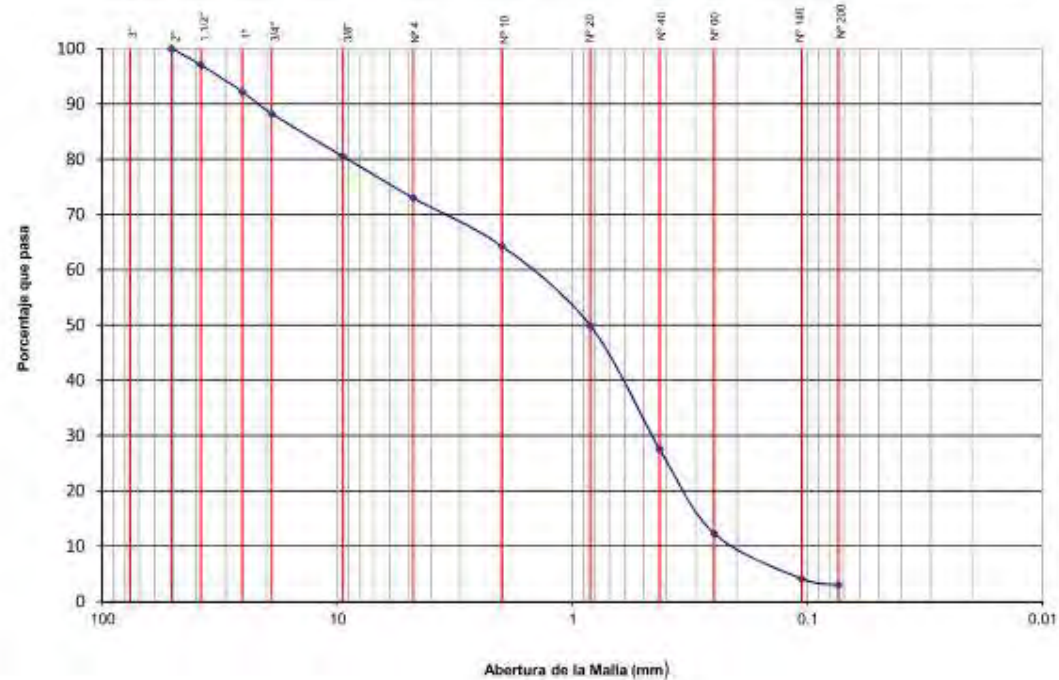
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-17**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

SOLICITA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-117

CÓDIGO: GEO-PROC-100-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.03.16

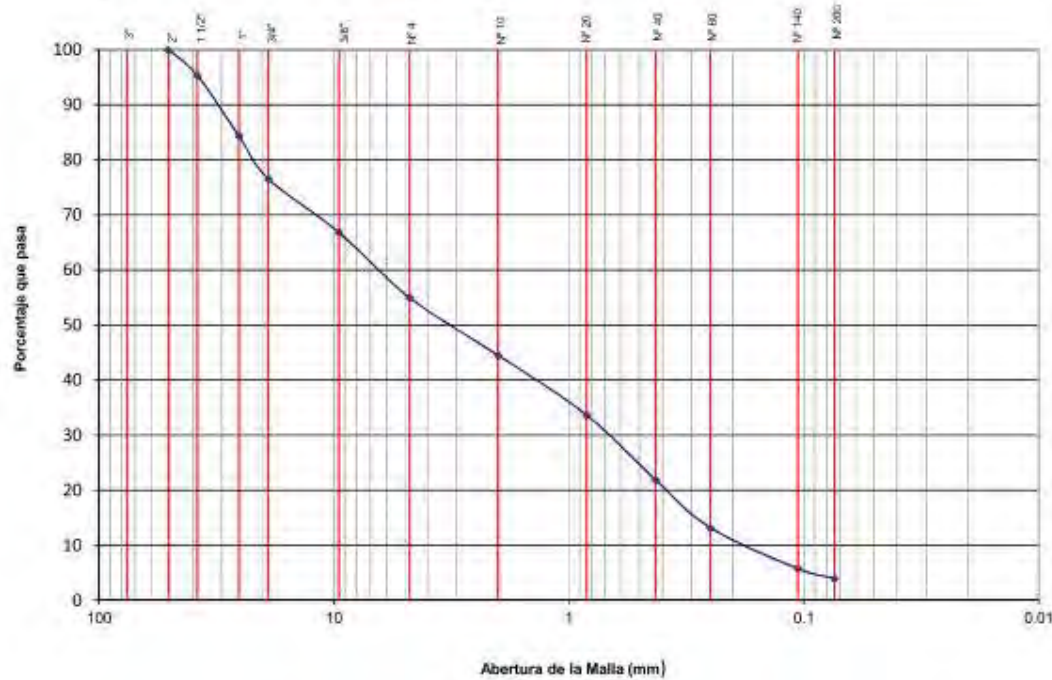
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-18**

PROFUNDIDAD: **1.30 - 1.50 m**

RESOLVENZA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 36.57

Cc= 0.43

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-118

CÓDIGO: GEO-PRDC-T003-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

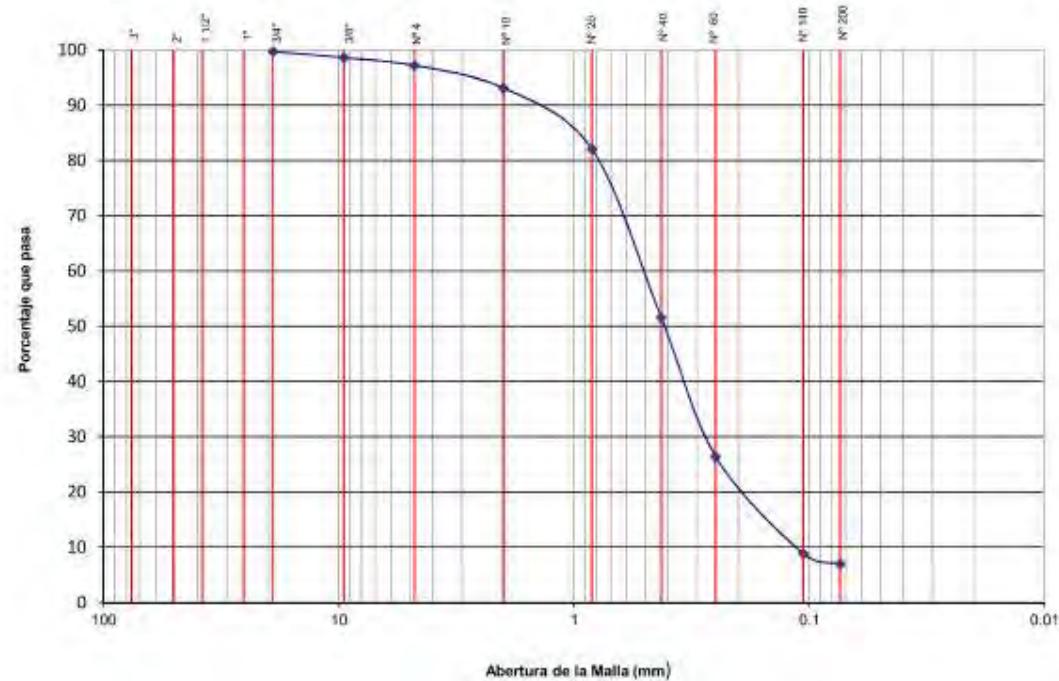
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-18**

PROFUNDIDAD: **3.60 - 3.80 m**

SOLICITADA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 4.88$

$C_c = 1.14$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

SUCS = SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-119

CÓDIGO: GED-PROC-T001-RJ.06

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

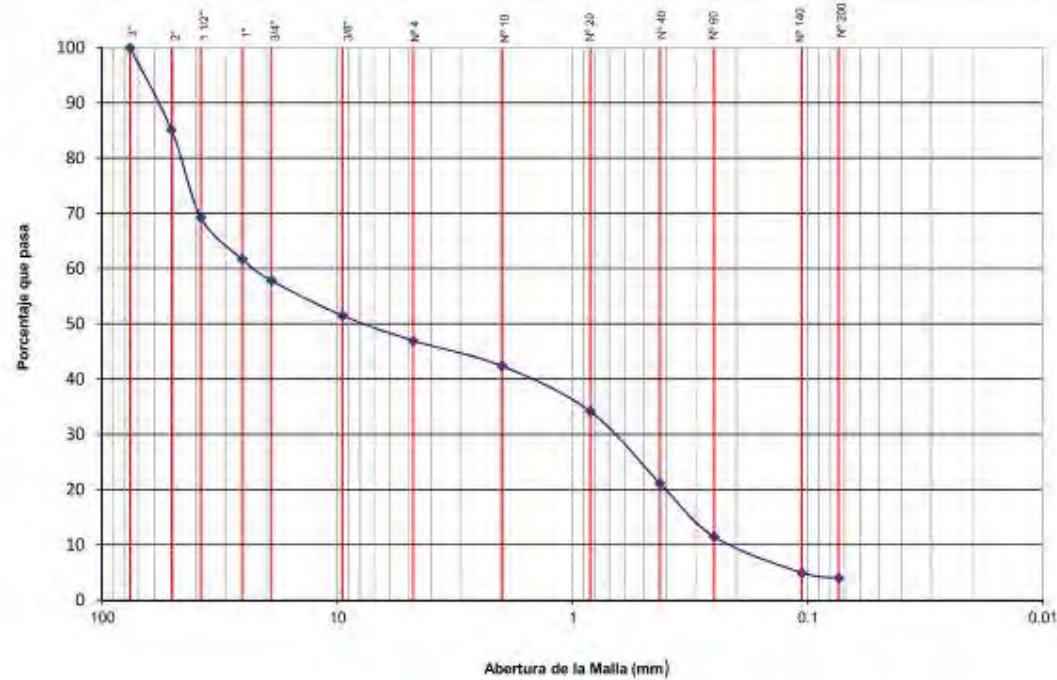
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-19**

PROFUNDIDAD: **3.40 - 3.60 m**

MOLINERÍA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 106.49

Cc= 0,1

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= GP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-119

CÓDIGO: GED-PROC-T001-RJ.06

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

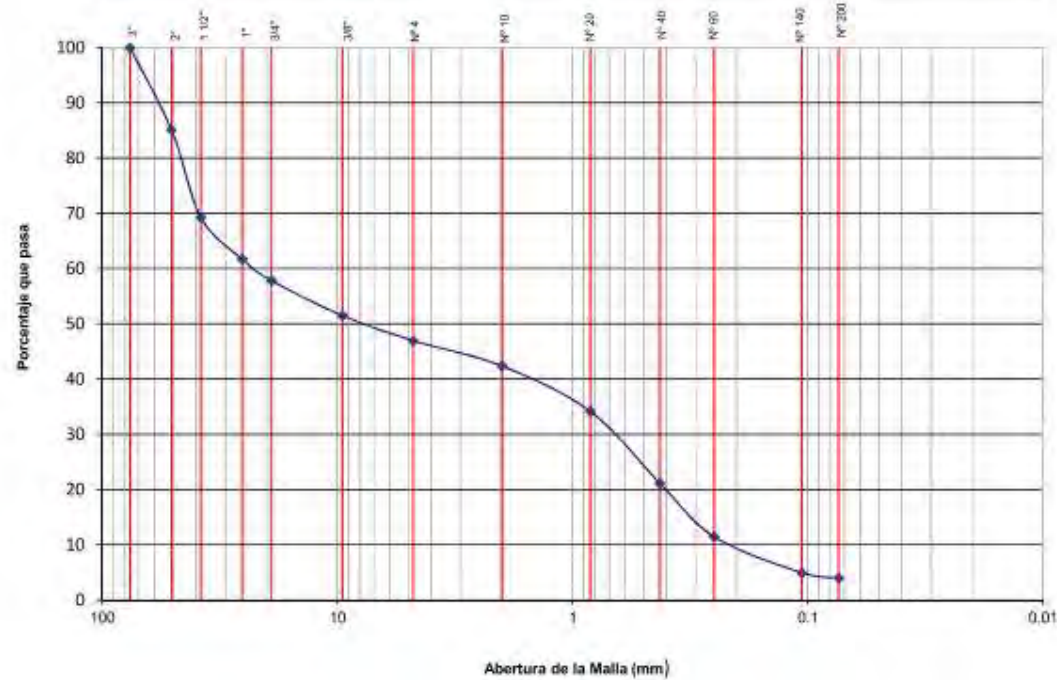
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-19**

PROFUNDIDAD: **3.40 - 3.60 m**

MOLINERÍA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = 106.49$

$C_c = 0.1$

$LL = -$

$LP = NP$

$IP = NP$

$SUCS = GP$



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-120

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RU08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

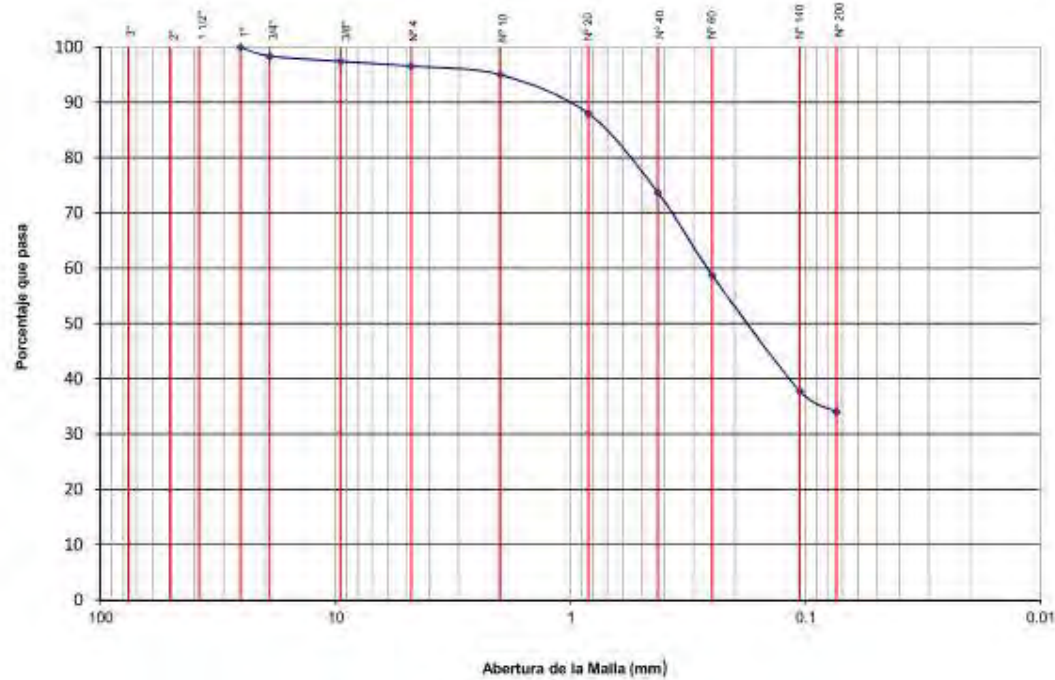
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-19**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

SUCS	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



$C_u = -$

$C_c = -$

$LL = 17$

$LP = 14$

$IP = 3$

SUCS = SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-122

CÓDIGO: GEO-PROC-T003-RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

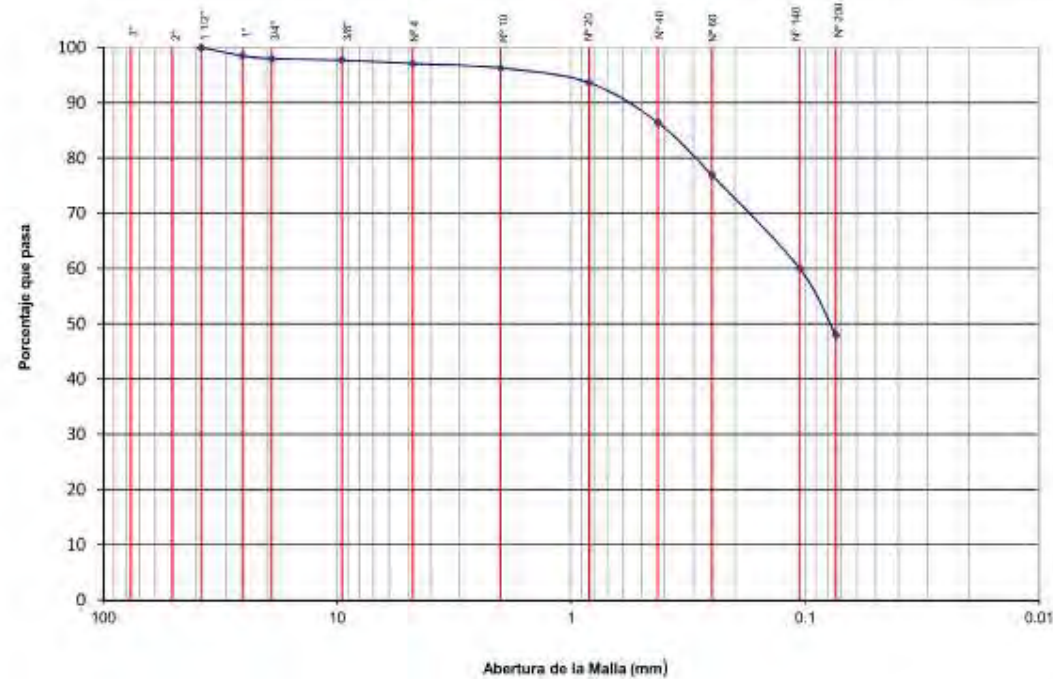
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-20**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

BALONERA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-124

CÓDIGO: GEO-PROC-T001-RL08

VERSION: 01

FECHA: 14.01.16

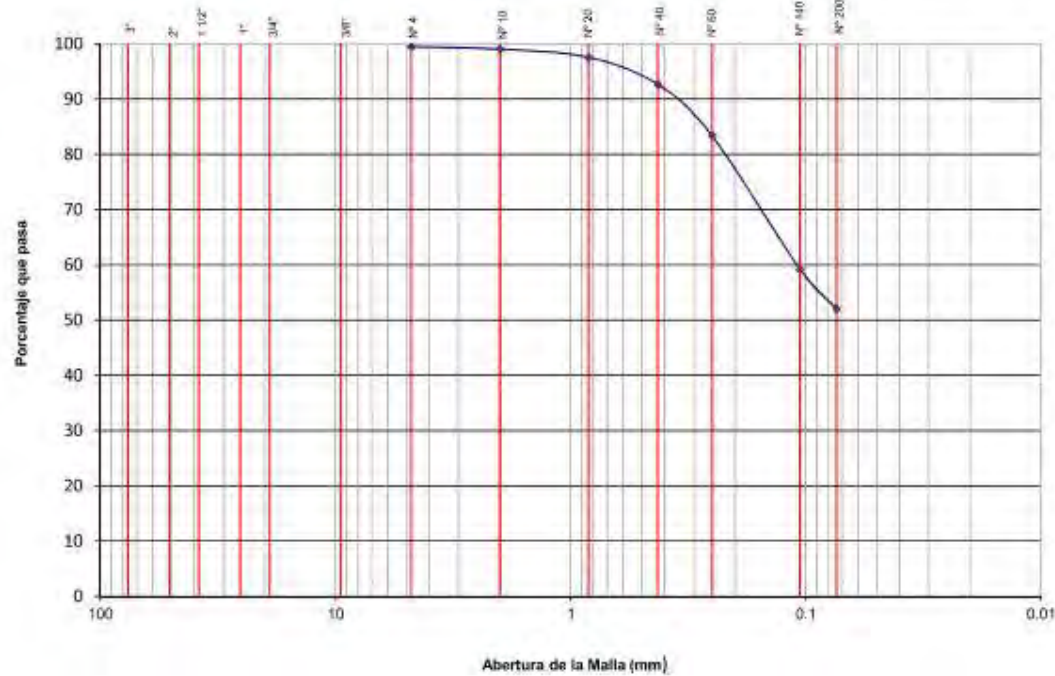
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-22**

PROFUNDIDAD: **2.60 - 2.80 m**

GRANULOMETRÍA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 19

LP= 14

IP= 5

SUCS= CL-ML



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-125

CÓDIGO: GEO-PROC-1001-RL08

VERSION: 01

FECHA: 14.01.16

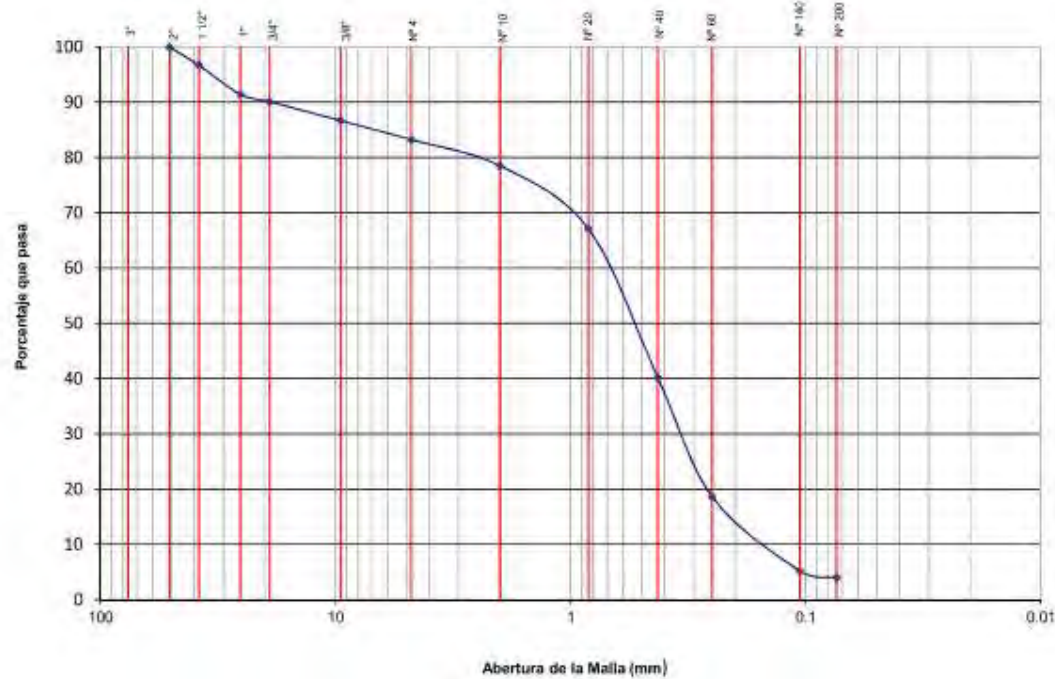
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-22**

PROFUNDIDAD: **4.60 - 4.80 m**

SOLICITADA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



- Cu= 4.86
- Cc= 1.07
- LL= -
- LP= NP
- IP= NP
- SUCS= SP



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-126

CODIGO: GEO-PROC T001 4L08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

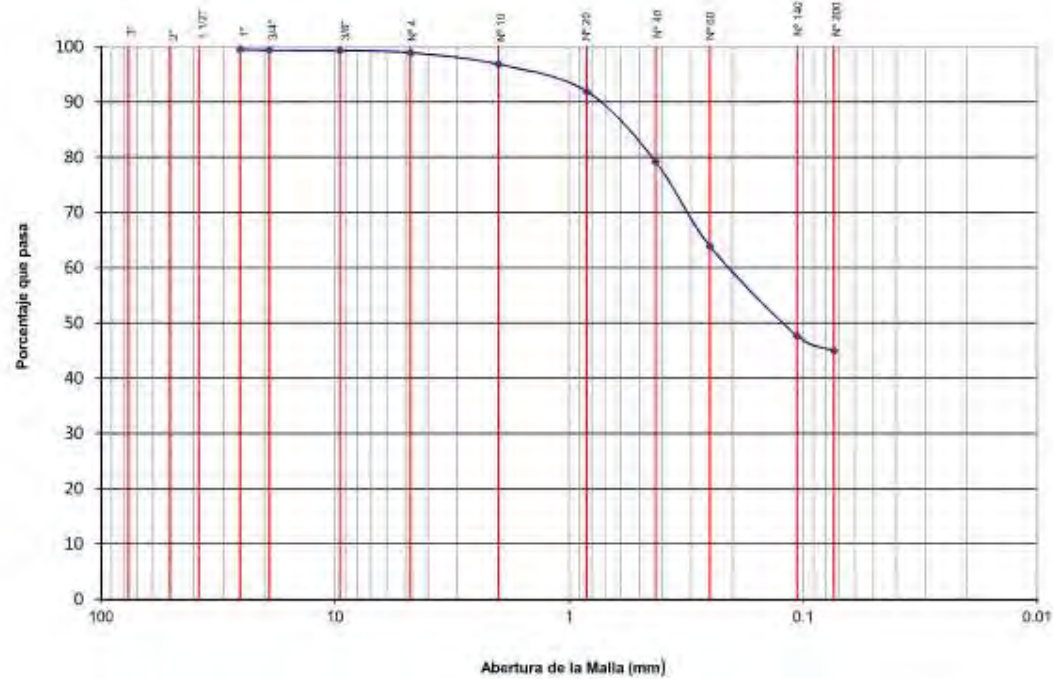
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-23**

PROFUNDIDAD: **0.40 - 0.90 m**

BIOLONDA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-127

CÓDIGO: GEO-PROC T001 RL08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

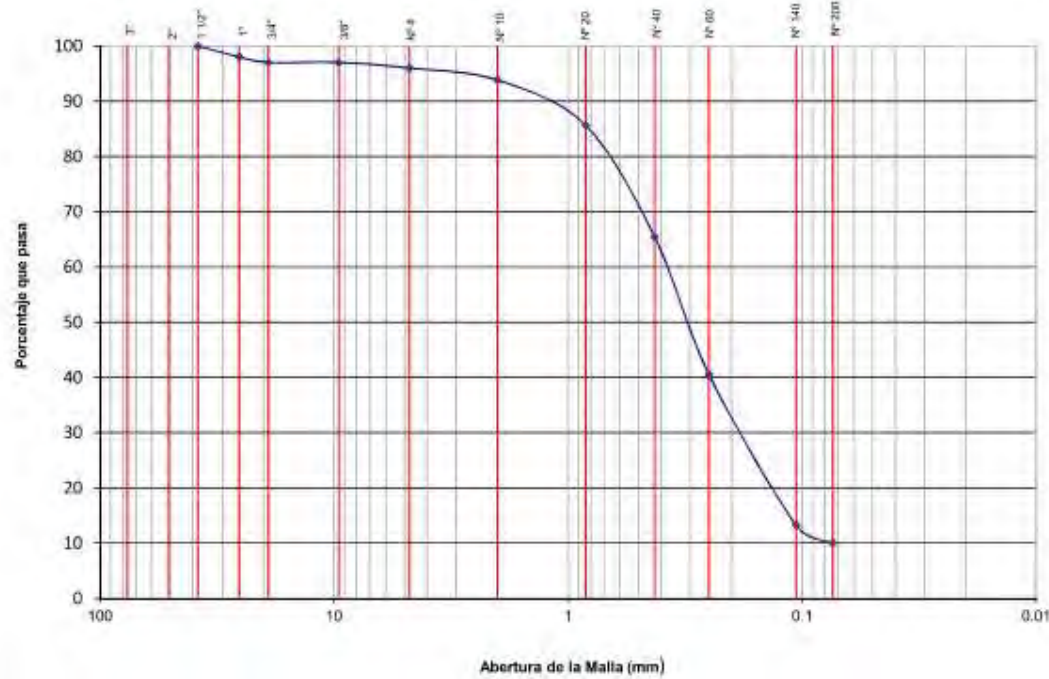
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-23**

PROFUNDIDAD: **2.40 - 2.60 m**

BOLENERIA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= 5.23

Cc= 1.13

LL= -

LP= NP

IP= NP

SUCS= SP-SM



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LÁMINA N° M4600-128

CÓDIGO: GED-PROC-1001-R.08

VERSIÓN: 01

FECHA: 14.01.16

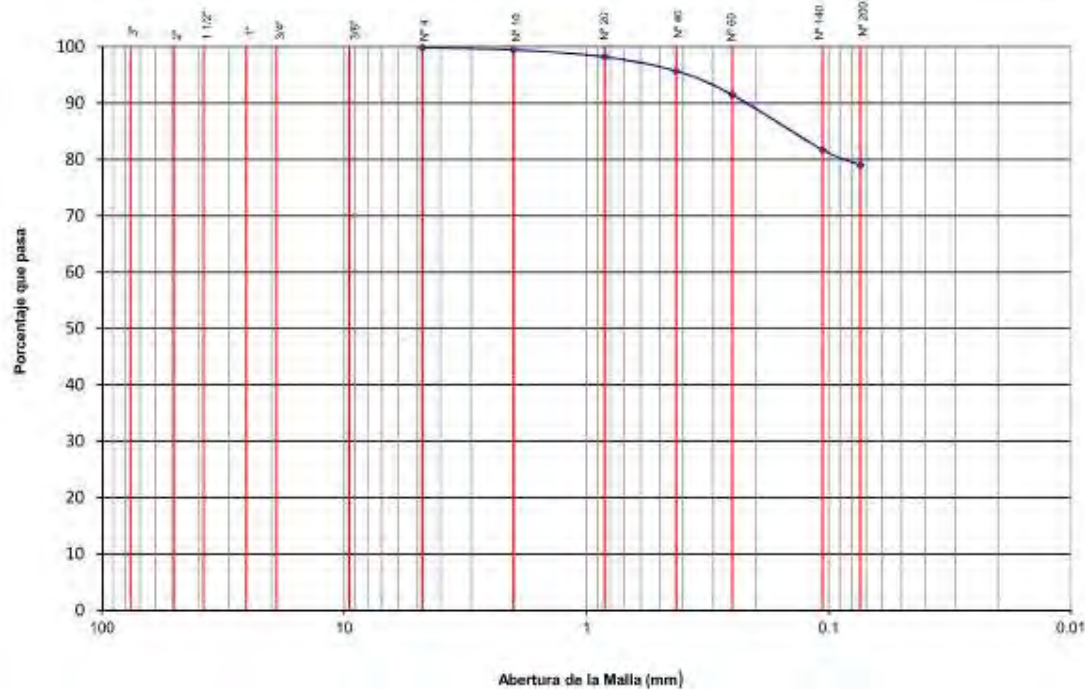
PROYECTO: **PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA**

UBICACIÓN: **CHILCA, CAÑETE**

SONDAJE: **C-24**

PROFUNDIDAD: **1.50 - 1.70 m**

BOLOMESA	GRAVA		ARENA			LIMO Y ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	



Cu= -

Cc= -

LL= 28

LP= 16

IP= 12

SUCS= CL



PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA

Chilca, Cañete, Perú

Soil Reinforcement by Dynamic Compaction (DC)



Overview of the trial and calibration area

Reference	Men170704-ETNA-TA	Revision	A
		Pages	10

Revision	Date	Made by	Checked by	Details of modifications
A	26/09/2017	FM	CP	1st issue

Table of contents

1. PURPOSE OF THIS DOCUMENT	3
2. REFERENCES	3
2.1. Project specific documents	3
2.2. Other documents	3
3. OBJECTIVES OF THE TRIAL AND CALIBRATION AREA	4
4. ANALYSIS OF THE RESULTS	4
4.1. Cone penetrometer tests	4
4.2. Induced settlement to the soil during compaction	7
4.3. Flooding test	8
5. CONCLUSION	10

1. PURPOSE OF THIS DOCUMENT

The aim of this overview report is to describe the test results performed on the trial and calibration area. These tests follow on the soil treatment by Dynamic Compaction executed by MENARD on the site of Planta de producción ETNA located in the district of Chilca, province of Cañete, department of Lima. The campaign of cone penetration tests (CPT) has been executed by CONETEC.

2. REFERENCES

2.1. Project specific documents

Reports

- [1] Estudio de mecánica de suelos, **M&M CONSULTORES**, Reference: M4600, Date: June 2016
- [2] Procedimiento Compactación dinámica, **MENARD**, Reference: MENARD-ING-ETNA-PRO01 revision A, Date: 29/03/2017
- [3] Presentación de los resultados de investigación de campo, **CONETEC** (on behalf of **SOLETANCHE BACHY PERU**), Reference: 17-72006, Date: 18/08/2017
- [4] Design report, **MENARD**, Reference: Men170704-ETNA-DR revision A, Date: 25/09/2017

Drawings

- [5] Master Plan Planta, **ETNA SA**, Reference: 121566-4-AG-001, Rev 0, Date: 04-07-2016
- [6] Planta general, **SOLETANCHE BACHY**, Reference: SBP-1807-032-DWG-001, Rev 00, Date: 11-07-2017
- [7] Planta – Ubicación de ensayos CPT previos a la compactación, **SOLETANCHE BACHY**, Reference: SBP-1807-032-DWG-004, Rev 00, Date: 07-07-2017

2.2. Other documents

The following document has been used in the preparation of this report:

- [A] Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones.

3. OBJECTIVES OF THE TRIAL AND CALIBRATION AREA

The objectives of the trial and calibration area is to define and validate a compaction procedure with the aim of reach the client requirements:

- Maximal allowable settlements: 25 mm below the foundations;
- Required SLS bearing capacity below footings: 200 kPa;
- Reduction of collapsibility potential.

In order to verify these criteria, the soil will be compacted by Dynamic Compaction with two successive phases using a maximal 15 tons pounder and a drop height of 2 to 20 m, until obtaining the mechanical characteristics allowing the achievement of the criteria. After DC works, the average target to reach over the treated depth is: $q_{c,avg} > 6 \text{ MPa}$. In the trial and calibration area, two different grids will be performed: one of 5 m x 5 m and another one of 6 m x 6 m. The collapsibility potential will be confirmed by a flooding test on the trial area.

The procedure of the trial area and flooding test are explained in the document [2].

4. ANALYSIS OF THE RESULTS

4.1. Cone penetrometer tests

The tests in the trial and calibration area have been executed in accordance with the drawing [7] or Figure 1.

As a reminder:

- CPT-1, CPT2 and CPT3 are in the 5 m x 5 m grid area;
- CPT-4, CPT5 and CPT6 are in the 6 m x 6 m grid area;
- CPT-1 and CPT-4 are performed before DC works;
- CPT-2, CPT-3, CPT-5 and CPT-6 are completed after DC works;
- CPT-2 and CPT-5 are in the DC print;
- CPT-3 and CPT-6 are in-between the DC print.

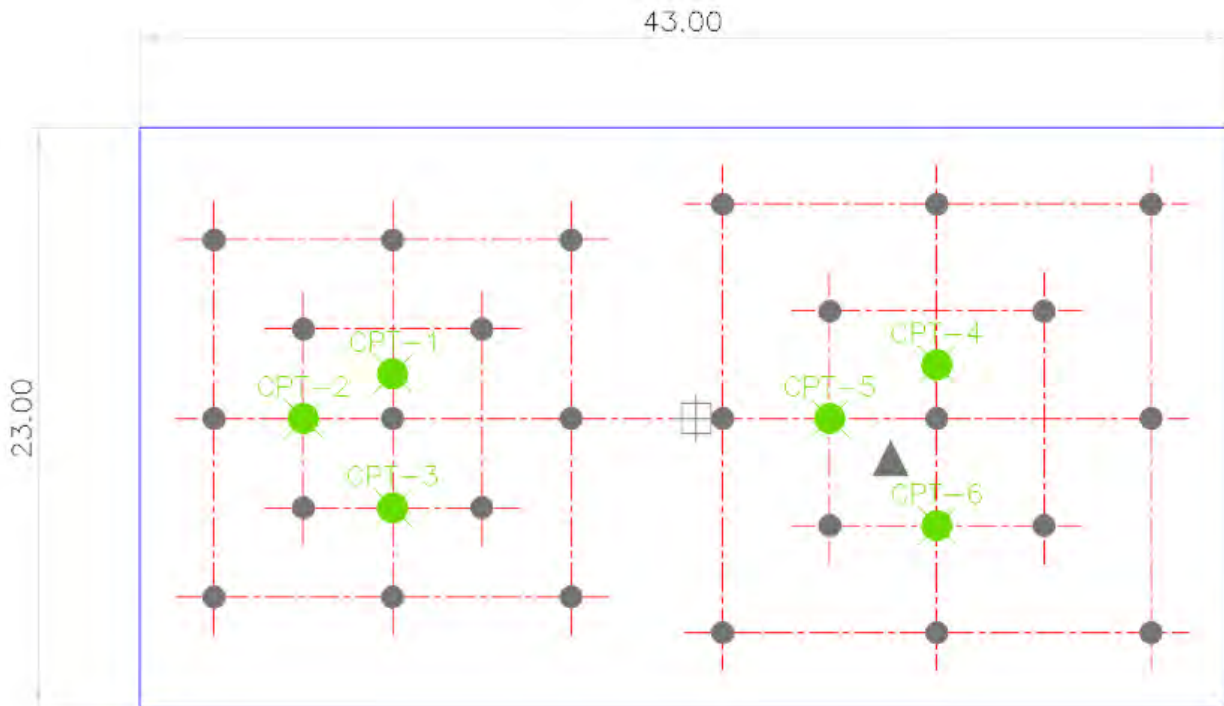


Figure 1. CPTs in trial and calibration area

The two graphs in Figure 2 compare the CPT before and after DC for both trial areas.

The graphs allow to assess the increase in soil compatibility (cone resistance) before and after DC treatment. The compaction has reached the bottom of the collapsible layer, down to a depth of:

- 3 m for the 5 m x 5 m trial area,
- 4.3 m for the 6 m x 6 m trial.

For both trial area, the value of cone resistance along the collapsible layer has been increased as well in between as inside the print:

- On the trial 5 m x 5 m area:
 - o Before DC: $q_{c,avg} = 4.9$ MPa
 - o After DC
 - Inside the prints: $q_{c,avg} = 12.2$ MPa
 - Between the prints: $q_{c,avg} = 7.5$ MPa
- On the trial 6 m x 6 m area:
 - o Before DC: $q_{c,avg} = 7$ MPa
 - o After DC
 - Inside the prints: $q_{c,avg} = 15.7$ MPa
 - Between the prints: $q_{c,avg} = 13$ MPa

The obtained values of average cone resistance $q_{c,avg}$ are higher than 6 MPa. Consequently, both compaction phasings (5 m x 5 m phasing and 6 m x 6 m phasing) enable to reach the target defined in the design report (see document [4]).

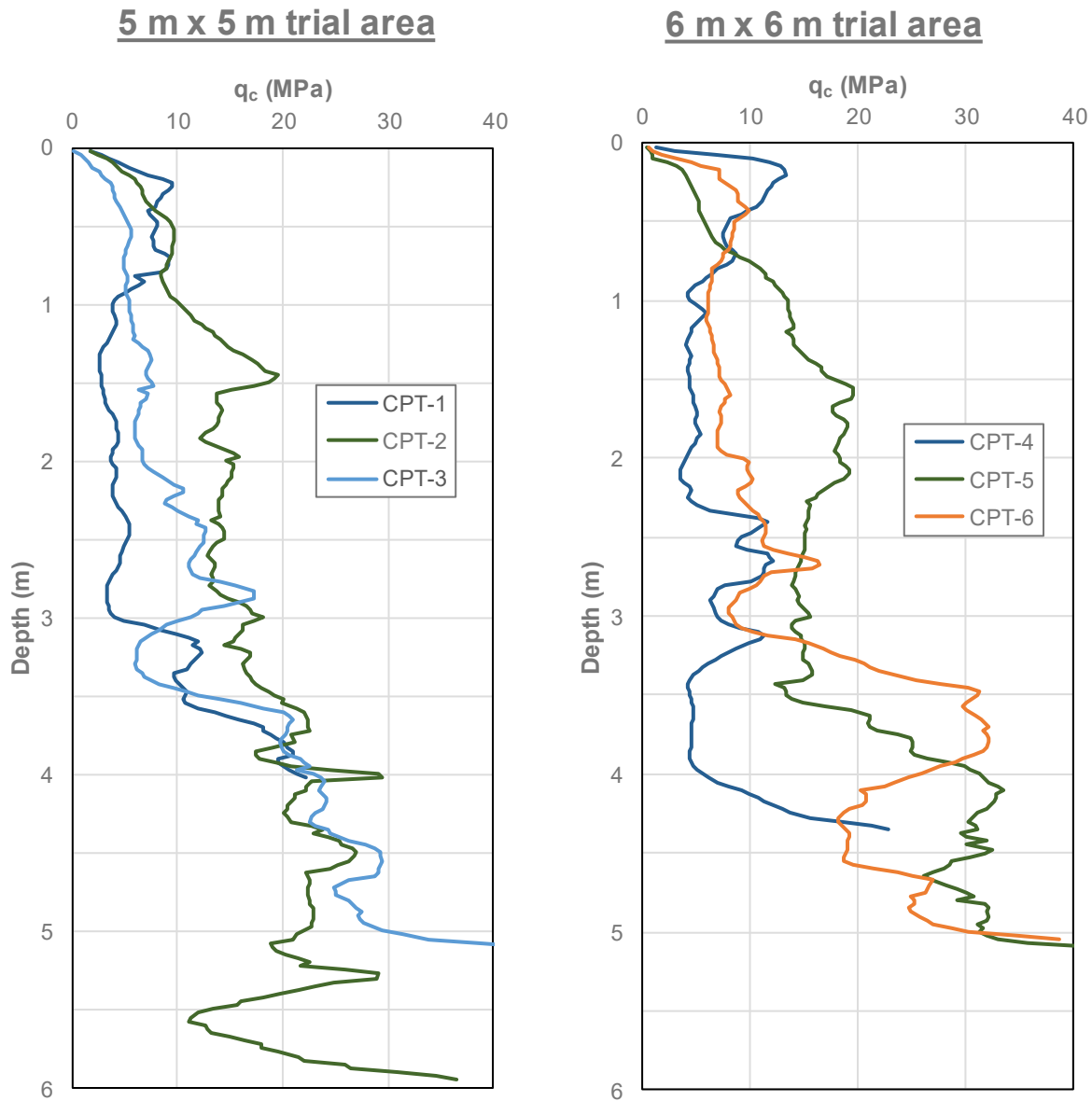


Figure 2. Comparison of cone resistance before (CPT-1, CPT4) and after DC (CPT-2, CPT3, CPT5, CPT6)

4.2. Induced settlement to the soil during compaction

The Table 1 and Table 2 present for trial grids the level after each phase and the induced settlement during compaction.

COMPACTACIÓN MALLA 5X5 GRID							
Punto	Posición		COTAS				Induced settlement (m)
	Norte	Este	Natural Level	Phase 1 Level	Phase 2 Level	Ironing	
1	8618338,980	311986,929	40,018	39,313		39,912	0,106
2	8618331,959	311987,768	40,306	39,579		40,105	0,201
3	8618324,938	311988,607	40,275	39,460		40,072	0,203
4	8618335,889	311990,859	40,378		39,539	40,072	0,306
5	8618328,868	311991,698	40,319		39,593	40,146	0,173
6	8618339,819	311993,951	40,191	39,592		40,020	0,171
7	8618332,798	311994,789	40,346	39,618		40,210	0,136
8	8618325,777	311995,628	40,345	39,500		40,152	0,193
9	8618336,728	311997,880	40,398		39,775	40,153	0,245
10	8618329,707	311998,719	40,367		39,66	40,179	0,188
11	8618340,658	312000,972	40,234	39,617		40,126	0,108
12	8618333,637	312001,810	40,401	39,721		40,205	0,196
13	8618326,615	312002,649	40,352	39,526		40,136	0,216
Average							0,188

Table 1. Results of topographical survey and induced settlement for 5 m x 5 m trial area

For 5 m x 5 m grid, the average induced settlement is 18.8 cm after DC. Over a thickness of 3 m collapsible soil, the average achieved densification reaches $0.188 / 3 = 6.3 \%$.

COMPACTION 6X6 GRID							
Punto	Posición		COTAS				Induced settlement (m)
	Norte	Este	Natural level	Phase 1 Level	Phase 2 Level	Ironing	
14	8618364,779	312003,393	40,393	39,734		40,175	0,218
15	8618356,354	312004,399	40,512	39,793		40,120	0,392
16	8618347,929	312005,405	40,414	39,632		40,111	0,303
17	8618361,070	312008,108	40,496		39,823	40,199	0,297
18	8618352,644	312009,115	40,435		39,737	40,164	0,271
19	8618365,786	312011,818	40,594	39,908		40,332	0,262
20	8618357,360	312012,824	40,588	39,858		40,312	0,276
21	8618348,935	312013,831	40,596	39,930		40,323	0,273
22	8618362,076	312016,534	40,603		39,928	40,382	0,221
23	8618353,651	312017,540	40,594		39,896	40,362	0,232
24	8618366,792	312020,243	40,668	39,959		40,401	0,267
25	8618358,367	312021,250	40,608	39,912		40,382	0,226
26	8618349,941	312022,256	40,623	39,882		40,374	0,249
average							0,268

Table 2. Results of topographical survey and induced settlement for 5 m x 5 m trial area

For 6 m x 6 m grid, the average induced settlement is 26.8 cm after DC. Over a thickness of 4.3 m collapsible soil, the average achieved densification reaches $0.268 / 4.3 = 6.2 \%$.

The 6 m x 6 m grid gives similar results in term of densification as the 5 m x 5 m grid.

4.3. Flooding test

The flooding test has been performed using a 2.5 m embankment equivalent to a pressure on the soil of 50 kPa.

The Figure 3 and Figure 4 present for trial grids the settlement during the flooding test.

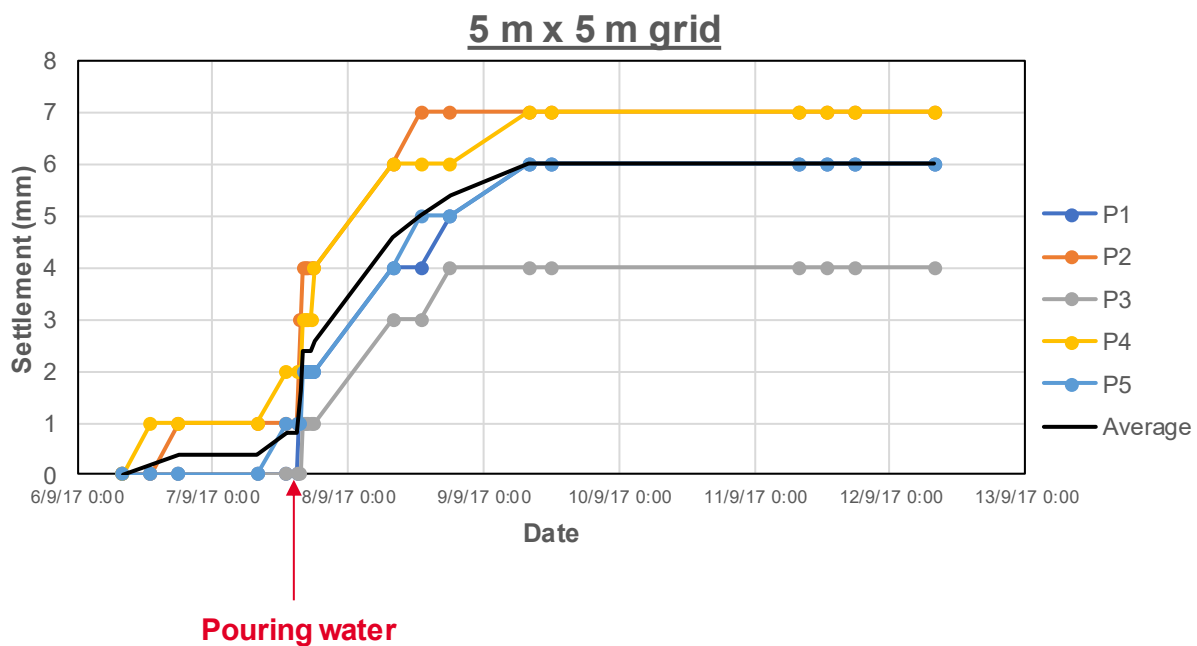


Figure 3. Settlement during the flooding test for 5 m x 5 m grid

The settlement of the dry material (before pouring water) reaches 0.8 mm. The settlement of the wet material (at the end of flooding test) reaches 6 mm. Thus the collapse under 50 kPa loading is 5.2 mm. As the thickness of collapsible layer is 3 m, the collapsible potential under 50 kPa loading is equal to $0.0052 / 3 = 0.17\%$.

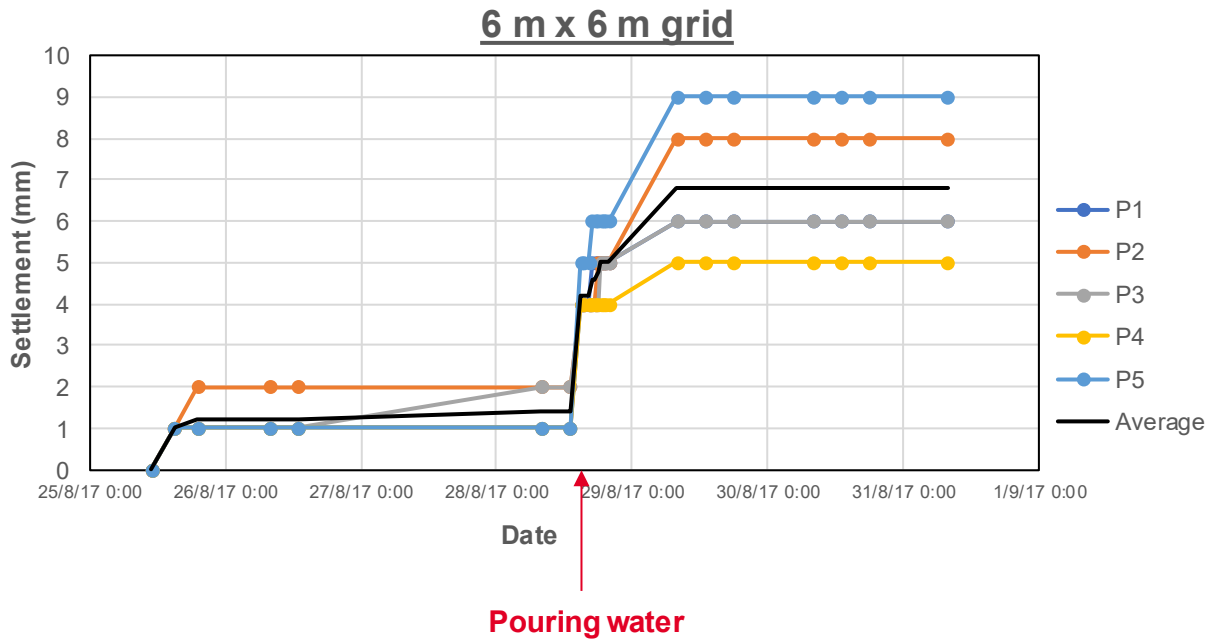


Figure 4. Settlement during the flooding test for 6 m x 6 m grid

The settlement of the dry material (before pouring water) reaches 1.2 mm. The settlement of the wet material (at the end of flooding test) reaches 6.8 mm. Thus the collapse under 50 kPa loading is 5.6 mm. As the thickness of collapsible layer is 4.3 m, the collapsible potential under 50 kPa loading is equal to $0.0056 / 4.3 = 0.13\%$.

The 6 m x 6 m grid gives similar results in term of collapse potential as the 5 m x 5 m grid.

Both flooding tests give limited settlement. Consequently, it can be considered that both methodologies allow to mitigate in the same range the collapsible potential after DC works to acceptable value (very low, less than 0.2% under 50 kPa loading). By extrapolation, the value of collapsible potential under 200 kPa loading is expected to be less than 1%, corresponding to a low magnitude as per the document [A].

Besides, maximum expected settlement during flooding tests (including flooding) is significantly less than 1 cm and is thus acceptable compare to the specification of the project (less than 25 mm).

5. CONCLUSION

At the beginning of the works, a trial and calibration area has been executed and allowed to define the DC parameters (number of blows, grid, drop height, ...). Two different grids, one of 5 m x 5 m and another one of 6 m x 6 m, have been tested.

At the end of trial tests, a campaign of CPTs was performed to verify the objectives in term of cone resistance, established in the design report (document [4]). The analysis of the CPT results allowed to comply the criteria for both trial grids.

Following, flooding tests have been carried out in order to estimate the collapsible potential under 50 kPa. For both trial grids, the analysis showed that the remaining collapsible potential is in the range of very low (under 50 kPa loading) to low (under 200 kPa loading) as per the document [A] and can thus be considered as negligible in this case.

The results are globally similar between the trial areas, meaning that the 6 m x 6 m grid is as much effective as the 5 m x 5 m grid.



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.

REPORTE TÉCNICO N° L840-01
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN COMPACTACIÓN DINÁMICA
PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA – CHILCA – LIMA

Lima, 03 de octubre de 2017

REPORTE TÉCNICO N° L-840-01
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN COMPACTACIÓN DINÁMICA
PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA – CHILCA – LIMA

ÍNDICE

1.0 INTRODUCCIÓN	2
2.0 ZONA DE PRUEBA	3
2.1 DESCRIPCIÓN	3
2.2 TRABAJOS REALIZADOS POR SOLETANCHE BACHY PERÚ	3
2.3 TRABAJOS REALIZADOS POR M Y M LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.....	4
3.0 INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.....	4
3.1 EN CUANTO A LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SOLETANCHE BACHY PERÚ	4
3.2 EN CUANTO A LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE M Y M LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO S.A.C.....	5
4.0 CONCLUSIONES.....	5
A N E X O S.....	6
ANEXO N°01	7
ANEXO N°02	8
ANEXO N°03	9

REPORTE TÉCNICO N° L-840-01
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN COMPACTACIÓN DINÁMICA
PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA – CHILCA – LIMA

1.0 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los alcances técnicos del servicio, hemos preparado el siguiente reporte técnico con la finalidad de definir las condiciones de trabajo en el proceso de Densificación Dinámica a seguir por Soletanche Bachy Perú en el terreno destinado a la construcción de la Planta de Producción ETNA, en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima.

El terreno de aproximadamente 10 hectáreas se encuentra actualmente cercado e interiormente está libre de estructuras. Su superficie está relativamente plana y ha sido parcialmente conformada por trabajos de corte y remoción de la capa superior de suelo.

El proyecto para fines constructivos ha sido separado en 5 áreas, en cada una de las cuales se instalarán las siguientes estructuras y/o equipos:

Área 1:

Almacén de Baterías

Almacén de Materiales (con hornos rotativos, chimeneas, torres de enfriamiento, tolvas, etc.)

Área 2:

2 lagunas para el almacenamiento de solución ácida y solución tratada

Planta de Tratamiento de solución ácida

Área 3:

Edificio Inyección e Plástico

Edificio Tratamiento de Plomo

Edificio de Ensamblaje

Edificio Formación, Sulfatación y Carga

Almacén Central

Área 4:

Edificio administrativo, control y comedor

Estacionamientos vehiculares

Área 5:

Zona de Expansión de Procesos

Balanza de Camiones

Los trabajos de densificación seguirán la secuencia de áreas descrita anteriormente.

M y M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C. cumple desde el 1° de Agosto del presente año, por encargo de Fca. Nac. de Acumuladores ETNA S.A. el servicio de aseguramiento de calidad del proceso seguido por Soletanche Bachy Perú.

2.0 ZONA DE PRUEBA

2.1 Descripción

De acuerdo con el procedimiento descrito por Soletanche Bachy Perú se ubicó dentro del terreno una zona denominada “Área de Prueba”, la cual tuvo como finalidad definir la secuencia de trabajo (distribución de golpes, número y peso a ser utilizado) y definir el porcentaje de mejoramiento alcanzado por el proceso.

El “Área de Prueba” se ubicó en la parte central de terreno sobre una extensión de 989 m², cerca de la ubicación de los sondajes más desfavorables (calicata C-24 y cono de Peck CP-24) determinados en el Estudio de Mecánica de Suelos N° M4600 (realizado por M y M Consultores S.R.L. en junio 2016). La ubicación del área se muestra en el Anexo N°01.

2.2 Trabajos Realizados por Soletanche Bachy Perú

Previo al proceso de densificación Soletanche Bachy Perú ubicó en el “Área de Prueba” dos (02) mallas para establecer su proceso de trabajo: la malla de 5 x 5 cuyos puntos de compactación estarían distanciados 5 m en dirección diagonal, y la malla de 6 x 6 cuyos puntos estarían distanciados 6 m en dirección diagonal.

Posterior a ello, Soletanche Bachy Perú ejecutó 2 ensayos CPT denominados CPT-1 (en la malla 5x5) y CPT-4 (en la malla 6x6), para determinar las condiciones del suelo **antes de la compactación**.

La compactación sobre ambas mallas se realizó siguiendo la siguiente secuencia de trabajo: compactación en el perímetro de la malla (Fase 1), relleno y nivelación de la superficie en cada malla y compactación en puntos internos de la malla (Fase 2).

Luego del proceso de compactación sobre ambas mallas, Soletanche Bachy Perú ejecutó 4 ensayos CPT, denominados CPT-2 y CPT-3 sobre la malla 5x5; y CPT-5 y CPT-6 sobre la malla 6x6.

Adicional a esto, realizó dos (02) pruebas de inmersión, una sobre cada malla para definir el grado de mitigación de colapso en los suelos arcillosos.

Los resultados de estos ensayos se presentan el Anexo N° 02: "Overview of the trial and calibration área", documento remitido por Soletanche Bachy Perú el viernes 29 de setiembre.

2.3 Trabajos Realizados por M y M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.

En función a los alcances de nuestro servicio, M y M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C. ejecutó sobre el "Área de Prueba" los siguientes trabajos:

- Verificación del perímetro del "Área de Prueba". El servicio realizado por el área de topografía incluyó la determinación de las coordenadas y cotas de los vértices, así como de los puntos de pruebas.
- 04 perforaciones manuales con Iwan Auger de 2.00 a 3.30 m de profundidad desde la superficie actual del terreno, denominadas AU-A01 a AU-A04.
- 02 auscultaciones con cono de Peck, denominados CP-A01 y CP-A02, los cuales alcanzaron rechazo a 3.90 y 5.40 m de profundidad con respecto a la superficie actual del terreno.
- Toma de 01 muestra representativa (inalterada) de arcilla, de 0.70 a 1.20 m de profundidad para ejecutar los ensayos de identificación y colapso.
- Ensayo de Colapso en el laboratorio principal de M y M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C. ejecutado bajo la norma ASTM D5333-03.
- Ensayos de Identificación: Granulometría por Tamizado, Límites de Atterberg y Clasificación SUCS.

Las ubicaciones de los puntos de pruebas se presentan en el Anexo N°01, y la información obtenida de los trabajos de campo y laboratorio realizados se presentan en el Anexo N° 03.

3.0 INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Teniendo en cuenta la información recopilada podemos indicar lo siguiente:

3.1 En cuanto a los resultados de los ensayos de Soletanche Bachy Perú

- El proceso de densificación ha logrado que el suelo presente un aumento a la resistencia del cono CPT entre 1.37 y 4.50 veces, esto de acuerdo con las mediciones hasta 4.00 m de profundidad en la malla de 5 x 5, teniendo un promedio de mejora de 2.50.
- El proceso de densificación ha logrado que el suelo presente un aumento a la resistencia del cono CPT entre 1.14 y 5.00 veces, esto de acuerdo con las mediciones hasta 4.00 m de profundidad en la malla de 6 x 6, teniendo un promedio de mejora de 2.40.
- Con respecto a las pruebas de inmersión, Soletanche Bachy Perú no presenta el registro o registros de los perfiles del suelo a partir de los cuales ha definido los espesores correspondientes de los suelos colapsables analizados, por lo cual el resultado presentado por ellos carece de sustento.

3.2 En cuanto a los resultados de los ensayos de M y M Laboratorio de Suelos y Concreto S.A.C.

- El proceso de densificación en el "Área de Prueba" ha logrado que el suelo presente un aumento en la densidad relativa entre 1.50 y 3.36 veces, esto de acuerdo con las mediciones realizadas con las auscultaciones con cono de Peck hasta 4.00 m de profundidad en la malla de 5 x 5, teniendo un promedio de mejora de 1.84.
- El proceso de densificación en el "Área de Prueba" ha logrado que el suelo presente un aumento en la densidad relativa entre 1.08 y 3.10 veces, esto de acuerdo con las mediciones realizadas con las auscultaciones con cono de Peck hasta 4.00 m de profundidad en la malla de 6 x 6, teniendo un promedio de mejora de 2.01.
Las auscultaciones con cono de Peck ejecutadas post densificación han sido comparadas con el resultado obtenido en la auscultación CP-24 del Estudio de Mecánica de Suelos N° M4600 realizado para el proyecto. El perfil del suelo en la calicata C-24 y los resultados de la auscultación con cono de Peck se presentan en el Anexo N°03.
- Con respecto a los resultados de los ensayos de identificación realizados a la muestra representativa de arcilla tomada en campo, estos muestran que el material se clasifica como CL (arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja).
- El resultado del ensayo de colapso realizado a esta muestra (CL) presenta un valor de 2.7 clasificando al suelo como de colapso moderado. De acuerdo con la Norma Técnica de Edificaciones E050: Suelos y Cimentaciones, el resultado se encuentra dentro del rango aceptado para la cimentación de estructuras.

4.0 CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, consideramos adecuado que Soletanche realice la compactación dinámica bajo el procedimiento con malla de 5 x 5 ó 6 x 6 (siguiendo las 2 fases correspondientes).
- Antes de la aprobación de la compactación dinámica de cada área establecida para el proyecto, se deberán realizar las pruebas correspondientes para definir el porcentaje de mejora alcanzado y los ensayos que permitan sustentar la mitigación del colapso.

Lima, Octubre de 2017



MILAGROS DEL PILAR SOTO DUEÑAS
INGENIERA CIVIL
Reg CIP N° 71015

ANEXOS

ANEXO N°01



ANEXO N°02



ANEXO N°03



PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ETNA

Preparado para:

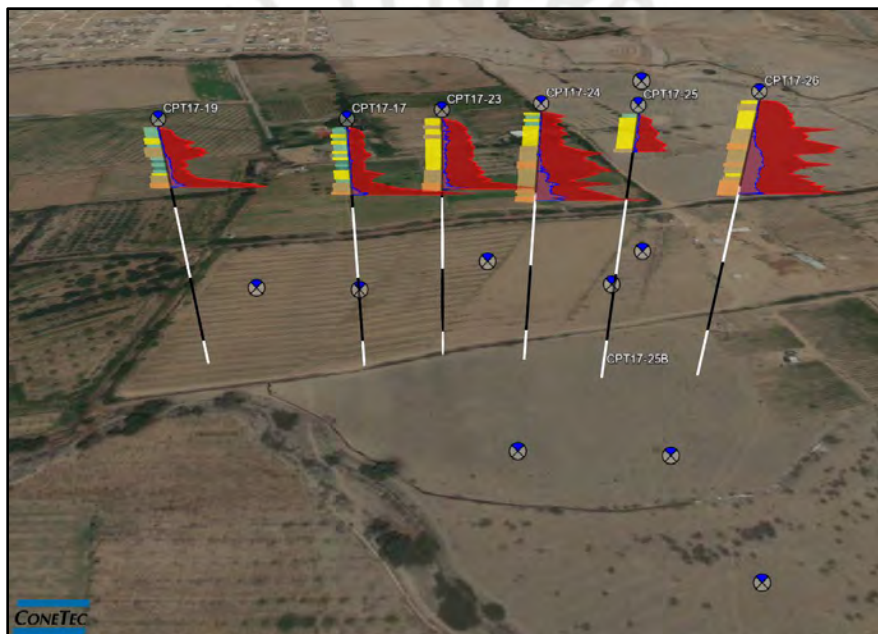
Soletanche Bachy Peru

Proyecto ConeTec No: 17-72011

Fecha de Inicio del Proyecto: 14-nov-2017

Fecha de Fin del Proyecto: 26-enero-2018

Fecha de Reporte: 01-feb-2018



Preparado por:

ConeTec Perú S.A.C.
Av. General Córdova 313, Miraflores
Lima, Perú

Tel: +51 (1) 719-2404

Correo electrónico: ConeTecSA@conetec.com

www.conetec.com

www.conetecdataservices.com



Introducción

El presente informe contiene los resultados del programa de investigación de campo realizado por ConeTec Perú S.A.C. para Soletanche Bachy Peru en la densificación en sitio en Chilca, Perú. El programa consistió en 15 ensayos de penetración de cono (CPT).

Información del Proyecto

Proyecto	
Cliente	Soletanche Bachy Peru
Proyecto	ETNA
Código de Proyecto ConeTec	17-72011

Se presenta un mapa de Google earth con las locaciones de los ensayos CPT.



Descripción de la máquina	Método de recopilación	Tipo de ensayo
Boart Longyear LX6	Pistón Hidráulico 20 ton	CPT

Coordenadas		
Tipo de ensayo	Método de recopilación	Número EPSG
CPT	Cliente provisto	32718

Ensayos de penetración de cono (CPT)	
Referencia de profundidad	Superficie del suelo al momento del ensayo.
Distancia de datos de la punta y la manga	0.1 metro Eso ha sido tomado en cuenta en los archivos de datos de CPT.
Información Adicional	Planos adicionales que estándares ampliados, avanzados y gráficos de dispersión de tipo de comportamiento de suelo.

Conos utilizados por este proyecto						
Descripción de cono	Número de cono	Superficie seccional cruzada (cm ²)	Superficie de manga (cm ²)	Capacidad de punta (bar)	Capacidad de manga (bar)	Capacidad de presión de poro (psi)
373:T1500F15U500	373	15	225	1500	15	500
432:T1500F15U500	432	15	225	1500	15	500

El resumen CPT indica cuales cono fueron utilizados para los sondajes CPT.

Tablas de interpretación	
Información adicional	<p>El cuadro de clasificación (Robertson 2009) de comportamiento del tipo de suelo normalizado (SBT-Q_{tn}), fueron utilizados para la clasificación de suelo para este proyecto. Un detalle de la recopilación de interpretaciones de CPT fueron generadas y proporcionadas en archivos en formato Excel en una carpeta liberada. Las interpretaciones CPT están basadas en los valores de punta corregida (q_t), fricción de manga (f_s) y presión de poro (u₂). Se asumieron condiciones insaturadas para los parámetros calculados.</p> <p>Los suelos fueron clasificados también como drenados o no drenados basado en el cuadro de clasificación (Robertson 2009) de comportamiento del tipo de suelo normalizado (SBT-Q_{tn}). Los cálculos para ambos parámetros drenados y no drenados fueron incluidos para materiales que se clasifican como mezclas de suelo limo (zona 4). Los cálculos para ambos parámetros drenados fueron incluidos para materiales que se clasifican como indefinido (zona 0).</p>

Limitaciones

Este informe ha sido preparado para uso exclusivo de la Soletanche Bachy Peru (El Cliente) para el proyecto titulado "ETNA". El contenido del informe no puede ser solicitado por cualquier otra parte sin el permiso escrito expreso de ConeTec Peru S.A.C. (ConeTec). ConeTec ha proporcionado servicios de sitio de investigación, preparación del informe de datos basado en los hechos, y proporcionado cálculos consistentes de parámetros geotécnicos con las mejores prácticas actuales. Ninguna otra garantía expresa o implícita.

La información presentada en el informe y la recopilación de acompañada perteneciente al proyecto específico, condiciones del sitio y objetivos descrito a Conetec por el Cliente. Para entender apropiadamente los datos basado en los hechos, suposiciones y cálculos, la referencia debe hacerse para los documentos proporcionados y su recopilación de datos adjuntados, en su totalidad.



Introduction

The enclosed report presents the results of the site investigation program conducted by ConeTec Peru S.A.C. for Soletanche Bachy Peru at a densification site in Chilca, Peru. The program consisted of 15 cone penetration tests (CPT).

Project Information

Project	
Client	Soletanche Bachy Peru
Project	ETNA
ConeTec project number	17-72011

A map from Google earth including the CPT test locations is presented below.



Rig Description	Deployment System	Test Type
Boart Longyear LX6	20 ton ramset	CPT

Coordinates		
Test Type	Collection Method	EPSG Number
CPT	Client provided	32718



Cone Penetration Test (CPT)	
Depth reference	Depths are referenced to the existing ground surface at the time of each test.
Tip and sleeve data offset	0.1 meter This has been accounted for in the CPT data files.
Additional plots	Expanded range standard plots, advanced plots and Soil Behavior Type (SBT) scatter plots are included in the data release package.

Cone Penetrometers Used for this Project						
Cone Description	Cone Number	Cross Sectional Area (cm ²)	Sleeve Area (cm ²)	Tip Capacity (bar)	Sleeve Capacity (bar)	Pore Pressure Capacity (psi)
373:T1500F15U500	373	15	225	1500	15	500
432:T1500F15U500	432	15	225	1500	15	500

The CPT summary indicates which cone was used for each sounding.

Calculated Geotechnical Parameter Tables	
Additional information	<p>The Normalized Soil Behaviour Type Chart based on Q_{tn} (SBT Q_{tn}) (Robertson, 2009) was used to classify the soil for this project. A detailed set of calculated CPT parameters have been generated and are provided in Excel format files in the release folder. The CPT parameter calculations are based on values of corrected tip resistance (q_t) sleeve friction (f_s) and pore pressure (u_2). Effective stresses are calculated based on unit weights that have been assigned to the individual soil behaviour type zones and the assumed equilibrium pore pressure profile. Unsaturated conditions were assumed for the calculated parameters.</p> <p>Soils were classified as either drained or undrained based on the Normalized Soil Behaviour Type (SBT Q_{tn}) classification chart (Robertson, 2009). Calculations for both drained and undrained parameters were included for materials that classified as silt mixtures (zone 4). Calculations for drained parameters were included for materials that classified as undefined (zone 0).</p>

Limitations

This report has been prepared for the exclusive use of Soletanche Bachy Peru (Client) for the project titled "ETNA". The report's contents may not be relied upon by any other party without the express written permission of ConeTec Peru S.A.C. (ConeTec). ConeTec has provided site investigation services, prepared the factual data reporting and provided geotechnical parameter calculations consistent with current best practices. No other warranty, expressed or implied, is made.

The information presented in the report document and the accompanying data set pertain to the specific project, site conditions and objectives described to ConeTec by the Client. In order to properly understand

the factual data, assumptions and calculations, reference must be made to the documents provided and their accompanying data sets, in their entirety.



Los ensayos de penetración de cono (CPTu) se llevan a cabo utilizando un penetrómetro piezocono electrónico integrado y un sistema de adquisición de datos construido por Adara Systems Ltd. de Richmond, Colombia Británica, Canadá.

Los penetrómetros de piezocono de ConeTec tienen un diseño de tipo de compresión en el cual las celdas de carga de la punta y de la manga de fricción están independientes y tienen capacidades de carga separadas. Los piezoconos utilizan celdas de carga calibradas por tensión para la punta y la manga de fricción y un transductor de tipo diafragma calibrado por tensión para registrar la presión. Los piezoconos también cuentan con un dispositivo de temperatura resistente (RTD) de platino para monitorear la temperatura de los sensores, un acelerómetro, un inclinómetro tipo doble eje y un sensor geófono para registrar las señales sísmicas. Todas las señales están amplificadas dentro del cuerpo del cono y las señales analógicas son enviadas a la superficie a través de un cable protegido.

Los penetrómetros de ConeTec son fabricados con varias capacidades de punta, de fricción y de presión de poro en ambas configuraciones de base de punta de 10 cm² y 15 cm² para maximizar la resolución de la señal para varias condiciones de suelos. El piezocono específico utilizado para cada ensayo es descrito en la tabla resumen de CPT presentada en el primer anexo. Los penetrómetros de 15 cm² no requieren el uso de un reductor de fricción ya que su diámetro es más ancho que los tubos de empuje. Los piezoconos de 10 cm² requieren el uso de un reductor de fricción, lo cual consiste en un tubo adaptador de extensión detrás del cuerpo principal del cono con un área cruzada seccional alargada (normalmente un diámetro de 44 mm sobre una sección de 32 mm de longitud con bordes guidores y jaladores afilados) ubicados a una distancia de 585 mm encima de la punta del cono.

The cone penetration tests (CPTu) are conducted using an integrated electronic piezocone penetrometer and data acquisition system manufactured by Adara Systems Ltd. of Richmond, British Columbia, Canada.

ConeTec's piezocone penetrometers are compression type designs in which the tip and friction sleeve load cells are independent and have separate load capacities. The piezocones use strain gauged load cells for tip and sleeve friction and a strain gauged diaphragm type transducer for recording pore pressure. The piezocones also have a platinum resistive temperature device (RTD) for monitoring the temperature of the sensors, an accelerometer type dual axis inclinometer and a geophone sensor for recording seismic signals. All signals are amplified down hole within the cone body and the analog signals are sent to the surface through a shielded cable.

ConeTec penetrometers are manufactured with various tip, friction and pore pressure capacities in both 10 cm² and 15 cm² tip base area configurations in order to maximize signal resolution for various soil conditions. The specific piezocone used for each test is described in the CPT summary table presented in the first Appendix. The 15 cm² penetrometers do not require friction reducers as they have a diameter larger than the deployment rods. The 10 cm² piezocones use a friction reducer consisting of a rod adapter extension behind the main cone body with an enlarged cross sectional area (typically 44 mm diameter over a length of 32 mm with tapered leading and trailing edges) located at a distance of 585 mm above the cone tip.

Los penetrómetros están diseñados con mangas de superficie de fricción final iguales, un ratio de superficie final neto de 0.8 y puntas de cono con un ángulo de vértice de 60 grados.

The penetrometers are designed with equal end area friction sleeves, a net end area ratio of 0.8 and cone tips with a 60 degree apex angle.

Todos los piezoconos de ConeTec pueden registrar la presión de poro en varias ubicaciones. A menos que se indique lo contrario, el filtro de presión de poro es ubicado directamente detrás de la punta del cono, en la ubicación “u₂” (ASTM tipo 2). El filtro tiene un espesor de 6 mm y está hecho de plástico poroso (polietileno) con un tamaño promedio de poro de 125 micrones (90-160 micrones). El filtro tiene como función de permitir movimientos rápidos de volúmenes de agua extremadamente pequeñas necesarias para activar el transductor de presión mientras evitando el ingreso o bloqueo de suelo.

All ConeTec piezocones can record pore pressure at various locations. Unless otherwise noted, the pore pressure filter is located directly behind the cone tip in the “u₂” position (ASTM Type 2). The filter is 6 mm thick, made of porous plastic (polyethylene) having an average pore size of 125 microns (90-160 microns). The function of the filter is to allow rapid movements of extremely small volumes of water needed to activate the pressure transducer while preventing soil ingress or blockage.

Los penetrómetros piezoconos están fabricados con dimensiones, tolerancias y características de sensor que están en general acuerdo con el estándar actual ASTM D5778. Los criterios de calibración de ConeTec también cumplen o exceden aquellos del estándar ASTM D5778 actual. Se presenta una ilustración del penetrómetro piezocono en la figura CPTu.

The piezocone penetrometers are manufactured with dimensions, tolerances and sensor characteristics that are in general accordance with the current ASTM D5778 standard. ConeTec’s calibration criteria also meets or exceeds those of the current ASTM D5778 standard. An illustration of the piezocone penetrometer is presented in Figure CPTu.

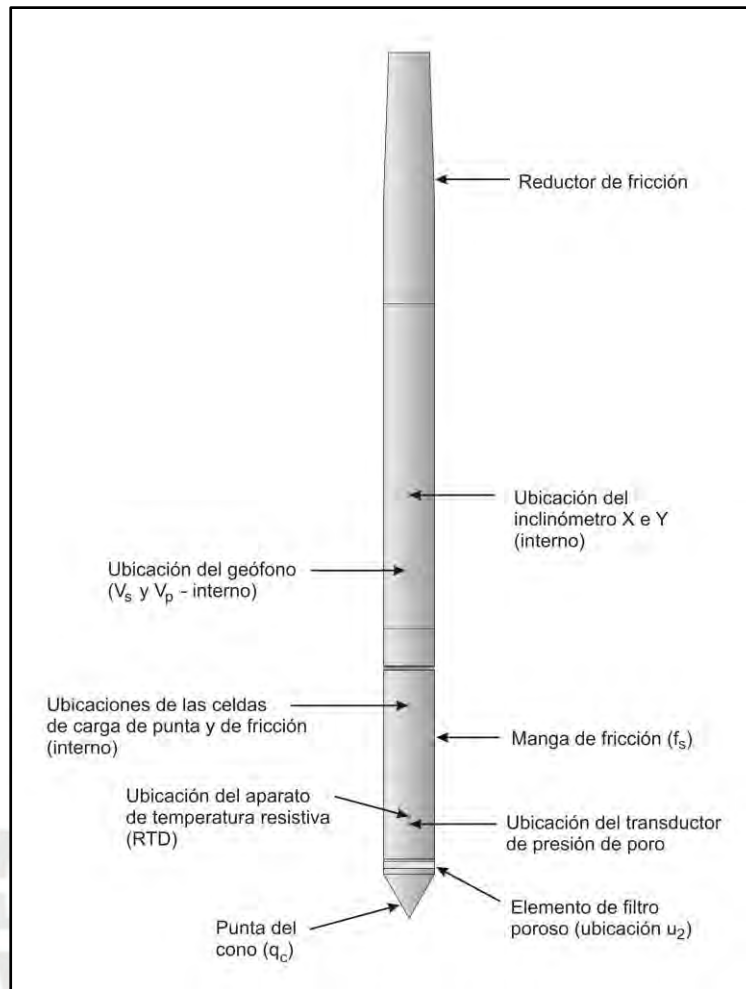


Figura CPTu. Penetrómetro Piezócono (15 cm²)

El Sistema de adquisición de datos de ConeTec consiste en una computadora con sistema operativo Windows y una caja de interface de suministro de energía y de acondicionador de señal con un convertidor de analógico a digital (A/D) de 16 bits. Los datos son registrados a incrementos de profundidad fijos utilizando una rueda de profundidad sujeta al cilindro de empuje o utilizando una rueda de profundidad de goma sostenida contra los tubos del cono mediante resortes. Los intervalos de registro típicos son de 2.5 o 5.0 cm según los requerimientos del proyecto; se puede arreglar incrementos de profundidad personalizados. El sistema muestra los datos de CPTu en tiempo real y registra los siguiente parámetros en un medio de almacenamiento durante la penetración:

The ConeTec data acquisition systems consist of a Windows based computer and a signal conditioner and power supply interface box with a 16 bit (or greater) analog to digital (A/D) converter. The data is recorded at fixed depth increments using a depth wheel attached to the push cylinders or by using a spring loaded rubber depth wheel that is held against the cone rods. The typical recording intervals are either 2.5 cm or 5.0 cm depending on project requirements; custom recording intervals are possible. The system displays the CPTu data in real time and records the following parameters to a storage media during penetration:

- Profundidad
- Resistencia de punta sin corrección (q_c)
- Fricción de manga (f_s)
- Presión de poro dinámica (u)
- Sensores adicionales tales como resistividad, gamma pasivo, fluorescencia inducida por ultra violeta, si aplicable.
- Depth
- Uncorrected tip resistance (q_c)
- Sleeve friction (f_s)
- Dynamic pore pressure (u)
- Additional sensors such as resistivity, passive gamma, ultra violet induced fluorescence, if applicable

Todos los ensayos son realizados de acuerdo a los procedimientos operativos de ConeTec, los cuales cumplen con el estándar actual ASTM D5778.

All testing is performed in accordance to ConeTec's CPT operating procedures which are in general accordance with the current ASTM D5778 standard.

Antes de iniciar un sondaje con CPTu, se elige un cono adecuado, se prende el sistema de adquisición de datos y el cono, se satura el sistema de presión de poro con glicerina o aceite de silicona, se registra las lecturas de línea base con el cono colgado libremente en una posición vertical.

Prior to the start of a CPTu sounding a suitable cone is selected, the cone and data acquisition system are powered on, the pore pressure system is saturated with either glycerine or silicone oil and the baseline readings are recorded with the cone hanging freely in a vertical position.

Se empuja el cono a una velocidad constante de 2 cm/s, dentro de las tolerancias aceptables. Normalmente se agrega tubos de 1 m de longitud con un diámetro externo de 1.5 pulgadas para avanzar el cono hacia la profundidad final. Después de retirar el cono, se registran las líneas base final.

The CPTu is conducted at a steady rate of 2 cm/s, within acceptable tolerances. Typically one meter length rods with an outer diameter of 1.5 inches are added to advance the cone to the sounding termination depth. After cone retraction final baselines are recorded.

Información adicional que pertenece a los procedimientos de ensayo de penetración de cono de ConeTec:

Additional information pertaining to ConeTec's cone penetration testing procedures:

- Cada filtro es saturado con aceite de silicona o glicerina bajo presión vacía antes de su uso.
- Las líneas base registradas son verificadas con un multi-metro independiente.
- Las lecturas de línea base están comparadas a las lecturas anteriores.
- Se terminan los sondajes a la profundidad que el cliente solicita o a una profundidad donde se encuentra una obstrucción, donde la tubería se dobla en exceso, donde ocurre una inclinación excesiva, donde es probable que ocurre un daño al
- Each filter is saturated in silicone oil or glycerine under vacuum pressure prior to use
- Recorded baselines are checked with an independent multi-meter
- Baseline readings are compared to previous readings
- Soundings are terminated at the client's target depth or at a depth where an obstruction is encountered, excessive rod flex occurs, excessive inclination occurs, equipment damage is likely to take place, or a dangerous working environment arises

equipo o donde se presenta un ambiente de trabajo peligroso.

- Las diferencias entre las líneas de base inicial y final son calculadas para asegurarse de que ninguna compensación de carga haya ocurrido y para asegurar el cumplimiento con los estándares ASTM.
- Differences between initial and final baselines are calculated to ensure zero load offsets have not occurred and to ensure compliance with ASTM standards

La interpretación de los datos de piezócono para este reporte se basa sobre la resistencia de punta corregida (q_t), la fricción de manga (f_s) y la presión de poro de agua (u). La interpretación de tipo de suelo se basa sobre las correlaciones desarrolladas por Robertson (1990) y Robertson (2009). Se debería notar que no es siempre posible identificar un tipo de suelo de manera precisa basándose sobre estos parámetros. En estas circunstancias, se puede utilizar la experiencia, el juicio y una evaluación de otros parámetros para determinar el tipo de comportamiento de suelo.

The interpretation of piezocone data for this report is based on the corrected tip resistance (q_t), sleeve friction (f_s) and pore water pressure (u). The interpretation of soil type is based on the correlations developed by Robertson (1990) and Robertson (2009). It should be noted that it is not always possible to accurately identify a soil type based on these parameters. In these situations, experience, judgment and an assessment of other parameters may be used to infer soil behaviour type.

La resistencia de punta registrada (q_c) es la fuerza total actuando sobre la punta del piezócono dividida por su superficie base. La resistencia de punta es corregida para los efectos de la presión de poro y se llama resistencia de punta corregida (q_t) de acuerdo a la expresión siguiente presentada en Robertson et al. 1986:

The recorded tip resistance (q_c) is the total force acting on the piezocone tip divided by its base area. The tip resistance is corrected for pore pressure effects and termed corrected tip resistance (q_t) according to the following expression presented in Robertson et al, 1986:

$$q_t = q_c + (1-a) \cdot u_2$$

$$q_t = q_c + (1-a) \cdot u_2$$

dónde:

- q_t es la resistencia de punta corregida
- q_c es la resistencia de punta registrada
- u_2 es la presión de poro dinámica registrada detrás de la punta (ubicación u_2)
- a es el ratio de superficie neto del piezócono (0.8 para los conos de ConeTec)

where:

- q_t is the corrected tip resistance
- q_c is the recorded tip resistance
- u_2 is the recorded dynamic pore pressure behind the tip (u_2 position)
- a is the Net Area Ratio for the piezocone (0.8 for ConeTec probes)

La fricción de manga (f_s) es la fuerza friccional sobre la manga dividida por su superficie. Como todos los conos de ConeTec tienen mangas de fricción de superficie final iguales, no se requiere correcciones de presión de poro sobre los datos de manga.

The sleeve friction (f_s) is the frictional force on the sleeve divided by its surface area. As all ConeTec piezocones have equal end area friction sleeves, pore pressure corrections to the sleeve data are not required.

La presión de poro dinámica (u) es una medida de las presiones de poro generadas durante la penetración del cono. Para registrar presión de poro en equilibrio, se debe parar la penetración para permitir la estabilización de las presiones de poro dinámicas. La velocidad a la cual eso ocurre es una función predominada por la permeabilidad del suelo y el diámetro del cono.

The dynamic pore pressure (u) is a measure of the pore pressures generated during cone penetration. To record equilibrium pore pressure, the penetration must be stopped to allow the dynamic pore pressures to stabilize. The rate at which this occurs is predominantly a function of the permeability of the soil and the diameter of the cone.

El ratio de fricción (R_f) es un parámetro calculado. Se define como el ratio de la fricción de manga sobre la resistencia de la punta expresado como un porcentaje. En general, suelos cohesivos tienen una resistencia de punta baja, ratios de fricciones elevados y generan presiones de poro de agua en exceso grandes. Suelos sin cohesión tienen resistencias de punta altas, ratios de fricción más bajos y no generan excesos de presión de poro de agua significativos.

The friction ratio (R_f) is a calculated parameter. It is defined as the ratio of sleeve friction to the tip resistance expressed as a percentage. Generally, saturated cohesive soils have low tip resistance, high friction ratios and generate large excess pore water pressures. Cohesionless soils have higher tip resistances, lower friction ratios and do not generate significant excess pore water pressure.

Se proporciona un resumen de los sondeos CPTu con los detalles del ensayo y gráficos individuales en los anexos. Se generó un juego de archivos de interpretación para cada sondeo basándose sobre correlaciones publicadas y se proporcionan dichos archivos en formato Excel en la carpeta de datos entregada. La información acerca de los métodos de interpretación está incluida en un anexo.

A summary of the CPTu soundings along with test details and individual plots are provided in the appendices. A set of interpretation files were generated for each sounding based on published correlations and are provided in Excel format in the data release folder. Information regarding the interpretation methods used is included in an appendix.

Para información adicional sobre las interpretaciones del CPTu, referirse a Robertson et al. (1986), Lunne et al. (1997), Robertson (2009), Mayne (2013, 2014) y Mayne y Peuchen (2012).

For additional information on CPTu interpretations, refer to Robertson et al. (1986), Lunne et al. (1997), Robertson (2009), Mayne (2013, 2014) and Mayne and Peuchen (2012).

Referencias - References

ASTM D5778-12, 2012, "Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils", ASTM, West Conshohocken, US.

Lunne, T., Robertson, P.K. and Powell, J. J. M., 1997, "Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice", Blackie Academic and Professional.

Mayne, P.W., 2013, "Evaluating yield stress of soils from laboratory consolidation and in-situ cone penetration tests", Sound Geotechnical Research to Practice (Holtz Volume) GSP 230, ASCE, Reston/VA: 406-420.

Mayne, P.W. and Peuchen, J., 2012, "Unit weight trends with cone resistance in soft to firm clays", *Geotechnical and Geophysical Site Characterization 4*, Vol. 1 (Proc. ISC-4, Pernambuco), CRC Press, London: 903-910.

Mayne, P.W., 2014, "Interpretation of geotechnical parameters from seismic piezocone tests", CPT'14 Keynote Address, Las Vegas, NV, May 2014.

Robertson, P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D. and Greig, J., 1986, "Use of Piezometer Cone Data", *Proceedings of InSitu 86*, ASCE Specialty Conference, Blacksburg, Virginia.

Robertson, P.K., 1990, "Soil Classification Using the Cone Penetration Test", *Canadian Geotechnical Journal*, Volume 27: 151-158.

Robertson, P.K., 2009, "Interpretation of cone penetration tests – a unified approach", *Canadian Geotechnical Journal*, Volume 46: 1337-1355.



Se detiene el ensayo de penetración de cono a profundidades específicas para llevar a cabo ensayos de disipación de presión de poro (PPD), ilustrado en Figura PPD-1. Para cada ensayo de disipación, se desacopla el cono y sus tubos de la máquina de empuje y el sistema de adquisición de datos mide y registra la variación de la presión de poro (u) con el tiempo (t).

The cone penetration test is halted at specific depths to carry out pore pressure dissipation (PPD) tests, shown in Figure PPD-1. For each dissipation test the cone and rods are decoupled from the rig and the data acquisition system measures and records the variation of the pore pressure (u) with time (t).

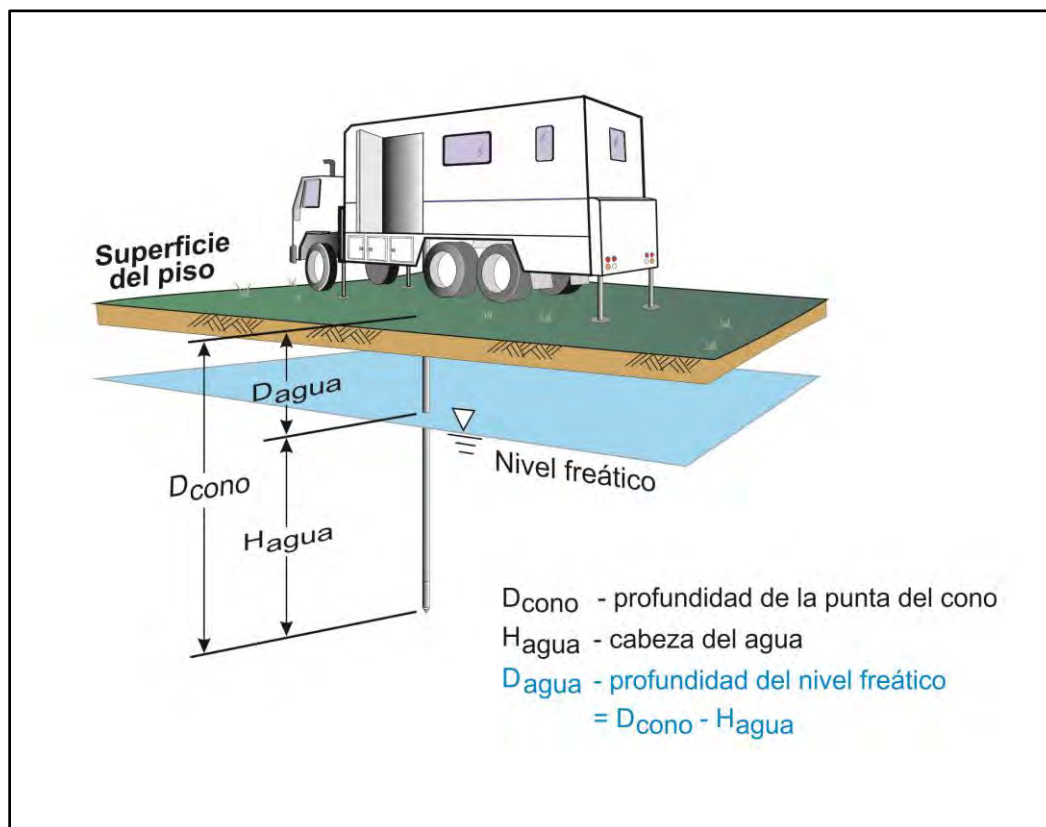


Figura PPD-1. Instalación de ensayo de disipación de presión de poro

Se puede interpretar los datos de disipación de presión de poro para proporcionar estimaciones de condiciones de agua subterránea, permeabilidad, características de consolidación y comportamiento de suelo.

Pore pressure dissipation data can be interpreted to provide estimates of ground water conditions, permeability, consolidation characteristics and soil behaviour.

Las formas típicas de curvas de disipación ilustradas en la Figura PPD-2 están muy útiles para evaluar el tipo de suelo, el drenaje, la presión de poro in situ y las propiedades del suelo. Una curva plana que se estabiliza rápidamente es típica de una arena con drenaje libre. Suelos sin drenaje tales como arcilla normalmente mostrarán una presión de poro excesivamente positiva y tienen

The typical shapes of dissipation curves shown in Figure PPD-2 are very useful in assessing soil type, drainage, in situ pore pressure and soil properties. A flat curve that stabilizes quickly is typical of a freely draining sand. Undrained soils such as clays will typically show positive excess pore pressure and have long dissipation times. Dilative soils will often exhibit dynamic pore pressures below

tiempos largos de disipación. Suelos dilatados a menudo mostrarán presiones de poro dinámicas bajo el equilibrio que luego aumentan con el tiempo. Suelos de granos finos sobre consolidados mostrarán a menudo una respuesta dilatoria inicial donde hay un aumento inicial de la presión de poro antes de alcanzar un pico y luego disipar.

equilibrium that then rise over time. Overconsolidated fine-grained soils will often exhibit an initial dilatory response where there is an initial rise in pore pressure before reaching a peak and dissipating.

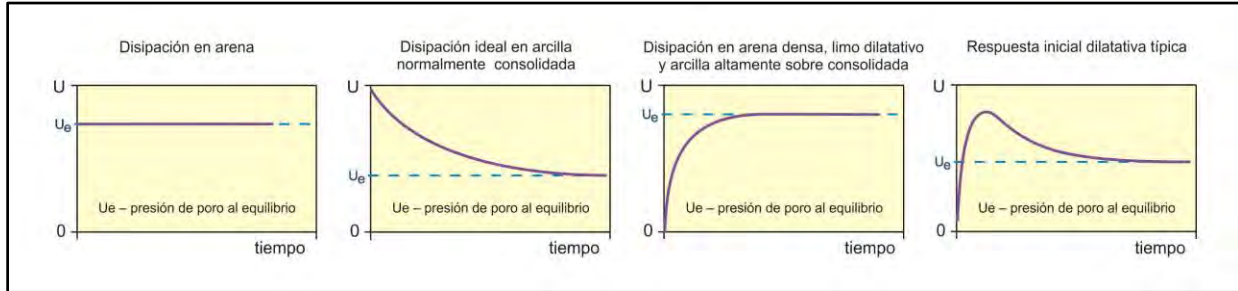


Figura PPD-2. Ejemplos de curvas de disipación de presión de poro

Para interpretar la presión de poro al equilibrio (U_{eq}) y la superficie aparente del nivel freático, Se debería monitorear la presión de poro hasta tal tiempo de que no hay variación de presión de poro con el tiempo tal como ilustrado en cada curva de la Figura PPD-2.

In order to interpret the equilibrium pore pressure (u_{eq}) and the apparent phreatic surface, the pore pressure should be monitored until such time as there is no variation in pore pressure with time as shown for each curve of Figure PPD-2.

En depósitos de grano fino al punto en el cual el 100% del exceso de presión de poro se ha disipado es conocido como t_{100} . En algunos casos eso puede tomar una cantidad excesiva de tiempo y podría ser poco práctico de llevar la disipación hasta t_{100} . Un análisis teórico de las disipaciones de presión de poro por Teh y Houlsby (1991) muestran que se puede utilizar una sola curva que relaciona el grado de disipación con el factor de tiempo teórico (T^*) para calcular el coeficiente de consolidación (c_h) a varios grados de disipación como resultado de la expresión para c_h ilustrada abajo.

In fine grained deposits the point at which 100% of the excess pore pressure has dissipated is known as t_{100} . In some cases this can take an excessive amount of time and it may be impractical to take the dissipation to t_{100} . A theoretical analysis of pore pressure dissipations by Teh and Houlsby (1991) showed that a single curve relating degree of dissipation versus theoretical time factor (T^*) may be used to calculate the coefficient of consolidation (c_h) at various degrees of dissipation resulting in the expression for c_h shown below.

$$c_h = \frac{T^* \cdot a^2 \cdot \sqrt{I_r}}{t}$$

$$c_h = \frac{T^* \cdot a^2 \cdot \sqrt{I_r}}{t}$$

dónde:

- T^* es el factor de tiempo sin dimensión (factor de tiempo de tabla)
- A es el radio del cono
- I_r es el índice de rigidez
- t es el tiempo al grado de consolidación

where:

- T^* is the dimensionless time factor (Table Time Factor)
- a is the radius of the cone
- I_r is the rigidity index
- t is the time at the degree of consolidation

Tabla de Factor de tiempo. T* contra grado de disipación (Teh and Houlsby, 1991)

Grado de disipación (%)	20	30	40	50	60	70	80
T* (u ₂)	0.038	0.078	0.142	0.245	0.439	0.804	1.60

Se analiza el coeficiente de consolidación típicamente utilizando el tiempo (t_{50}) correspondiente a un grado de disipación de 50% (u_{50}). Para determinar t_{50} , se debe llevar a cabo los ensayos de disipación hasta una presión inferior a u_{50} . El valor de u_{50} es la mitad de camino entre la presión de poro máxima inicial y el valor de presión de poro al equilibrio, conocida como u_{100} . Para estimar u_{50} , se debe conocer ambas presiones de poro máxima inicial y u_{100} o una estimación de ellas. Se puede considerar otros grados de disipación, en particular para disipaciones muy largas.

A cualquier grado específico de disipación, la presión de poro al equilibrio (u a u_{100}) debe ser estimada a la profundidad de interés. El valor de equilibrio puede ser determinada desde una o varias fuentes como midiendo directamente el valor (u_{100}), estimándola desde otras disipaciones en un perfil idéntico, estimando la superficie freática y asumiendo condiciones hidrostáticas, desde sondajes cercanos, información proporcionada por el cliente, observaciones de campo y/o experiencia pasada, o desde otra instrumentación de campo.

Para cálculos de c_h (Teh and Houlsby, 1991), se estiman los valores de t_{50} desde la curva de disipación de presión de poro correspondiente y se asume un índice de rigidez (I_r). Para curvas con una respuesta inicial dilatoria en la cual ocurre un aumento inicial de la presión de poro antes de alcanzar un pico, se utiliza el tiempo relativo desde el valor del pico para determinar t_{50} . En algunos casos para los cuales el tiempo al pico es excesivo, no se calculan los valores de t_{50} .

Debido a incertidumbres inherentes posibles para estimar I_r , la presión de poro al equilibrio y el efecto de una respuesta inicial dilatoria sobre el

The coefficient of consolidation is typically analyzed using the time (t_{50}) corresponding to a degree of dissipation of 50% (u_{50}). In order to determine t_{50} , dissipation tests must be taken to a pressure less than u_{50} . The u_{50} value is half way between the initial maximum pore pressure and the equilibrium pore pressure value, known as u_{100} . To estimate u_{50} , both the initial maximum pore pressure and u_{100} must be known or estimated. Other degrees of dissipations may be considered, particularly for extremely long dissipations.

At any specific degree of dissipation the equilibrium pore pressure (u at t_{100}) must be estimated at the depth of interest. The equilibrium value may be determined from one or more sources such as measuring the value directly (u_{100}), estimating it from other dissipations in the same profile, estimating the phreatic surface and assuming hydrostatic conditions, from nearby soundings, from client provided information, from site observations and/or past experience, or from other site instrumentation.

For calculations of c_h (Teh and Houlsby, 1991), t_{50} values are estimated from the corresponding pore pressure dissipation curve and a rigidity index (I_r) is assumed. For curves having an initial dilatory response in which an initial rise in pore pressure occurs before reaching a peak, the relative time from the peak value is used in determining t_{50} . In cases where the time to peak is excessive, t_{50} values are not calculated.

Due to possible inherent uncertainties in estimating I_r , the equilibrium pore pressure and the effect of an initial dilatory response on

cálculo de t_{50} , se debería aplicar otros métodos para confirmar los resultados para c_h .

calculating t_{50} , other methods should be applied to confirm the results for c_h .

Métodos adicionales publicados para estimar el coeficiente de consolidación desde un ensayo de piezocono están descritas en Burns y Mayne (1998, 2002), Jones y Van Zyl (1981), Robertson et al. (1992) y Sully et al. (1999).

Additional published methods for estimating the coefficient of consolidation from a piezocone test are described in Burns and Mayne (1998, 2002), Jones and Van Zyl (1981), Robertson et al. (1992) and Sully et al. (1999).

Se presenta un resumen de los ensayos de disipación de presión de poro y gráficos de disipación en el anexo pertinente.

A summary of the pore pressure dissipation tests and dissipation plots are presented in the relevant appendix.

Referencias - References

Burns, S.E. and Mayne, P.W., 1998, "Monotonic and dilatatory pore pressure decay during piezocone tests", Canadian Geotechnical Journal 26 (4): 1063-1073.

Burns, S.E. and Mayne, P.W., 2002, "Analytical cavity expansion-critical state model cone dissipation in fine-grained soils", Soils & Foundations, Vol. 42(2): 131-137.

Jones, G.A. and Van Zyl, D.J.A., 1981, "The piezometer probe: a useful investigation tool", Proceedings, 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, Stockholm: 489-495.

Robertson, P.K., Sully, J.P., Woeller, D.J., Lunne, T., Powell, J.J.M. and Gillespie, D.G., 1992, "Estimating coefficient of consolidation from piezocone tests", Canadian Geotechnical Journal, 29(4): 551-557.

Sully, J.P., Robertson, P.K., Campanella, R.G. and Woeller, D.J., 1999, "An approach to evaluation of field CPTU dissipation data in overconsolidated fine-grained soils", Canadian Geotechnical Journal, 36(2): 369-381.

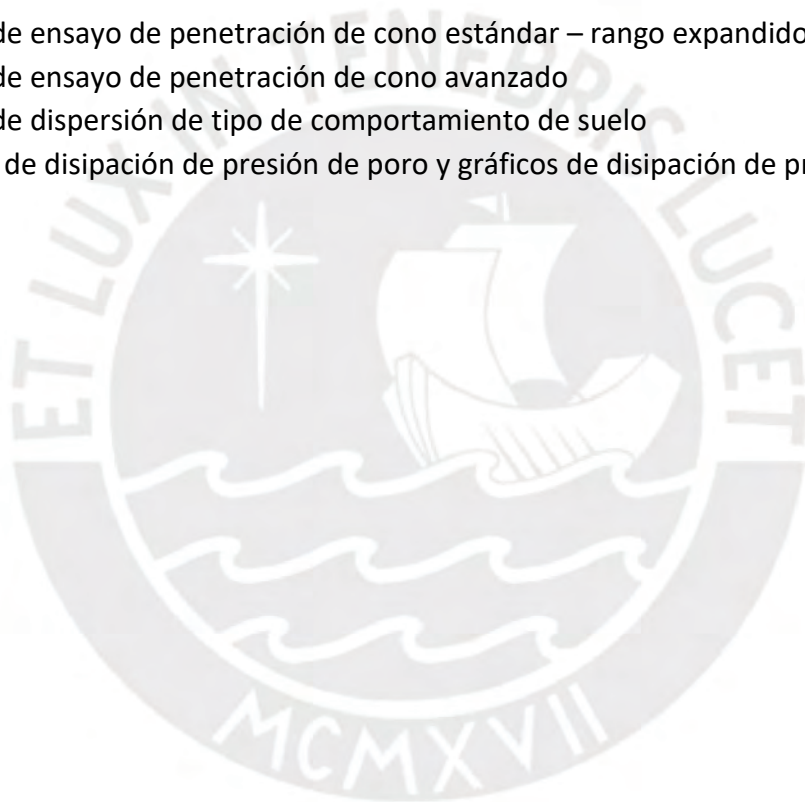
Teh, C.I., and Houlsby, G.T., 1991, "An analytical study of the cone penetration test in clay", Geotechnique, 41(1): 17-34.

The appendices listed below are included in the report:

- Cone Penetration Test Summary and Standard Cone Penetration Test Plots
- Standard Cone Penetration Test Plots – Expanded Range
- Advanced Cone Penetration Test Plots
- Soil Behavior Type (SBT) Scatter Plots
- Pore Pressure Dissipation Summary and Pore Pressure Dissipation Plots

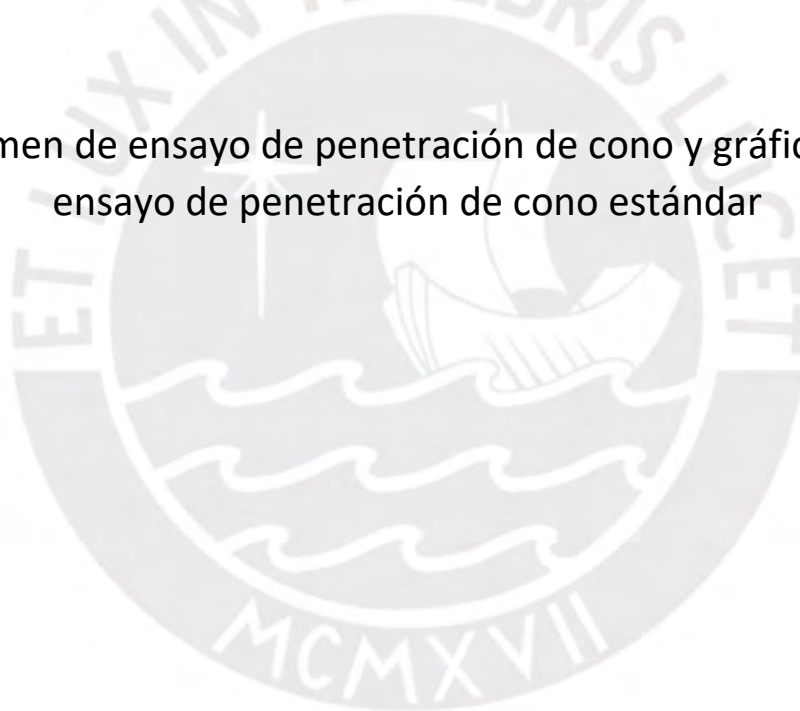
Se incluyeron los anexos siguientes listados a continuación:

- Resumen de ensayo de penetración de cono y gráficos de ensayo de penetración de cono estándar
- Gráficos de ensayo de penetración de cono estándar – rango expandido
- Gráficos de ensayo de penetración de cono avanzado
- Gráficos de dispersión de tipo de comportamiento de suelo
- Resumen de disipación de presión de poro y gráficos de disipación de presión de poro



Cone Penetration Test Summary and Standard Cone Penetration Test Plots

Resumen de ensayo de penetración de cono y gráficos de ensayo de penetración de cono estándar





Job No: 17-72011
Client: Soletanche Bachy Peru
Project: ETNA
Start Date: 14-Nov-2017
End Date: 26-Jan-2018

CONE PENETRATION TEST SUMMARY

Sounding ID	File Name	Date	Cone	Assumed Phreatic Surface ¹ (m)	Final Depth (m)	Northing ² (m)	Easting (m)	Refer to Notation Number
CPT17-17	17-72011_CP17	25-Jan-2018	432:T1500F15U500		4.150	8618296	311967	
CPT17-18	17-72011_CP18	25-Jan-2018	432:T1500F15U500		7.100	8618366	311943	
CPT17-19	17-72011_CP19	25-Jan-2018	432:T1500F15U500		3.650	8618279	311881	
CPT17-20	17-72011_CP20	25-Jan-2018	432:T1500F15U500		2.800	8618355	311877	
CPT17-21	17-72011_CP21	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		2.300	8618234	312061	
CPT17-22	17-72011_CP22	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		5.425	8618245	312132	
CPT17-23	17-72011_CP23	14-Nov-2017	373:T1500F15U500		4.425	8618311	312009	
CPT17-24	17-72011_CP24	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		5.475	8618314	312055	
CPT17-25	17-72011_CP25	05-Dec-2017	373:T1500F15U500		2.125	8618305	312098	
CPT17-25B	17-72011_CP25B	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		4.800	8618305	312098	
CPT17-26	17-72011_CP26	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		5.450	8618317	312149	
CPT17-27	17-72011_CP27	05-Dec-2017	373:T1500F15U500		5.500	8618414	312019	
CPT17-28	17-72011_CP28	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		6.500	8618398	312102	
CPT17-29	17-72011_CP29	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		4.800	8618446	312122	
CPT17-30	17-72011_CP30	26-Jan-2018	432:T1500F15U500		1.925	8618177	312163	

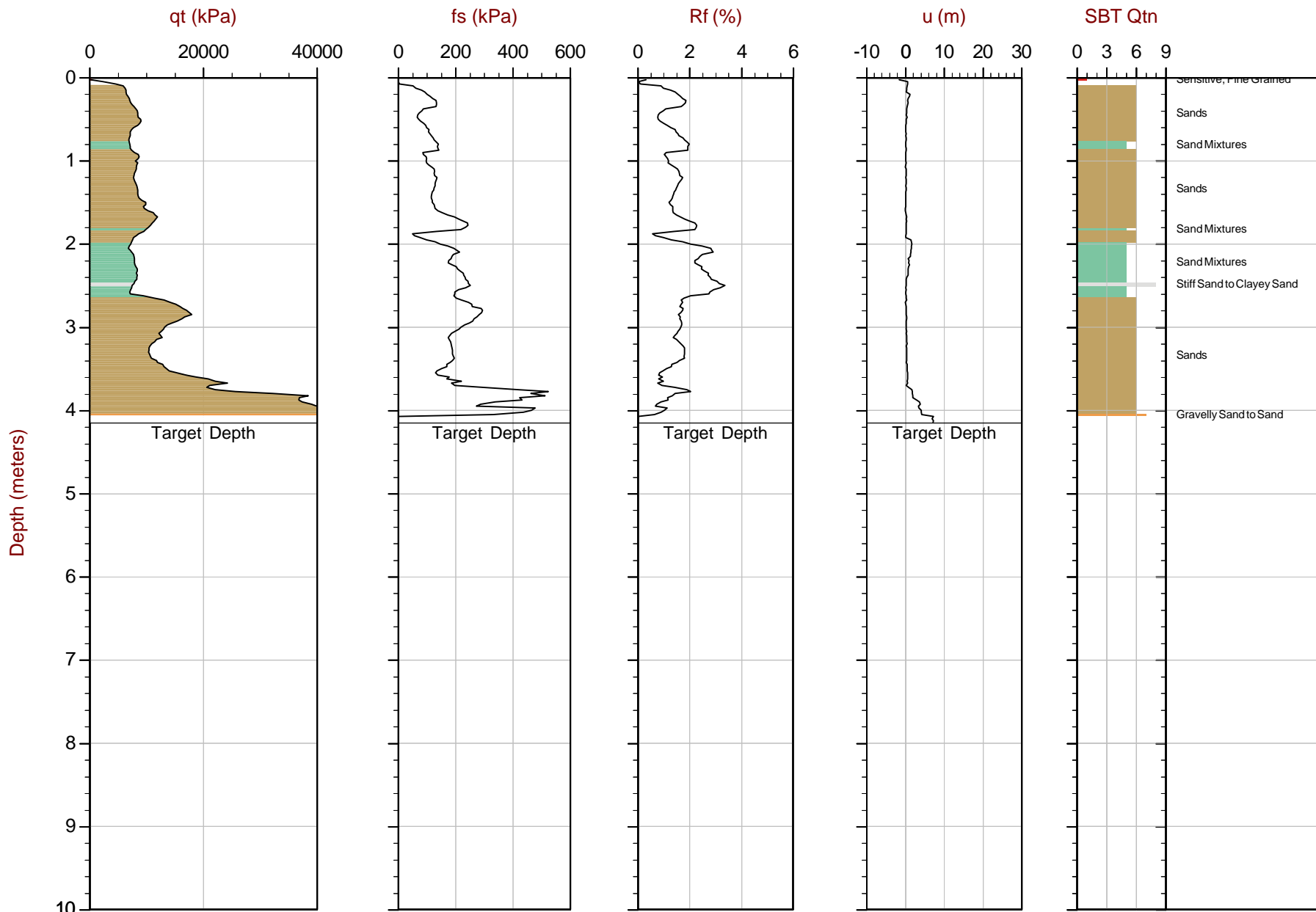
1. No phreatic surface was detected. Unsaturated conditions were assumed for the calculated parameters.
2. Coordinates were provided by the client. Datum: WGS 1984 / UTM Zone 18 South.



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 14:43
Site: ETNA

Sounding: CPT17-17
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.150 m / 13.62 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP17.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618296m E: 311967m
Sheet No: 1 of 1

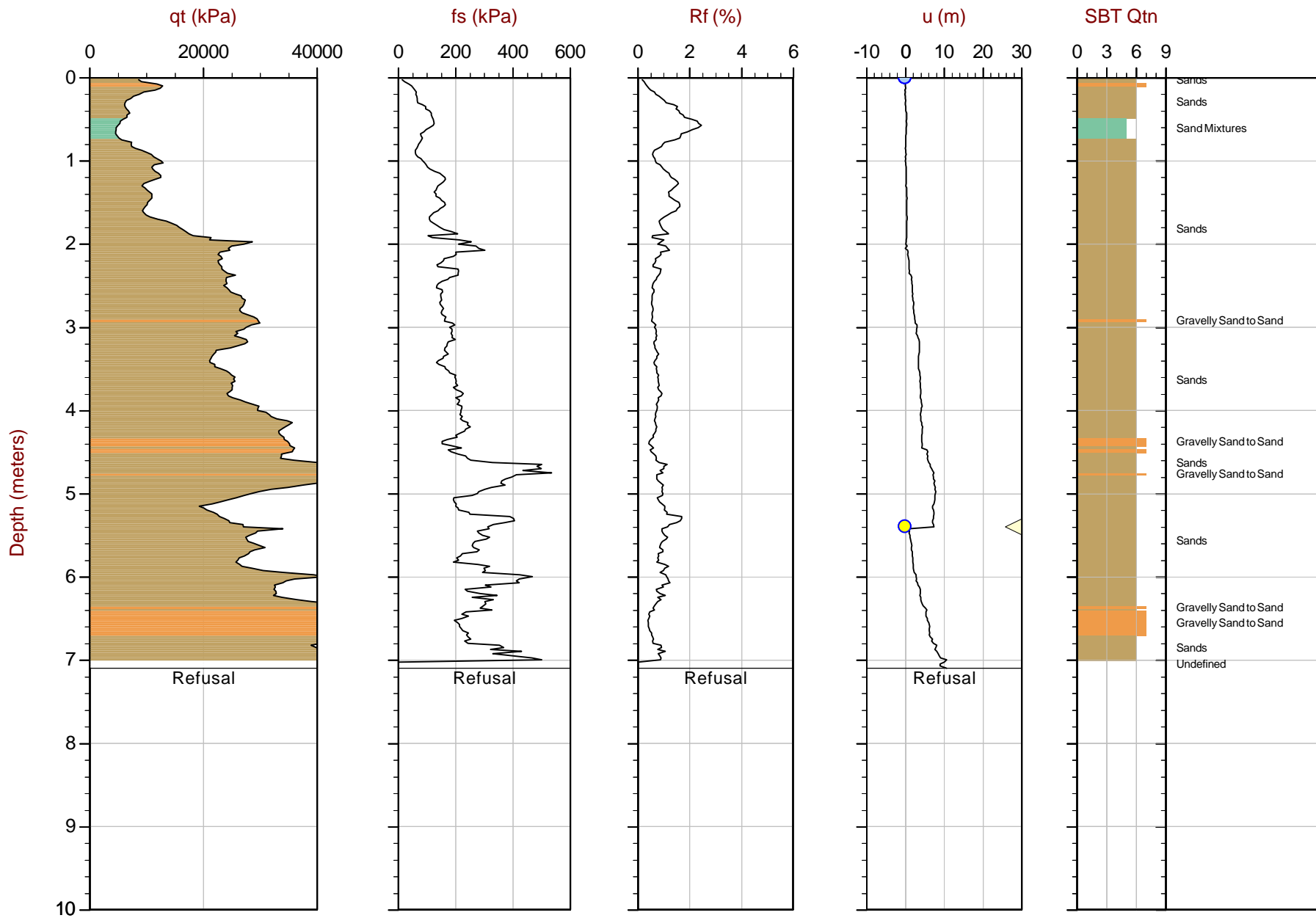
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 15:32
Site: ETNA

Sounding: CPT17-18
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 7.100 m / 23.29 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP18.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618366m E: 311943m
Sheet No: 1 of 1

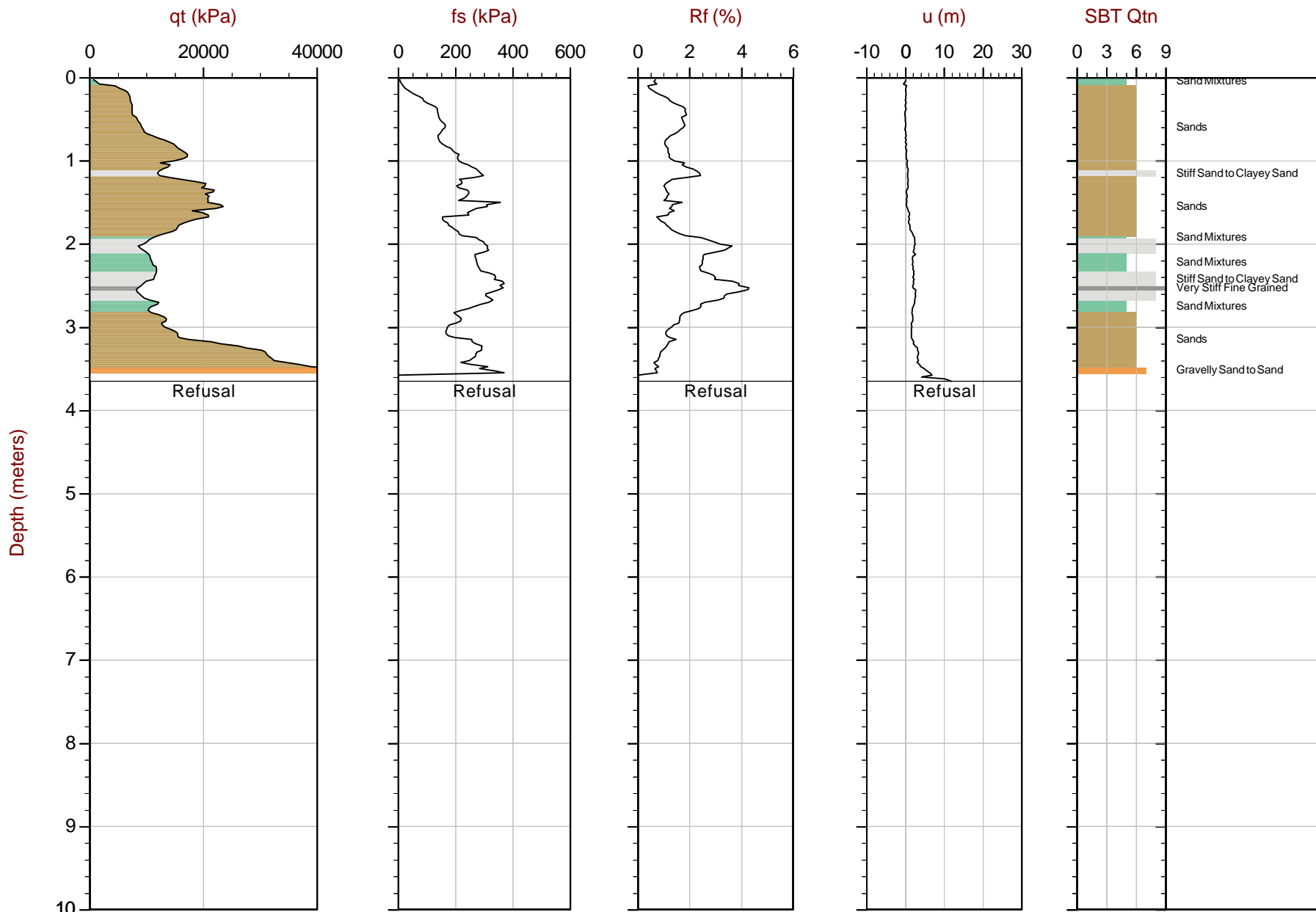
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 13:42
Site: ETNA

Sounding: CPT17-19
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 3.650 m / 11.97 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP19.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618279m E: 311881m
Sheet No: 1 of 1

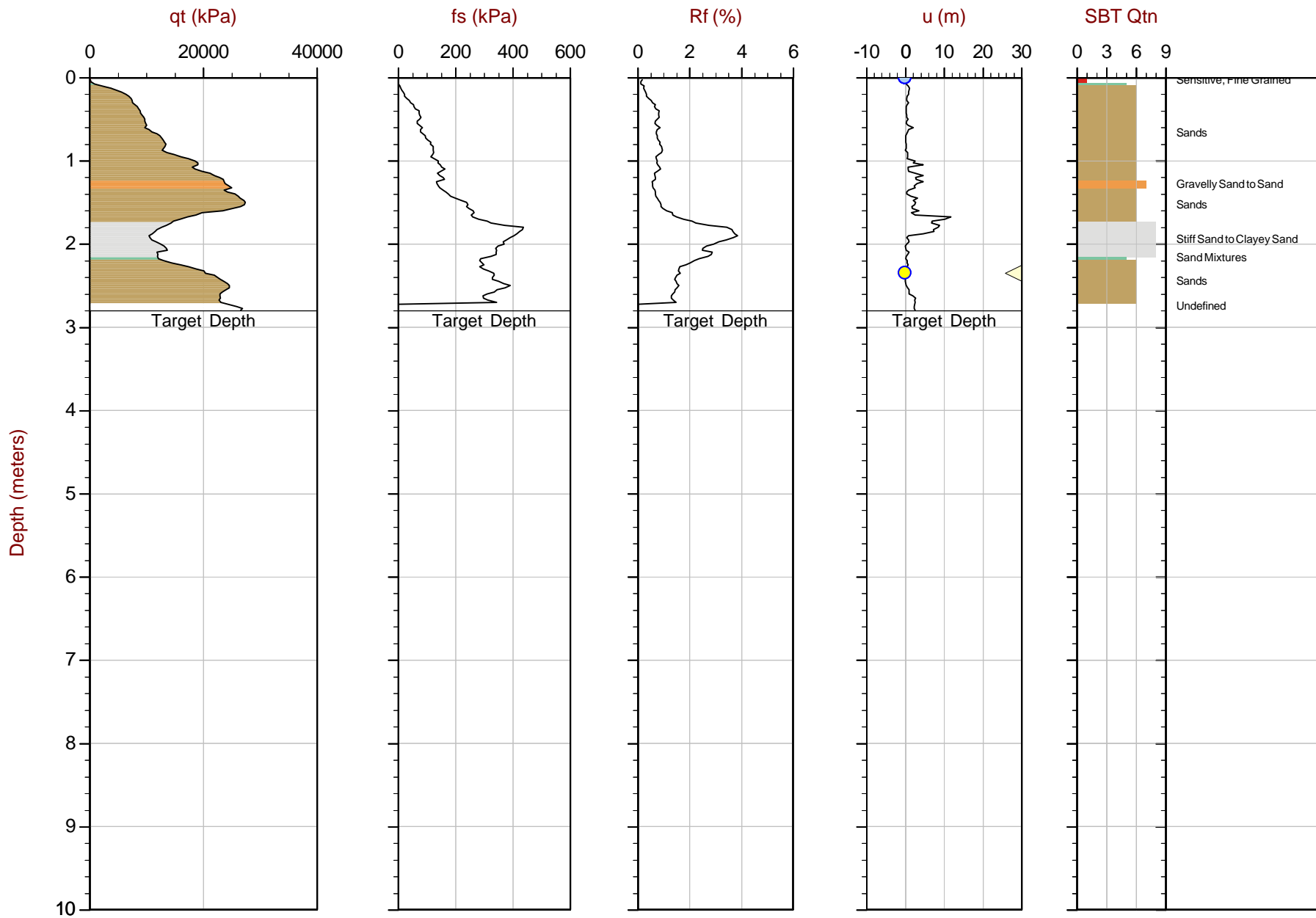
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 11:00
Site: ETNA

Sounding: CPT17-20
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.800 m / 9.19 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP20.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618355m E: 311877m
Sheet No: 1 of 1

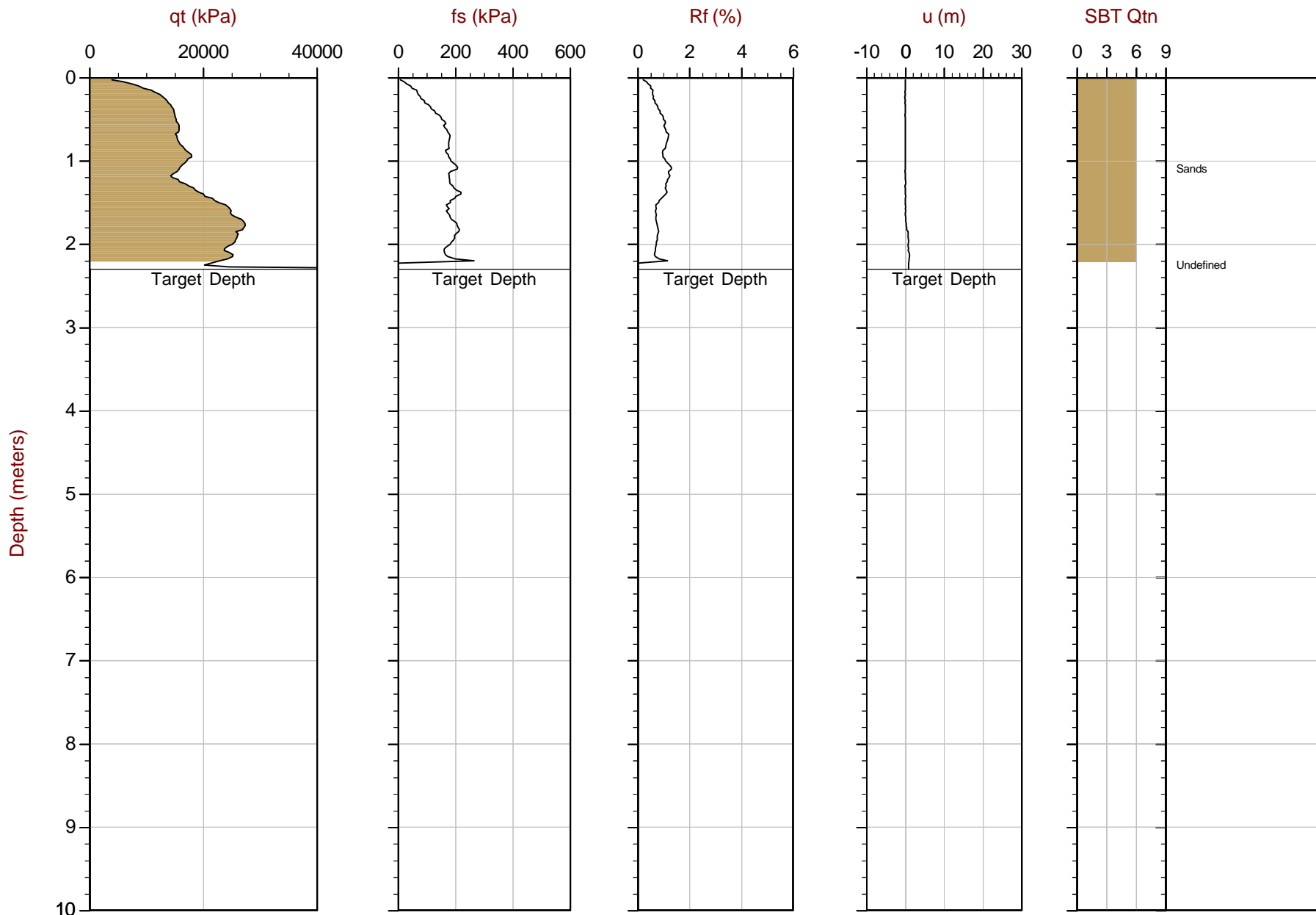
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 12:45
Site: ETNA

Sounding: CPT17-21
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.300 m / 7.55 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP21.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618234mE: 312061m
Sheet No: 1 of 1

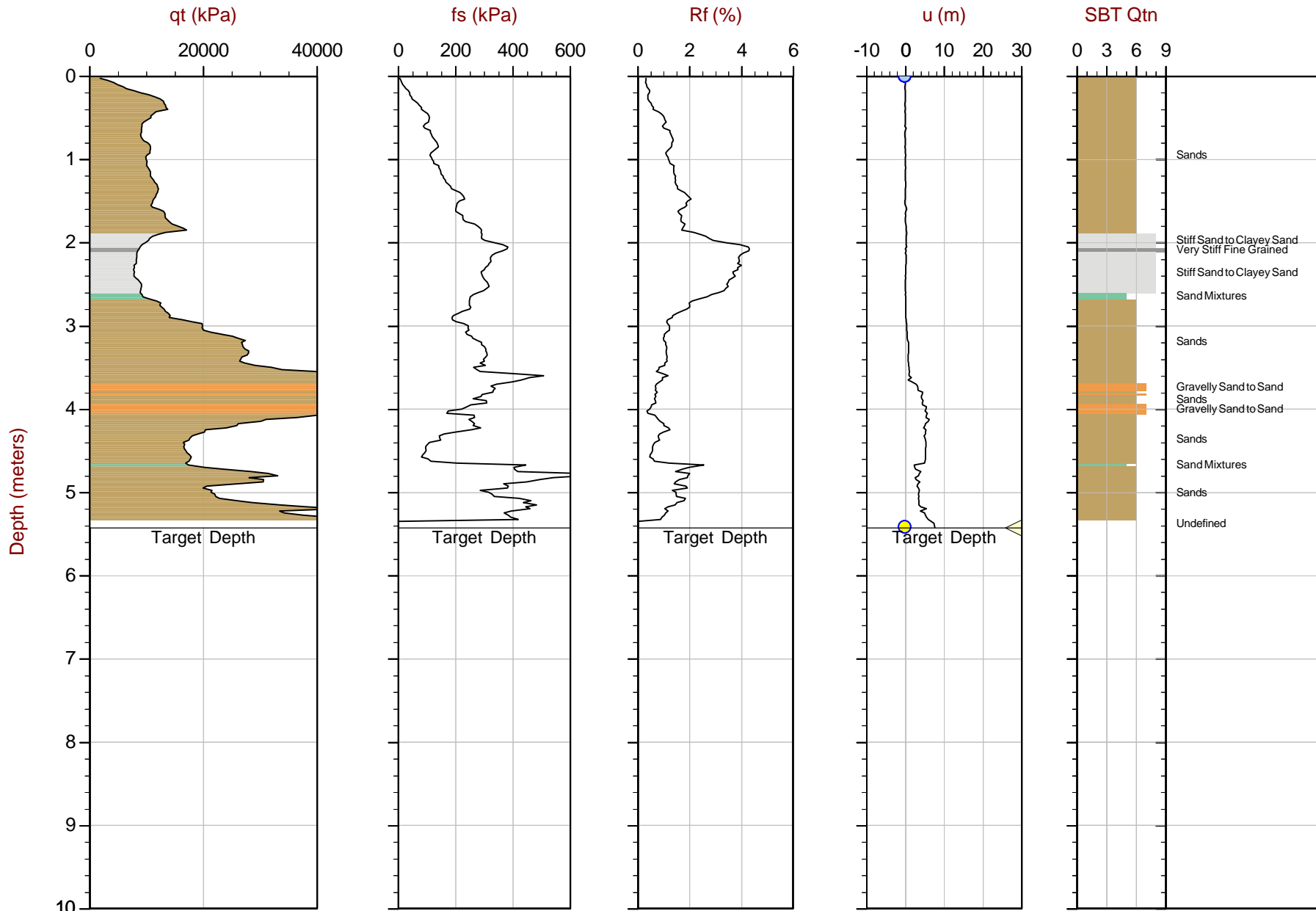
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 13:15
Site: ETNA

Sounding: CPT17-22
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.425 m / 17.80 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP22.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618245m E: 312132m
Sheet No: 1 of 1

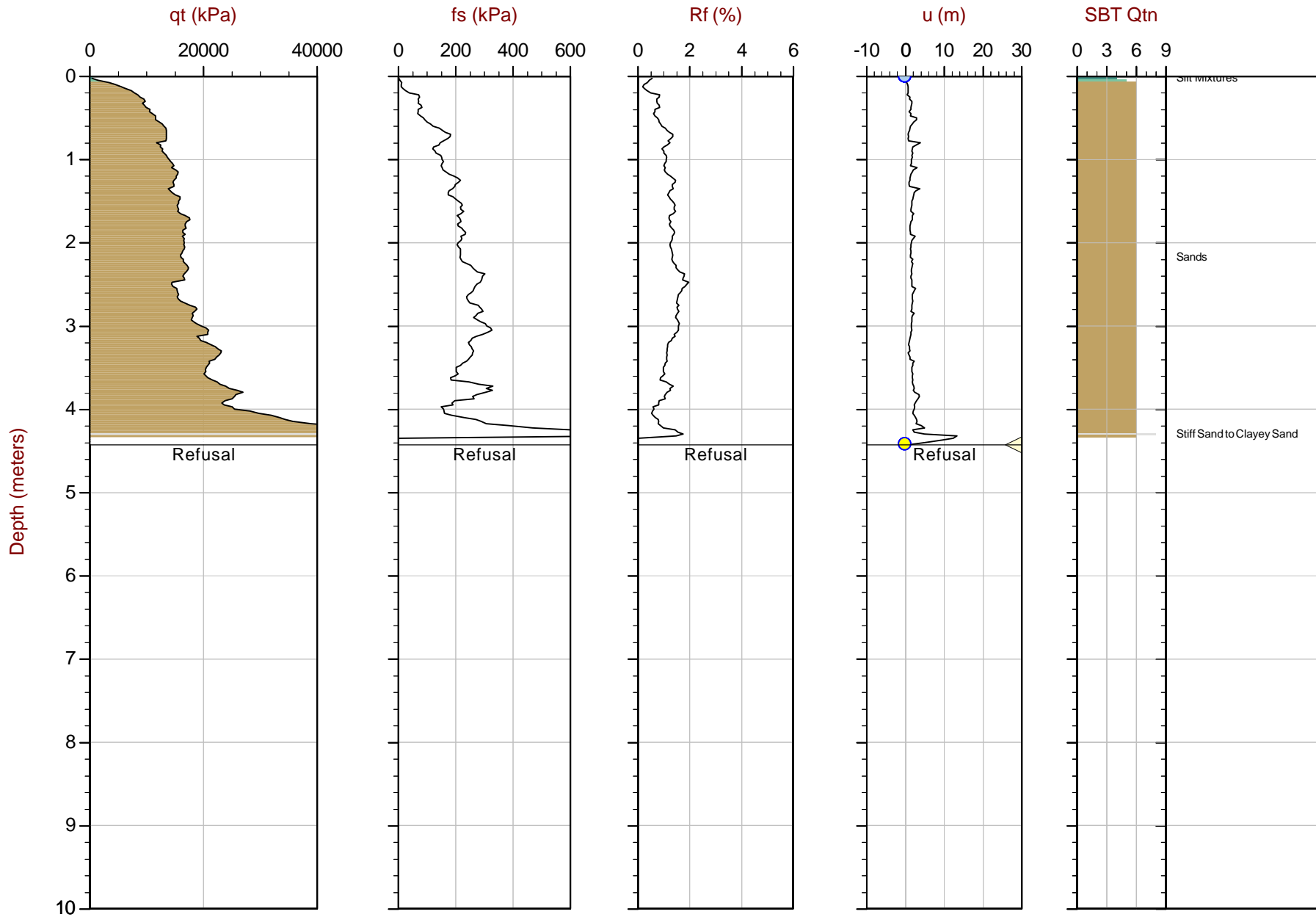
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-11-14 13:17
Site: ETNA

Sounding: CPT17-23
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 4.425 m / 14.52 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP23.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

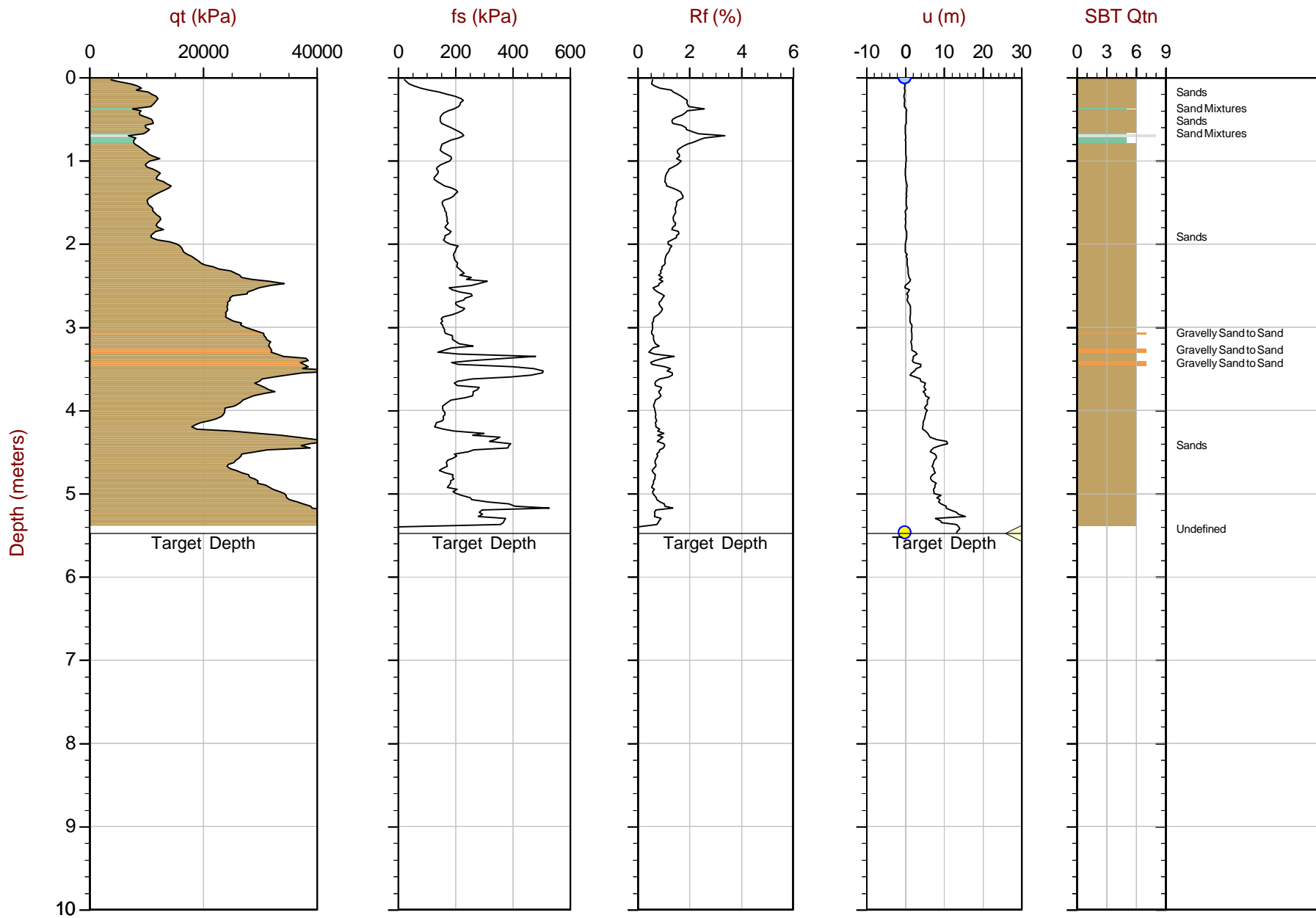
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618311 m E: 312009 m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 11:44
Site: ETNA

Sounding: CPT17-24
Cone: 432:T1500F15U500

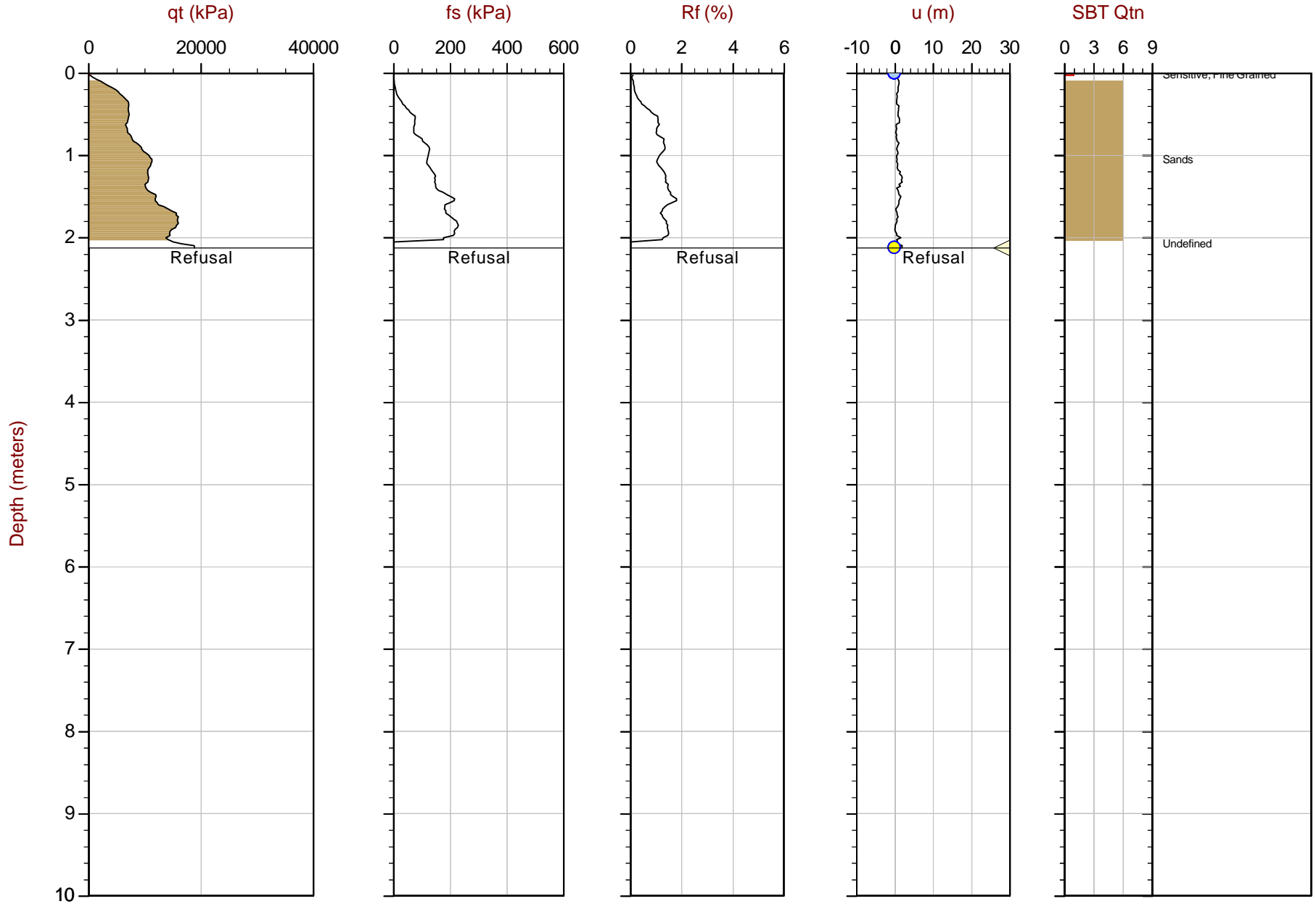


Max Depth: 5.475 m / 17.96 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP24.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618314 m E: 312055 m
Sheet No: 1 of 1

Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Max Depth: 2.125 m / 6.97 ft
 Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
 Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP25.COR
 Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
 Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
 Sheet No: 1 of 1

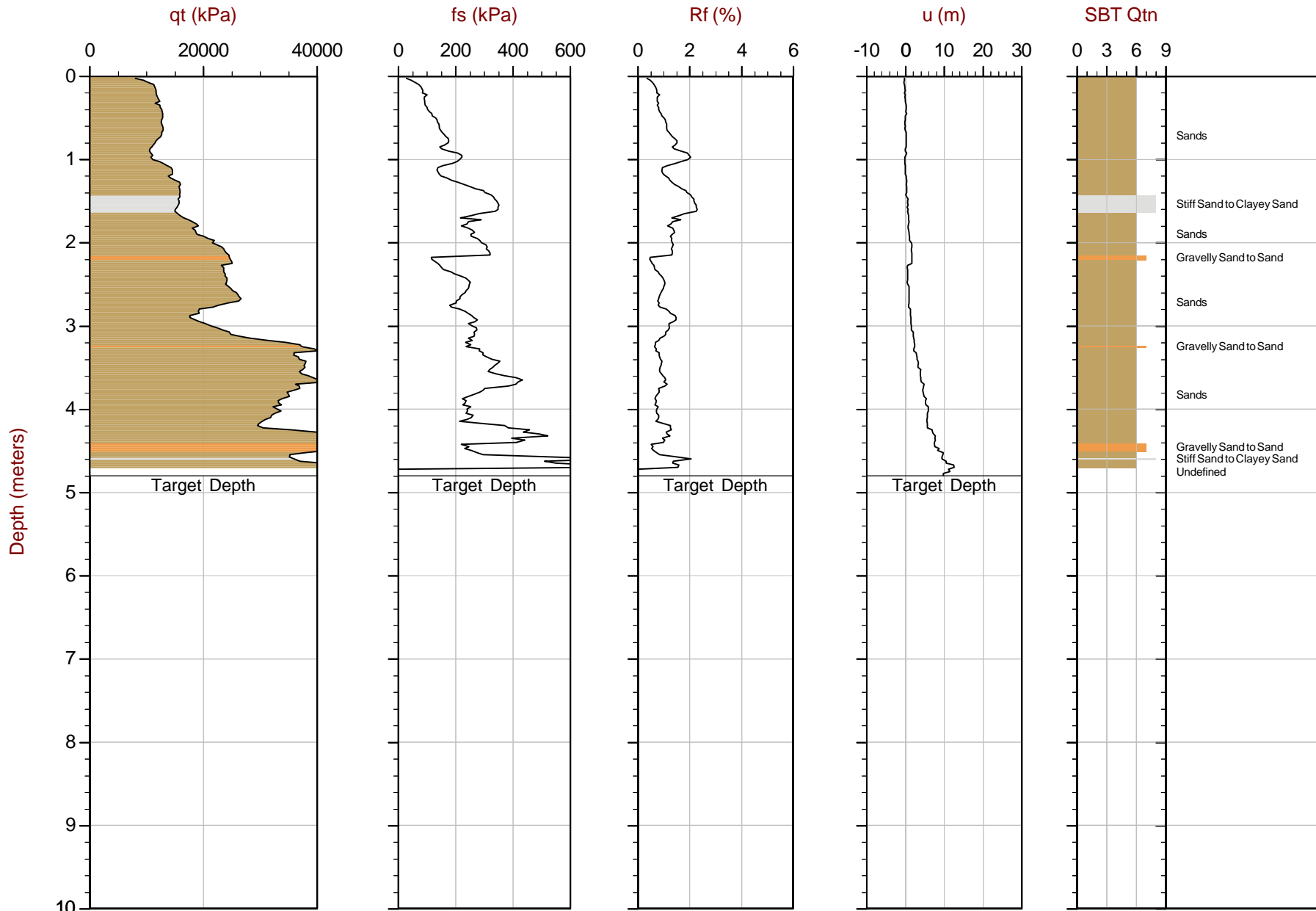
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:11
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25B
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP25B.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
Sheet No: 1 of 1

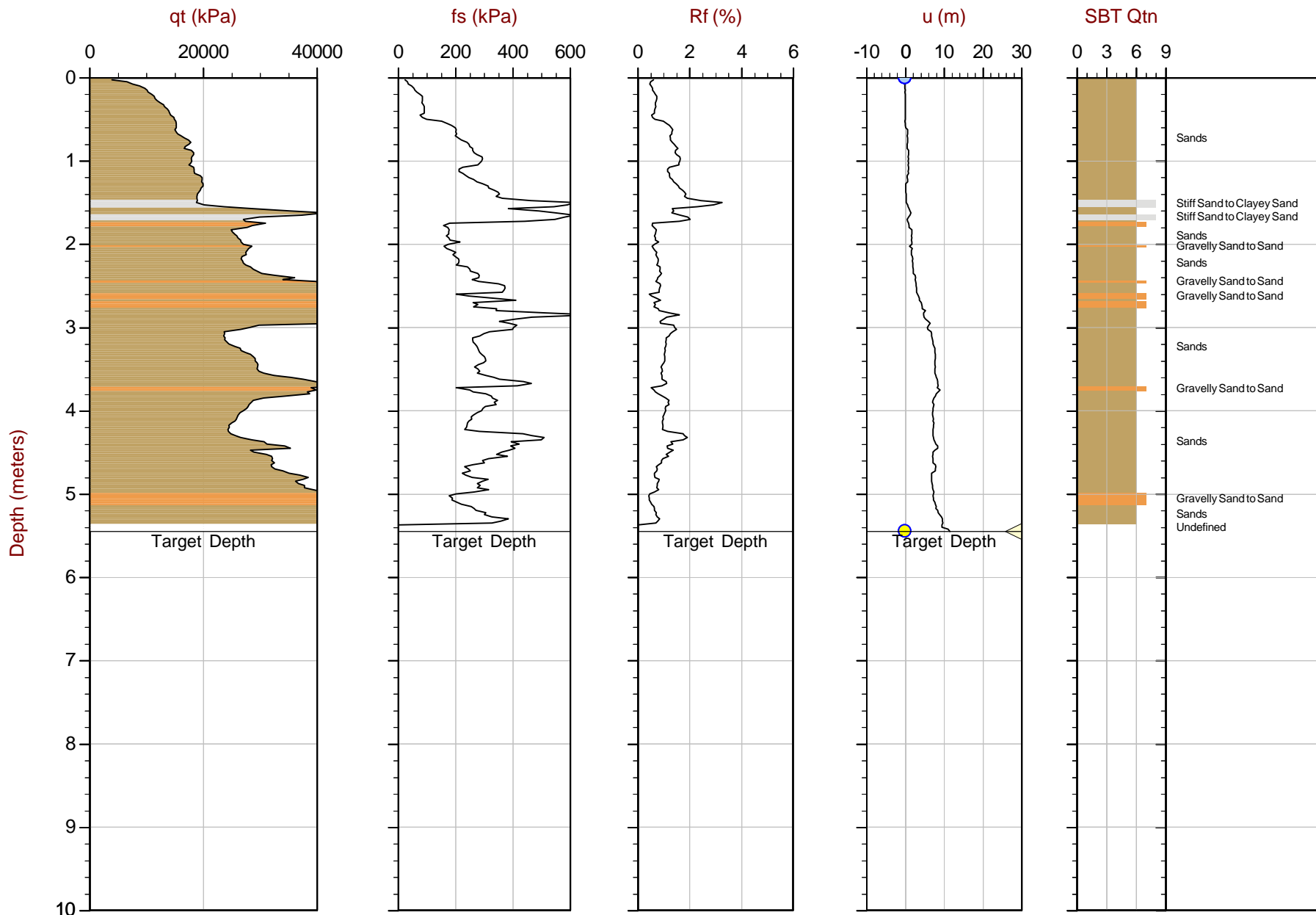
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-26
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.450 m / 17.88 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP26.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

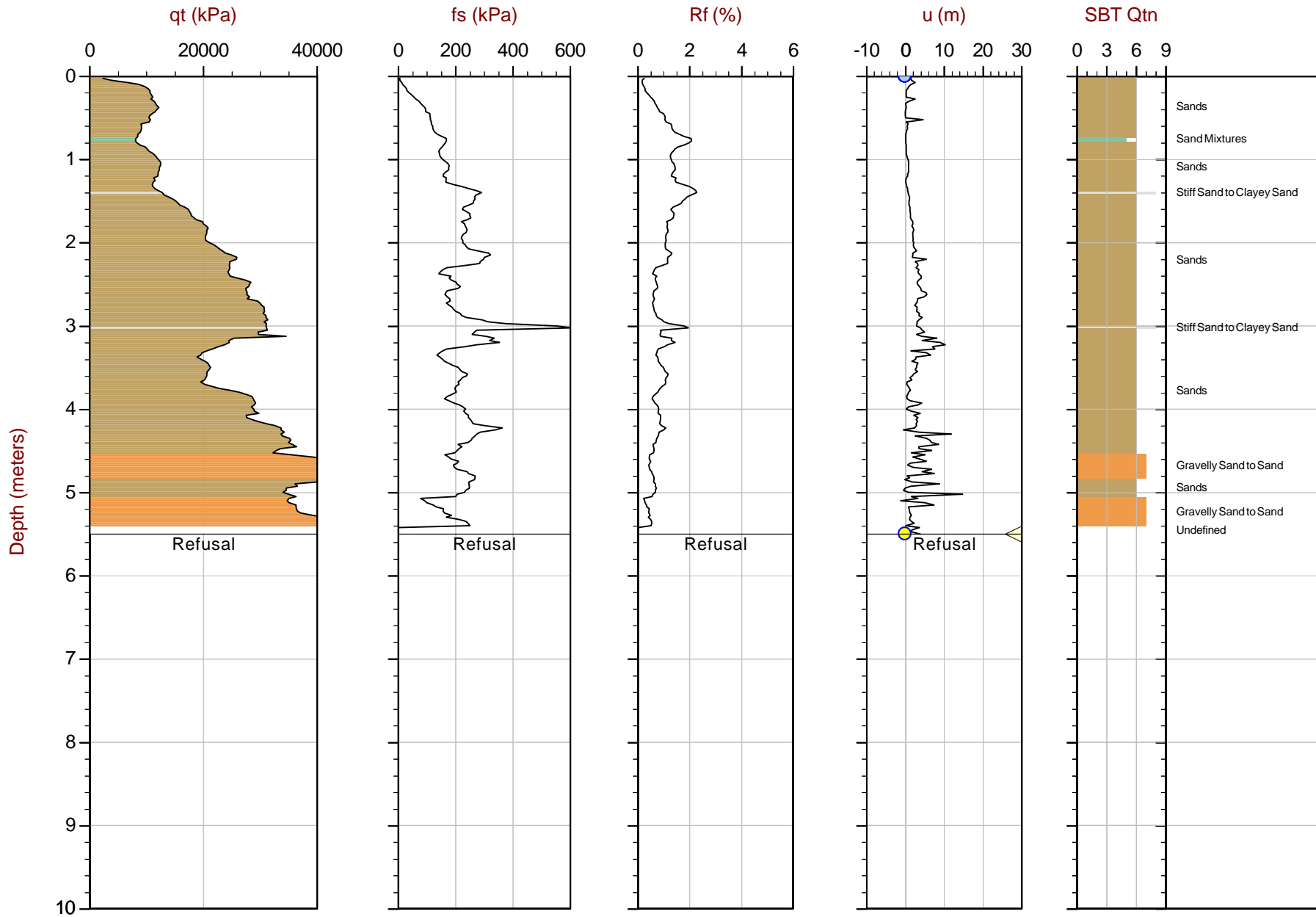
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618317mE: 312149m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-12-05 10:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-27
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 5.500 m / 18.04 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP27.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618414 m E: 312019 m
Sheet No: 1 of 1

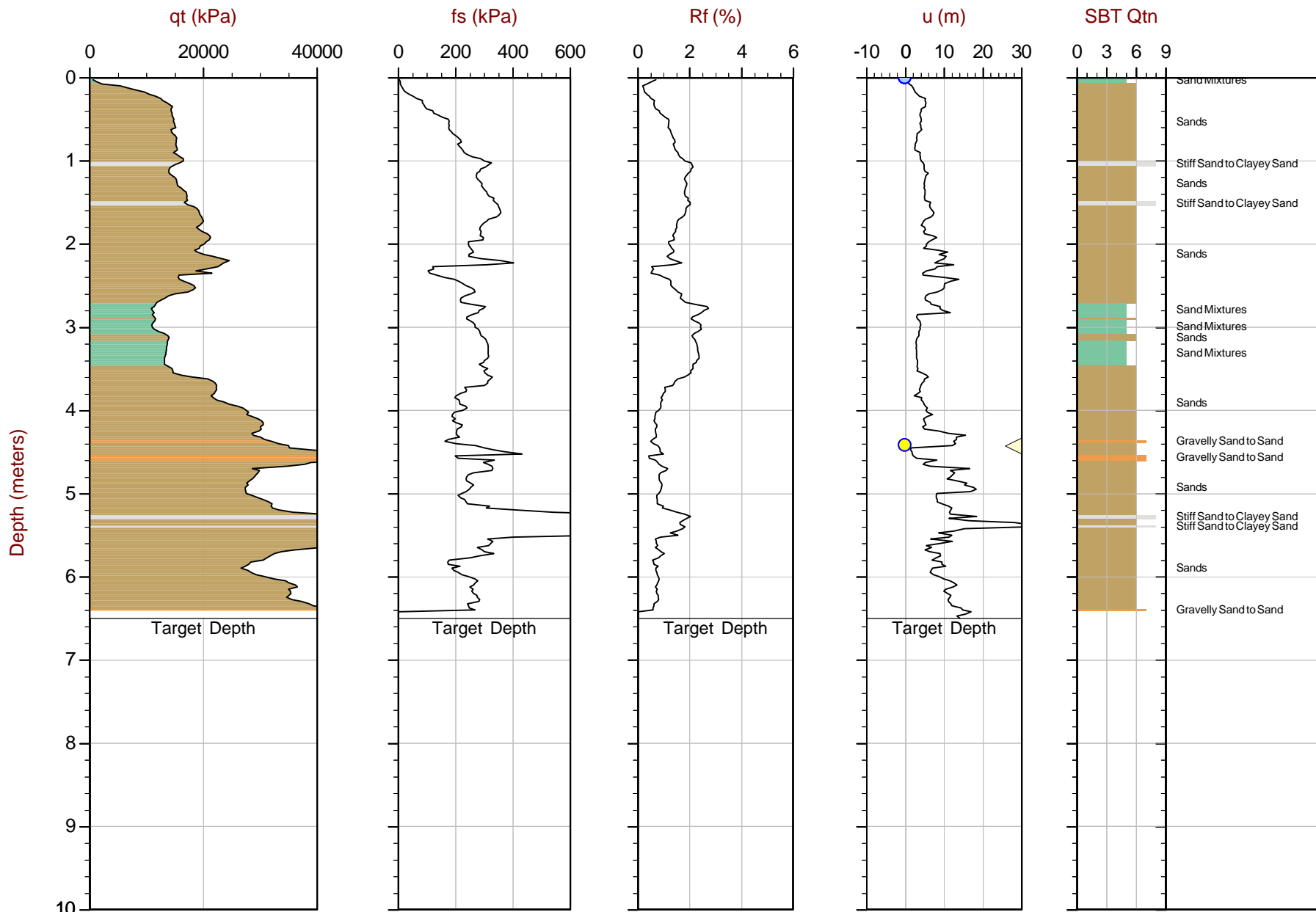
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 10:23
Site: ETNA

Sounding: CPT17-28
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 6.500 m / 21.33 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP28.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618398m E: 312102m
Sheet No: 1 of 1

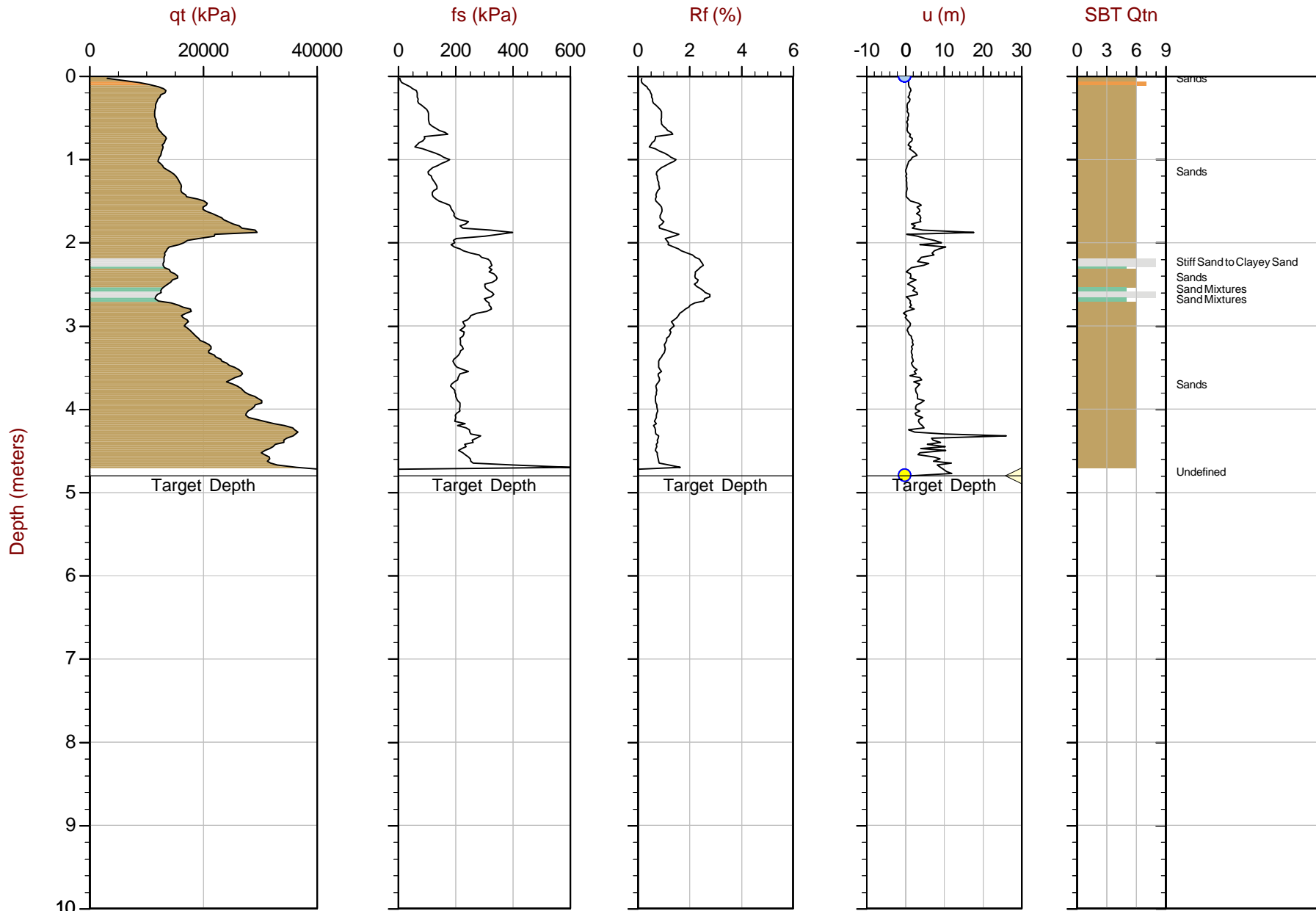
Overplot Item: ● Assumed Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved
● Ueq



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 09:28
Site: ETNA

Sounding: CPT17-29
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP29.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618446m E: 312122m
Sheet No: 1 of 1

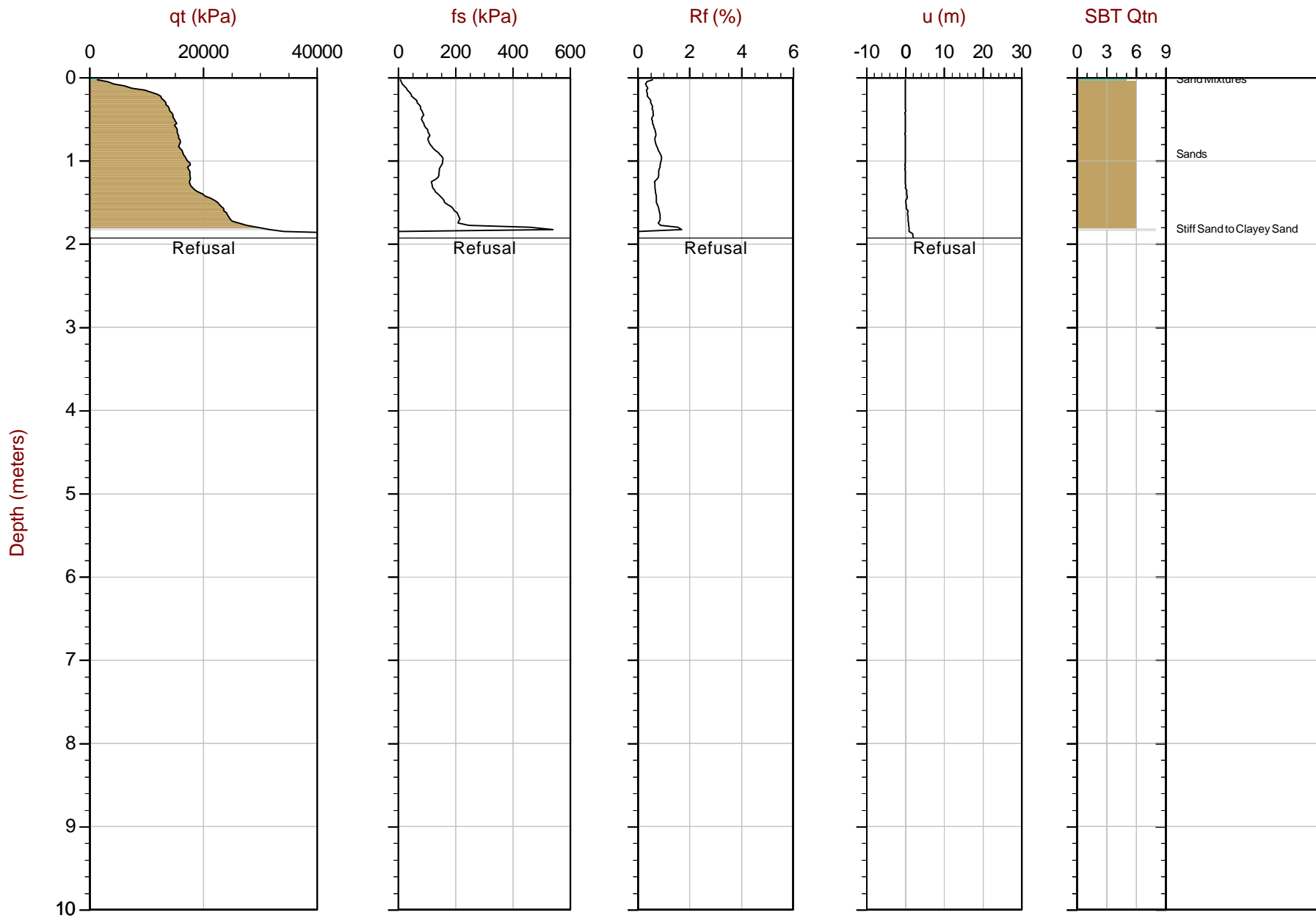
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 16:34
Site: ETNA

Sounding: CPT17-30
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 1.925 m / 6.32 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

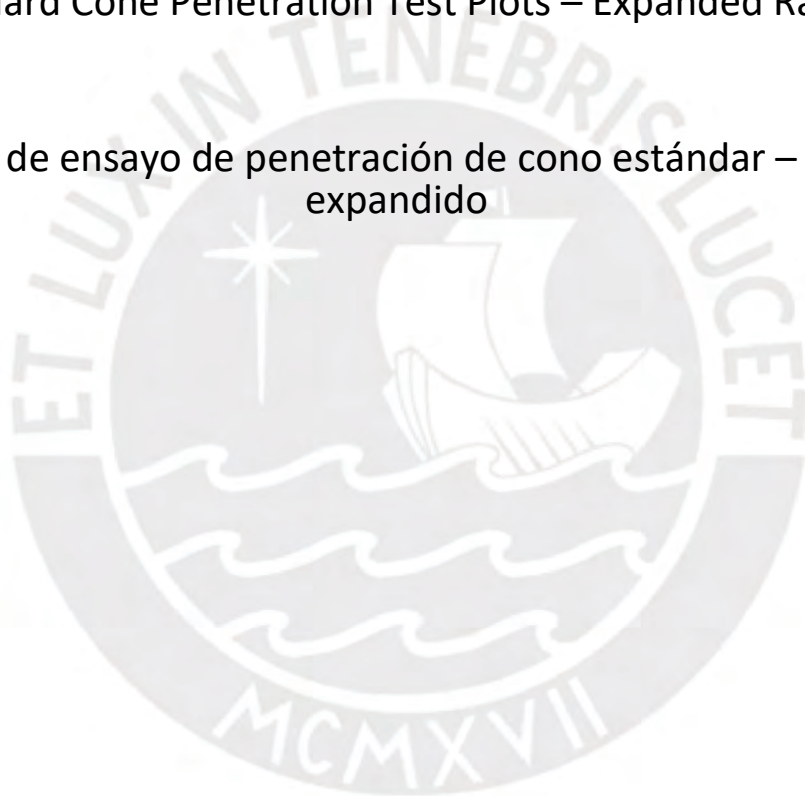
File: 17-72011_CP30.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18SN: 8618177mE: 312163m
Sheet No: 1 of 1

Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved

Standard Cone Penetration Test Plots – Expanded Range

Gráficos de ensayo de penetración de cono estándar – rango
expandido

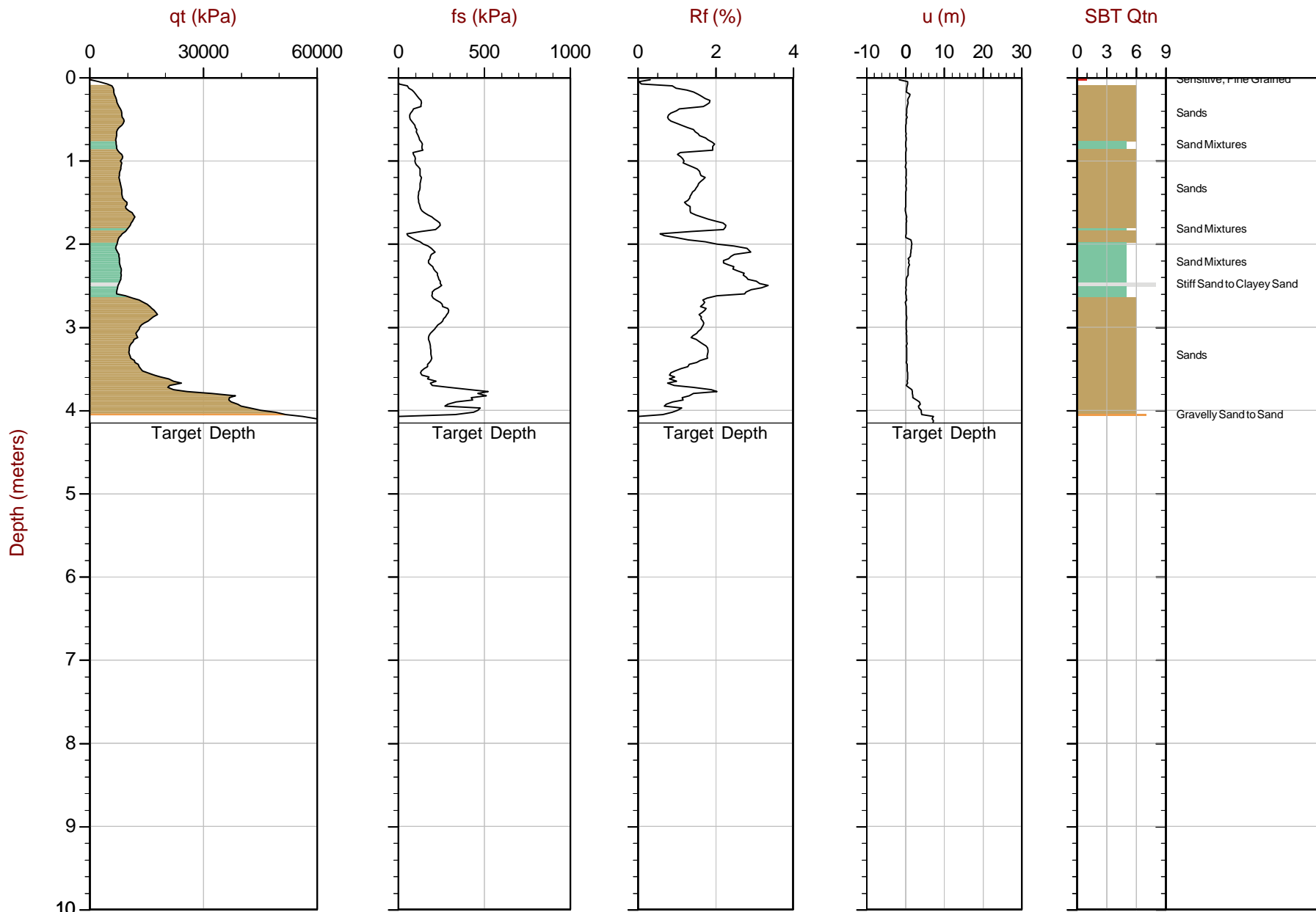




Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 14:43
Site: ETNA

Sounding: CPT17-17
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.150 m / 13.62 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP17.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618296 m E: 311967 m
Sheet No: 1 of 1

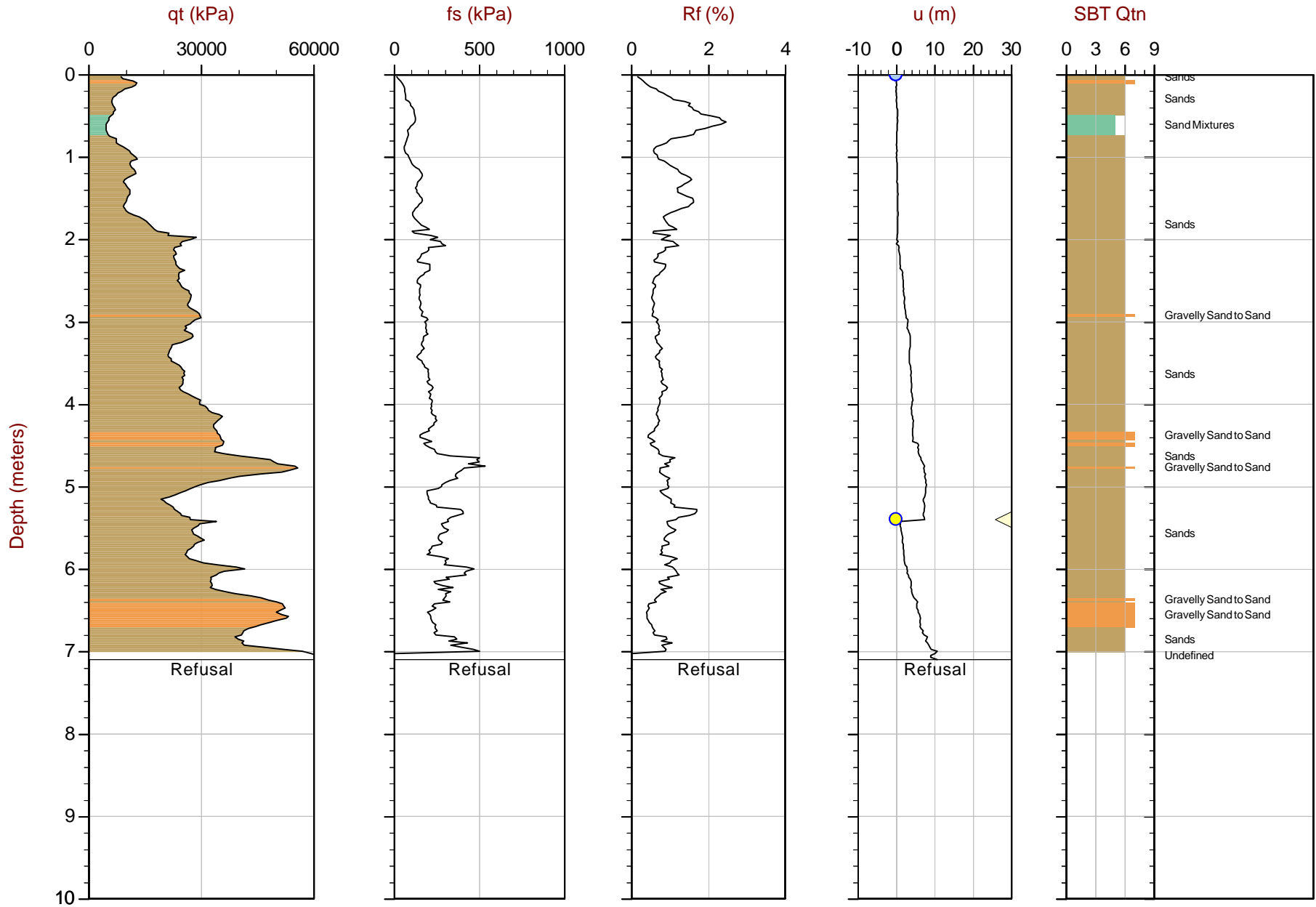
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◀ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 15:32
Site: ETNA

Sounding: CPT17-18
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 7.100 m / 23.29 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP18.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618366m E: 311943m
Sheet No: 1 of 1

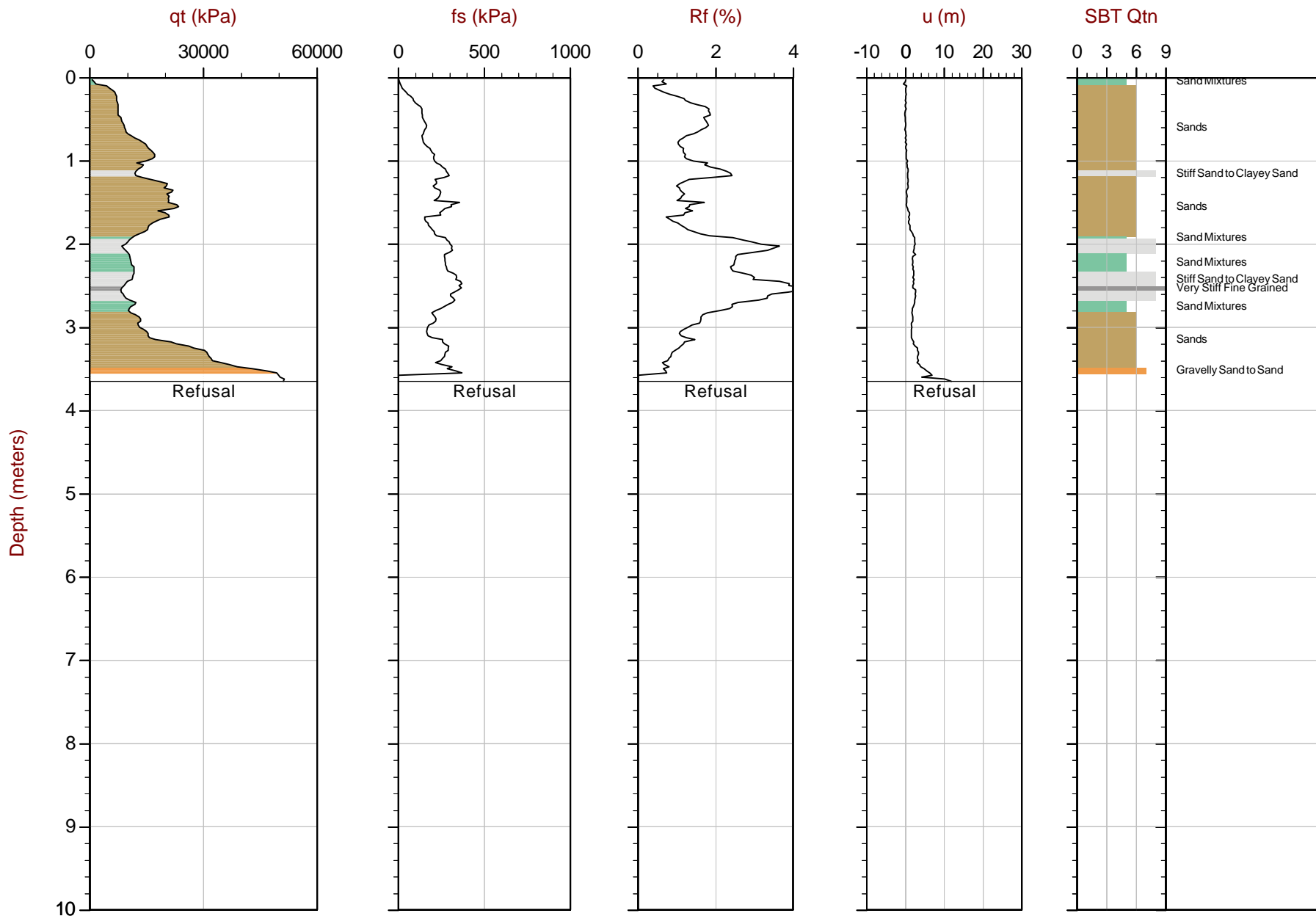
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 13:42
Site: ETNA

Sounding: CPT17-19
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 3.650 m / 11.97 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP19.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618279m E: 311881m
Sheet No: 1 of 1

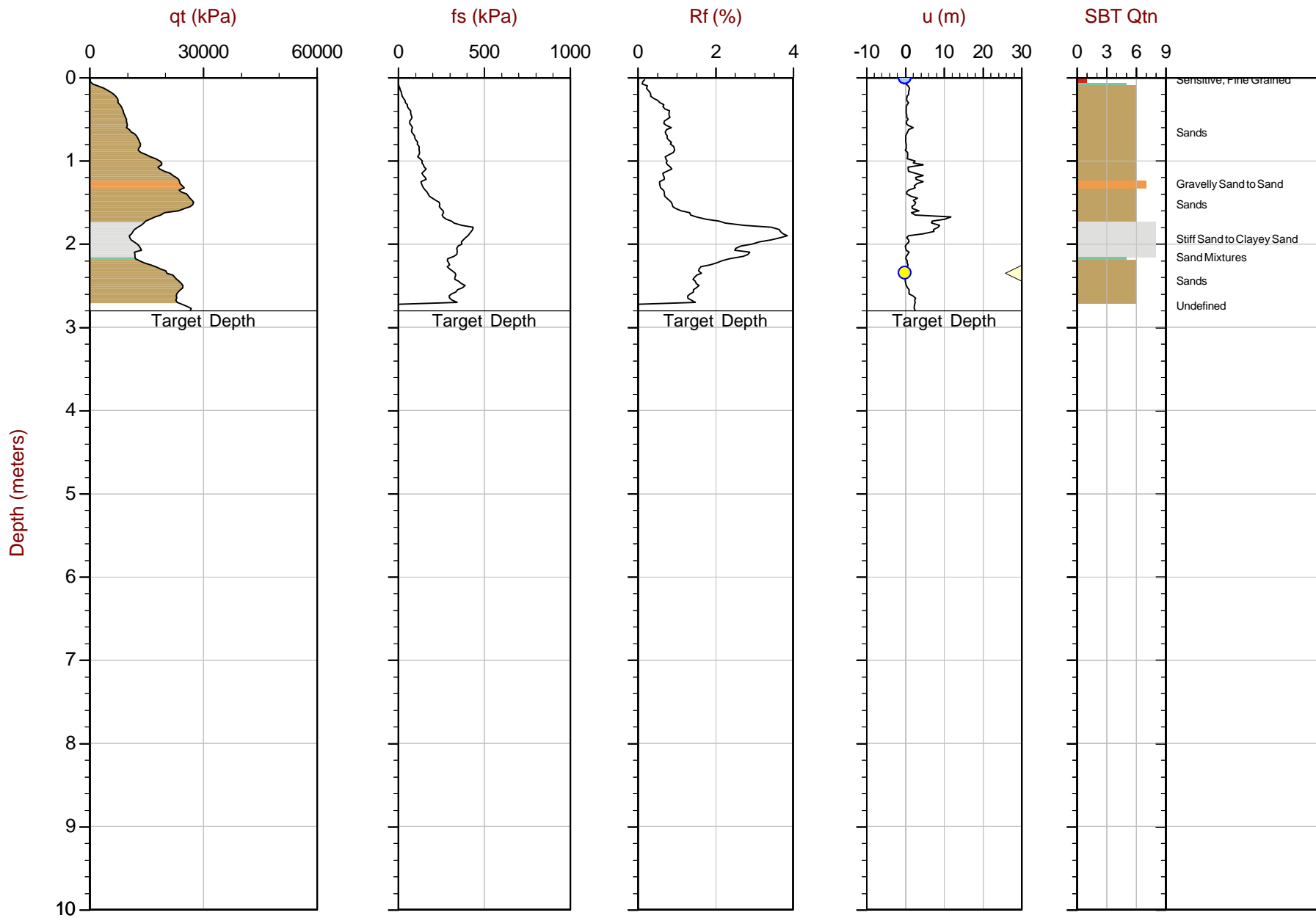
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 11:00
Site: ETNA

Sounding: CPT17-20
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.800 m / 9.19 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP20.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618355m E: 311877m
Sheet No: 1 of 1

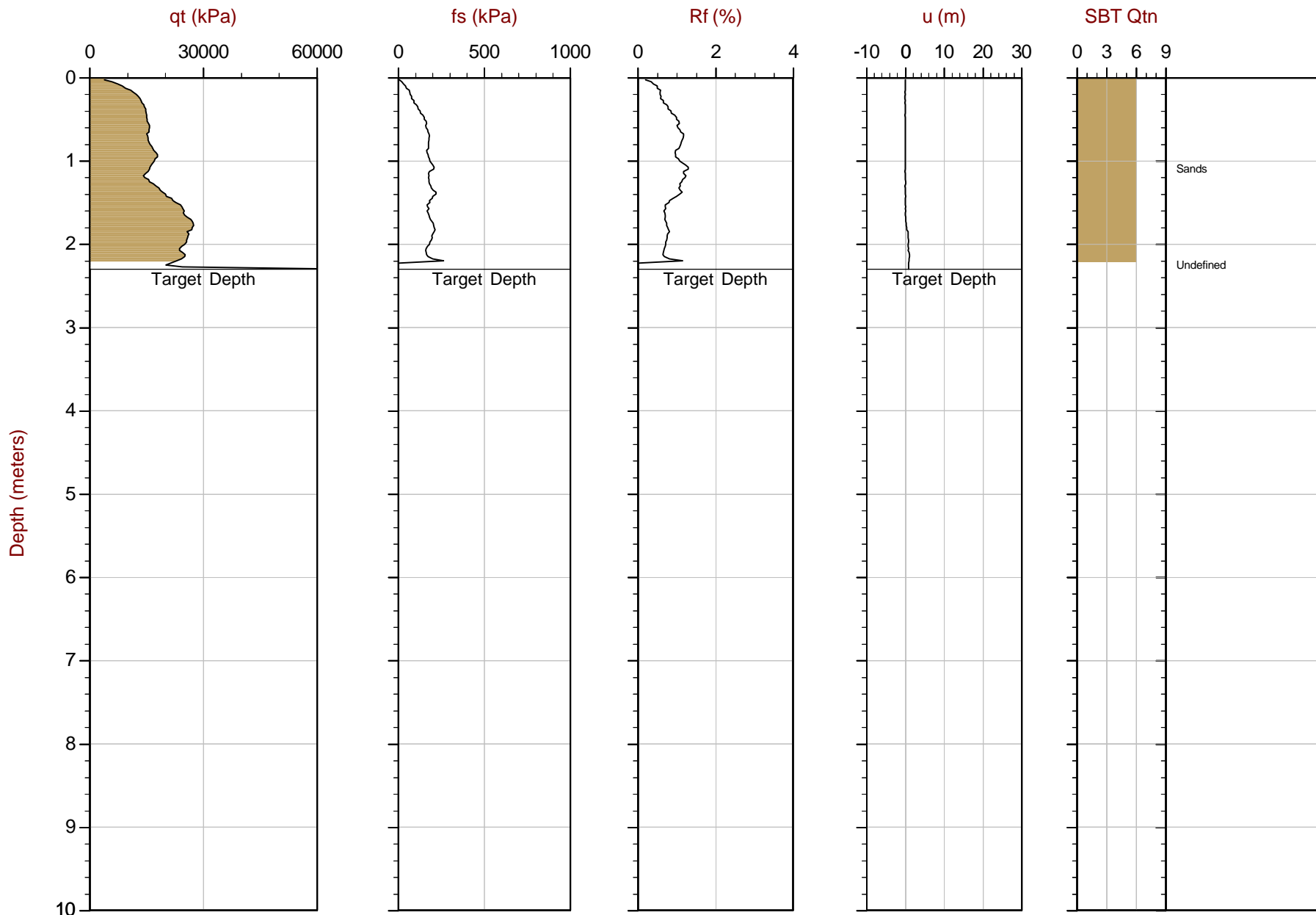
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 12:45
Site: ETNA

Sounding: CPT17-21
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.300 m / 7.55 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP21.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618234mE: 312061m
Sheet No: 1 of 1

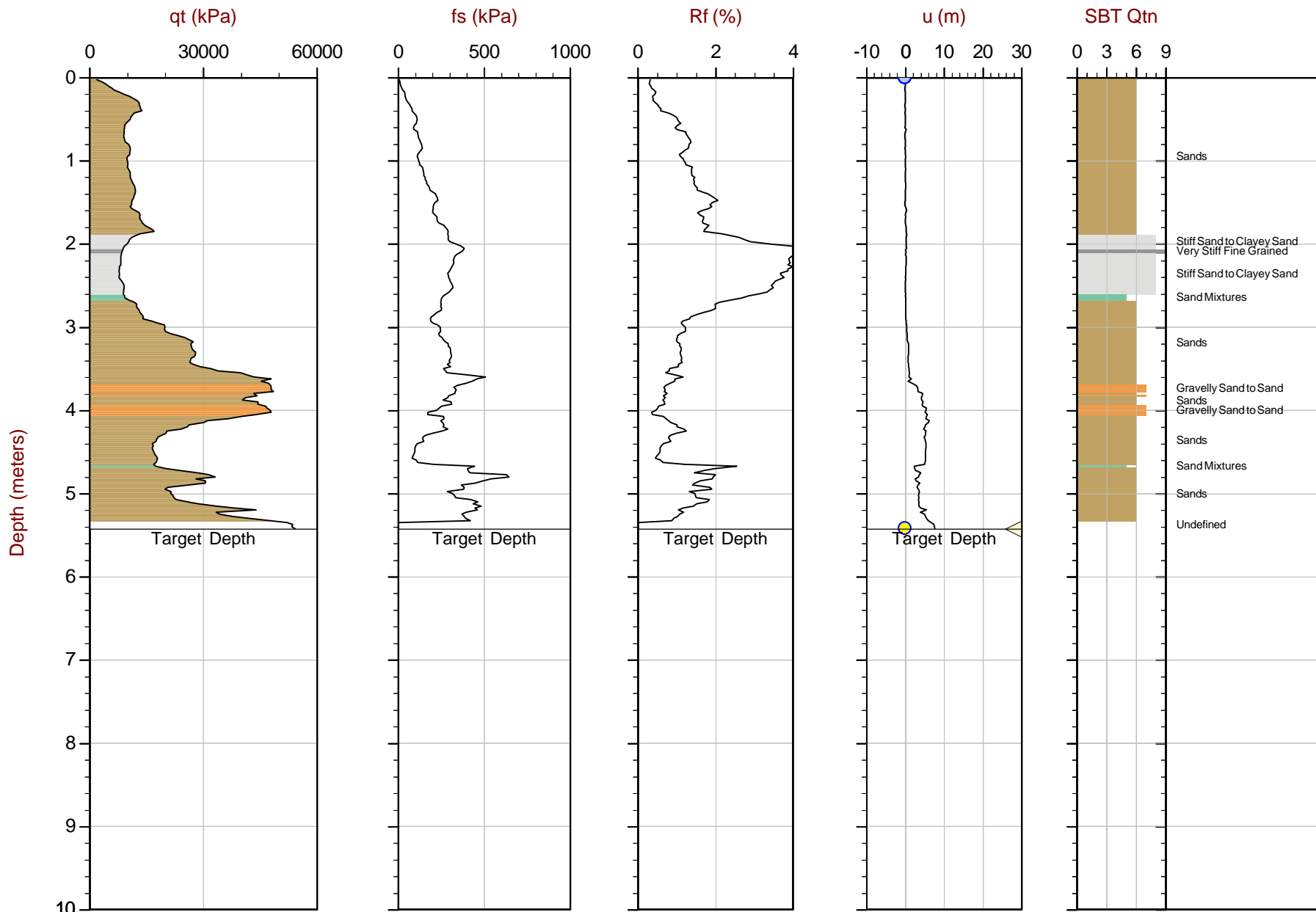
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 13:15
Site: ETNA

Sounding: CPT17-22
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.425 m / 17.80 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP22.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618245m E: 312132m
Sheet No: 1 of 1

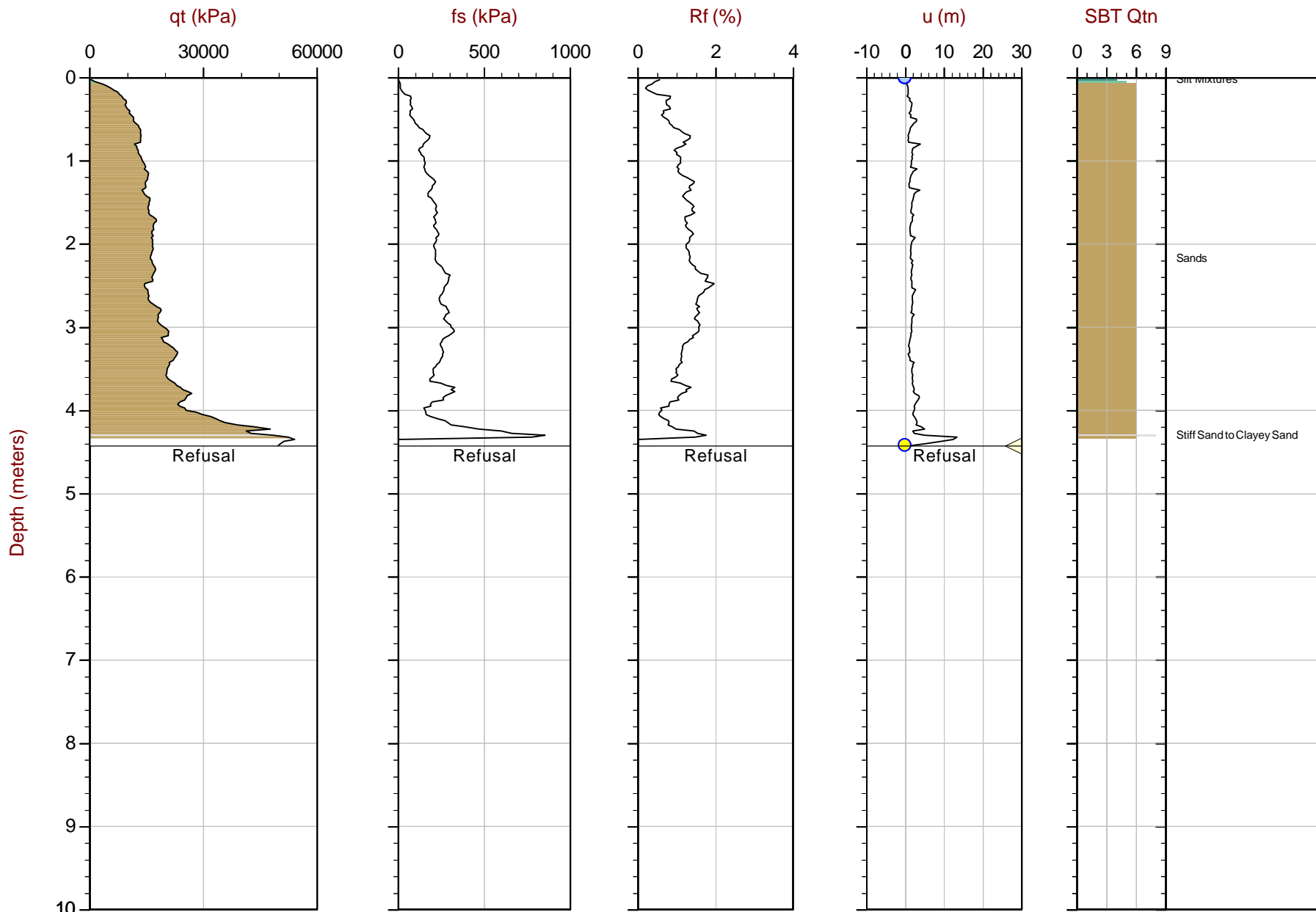
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-11-14 13:17
Site: ETNA

Sounding: CPT17-23
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 4.425 m / 14.52 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

File: 17-72011_CP23.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618311 m E: 312009 m
Sheet No: 1 of 1

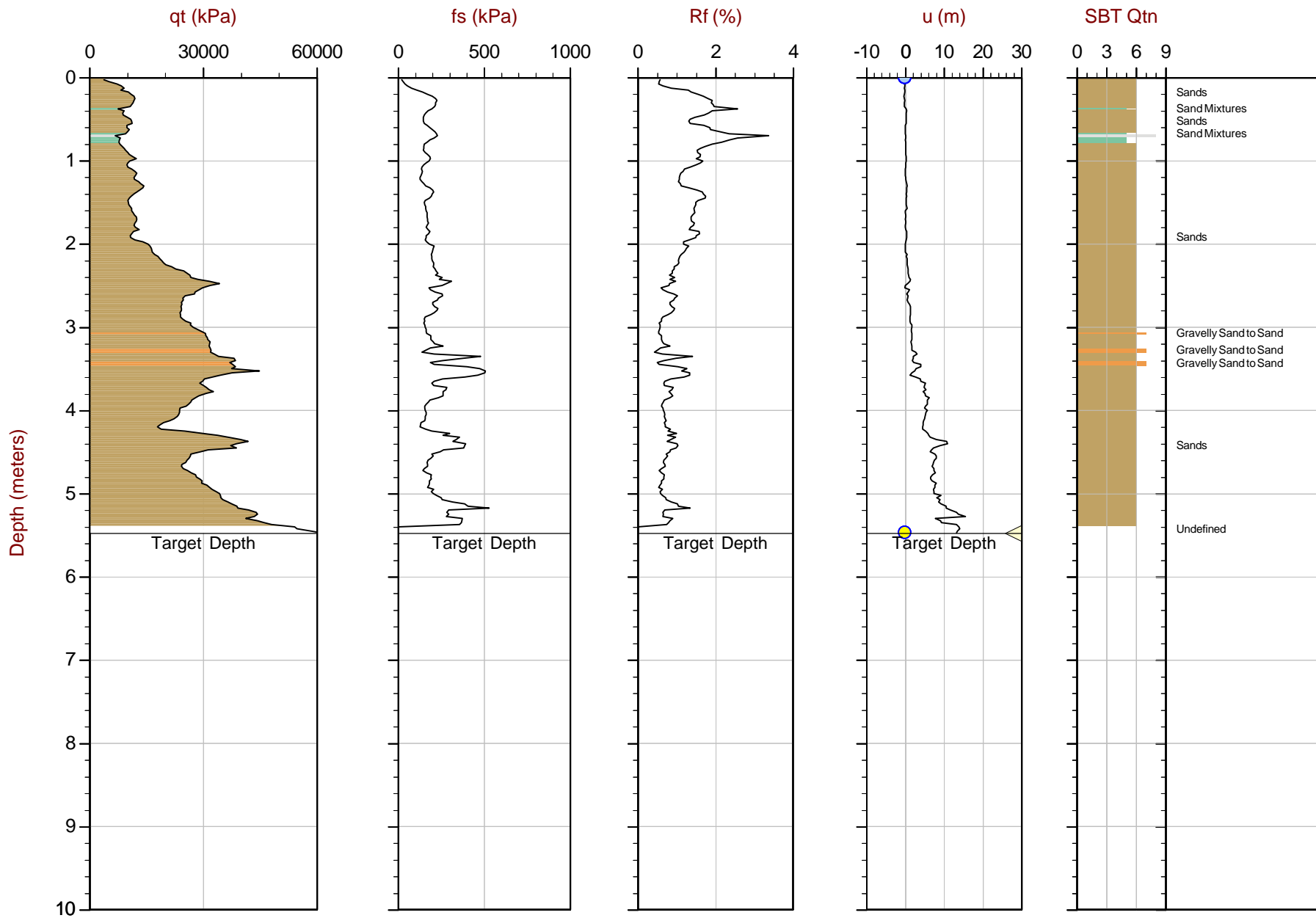
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 11:44
Site: ETNA

Sounding: CPT17-24
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.475 m / 17.96 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP24.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

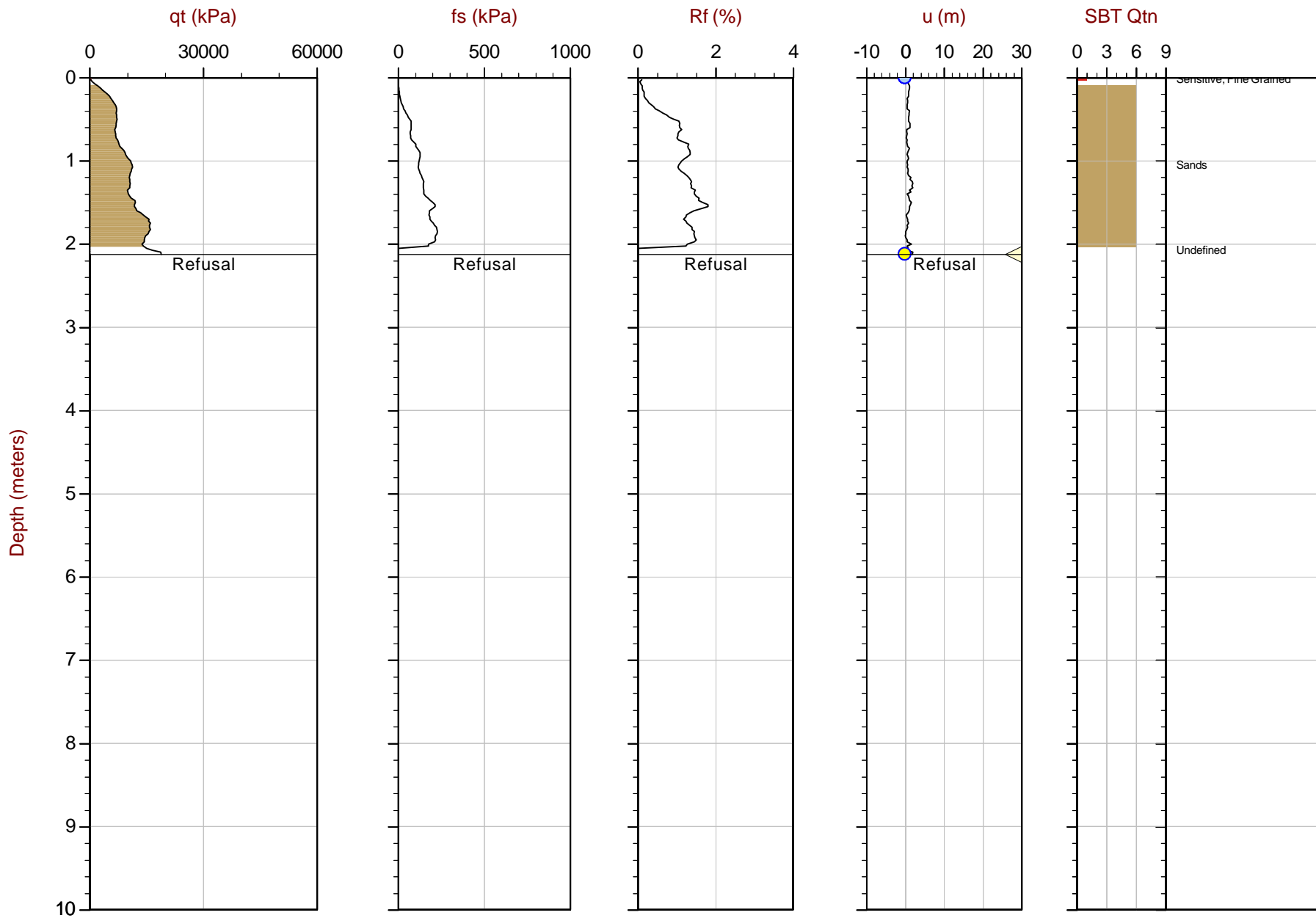
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618314 m E: 312055 m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-12-05 14:35
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 2.125 m / 6.97 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP25.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
Sheet No: 1 of 1

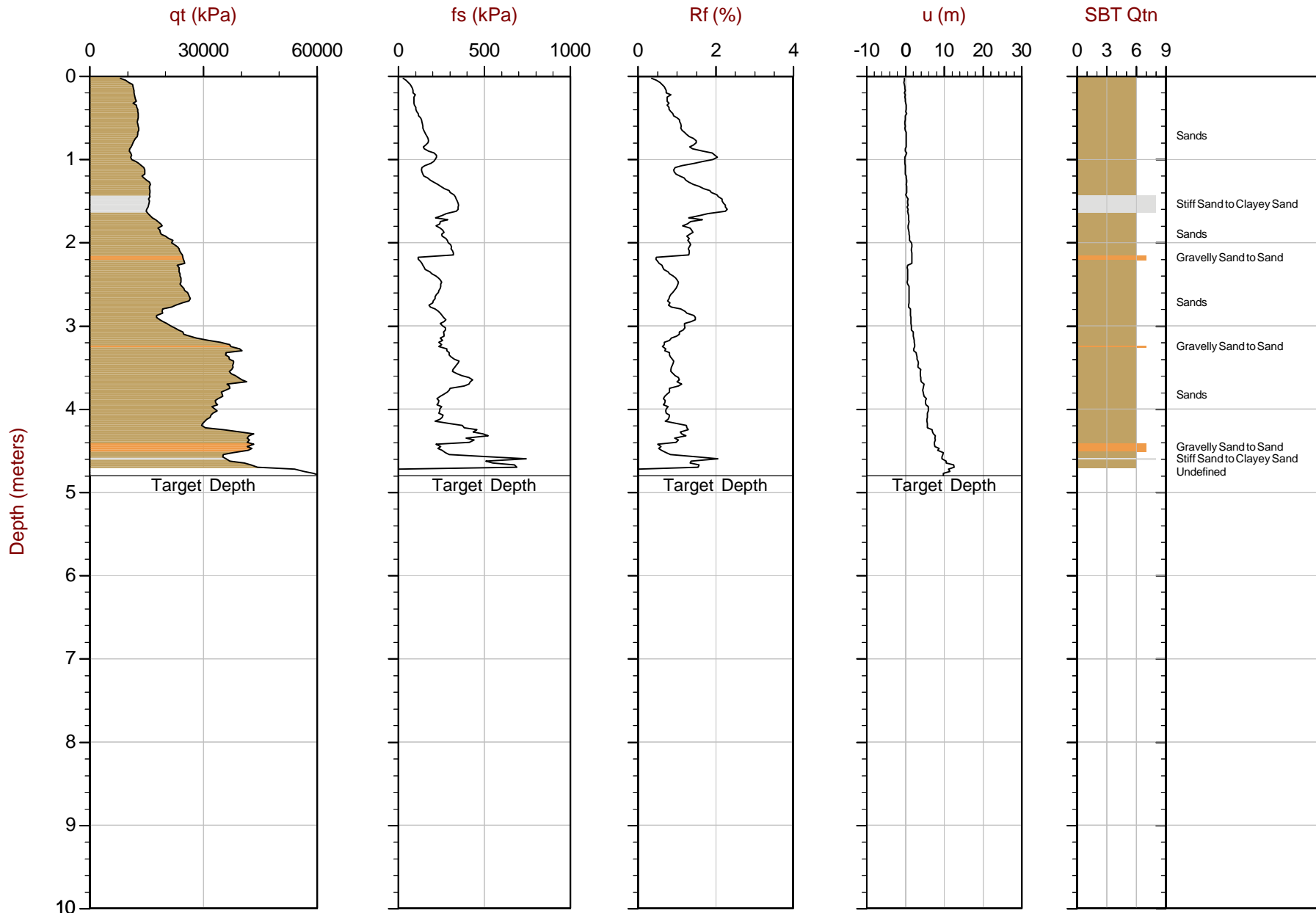
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:11
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25B
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP25B.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
Sheet No: 1 of 1

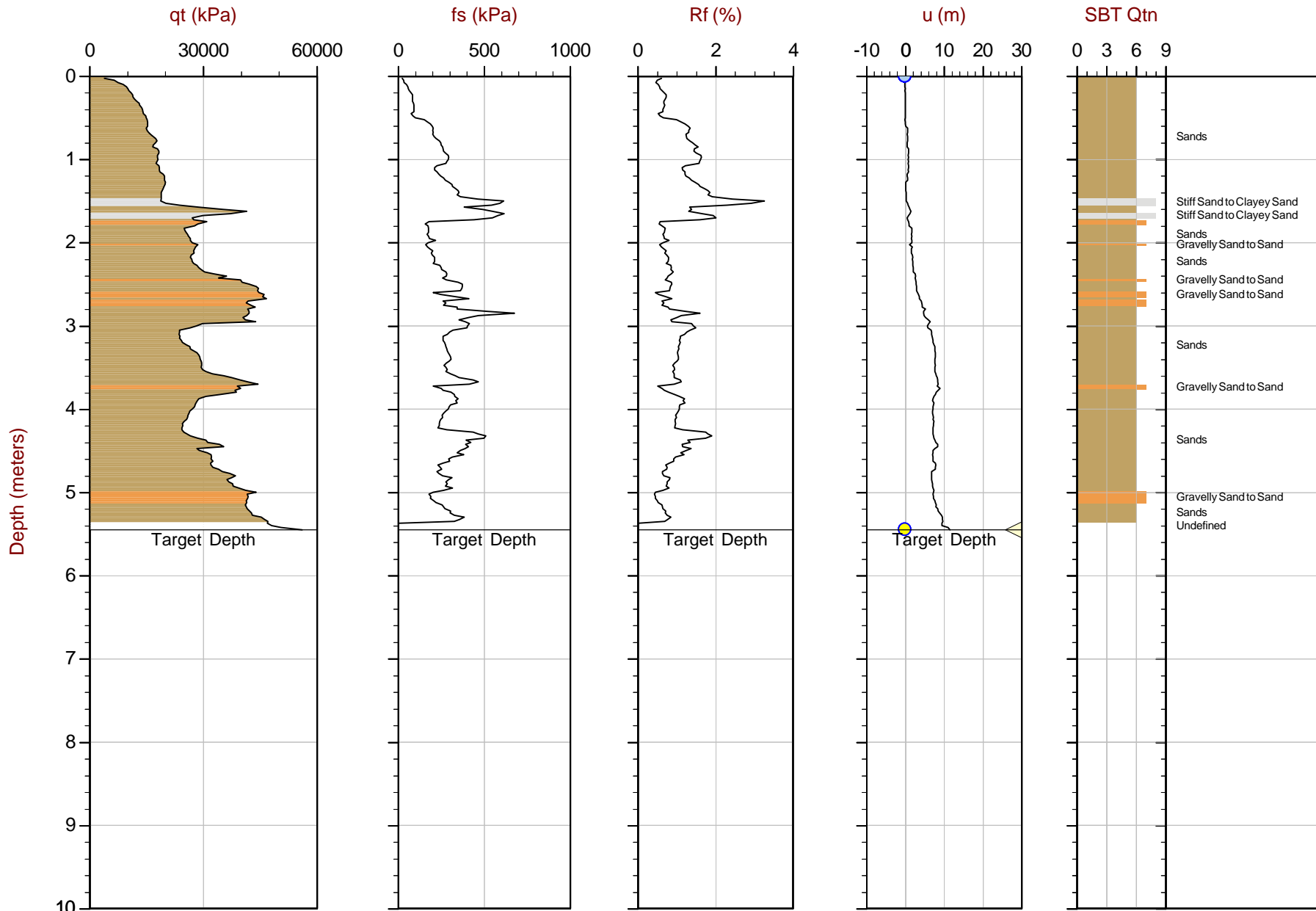
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◀ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-26
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.450 m / 17.88 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP26.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

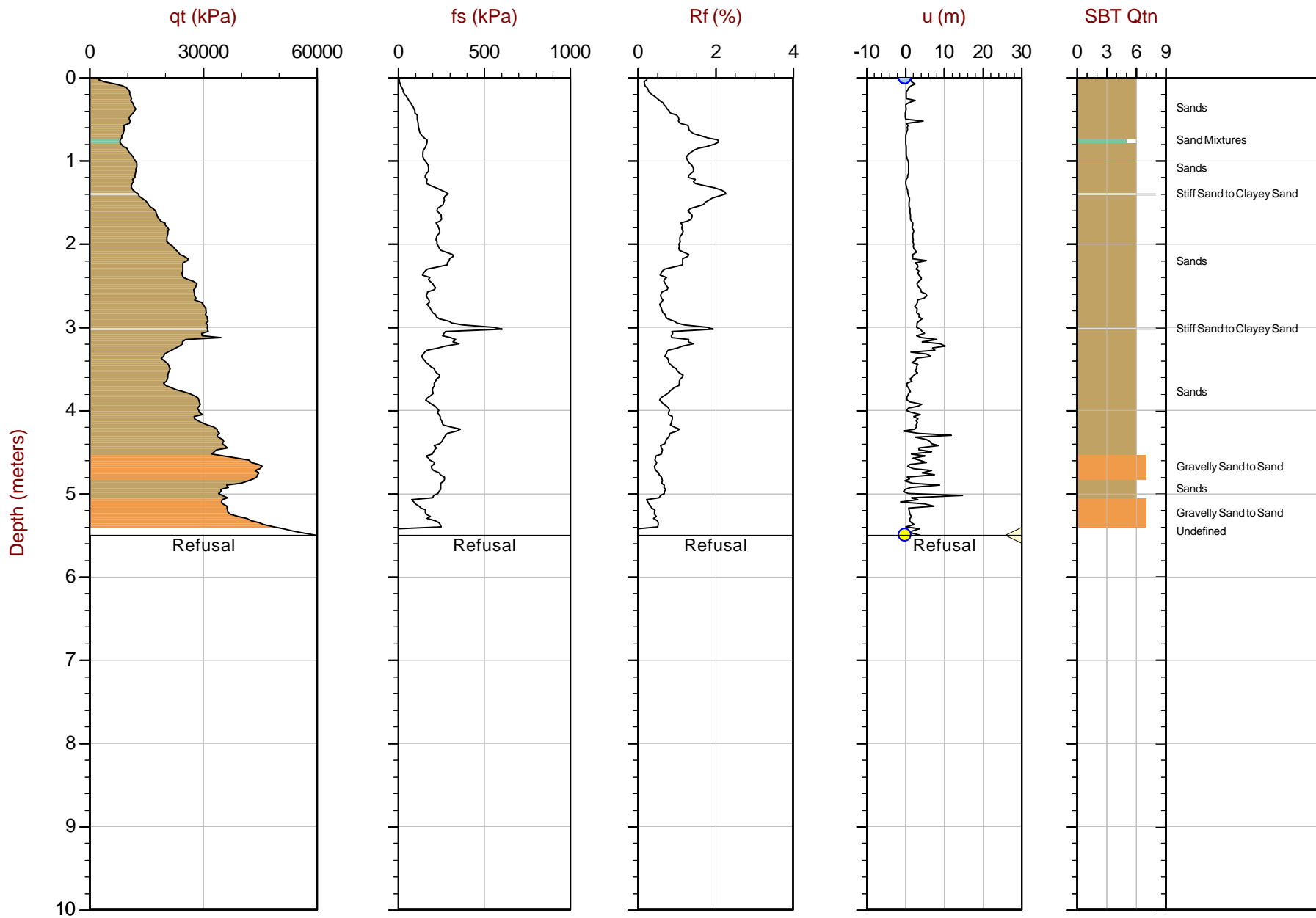
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618317m E: 312149m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-12-05 10:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-27
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 5.500 m / 18.04 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP27.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

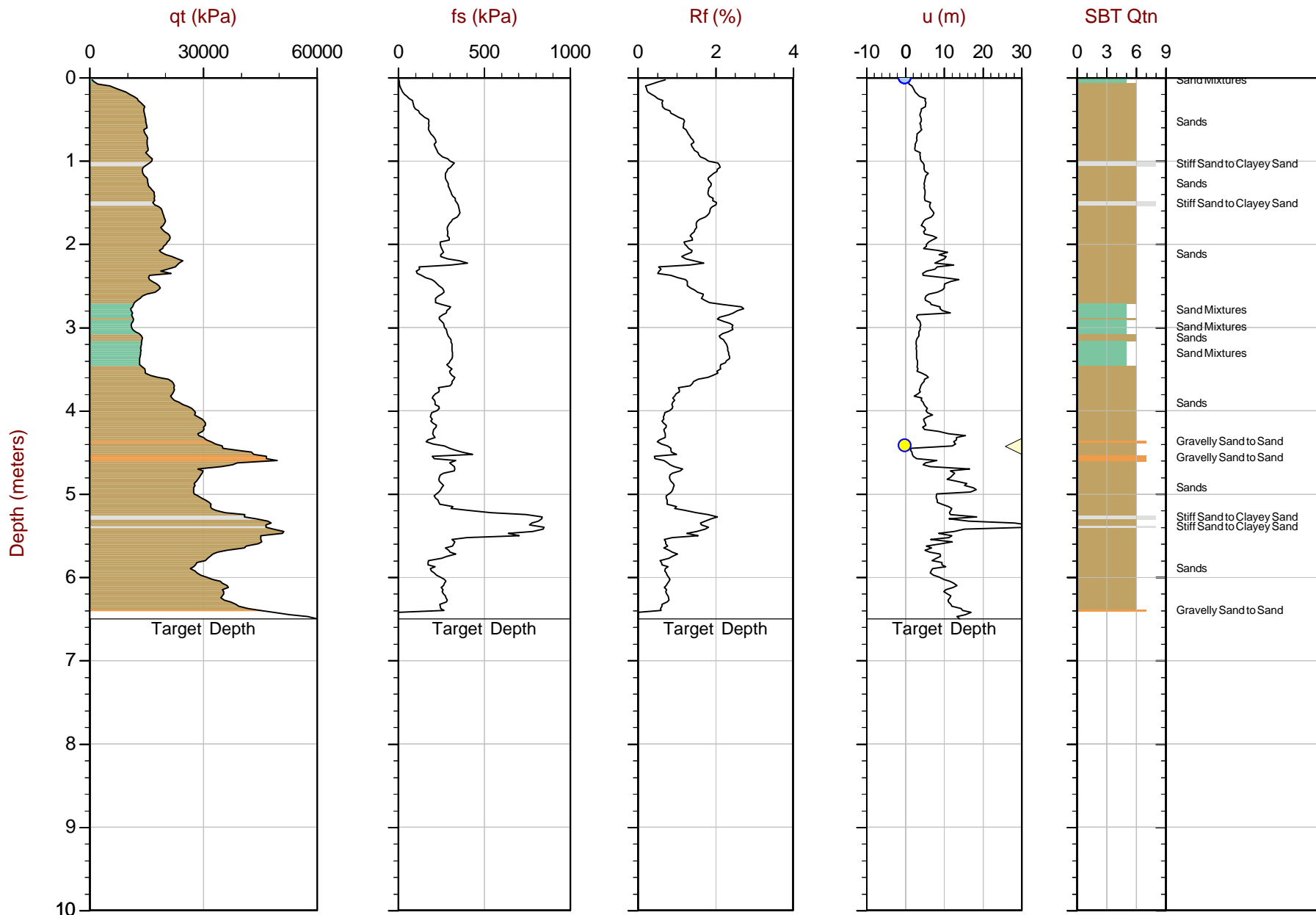
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618414 m E: 312019 m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 10:23
Site: ETNA

Sounding: CPT17-28
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 6.500 m / 21.33 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP28.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618398m E: 312102m
Sheet No: 1 of 1

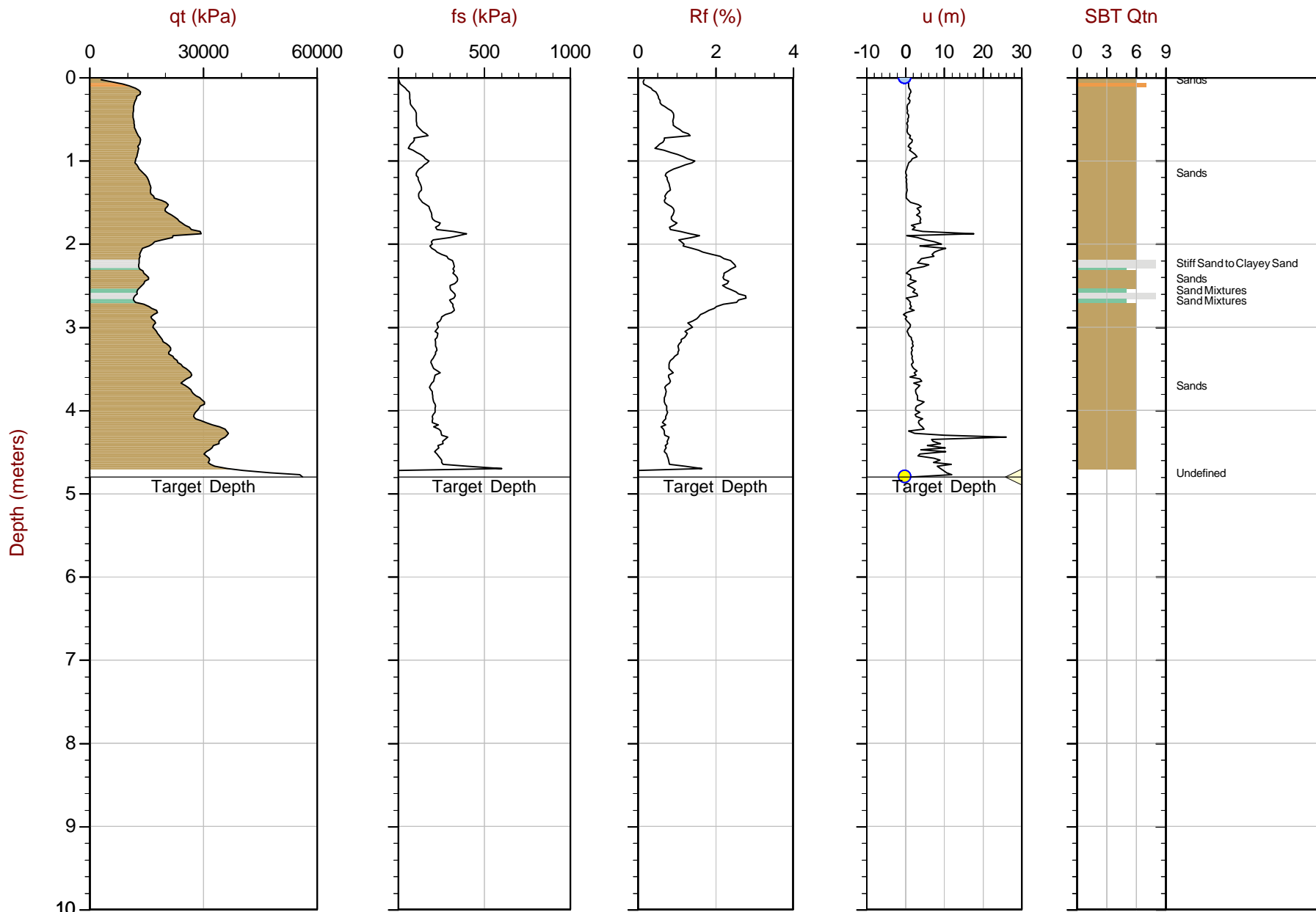
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 09:28
Site: ETNA

Sounding: CPT17-29
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint

File: 17-72011_CP29.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618446m E: 312122m
Sheet No: 1 of 1

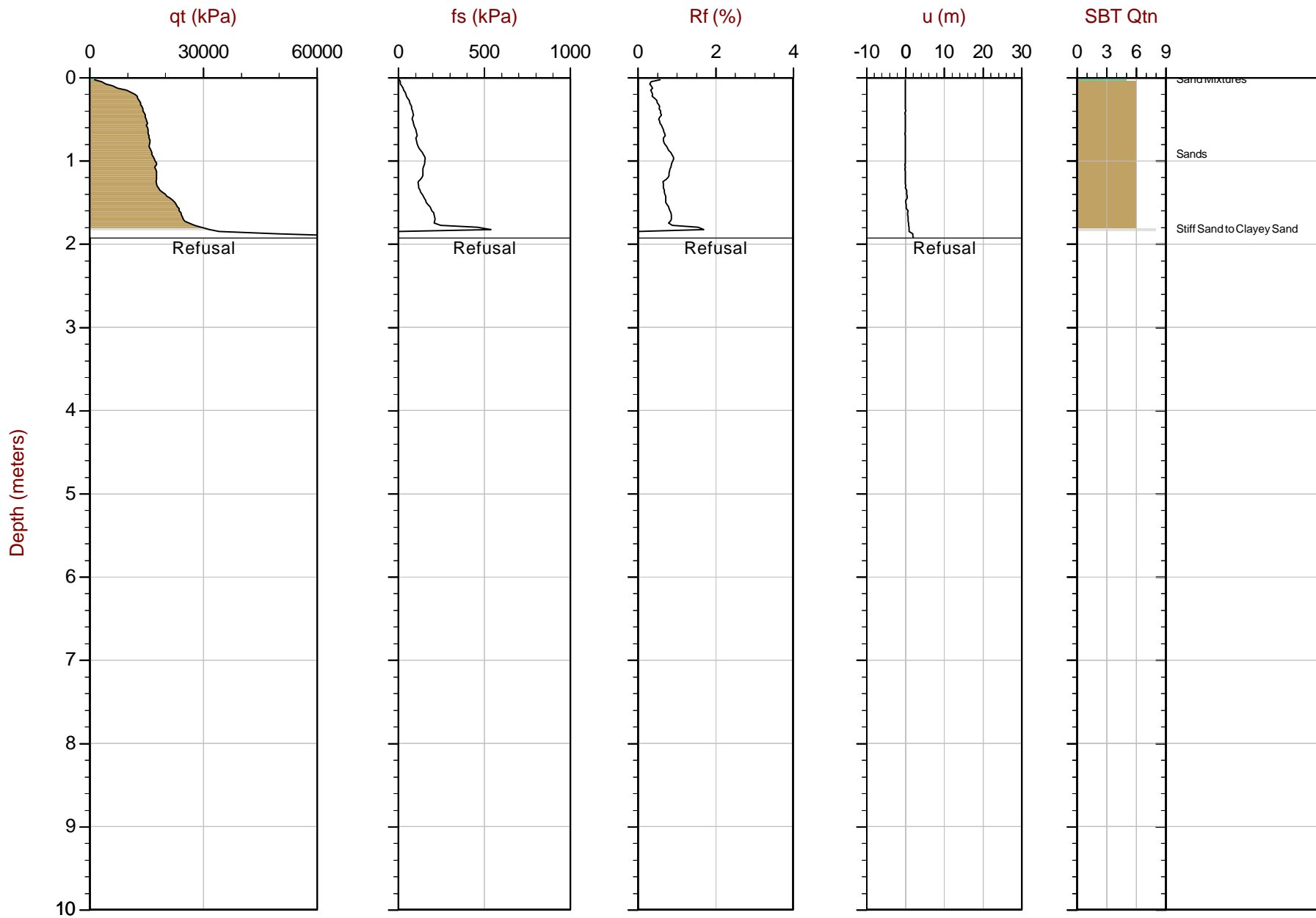
Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 16:34
Site: ETNA

Sounding: CPT17-30
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 1.925 m / 6.32 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: Every Point

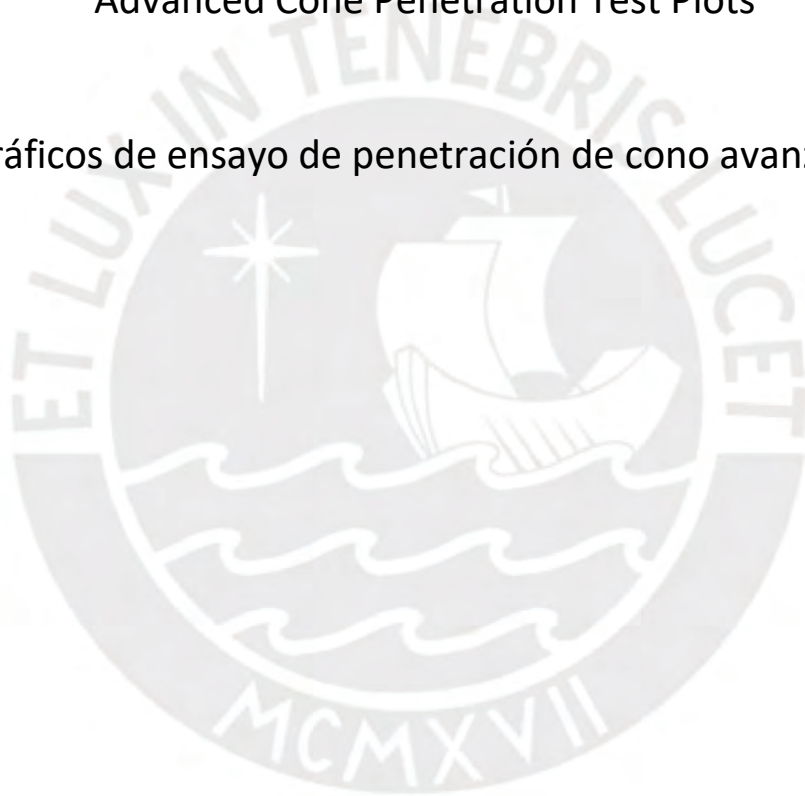
File: 17-72011_CP30.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18SN: 8618177mE: 312163m
Sheet No: 1 of 1

Overplot Item: ● Assumed Ueq ● Ueq ◁ Dissipation, equilibrium achieved

Advanced Cone Penetration Test Plots

Gráficos de ensayo de penetración de cono avanzado

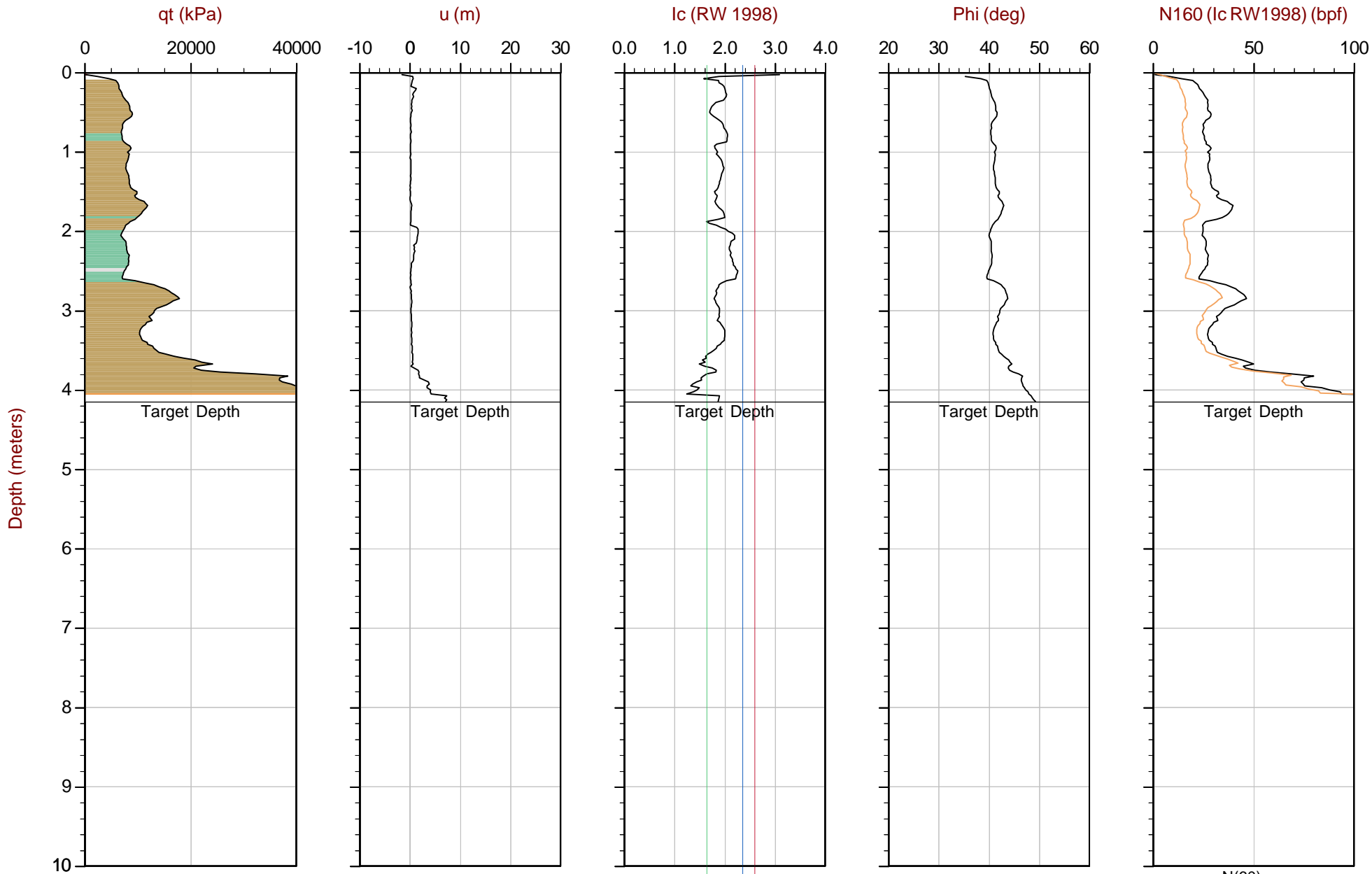




Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 14:43
Site: ETNA

Sounding: CPT17-17
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.150 m / 13.62 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP17.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618296m E: 311967m
Sheet No: 1 of 1

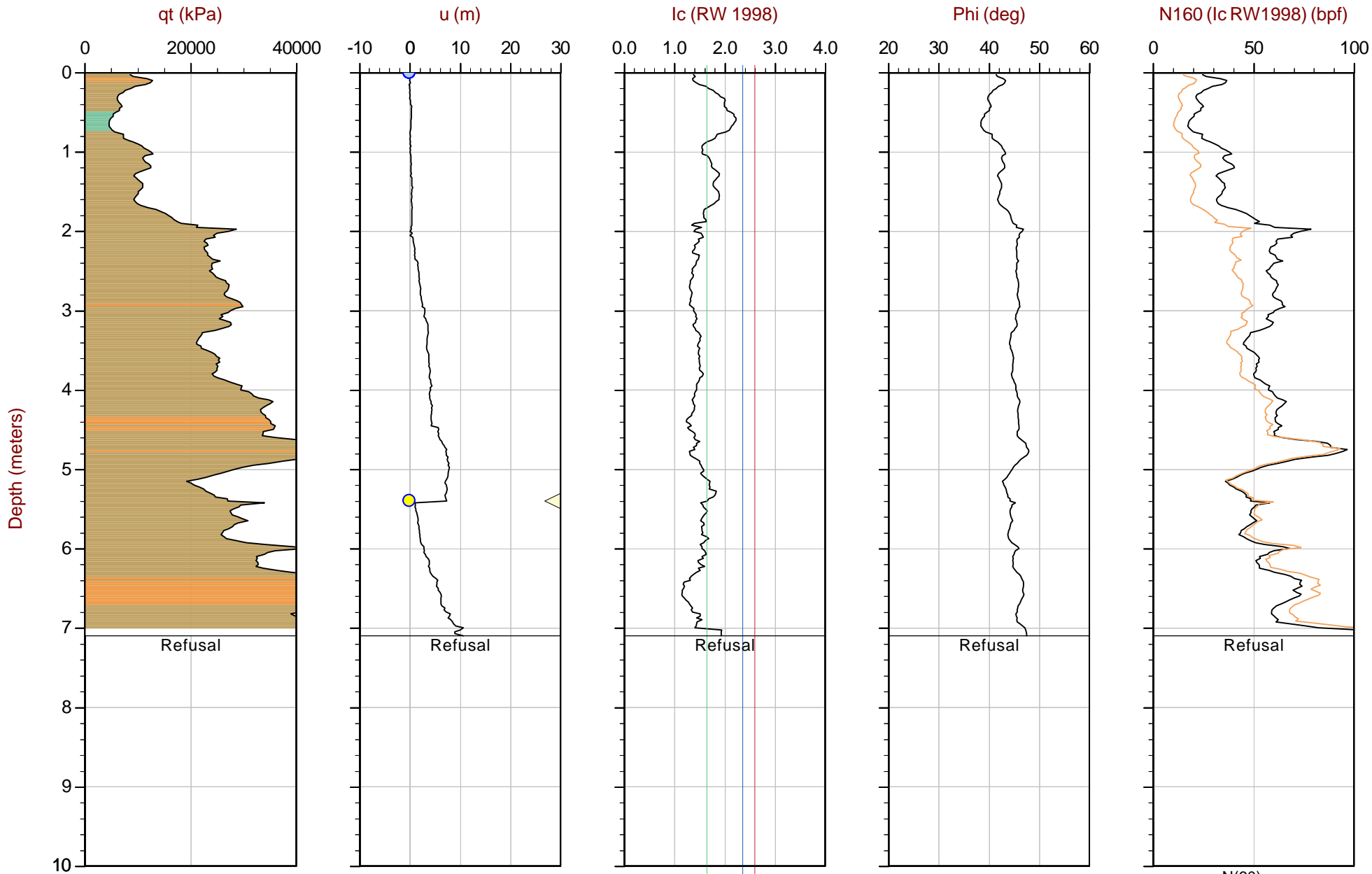
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 15:32
Site: ETNA

Sounding: CPT17-18
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 7.100 m / 23.29 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP18.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

- ◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618366m E: 311943m
Sheet No: 1 of 1

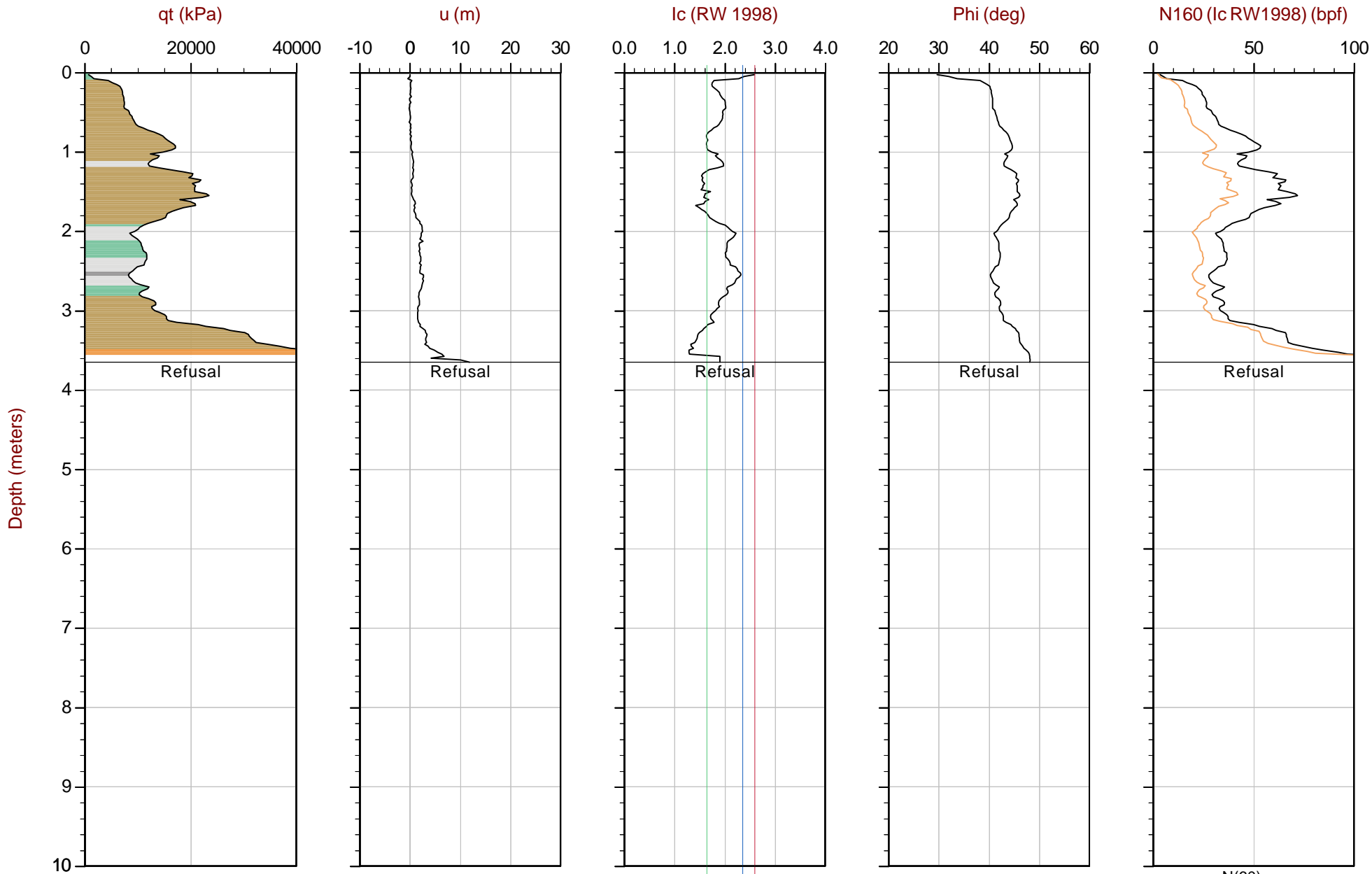
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 13:42
Site: ETNA

Sounding: CPT17-19
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 3.650 m / 11.97 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP19.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618279mE: 311881m
Sheet No: 1 of 1

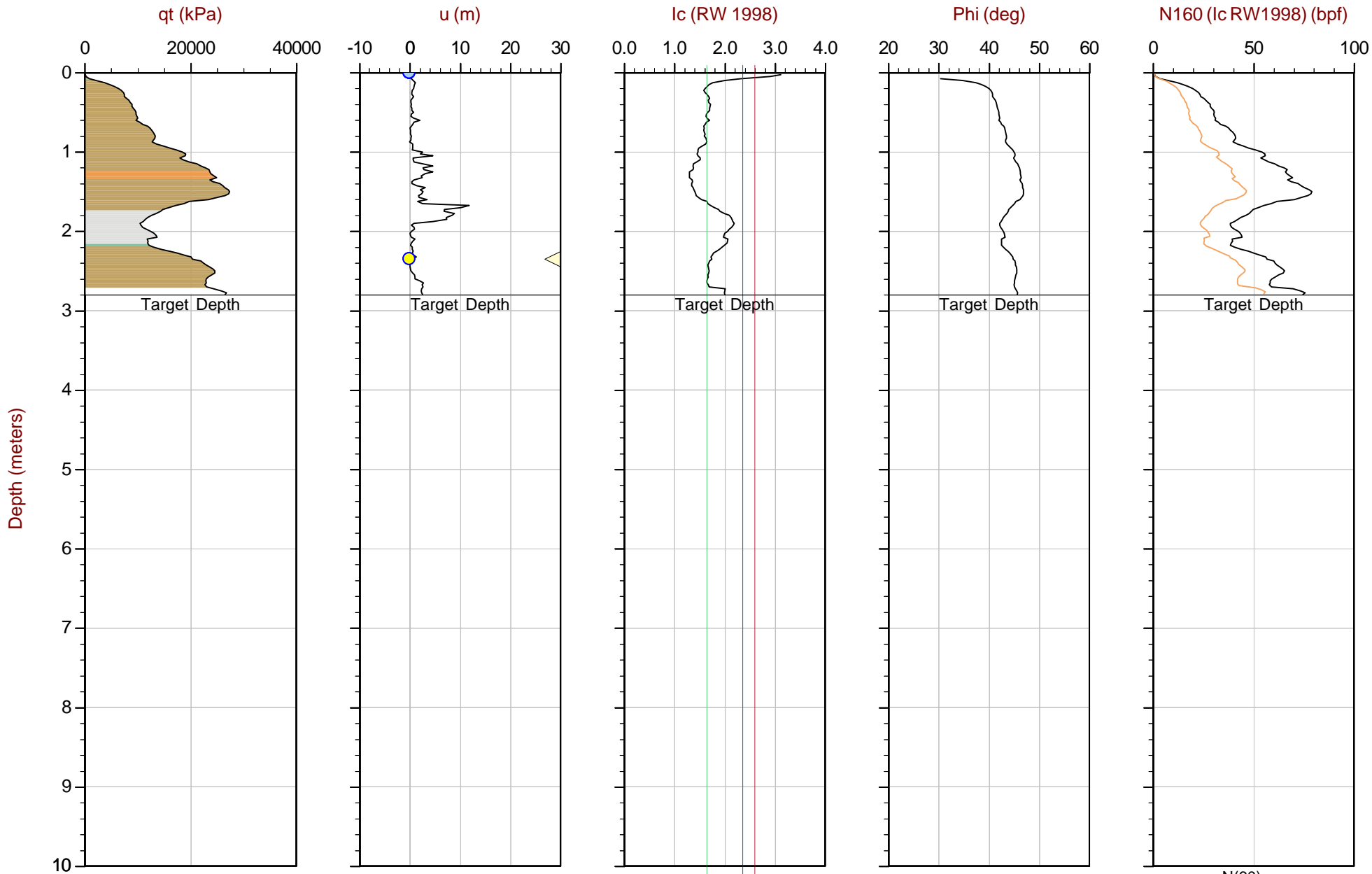
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-25 11:00
Site: ETNA

Sounding: CPT17-20
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.800 m / 9.19 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP20.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618355m E: 311877m
Sheet No: 1 of 1

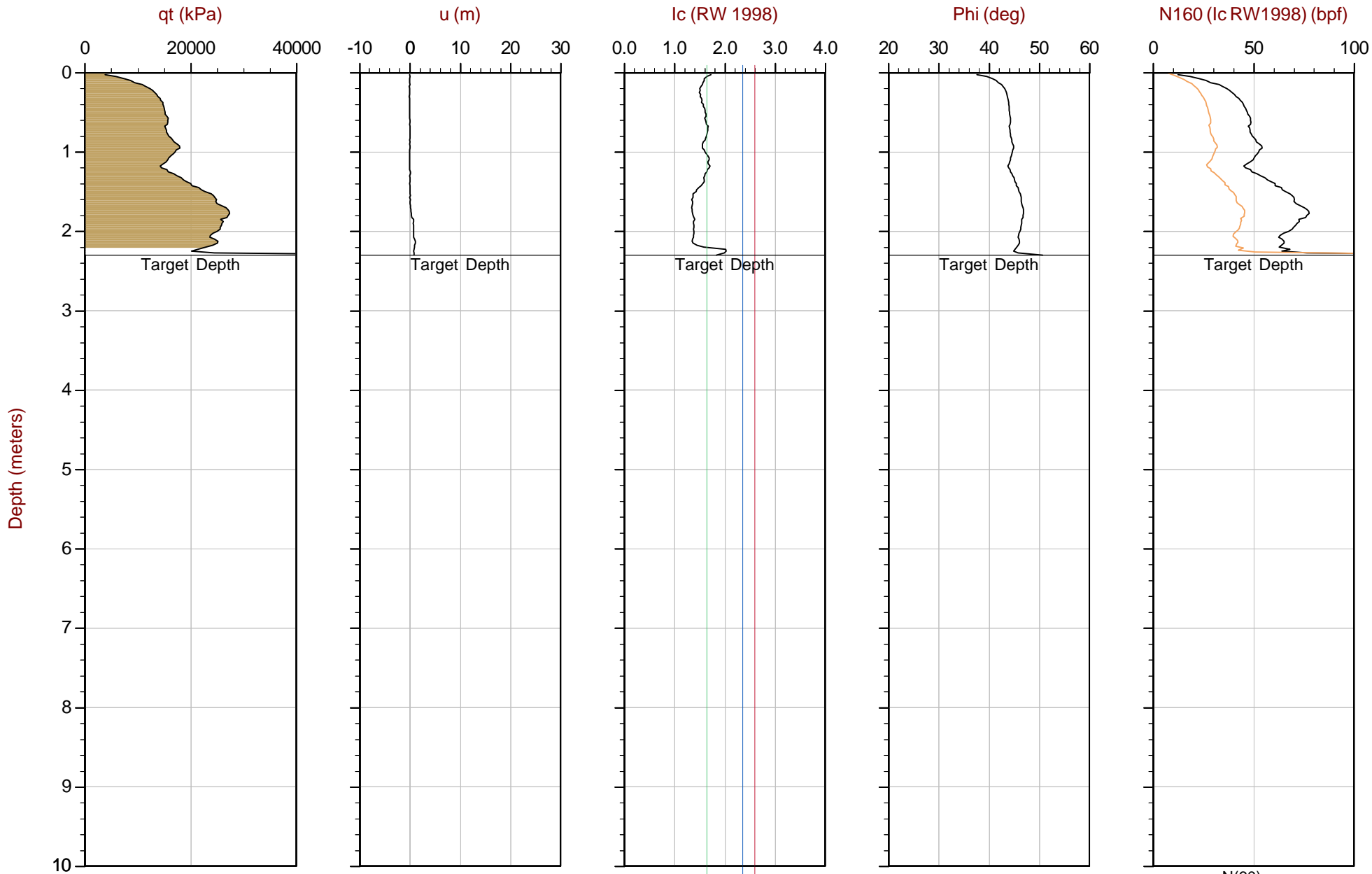
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 12:45
Site: ETNA

Sounding: CPT17-21
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 2.300 m / 7.55 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP21.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618234m E: 312061m
Sheet No: 1 of 1

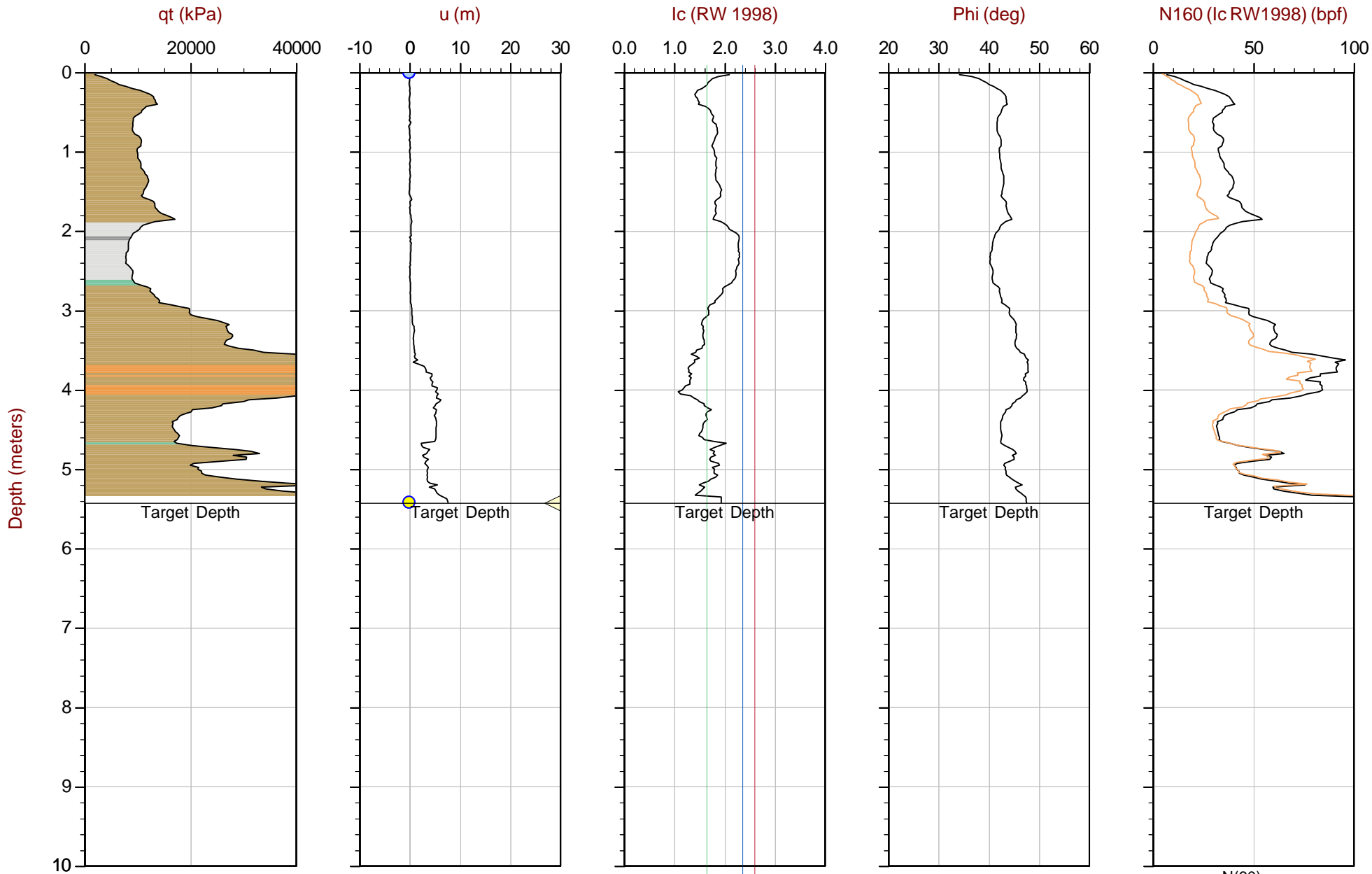
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 13:15
Site: ETNA

Sounding: CPT17-22
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.425 m / 17.80 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP22.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618245m E: 312132m
Sheet No: 1 of 1

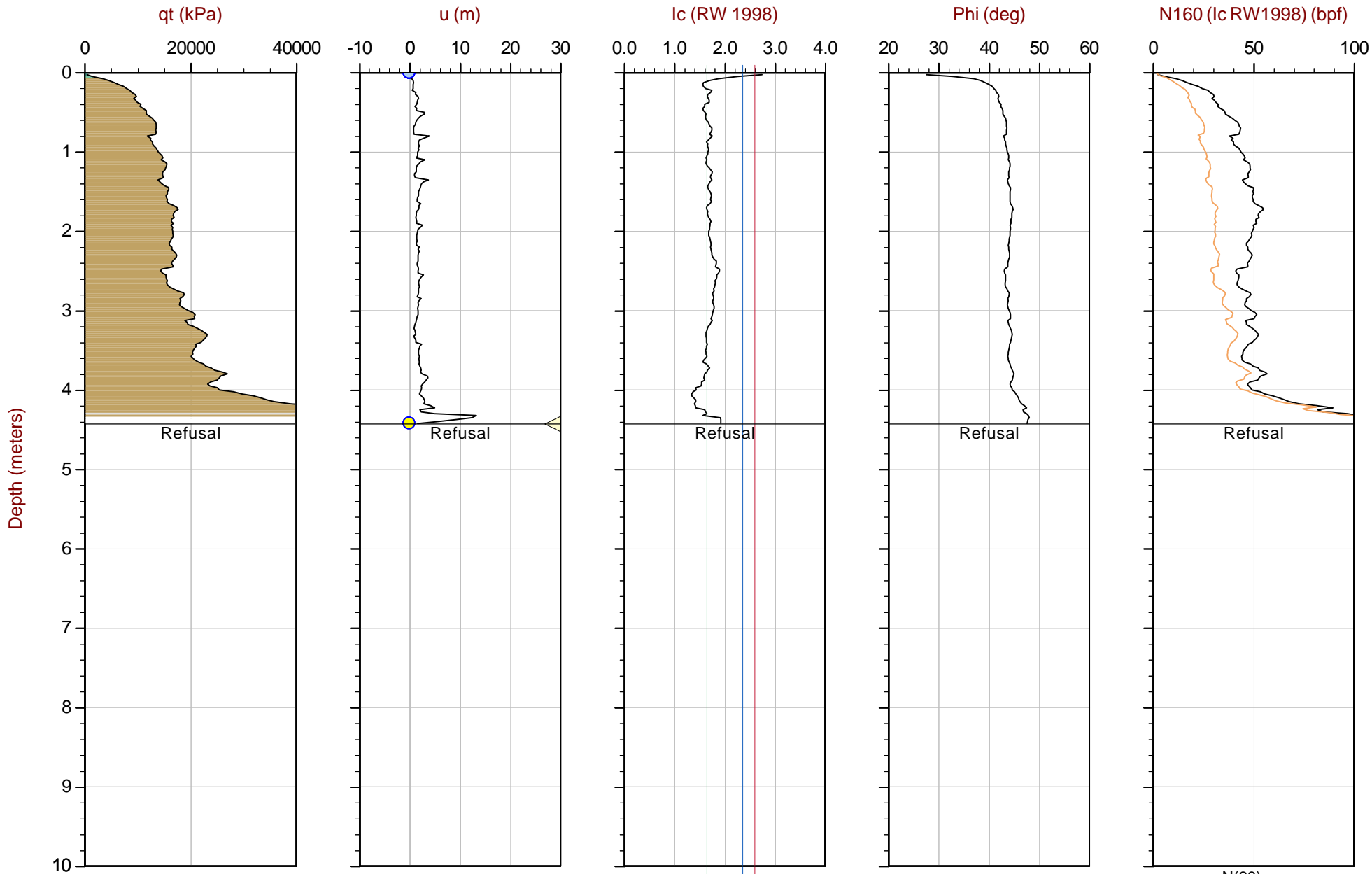
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-11-14 13:17
Site: ETNA

Sounding: CPT17-23
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 4.425 m / 14.52 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP23.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618311 m E: 312009 m
Sheet No: 1 of 1

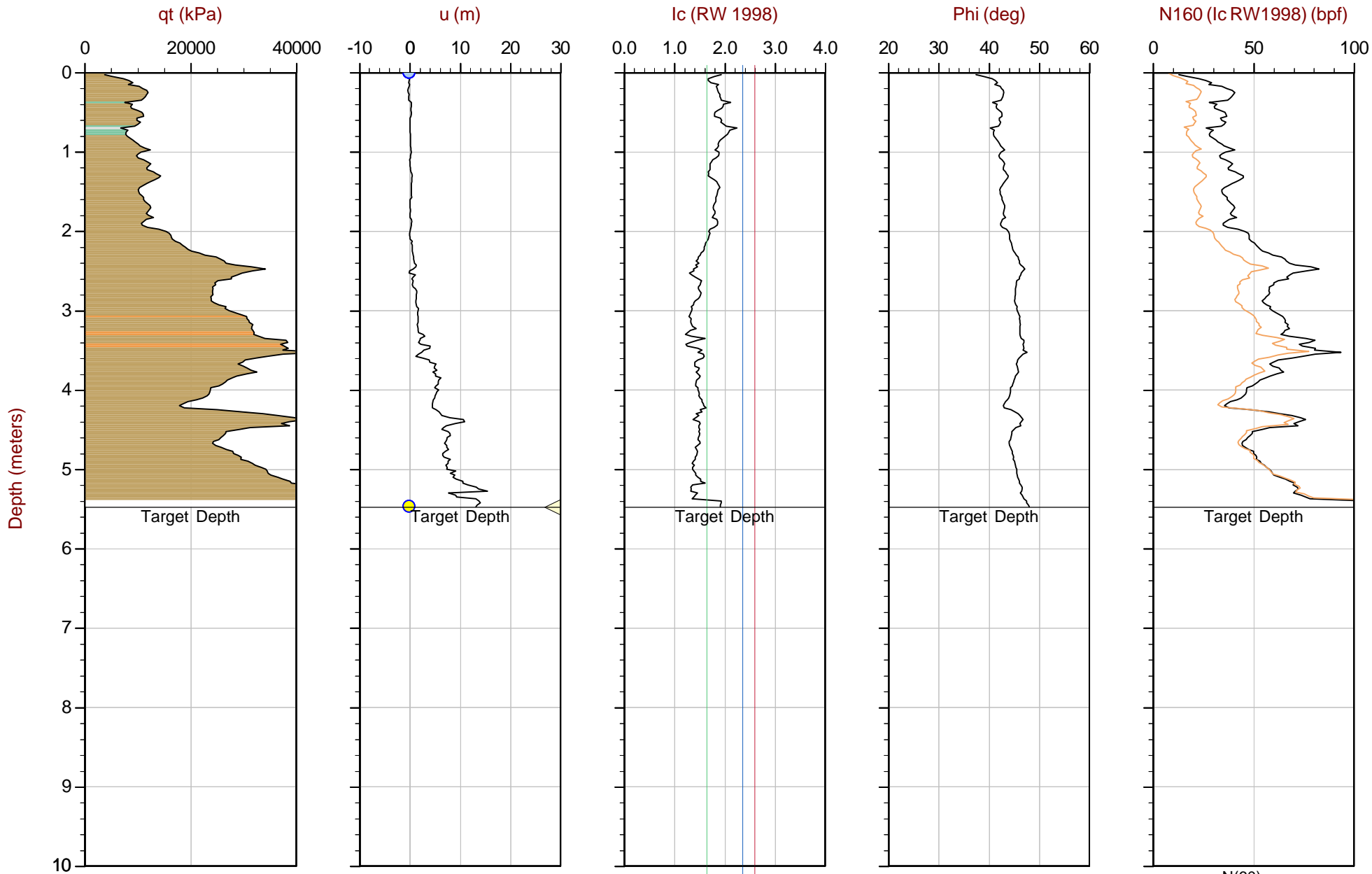
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 11:44
Site: ETNA

Sounding: CPT17-24
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.475 m / 17.96 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP24.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618314m E: 312055m
Sheet No: 1 of 1

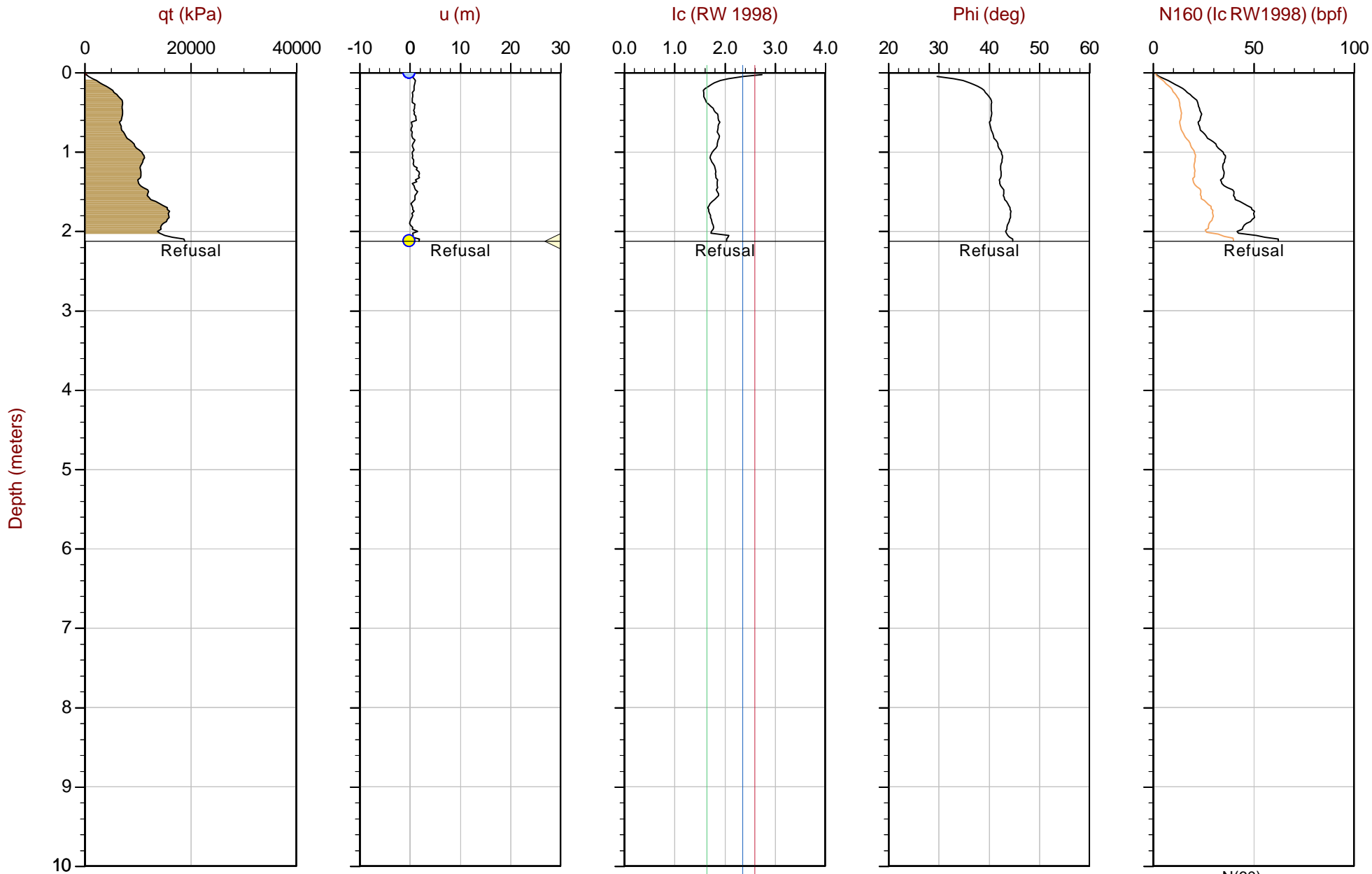
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-12-05 14:35
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 2.125 m / 6.97 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP25.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
Sheet No: 1 of 1

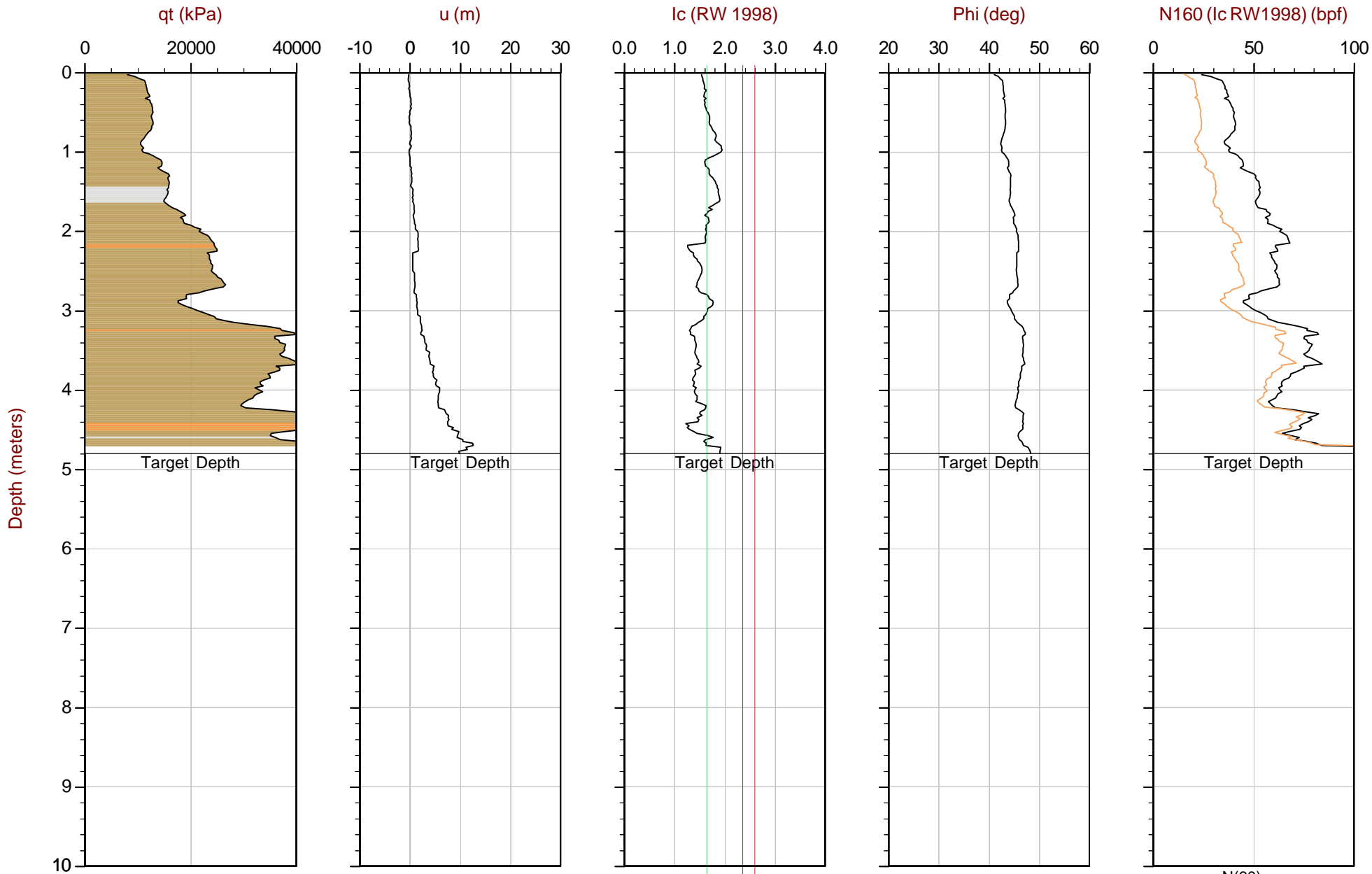
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:11
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25B
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP25B.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

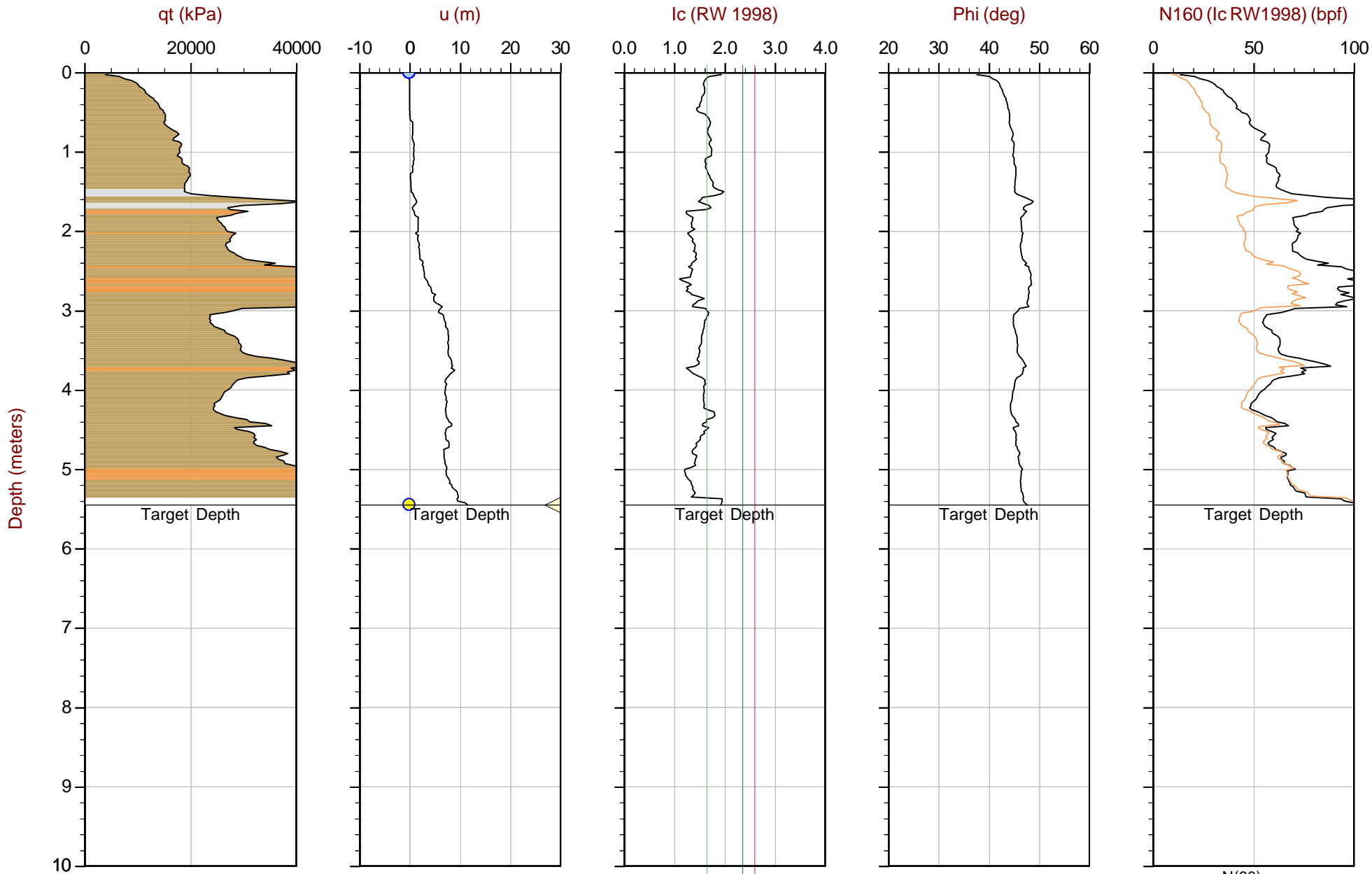
SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618305m E: 312098m
Sheet No: 1 of 1



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 15:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-26
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 5.450 m / 17.88 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP26.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618317mE: 312149m
Sheet No: 1 of 1

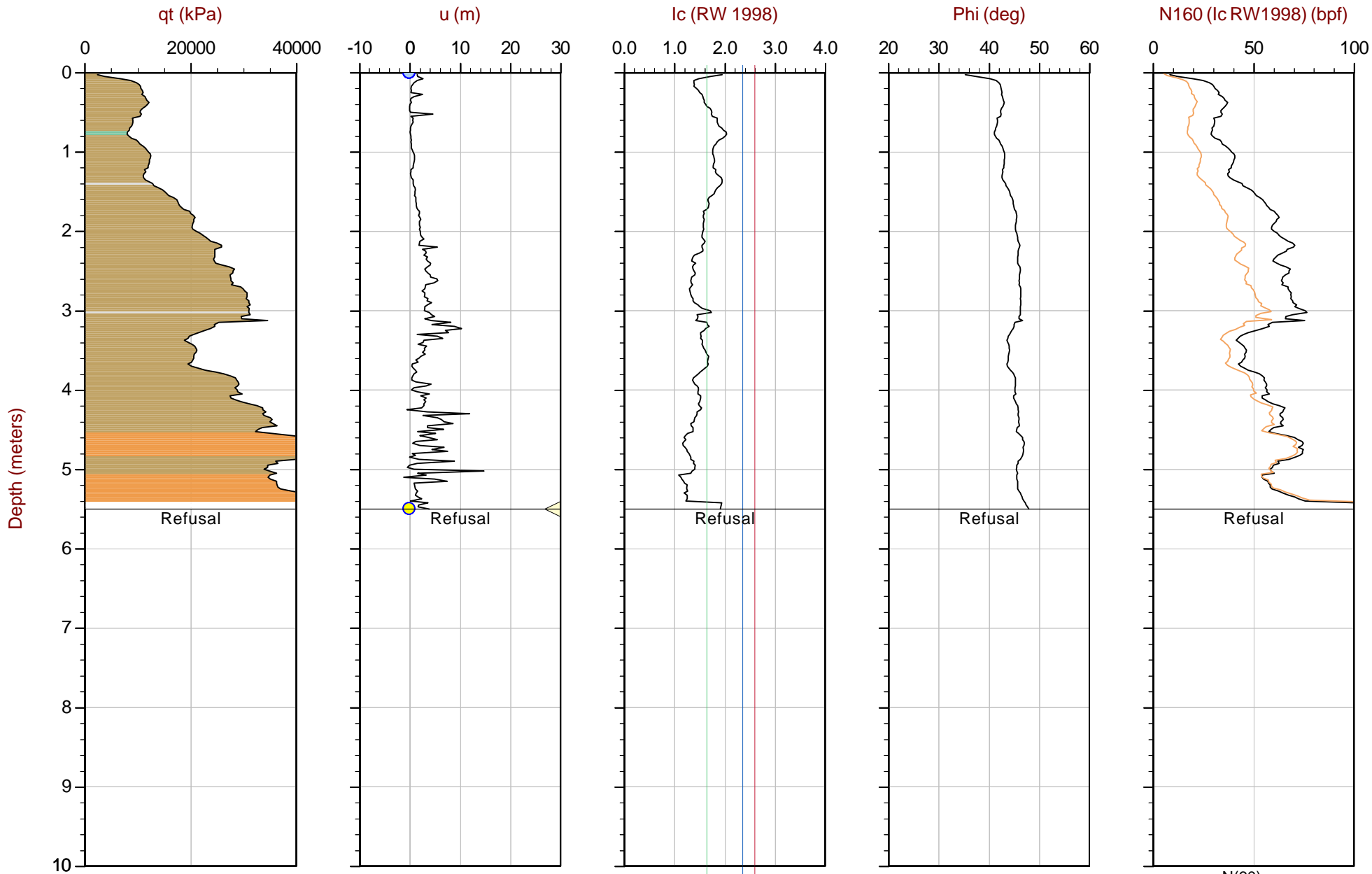
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2017-12-05 10:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-27
Cone: 373:T1500F15U500



Max Depth: 5.500 m / 18.04 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP27.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618414m E: 312019m
Sheet No: 1 of 1

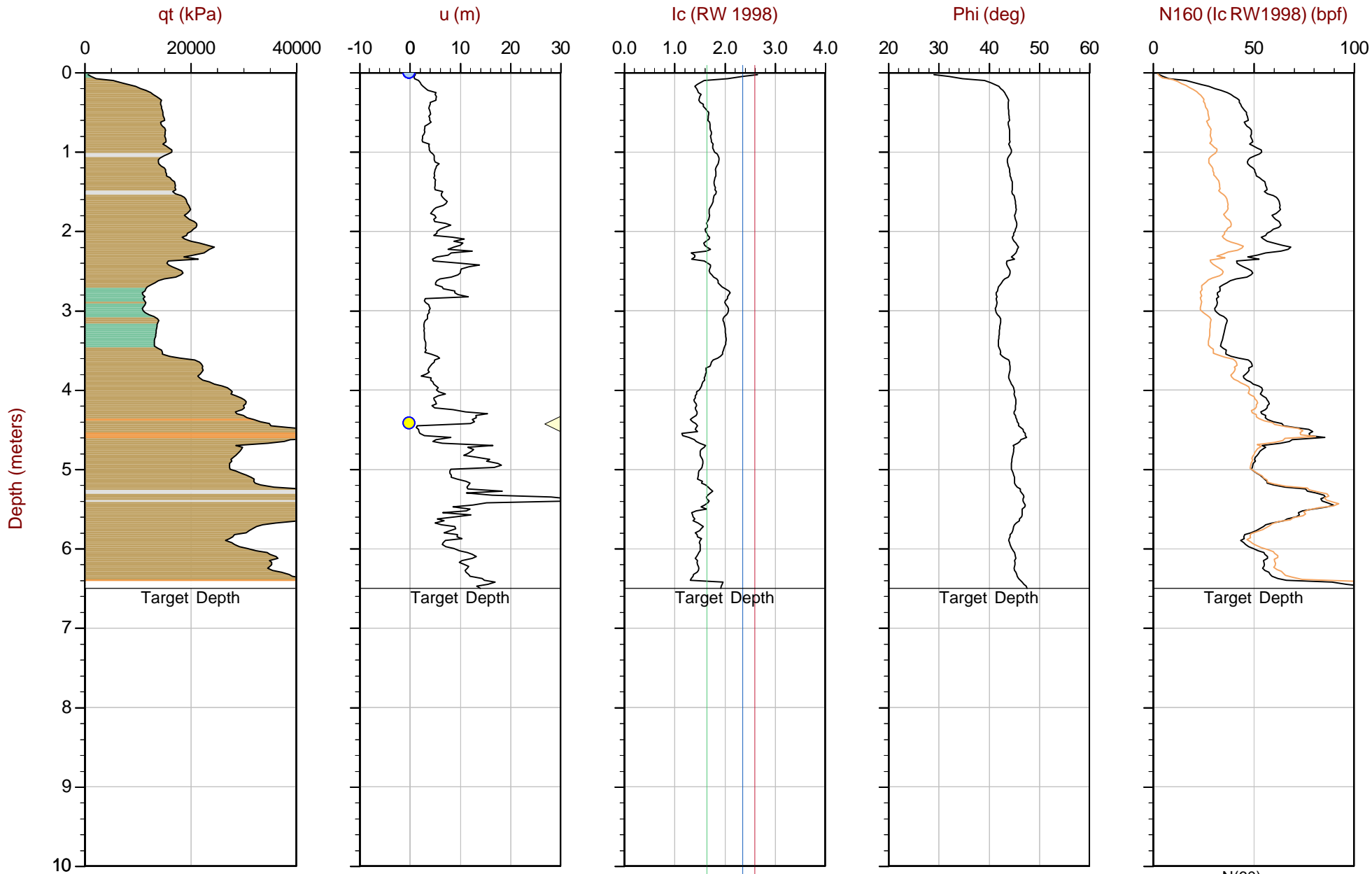
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 10:23
Site: ETNA

Sounding: CPT17-28
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 6.500 m / 21.33 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP28.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618398m E: 312102m
Sheet No: 1 of 1

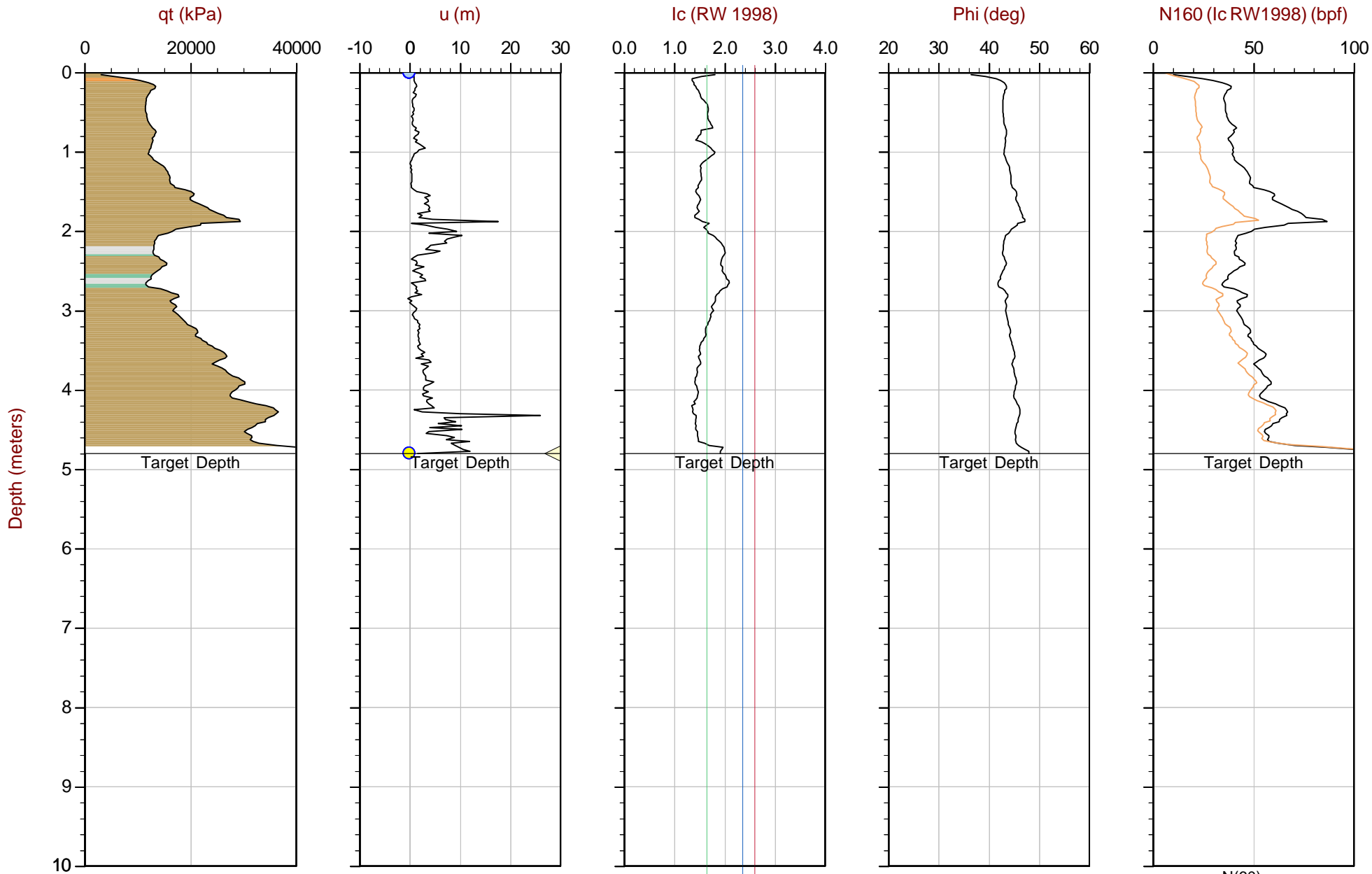
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 09:28
Site: ETNA

Sounding: CPT17-29
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 4.800 m / 15.75 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

● Assumed Ueq
● Ueq

File: 17-72011_CP29.COR
Unit Wt: SBTQtn (PKR2009)

◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM 18S N: 8618446m E: 312122m
Sheet No: 1 of 1

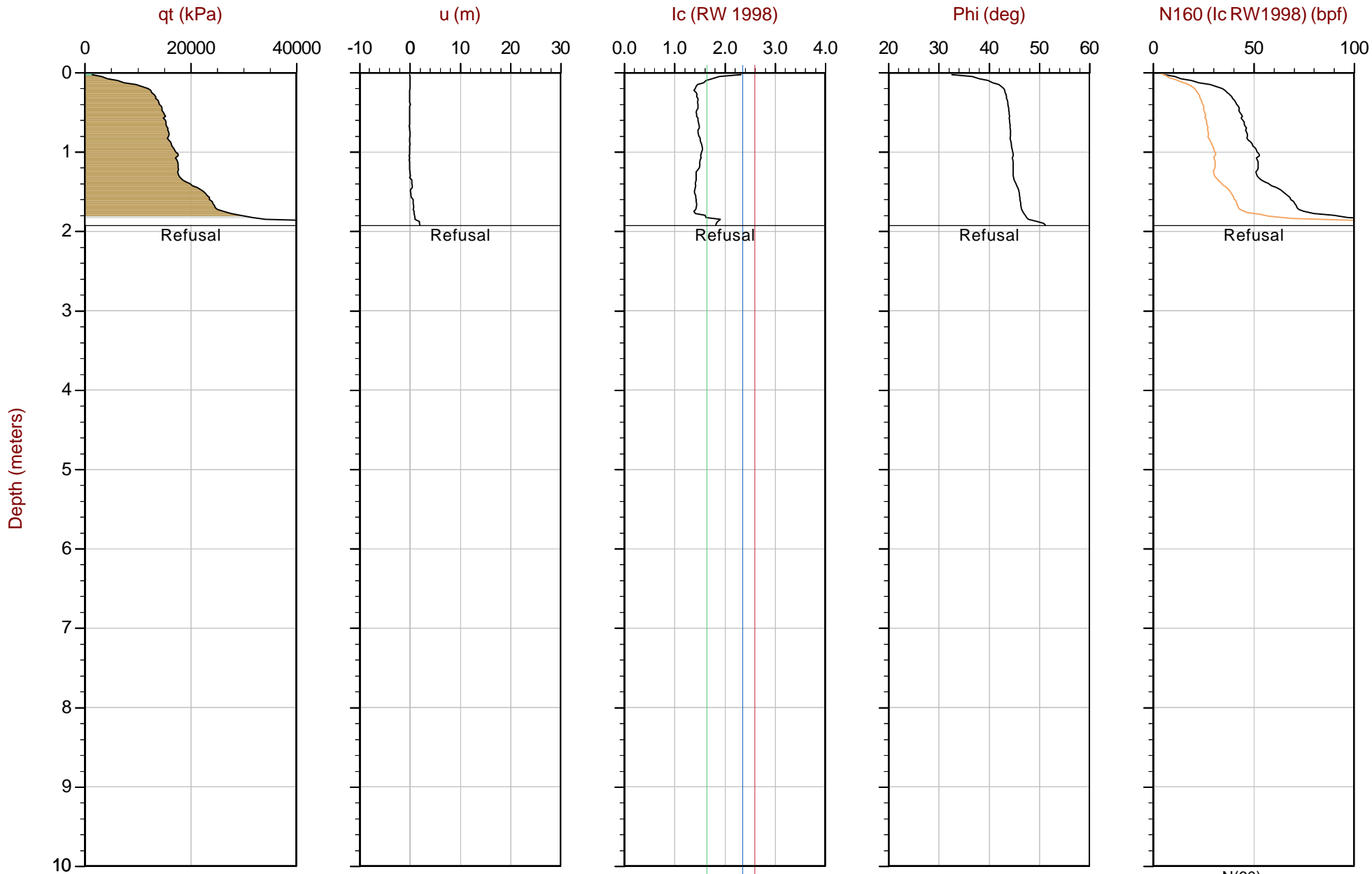
— N(60)



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 2018-01-26 16:34
Site: ETNA

Sounding: CPT17-30
Cone: 432:T1500F15U500



Max Depth: 1.925 m / 6.32 ft
Depth Inc: 0.025 m / 0.082 ft
Avg Int: EveryPoint
Overplot Item:

- Assumed Ueq
- Ueq

File: 17-72011_CP30.COR
Unit Wt: SBTQtn(PKR2009)

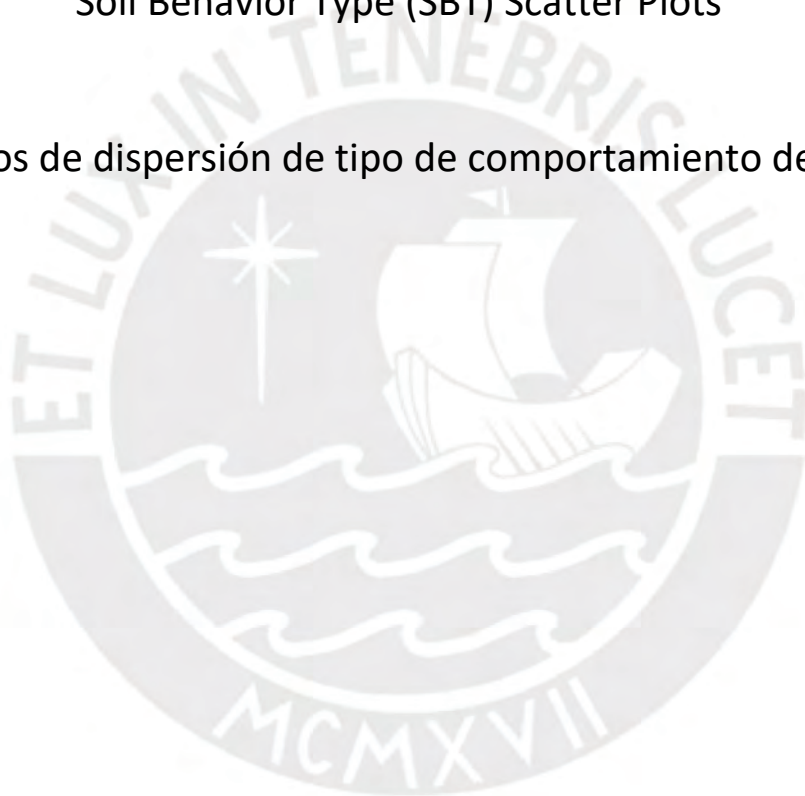
◁ Dissipation, equilibrium achieved

SBT: Robertson, 2009 and 2010
Coords: UTM18SN: 8618177mE: 312163m
Sheet No: 1 of 1

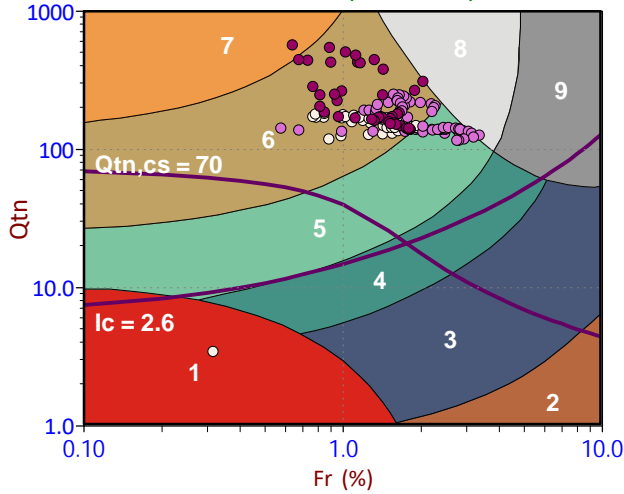
— N(60)

Soil Behavior Type (SBT) Scatter Plots

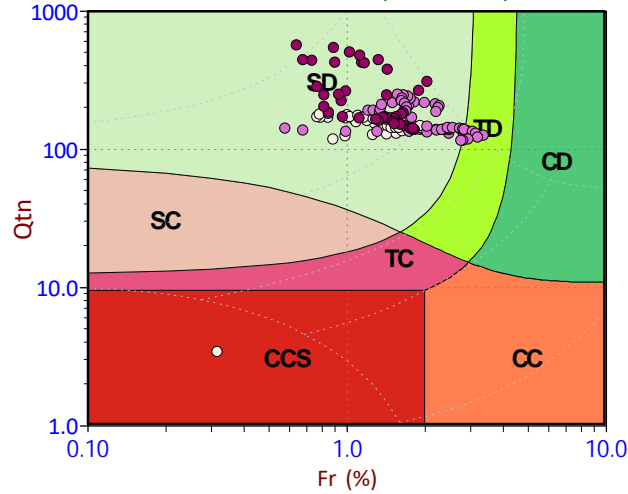
Gráficos de dispersión de tipo de comportamiento de suelo



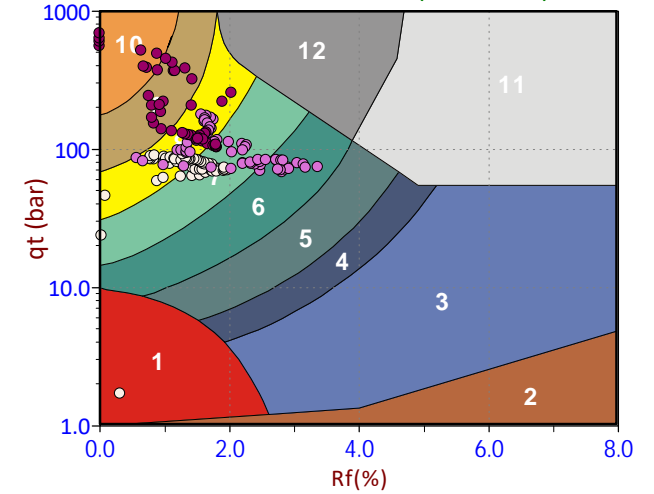
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

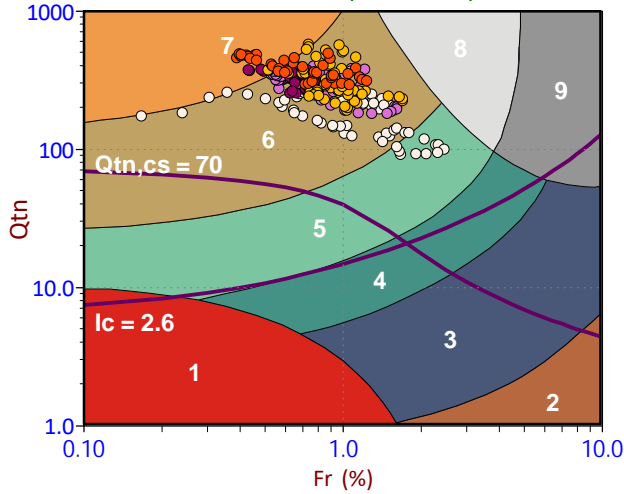
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

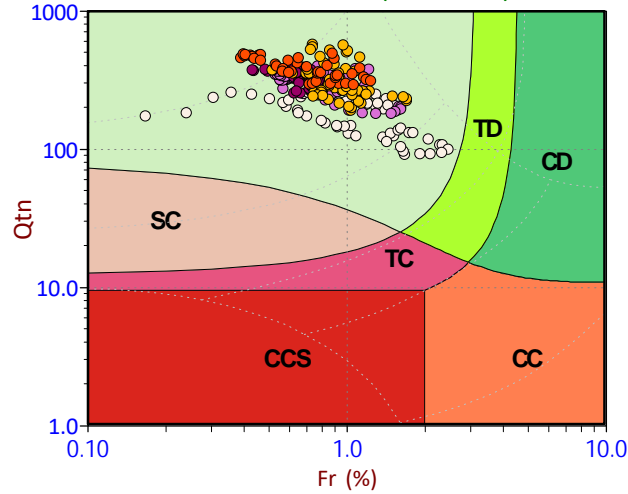
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

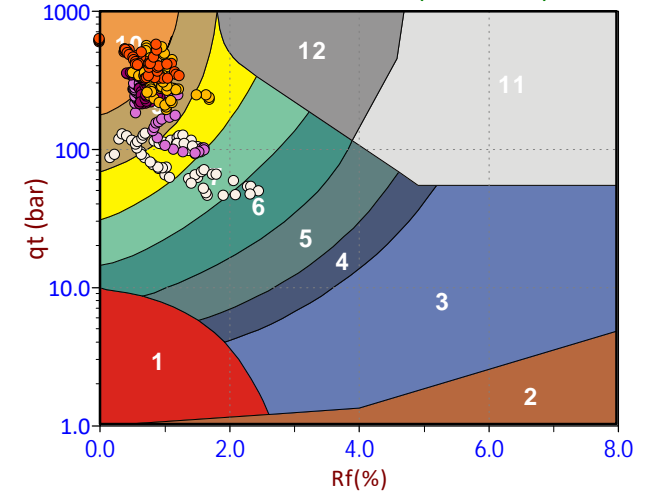
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

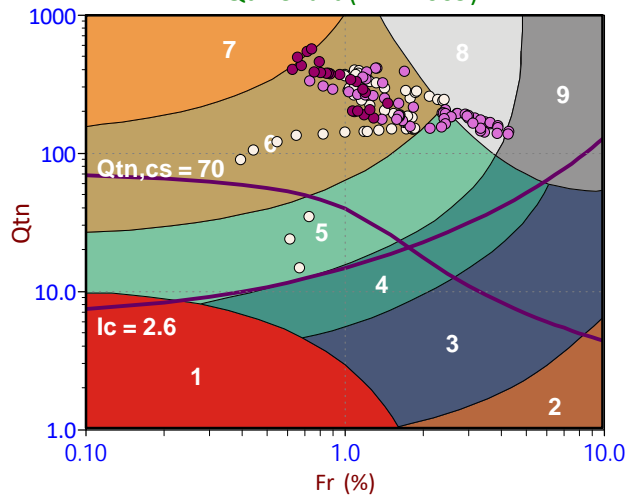
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

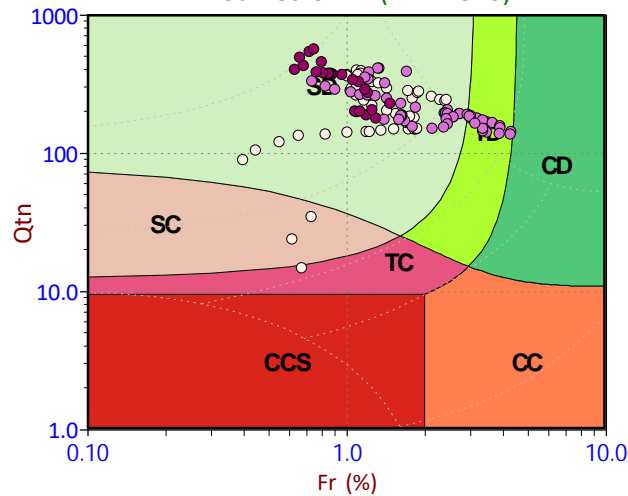
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

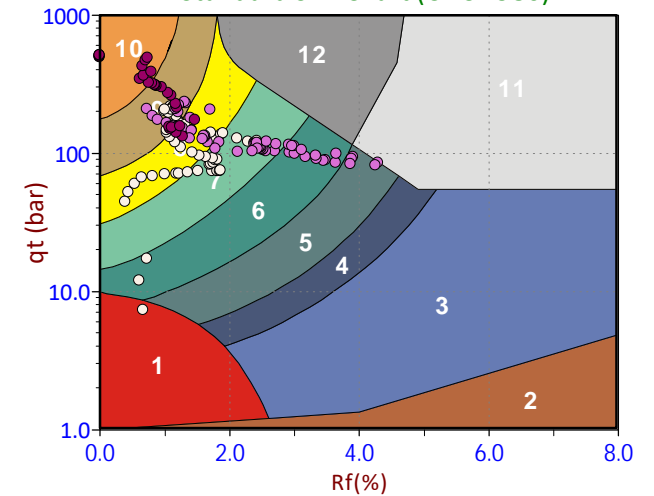
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

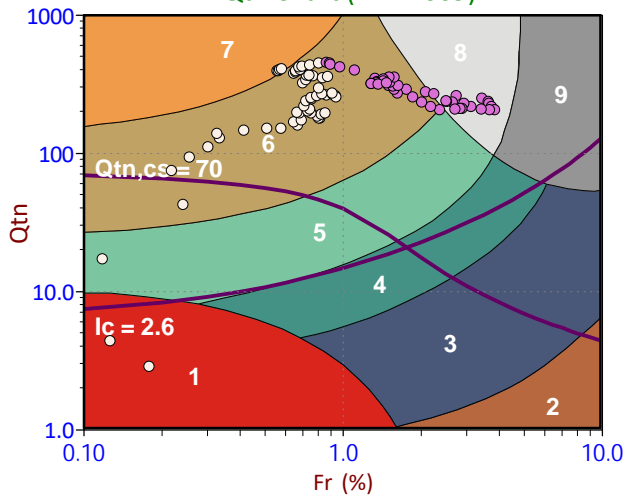
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

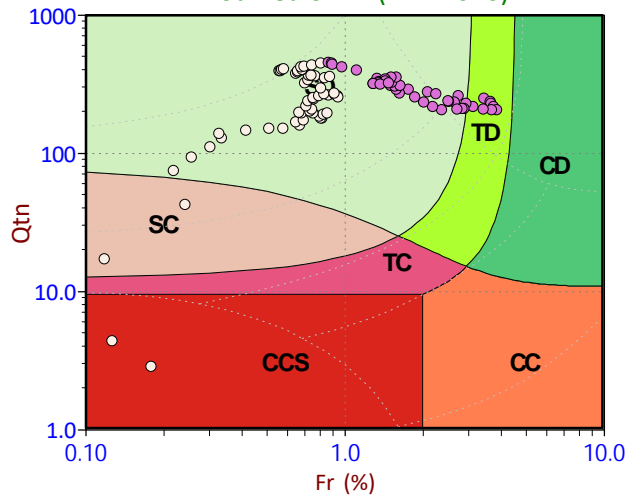
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

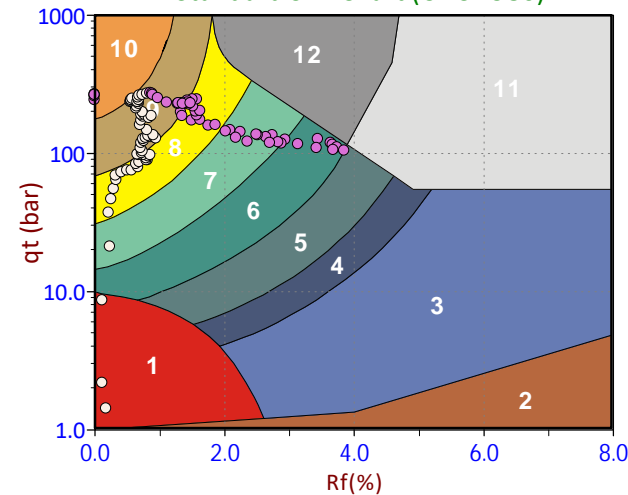
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

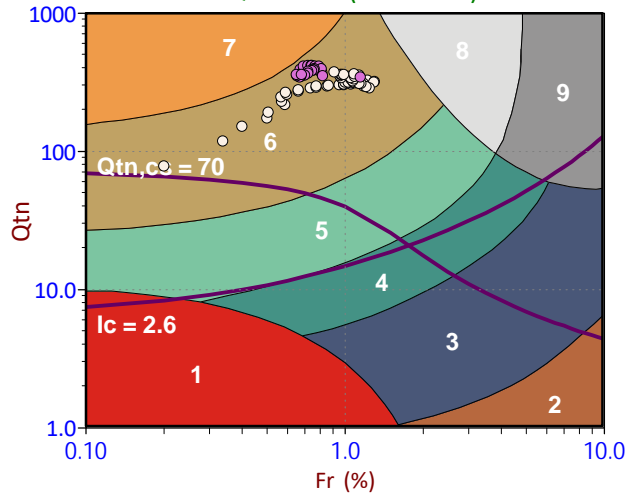
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

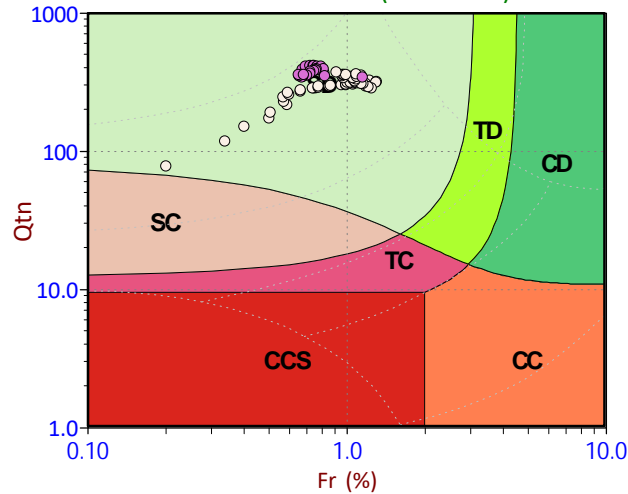
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

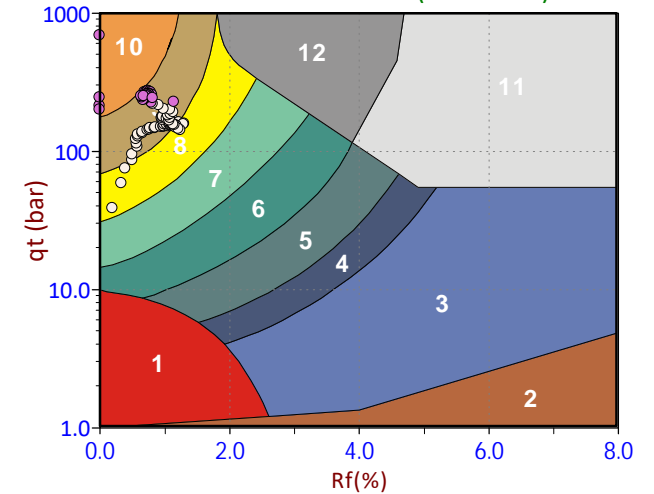
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

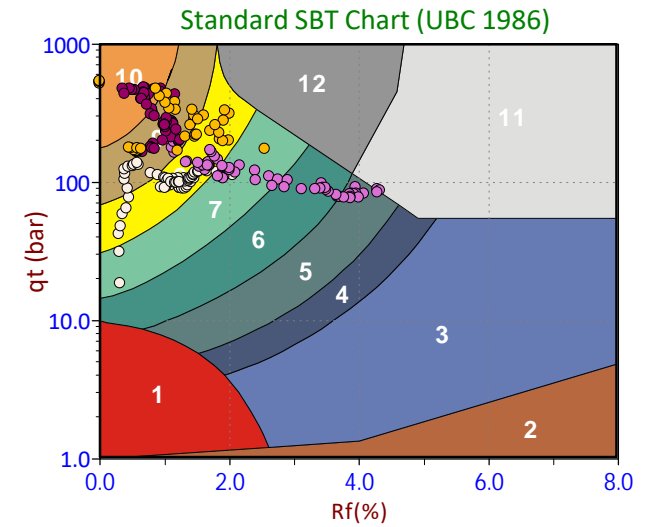
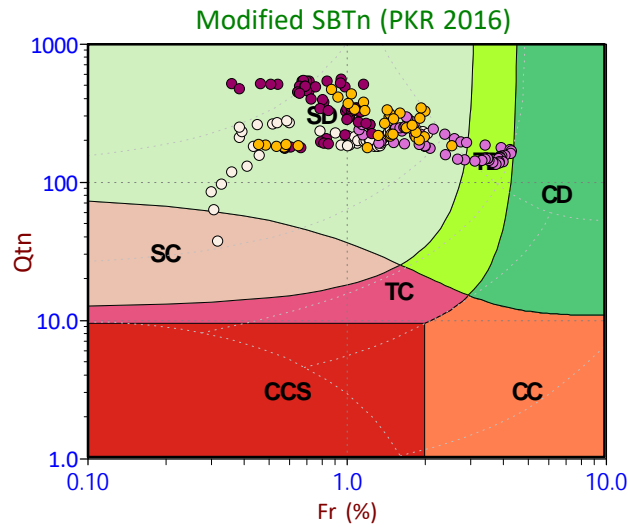
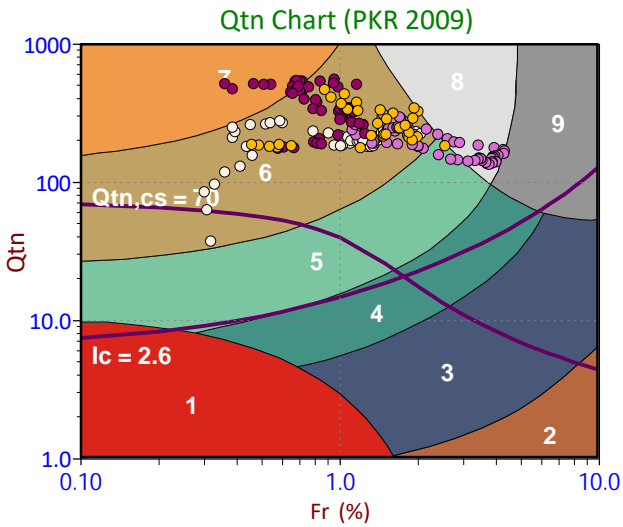
- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

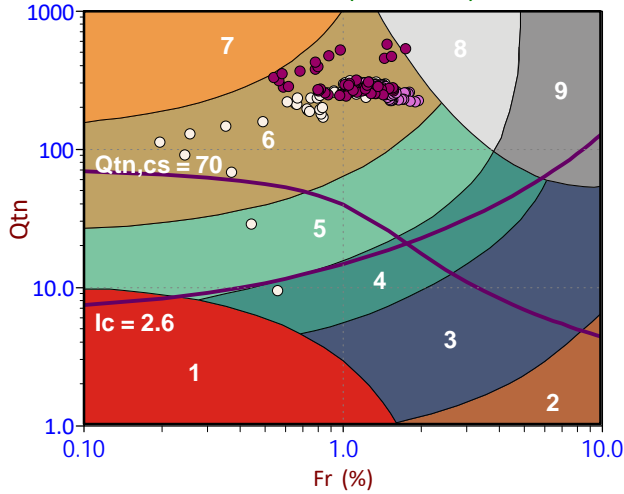
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

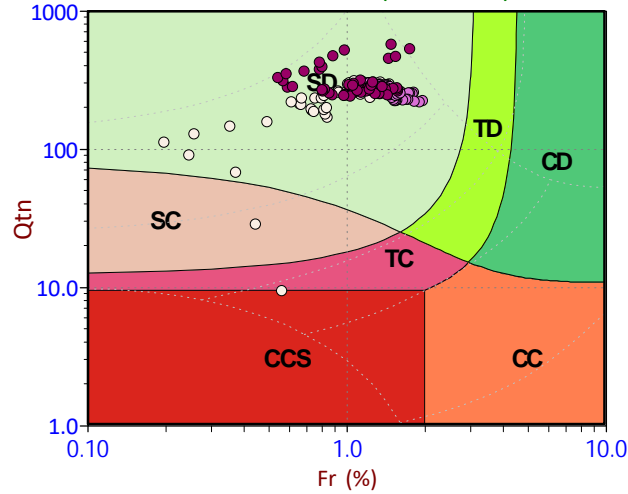
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

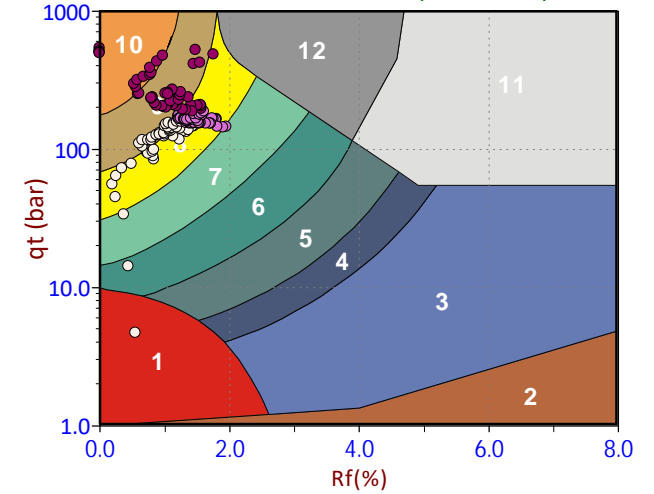
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

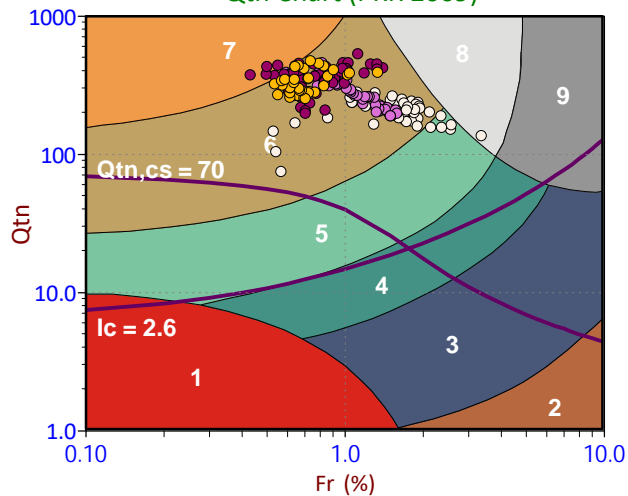
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

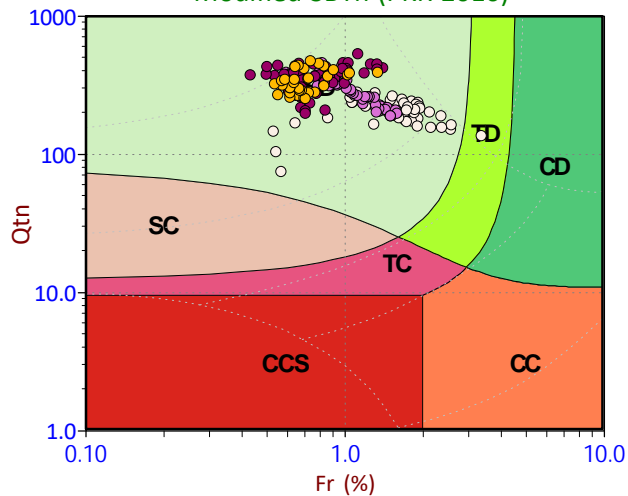
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

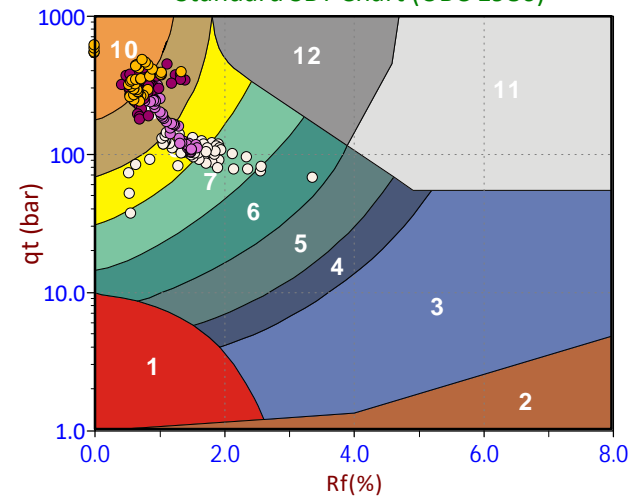
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

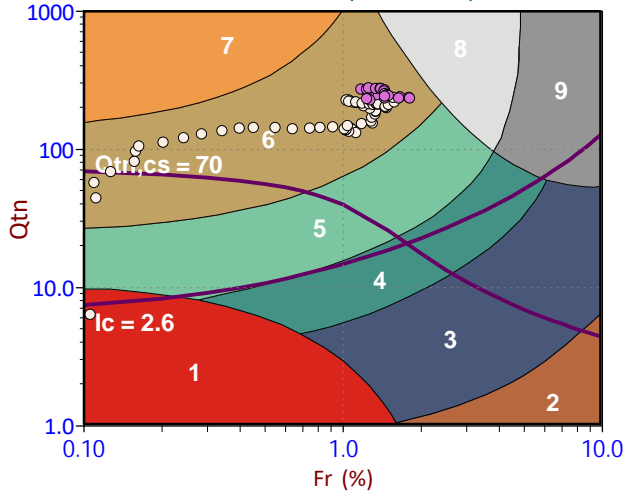
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

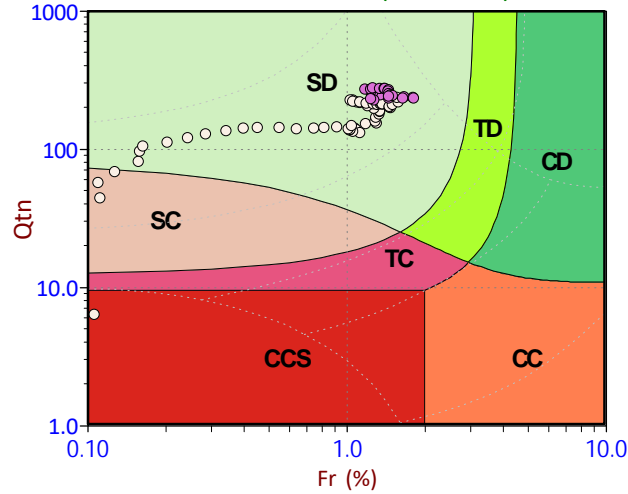
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

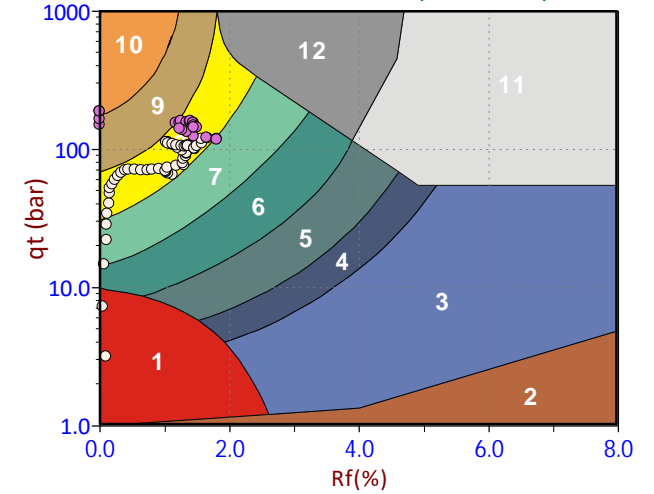
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

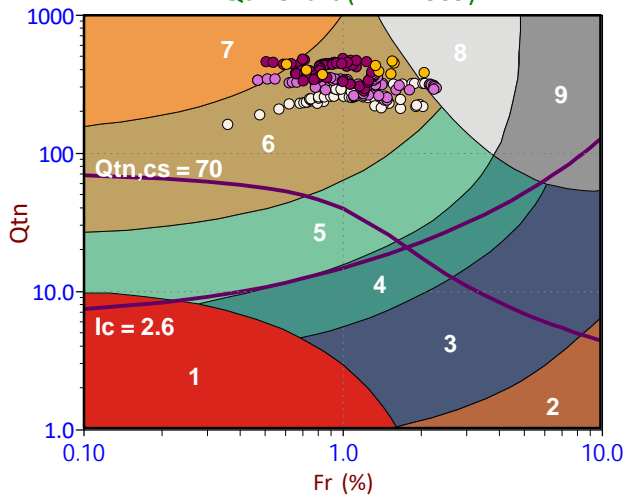
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

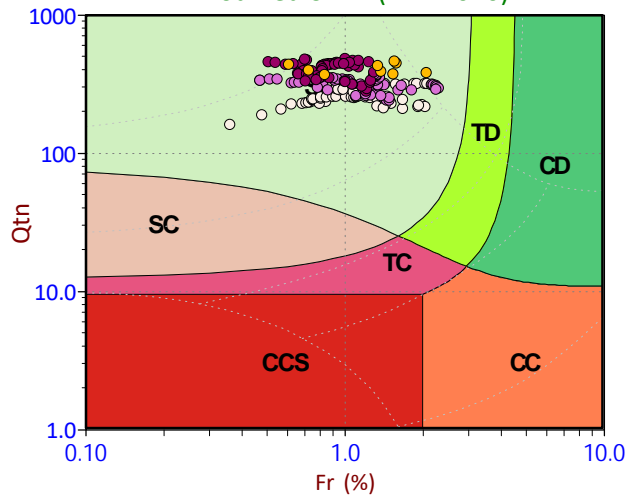
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

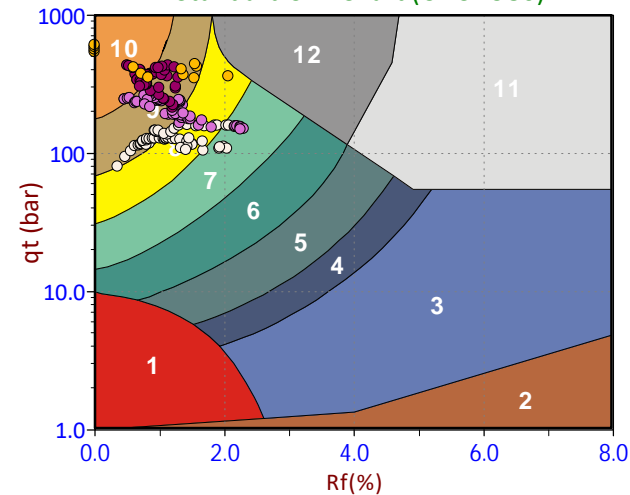
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

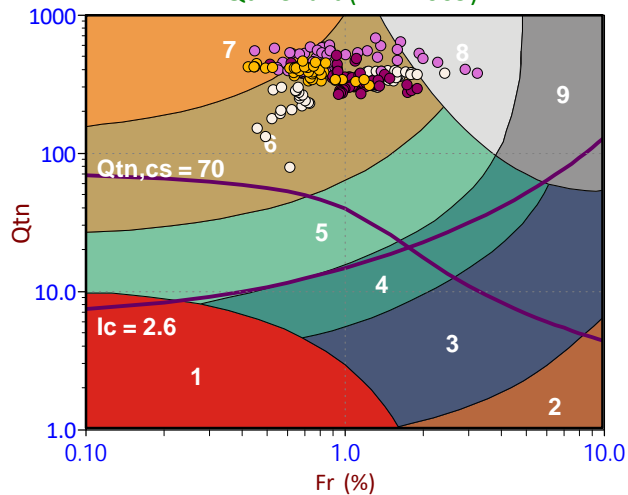
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

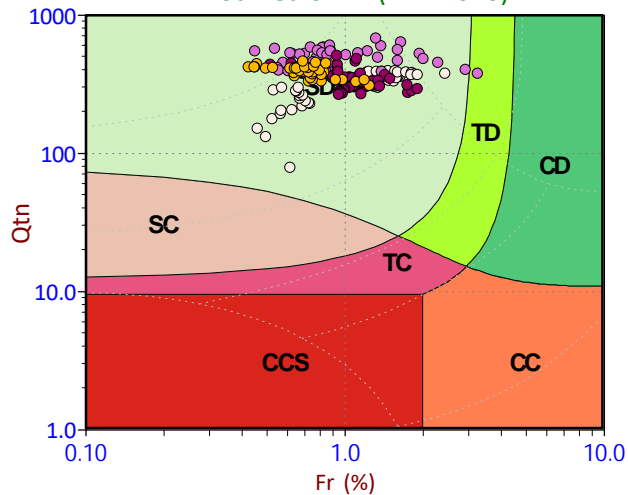
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

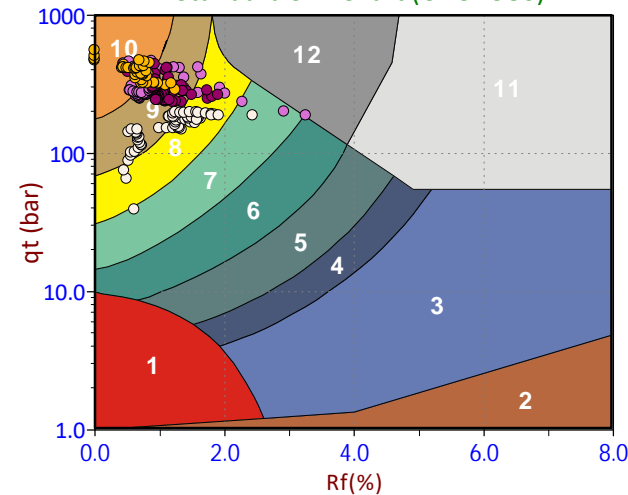
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

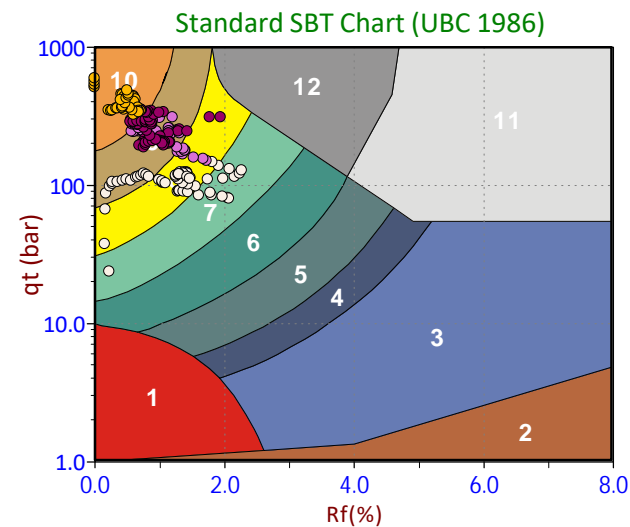
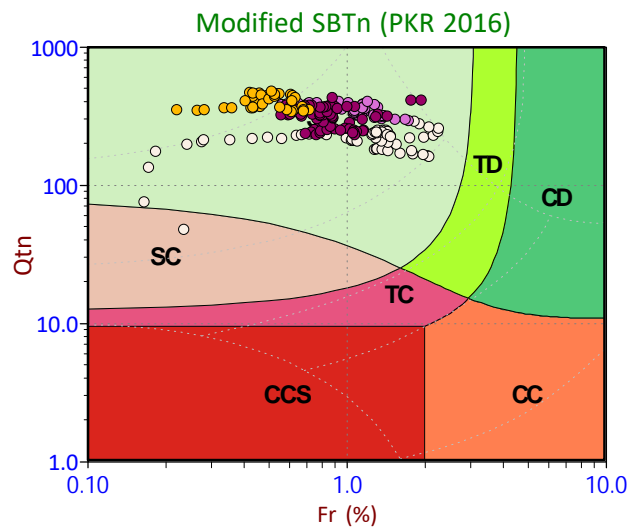
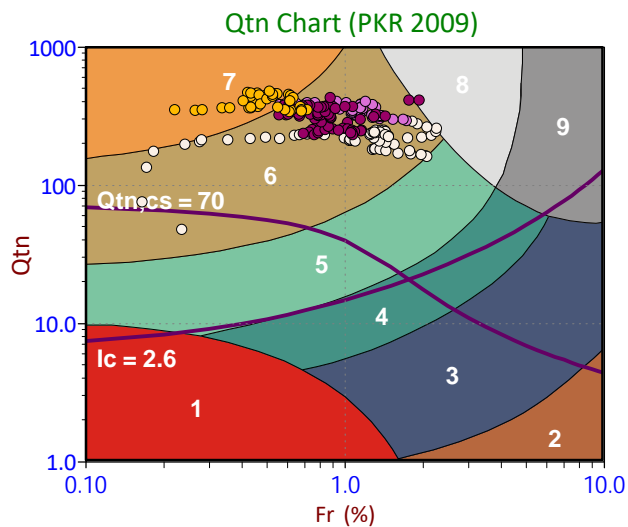
- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

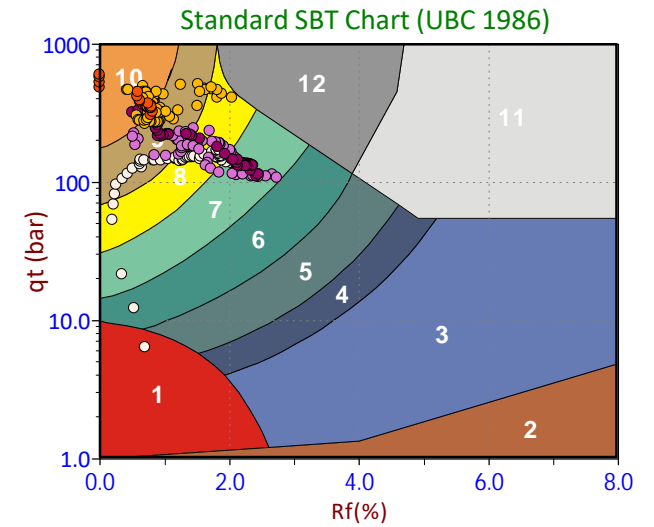
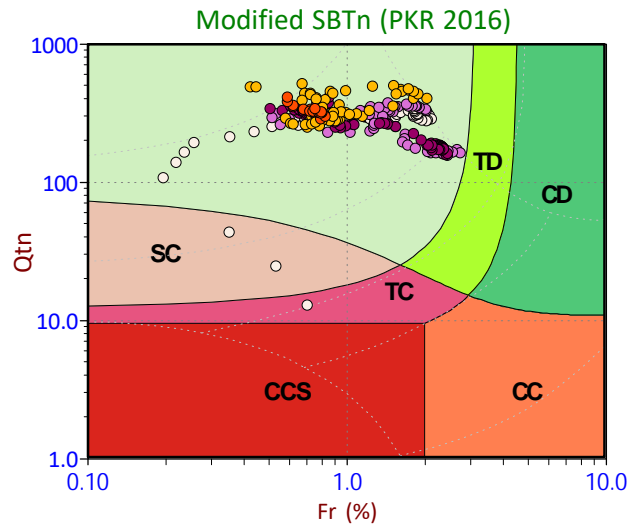
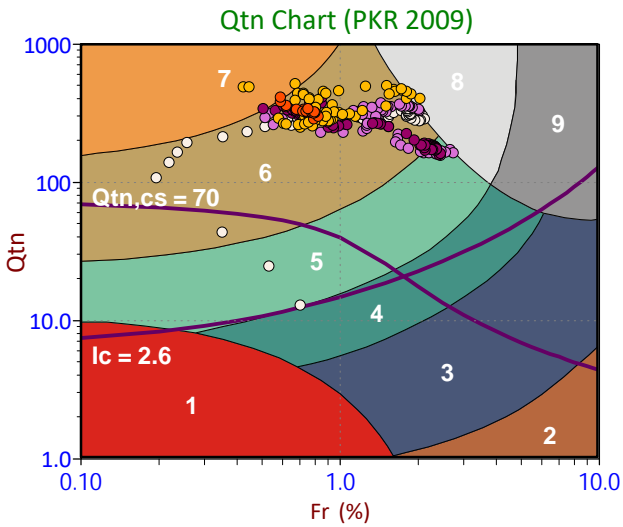
- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

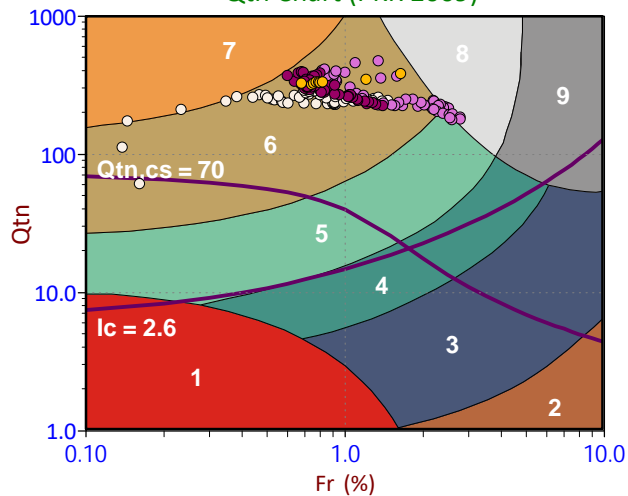
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

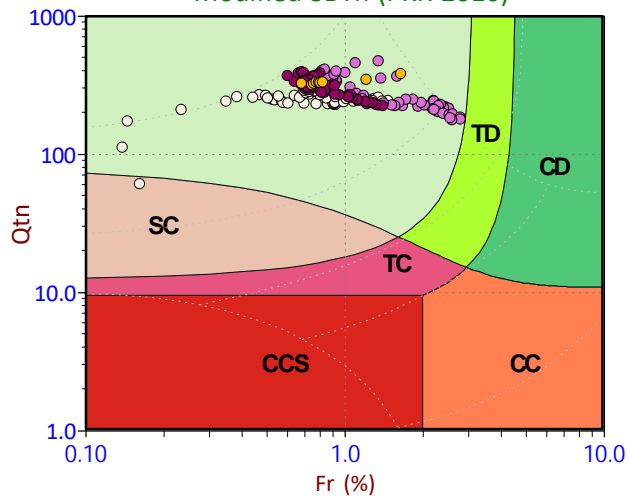
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

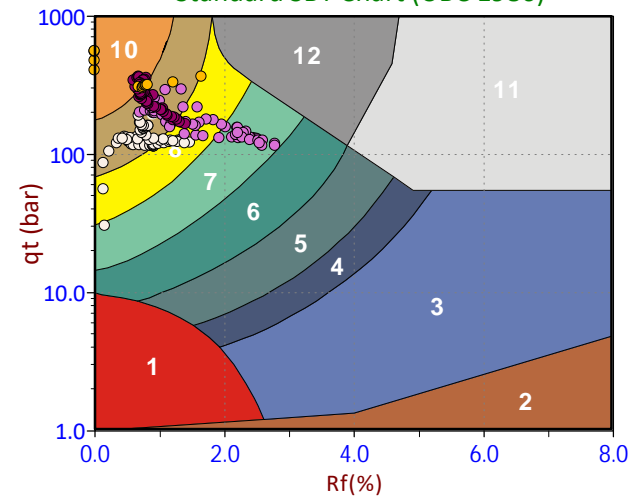
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

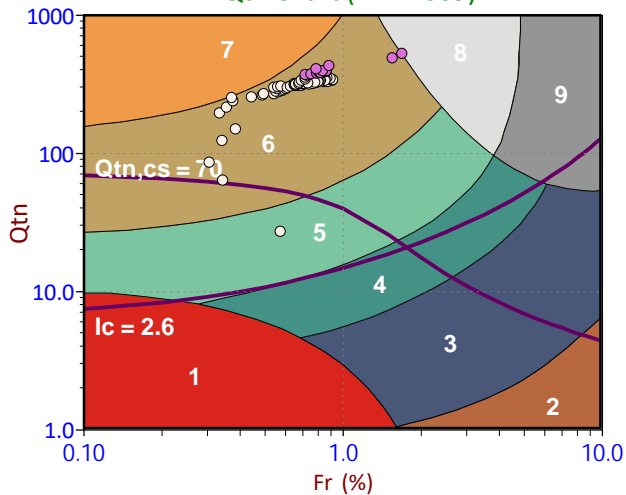
Legend

- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

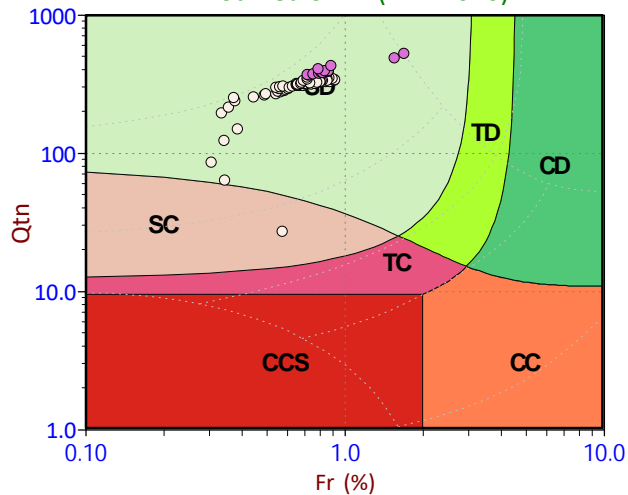
Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

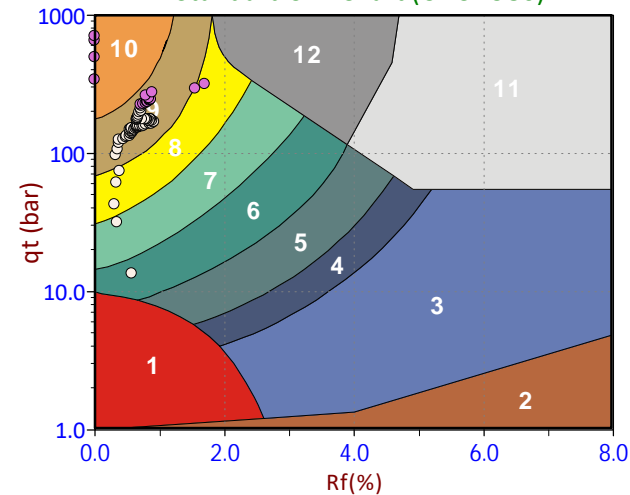
Qtn Chart (PKR 2009)



Modified SBTn (PKR 2016)



Standard SBT Chart (UBC 1986)



Depth Ranges

- >0.0 to 1.5 m
- >1.5 to 3.0 m
- >3.0 to 4.5 m
- >4.5 to 6.0 m
- >6.0 to 7.5 m
- >7.5 to 9.0 m
- >9.0 to 10.5 m
- >10.5 to 12.0 m
- >12.0 to 13.5 m
- >13.5 to 15.0 m
- >15.0 m

Legend

- Sensitive, Fine Grained
- Organic Soils
- Clays
- Silt Mixtures
- Sand Mixtures
- Sands
- Gravelly Sand to Sand
- Stiff Sand to Clayey Sand
- Very Stiff Fine Grained

Legend

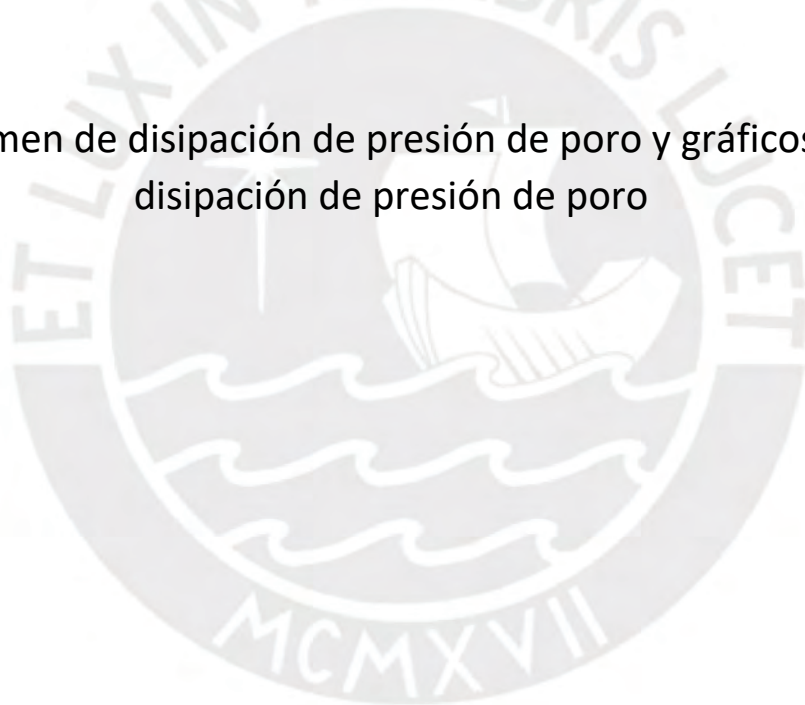
- CCS (Cont. sensitive clay like)
- CC (Cont. clay like)
- TC (Cont. transitional)
- SC (Cont. sand like)
- CD (Dil. clay like)
- TD (Dil. transitional)
- SD (Dil. sand like)

Legend

- Sensitive Fines
- Organic Soil
- Clay
- Silty Clay
- Clayey Silt
- Silt
- Sandy Silt
- Silty Sand/Sand
- Sand
- Gravelly Sand
- Stiff Fine Grained
- Cemented Sand

Pore Pressure Dissipation Summary and Pore Pressure
Dissipation Plots

Resumen de disipación de presión de poro y gráficos de
disipación de presión de poro





Job No: 17-72011
Client: Soletanche Bachy Peru
Project: ETNA
Start Date: 14-Nov-2017
End Date: 26-Jan-2018

CPT_u PORE PRESSURE DISSIPATION SUMMARY

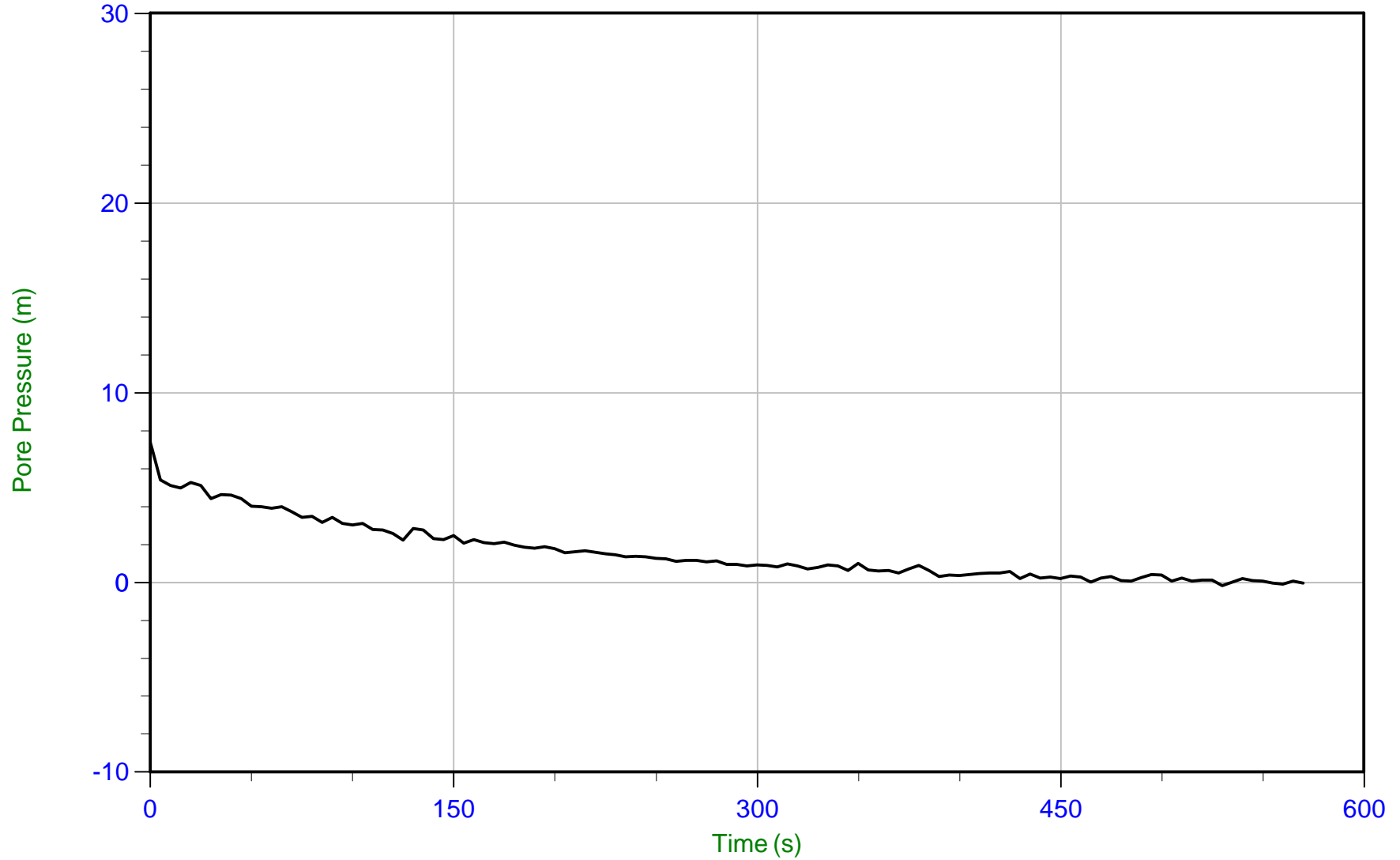
Sounding ID	File Name	Cone Area (cm ²)	Duration (s)	Test Depth (m)	Estimated Equilibrium Pore Pressure U _{eq} (m)	Calculated Phreatic Surface (m)
CPT17-18	17-72011_CP18	15	570	5.400	0.0	
CPT17-20	17-72011_CP20	15	420	2.350	0.0	
CPT17-22	17-72011_CP22	15	470	5.425	0.0	
CPT17-23	17-72011_CP23	15	455	4.425	0.0	
CPT17-24	17-72011_CP24	15	440	5.475	0.0	
CPT17-25	17-72011_CP25	15	415	2.125	0.0	
CPT17-26	17-72011_CP26	15	600	5.450	0.0	
CPT17-27	17-72011_CP27	15	400	5.500	0.0	
CPT17-28	17-72011_CP28	15	860	4.425	0.0	
CPT17-29	17-72011_CP29	15	340	4.800	0.0	



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/25/2018 15:32
Site: ETNA

Sounding: CPT17-18
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



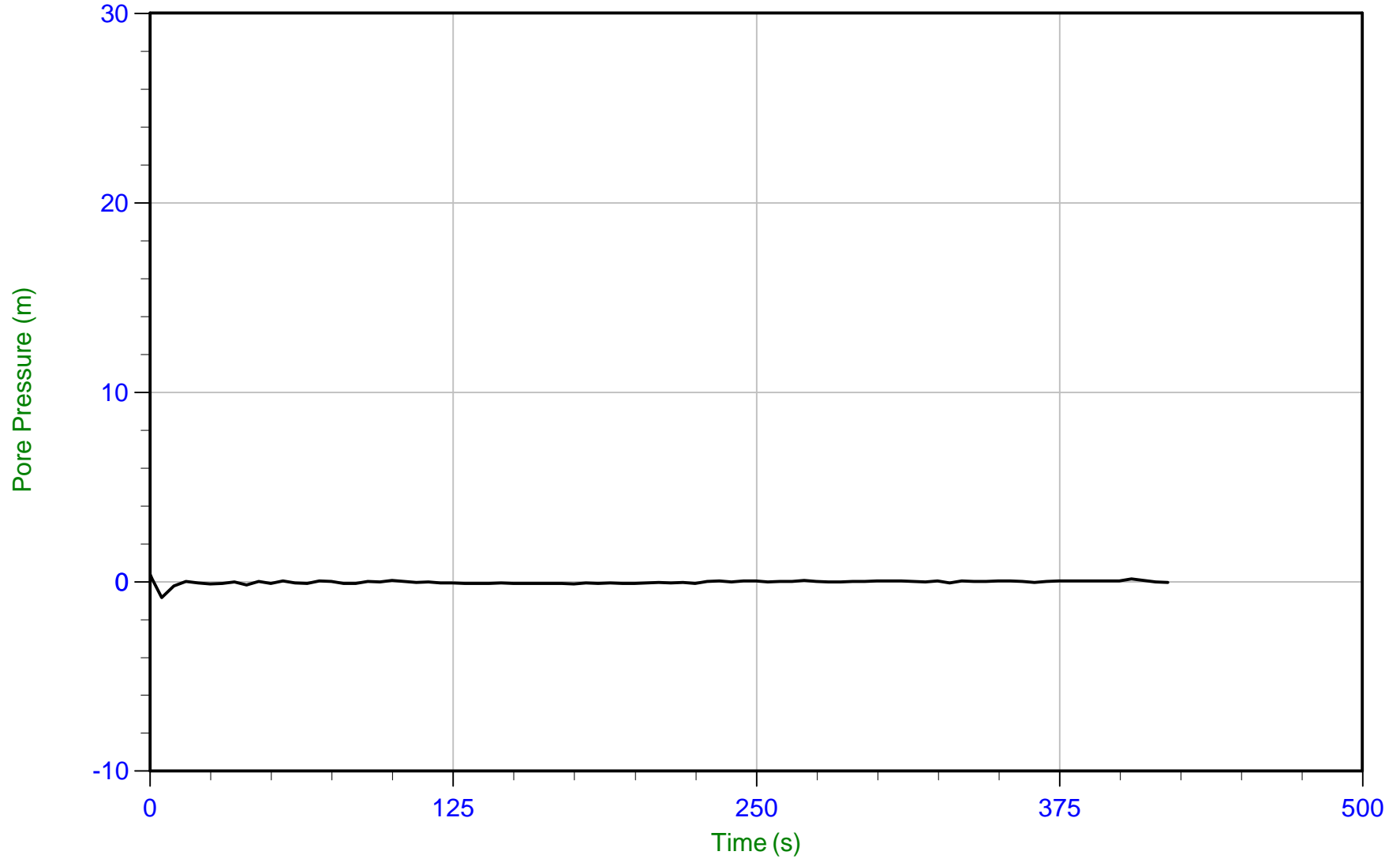
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP18.PPF U Min: -0.2 m WT: 5.400 m / 17.716 ft
Depth: 5.400 m / 17.716 ft U Max: 7.4 m Ueq: 0.0 m
Duration: 570.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/25/2018 11:00
Site: ETNA

Sounding: CPT17-20
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



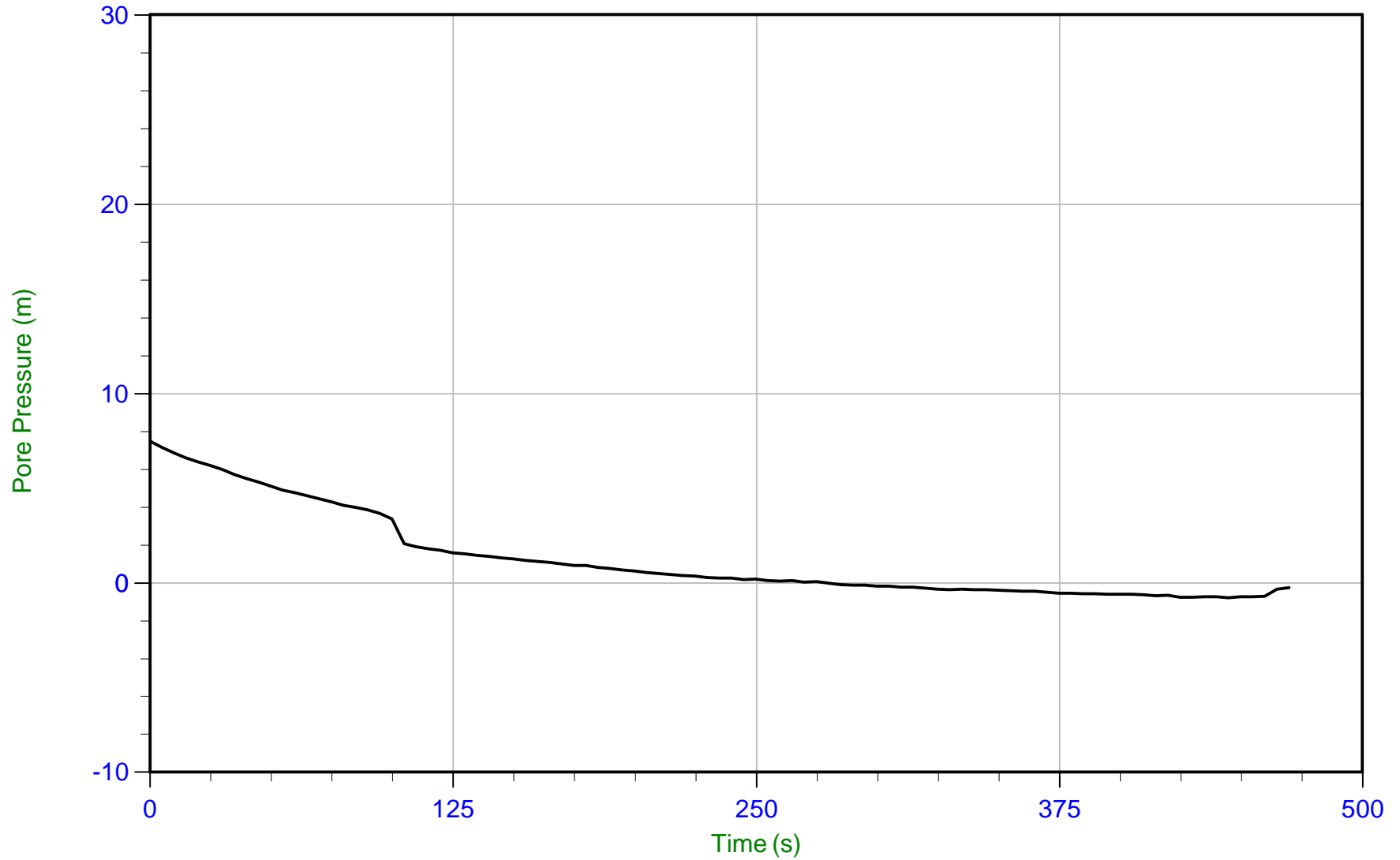
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP20.PPF U Min: -0.8 m WT: 2.350 m / 7.710 ft
 Depth: 2.350 m / 7.710 ft U Max: 0.4 m Ueq: 0.0 m
 Duration: 420.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/26/2018 13:15
Site: ETNA

Sounding: CPT17-22
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



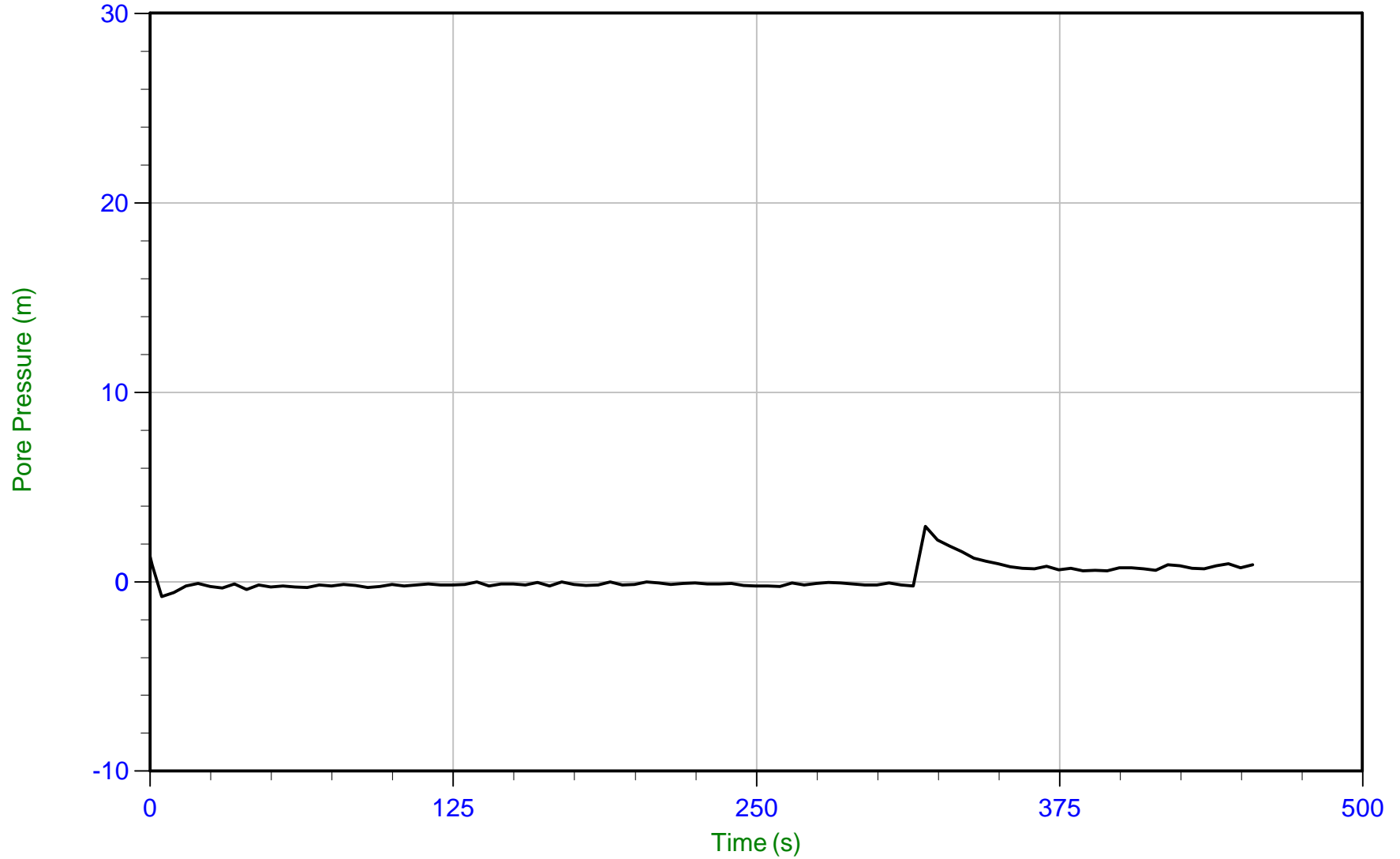
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP22.PPF U Min: -0.8 m WT: 5.425 m / 17.798 ft
Depth: 5.425 m / 17.798 ft U Max: 7.5 m Ueq: 0.0 m
Duration: 470.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 11/14/2017 13:17
Site: ETNA

Sounding: CPT17-23
Cone: 373:T1500F15U500 Area=15 cm²



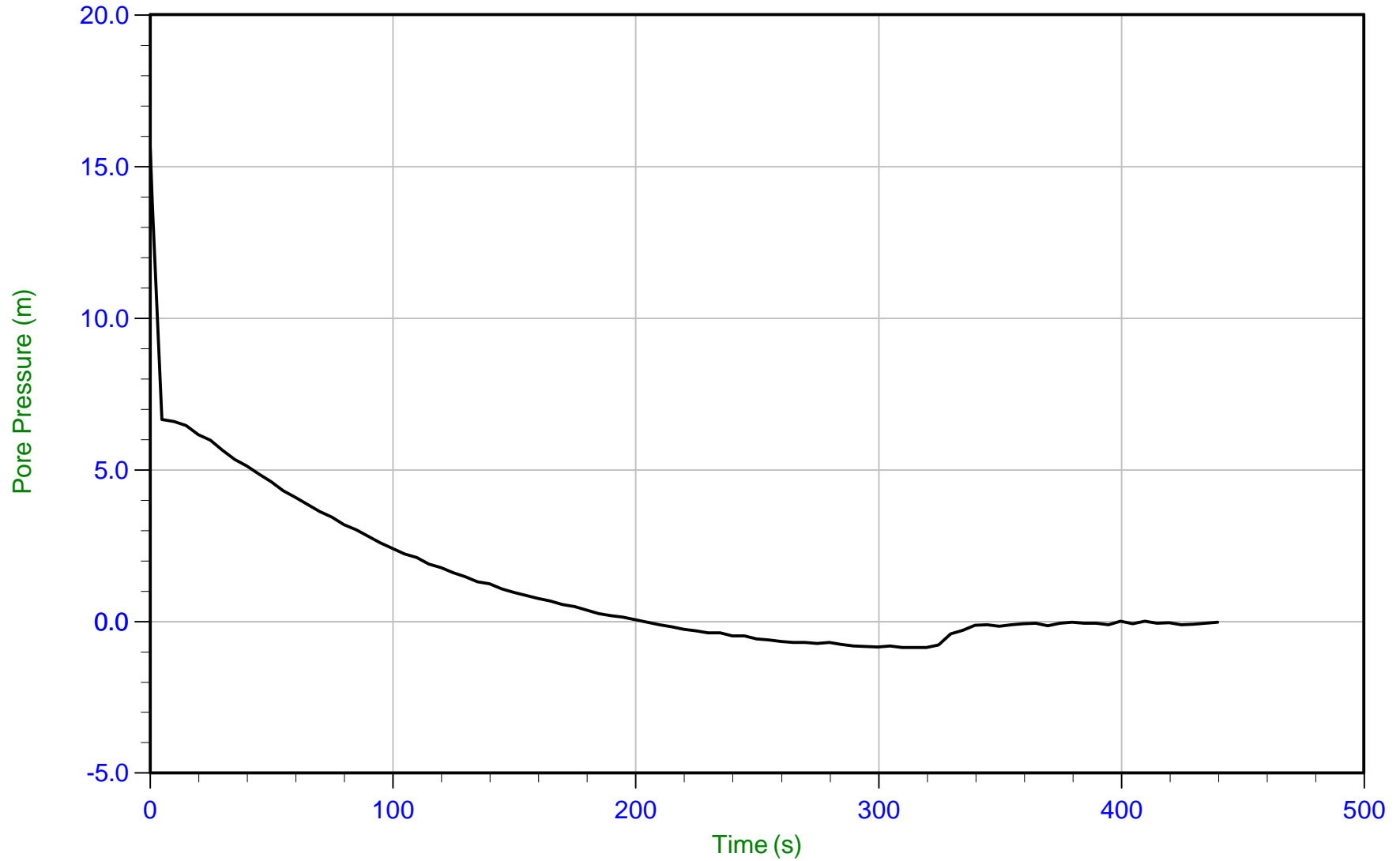
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP23.PPF U Min: -0.8 m WT: 4.425 m / 14.518 ft
Depth: 4.425 m / 14.518 ft U Max: 2.9 m Ueq: 0.0 m
Duration: 455.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/26/2018 11:44
Site: ETNA

Sounding: CPT17-24
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



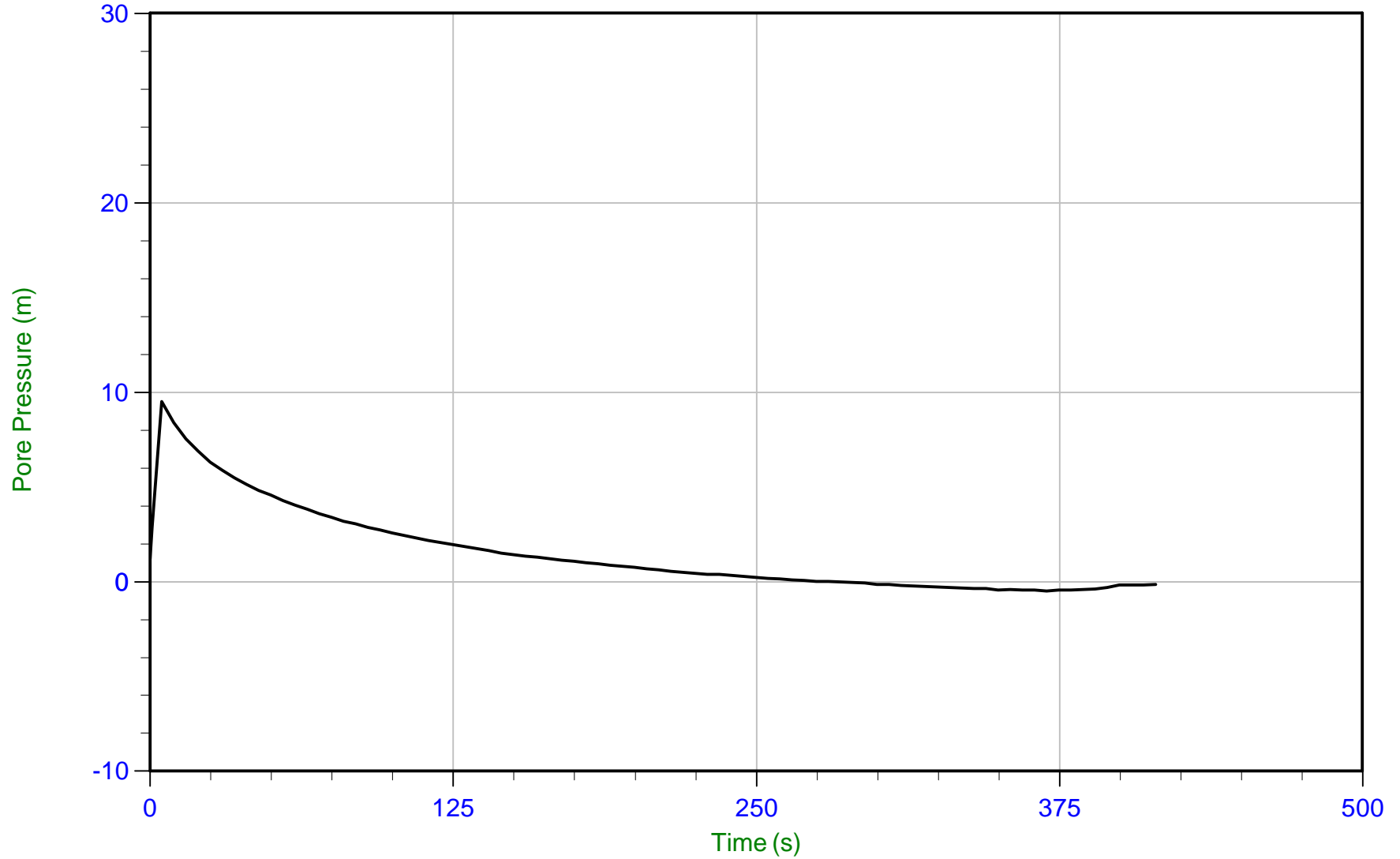
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP24.PPF U Min: -0.9 m WT: 5.475 m / 17.962 ft
Depth: 5.475 m / 17.962 ft U Max: 15.6 m Ueq: 0.0 m
Duration: 440.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 12/05/2017 14:35
Site: ETNA

Sounding: CPT17-25
Cone: 373:T1500F15U500 Area=15 cm²



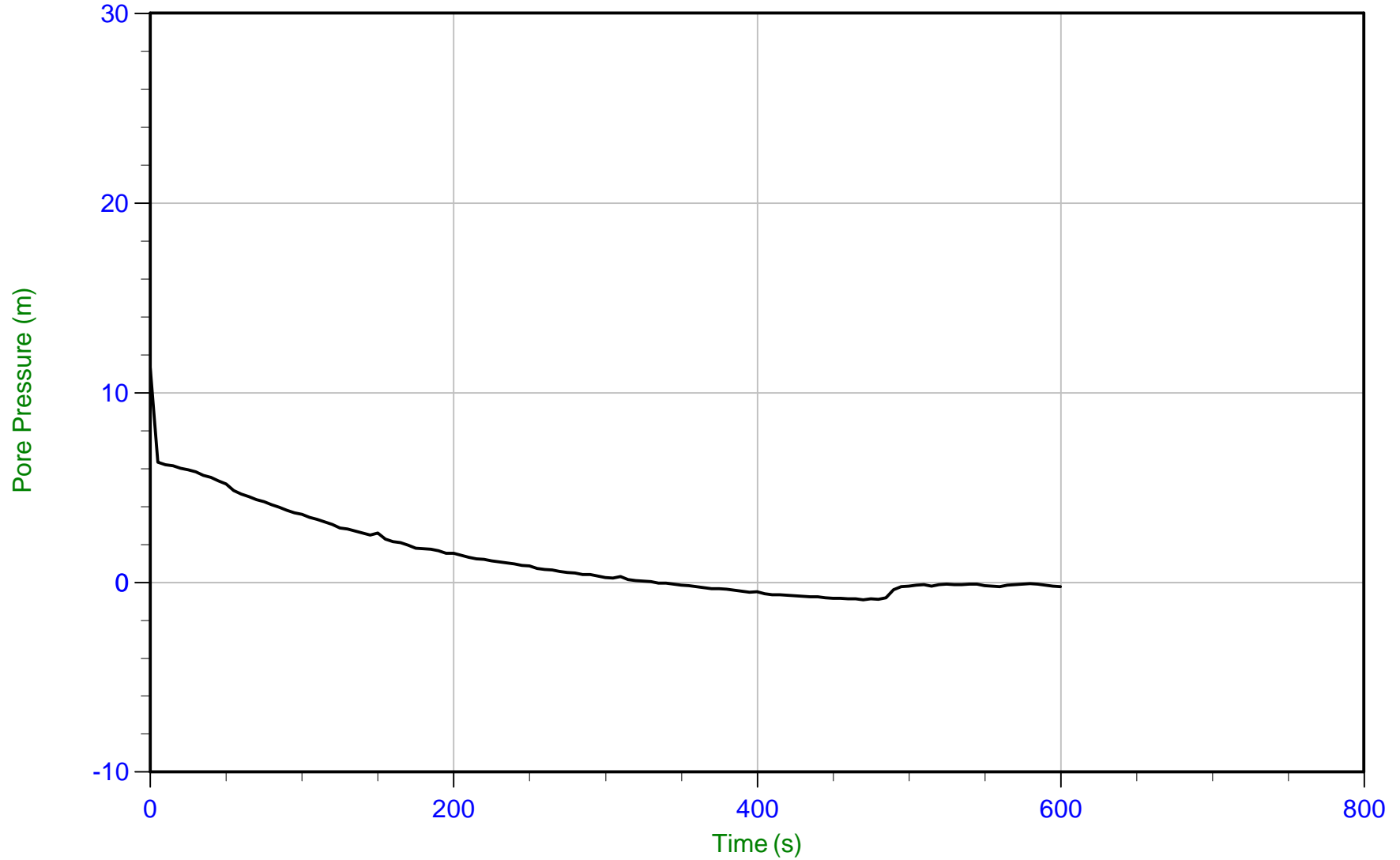
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP25.PPF U Min: -0.5 m WT: 2.125 m / 6.972 ft
Depth: 2.125 m / 6.972 ft U Max: 9.5 m Ueq: 0.0 m
Duration: 415.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/26/2018 15:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-26
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



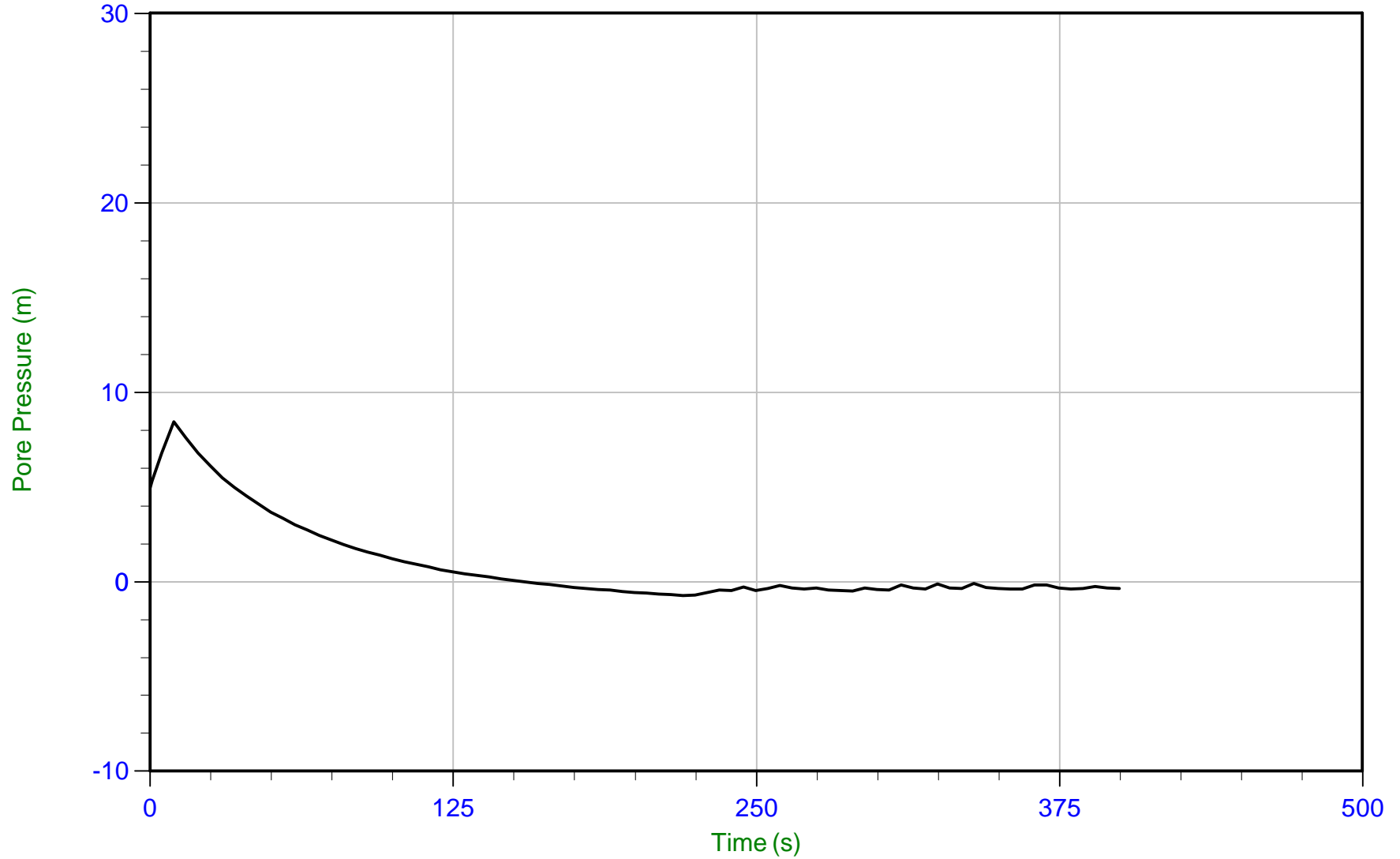
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP26.PPF U Min: -0.9 m WT: 5.450 m / 17.880 ft
Depth: 5.450 m / 17.880 ft U Max: 11.3 m Ueq: 0.0 m
Duration: 600.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 12/05/2017 10:52
Site: ETNA

Sounding: CPT17-27
Cone: 373:T1500F15U500 Area=15 cm²



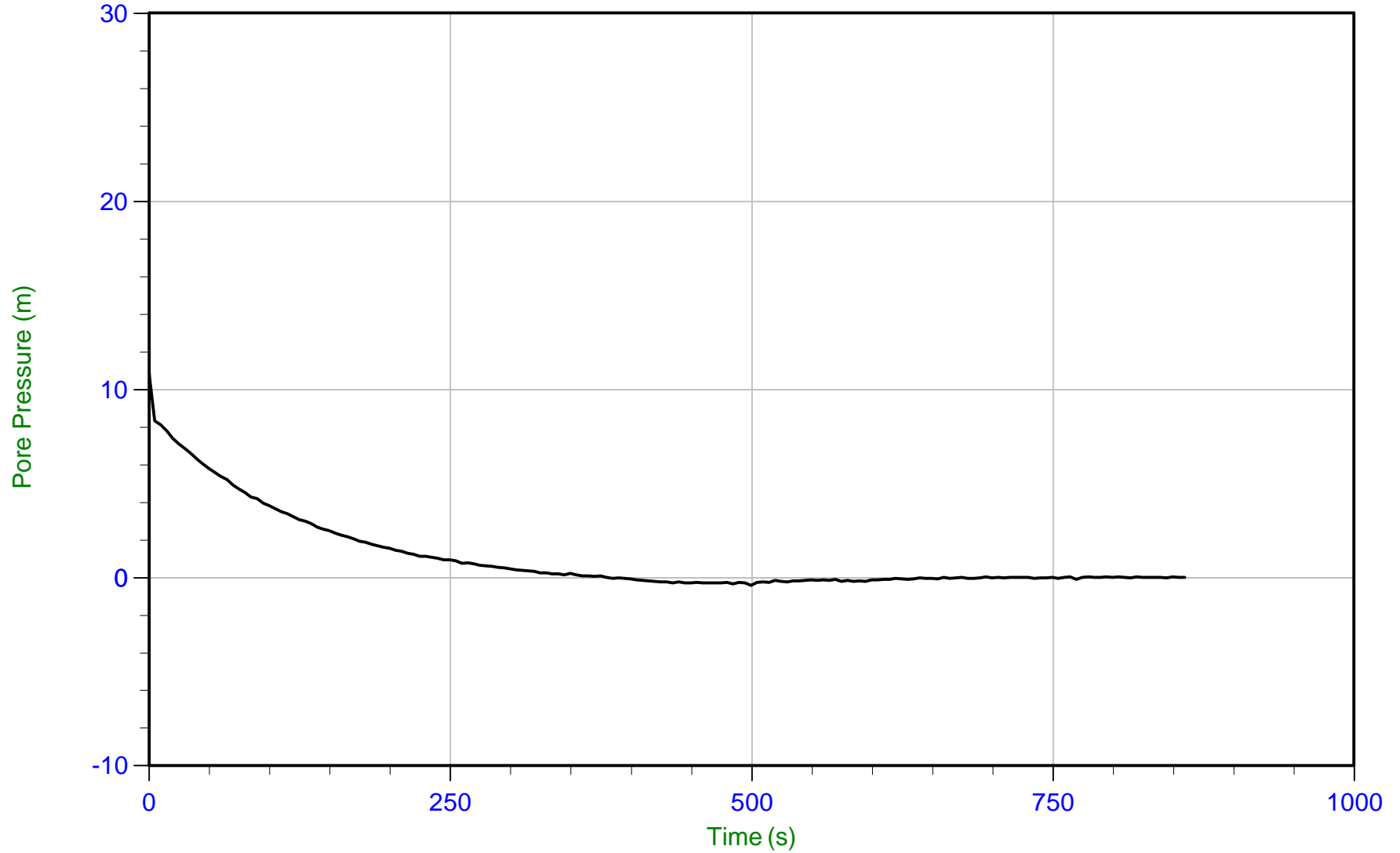
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP27.PPF U Min: -0.7 m WT: 5.500 m / 18.044 ft
Depth: 5.500 m / 18.044 ft U Max: 8.4 m Ueq: 0.0 m
Duration: 400.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/26/2018 10:23
Site: ETNA

Sounding: CPT17-28
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



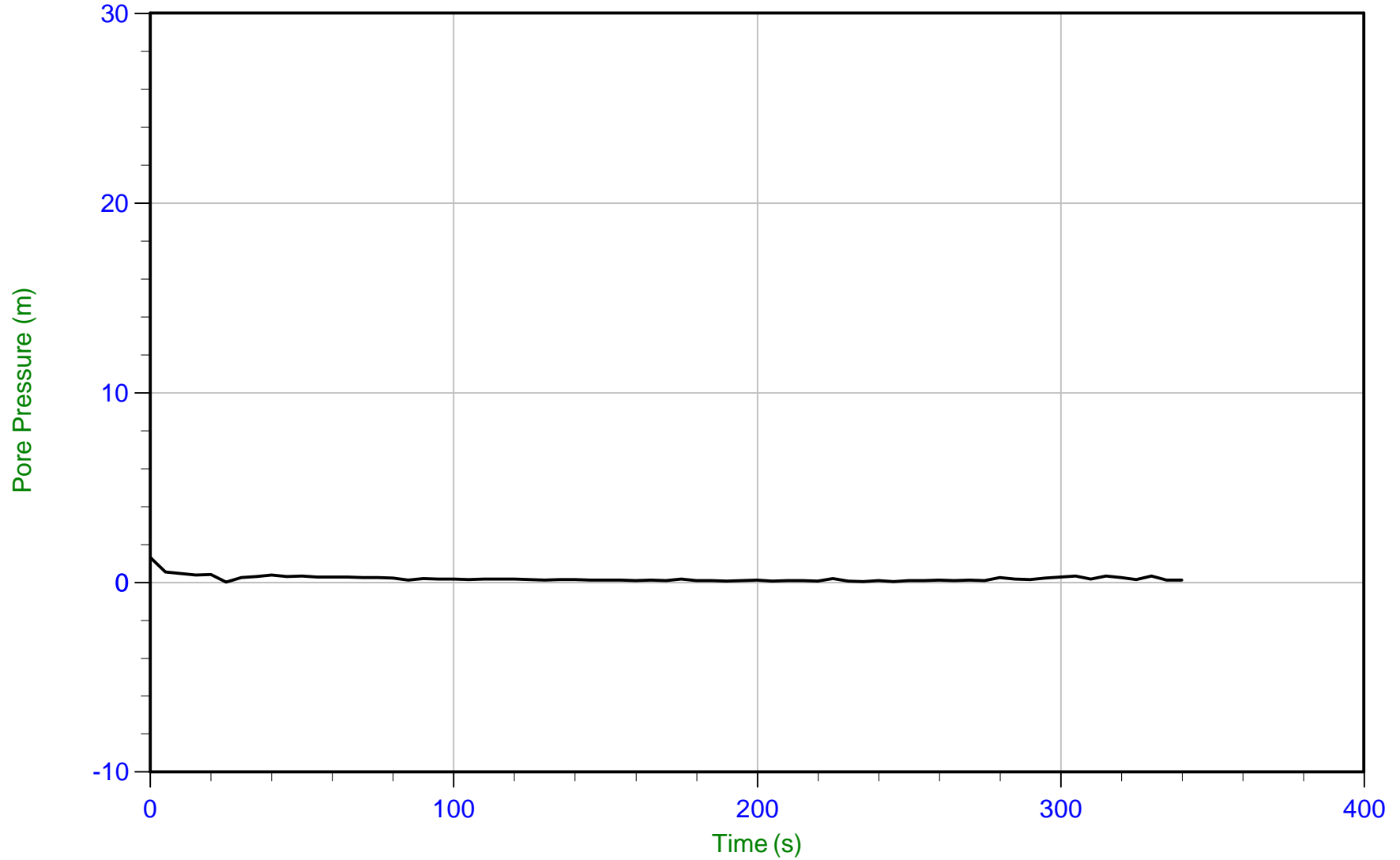
Trace Summary: Filename: 17-72011_CP28.PPF U Min: -0.4 m WT: 4.425 m / 14.518 ft
Depth: 4.425 m / 14.518 ft U Max: 10.9 m Ueq: 0.0 m
Duration: 860.0 s



Soletanche Bachy Peru

Job No: 17-72011
Date: 01/26/2018 09:28
Site: ETNA

Sounding: CPT17-29
Cone: 432:T1500F15U500 Area=15 cm²



Trace Summary: Filename: 17-72011_CP29.PPF U Min: 0.0 m WT: 4.800 m / 15.748 ft
 Depth: 4.800 m / 15.748 ft U Max: 1.3 m Ueq: 0.0 m
 Duration: 340.0 s

PLANTA DE PRODUCCIÓN ETNA

Chilca, Cañete, Perú

Mejoramiento de suelos mediante Compactación Dinámica (CD)



Reporte de conformidad

Reporte:	<u>Men170704-ETNA-CR</u>	Revisión	<u>A</u>
		Páginas	<u>26</u>

Revisión	Fecha	Realizó	Revisó	Detalles de modificación
A	23/02/2018	FM	CP	1ra Revisión

Tabla de contenidos

1. PROPÓSITO DEL DOCUMENTO	3
2. REFERENCIAS	4
2.1. Documentos específicos del proyecto	4
2.2. Otros documentos	4
3. OBJETIVOS	5
4. CONCLUSIÓN DEL ÁREA DE PRUEBA Y CALIBRACIÓN	5
5. ANÁLISIS DE CONFORMIDAD DE LOS ENSAYOS	6
5.1. Ensayo de penetración de cono	6
5.1.1. <i>Primera campaña de investigación en Julio/Agosto 2017</i>	6
5.1.2. <i>Segunda campaña de investigación en Enero del 2018</i>	6
5.1.3. <i>Resultados</i>	8
5.2. ASENTAMIENTOS INDUCIDOS EN EL TERRENO POR LA COMPACTACIÓN	15
5.3. Pruebas de Colapsabilidad	16
5.4. Ensayos de Caracterización	18
5.5. Prueba de placa de carga	21
6. CONCLUSION	24
APENDICE 1: PLANOS DE EJECUCIÓN	25
APENDICE 2: ACENTAMIENTOS INDUCIDOS EN EL TERRENO DURANTE LA COMPACTACIÓN	26

1. PROPÓSITO DEL DOCUMENTO

El propósito del presente reporte final es describir y analizar los resultados de los ensayos realizados in situ. Estos ensayos se realizaron en el proyecto de mejoramiento de suelos mediante Compactación Dinámica ejecutada por MENDARD / SOLETANCHE BACHY PERU en la planta de producción ETNA localizada en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima. La campaña del ensayo de penetración de cono (CPT) fue realizado por CONETEC. Los ensayos de colapsabilidad y placa de carga fueron desarrollados por M&M Consultores.

El proyecto ha sido dividido en cinco áreas de construcción (figura 1).



Figura 1. Áreas de Construcción

2. REFERENCIAS

2.1. Documentos específicos del proyecto

Reportes

- [1] Estudio de mecánica de suelos, **M&M CONSULTORES**, Referencia: M4600, Fecha: Junio 2016
- [2] Procedimiento Compactación dinámica, **MENARD**, Referencia: MENARD-ING-ETNA-PRO01 revisión A, Fecha: 29/03/2017
- [3] Presentación de los resultados de investigación de campo, **CONETEC** (con participación de **SOLETANCHE BACHY PERU**), Referencia: 17-72006, Fecha: 18/08/2017
- [4] Reporte de Diseño, **MENARD**, Referencia: Men170704-ETNA-DR revisión A, Fecha: 25/09/2017
- [5] Descripción general del área de prueba y calibración, **MENARD**, Referencia: Men170704-ETNA-TA revisión A, Fecha: 26/09/2017
- [6] Reporte técnico – Aseguramiento de calidad en compactación dinámica, **M&M CONSULTORES**, Referencia: L840-01, Fecha: 03/10/2017
- [7] Test colapso, **M&M CONSULTORES**, Referencia: OE17-1161, Fecha: 12/09/2017
- [8] Test colapso, **M&M CONSULTORES**, Referencia: OE17-1222, Fecha: 03/10/2017
- [9] Reporte técnico – Mejoramiento de suelos: compactación dinámica, **M&M CONSULTORES**, Referencia: L840-04, Fecha: 29/01/2018
- [10] Presentación de los resultados de investigación de campo, **CONETEC** (con participación de **SOLETANCHE BACHY PERU**), Referencia: 17-72011, Fecha: 01/02/2018

Planos

- [11] Plan Maestro de planta, **ETNA SA**, Referencia: 121566-4-AG-001, Rev 0, Fecha: 04-07-2016
- [12] Planta general, **SOLETANCHE BACHY**, Referencia: SBP-1807-032-DWG-001, Rev 00, Fecha: 11-07-2017
- [13] Planta – Ubicación de ensayos CPT previos a la compactación, **SOLETANCHE BACHY**, Referencia: SBP-1607032-ING-DWG-004, Rev 01, Fecha: 24-07-2017
- [14] Planta – Ubicación de ensayos CPT posterior a la compactación, **SOLETANCHE BACHY**, Referencia: SBP-1607032-ING-DWG-014, Rev 00, Fecha: 18-09-2017

2.2. Otros documentos

Los siguientes documentos han sido utilizados en la preparación de este reporte:

- [A] Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del reporte son verificar y validar los requerimientos del cliente:

- Máximos asentamientos admisible: 25mm bajo la cimentación;
- Requerimiento de la capacidad portante bajo la cimentación en SLS: 200 kPa;
- Reducción del potencial de colapsabilidad < 5%

Con el objetivo de obtener las características mecánicas que permiten cumplir con los objetivos enumerados se utilizó una malla de 5 m x 5 m en dos fases sucesivas (fase primaria y secundaria), utilizando una masa de 15 tn como máximo y una altura de caída de 20 m. Después de los trabajos de CD, el objetivo promedio a alcanzar en la profundidad tratada es: $q_{c,avg} > 6$ MPa, de acuerdo con el reporte de diseño [4].

4. CONCLUSIÓN DEL ÁREA DE PRUEBA Y CALIBRACIÓN

Al inicio de los trabajos se ejecutó una zona de pruebas para la CD (numero de golpes, malla, altura de caída, etc). Se ensayaron dos configuraciones de mallas, una de 5 m x 5 m y otra de 6 m x 6 m. Al final de las pruebas del ensayo, se desarrollaron campañas CPTs para verificar los objetivos en términos de la resistencia del cono que se estableció en el reporte de diseño [4].

El procedimiento del área de prueba e inundación se explican en el documento [2]. Los resultados son descritos en el documento [5].

- El análisis de los resultados CPT cumplen con los criterios para ambas mallas ensayadas.
- Para ambas mallas de prueba, el análisis de pruebas de inundación mostró que el potencial colapsable restante está en el rango de muy bajo (carga inferior a 50 kPa) a bajo (carga inferior a 200 kPa) según el documento [A] y, por lo tanto, puede considerarse como insignificante en este caso.
- El resultado en global es similar entre ambas mallas de prueba, lo que significa que la malla de 6 m x 6 m es igual de efectiva que la de 5 m x 5 m.

Siguiendo con las pruebas de ensayo, la secuencia de los trabajos de Compactación Dinámica es realizada en dos fases sucesivas en una malla de 5 m x 5 m, adicionalmente una tercera fase en la ubicación de zapatas aisladas, usando una masa máxima de 15tn y una altura de caída de 2 a 20 m.

En el apéndice 1 se presentan los planos de los trabajos de ejecución y su ubicación.

5. ANÁLISIS DE CONFORMIDAD DE LOS ENSAYOS

5.1. Ensayo de penetración de cono

5.1.1. Primera campaña de investigación en Julio/Agosto 2017

CONETEC, en coordinación con MENARD / SOLETANCHE BACHY PERU, desempeño una investigación adicional del terreno en Julio / Agosto 2017 (ver documento [3]) para completar los datos del área del Proyecto y validar la CD en la zona de prueba. La campaña consistió en 16 pruebas de penetración de cono (CPT-1 a CPT-16), 2.2 a 5.9 m de profundidad:

- Antes de los trabajos de CD se ejecutaron 12 CPTs (CPT-1, CPT-4, CPT-7 a CPT-16), incluyendo dos CPT en la zona de prueba (CPT-1, CPT-4);
- Después de los trabajos de CD se ejecutaron 4 CPTs en la zona de prueba (CPT-2, CPT-3, CPT-5, CPT-6)

La ubicación de los CPTs se detalla en la figura 2 y en el plano [13].

Como se recuerda:

- CPT-1, CPT2 y CPT3 están en una malla de 5 m x 5 m en la zona de prueba;
- CPT-4, CPT5 y CPT6 están en una malla de 6 m x 6 m en la zona de prueba;
- CPT-2 y CPT-5 están en la huella de la CD;
- CPT-3 y CPT-6 están entre la huella de la CD.

5.1.2. Segunda campaña de investigación en Enero del 2018

CONETEC, en coordinación con MENARD / SOLETANCHE BACHY PERÚ, desempeño una investigación adicional en el terreno entre los meses de noviembre 2017 y Enero del 2018 (ver documento [10]) para validar la conformidad de los trabajos de CD. La campaña consistió en 14 ensayos de penetración del cono (CPT-17 a CPT-30) 1.9 a 7.1 m de profundidad, ejecutados después de los trabajos de CD.

La ubicación de los CPT se presenta en la Figura 2 y en el plano [14].

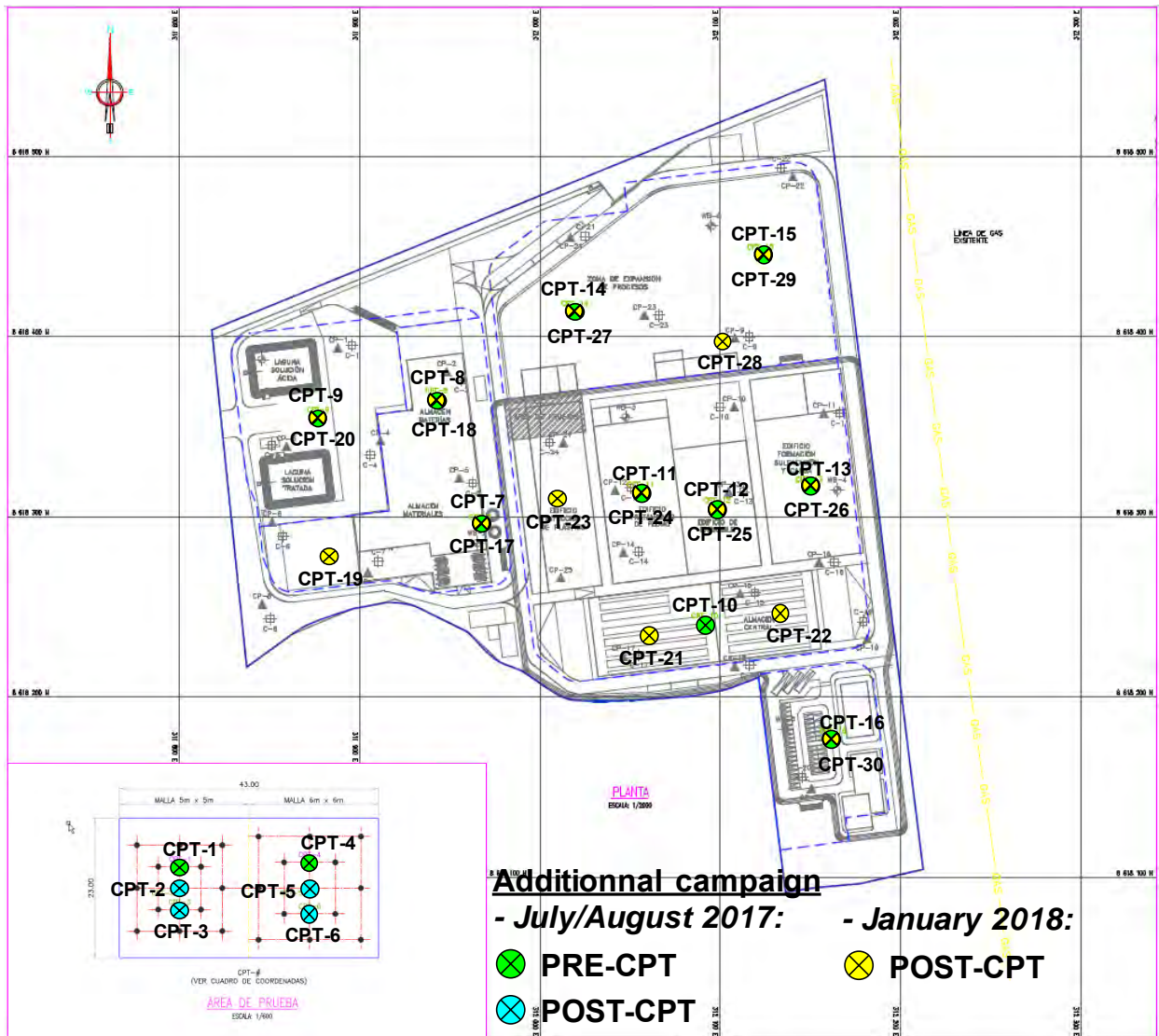


Figura 2. CPTs realizados in situ.

5.1.3. Resultados

Las siguientes graficas comparan los CPT antes y después de los trabajos de CD para cada área de construcción y para todo el Proyecto.

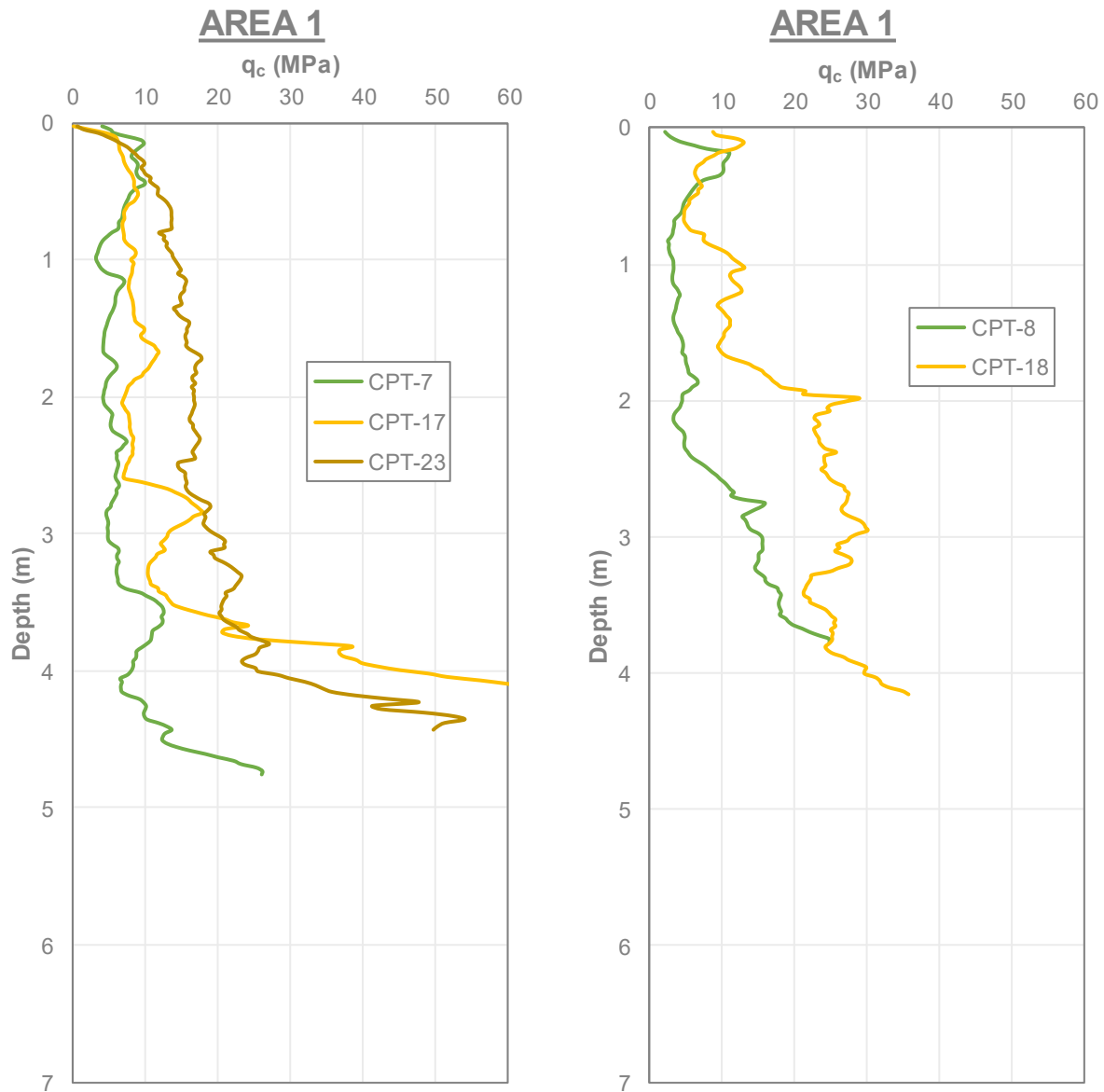


Figura 3. Comparación de la Resistencia del cono antes (CPT-7, CPT-8) y después CD (CPT-17, CP-23, CPT-18) en el área 1.

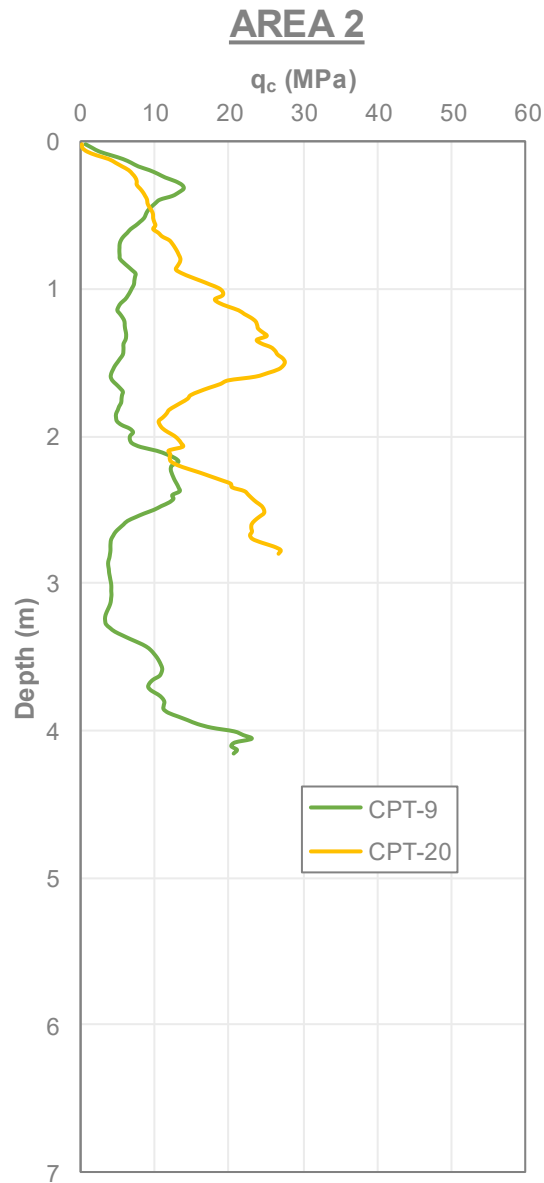
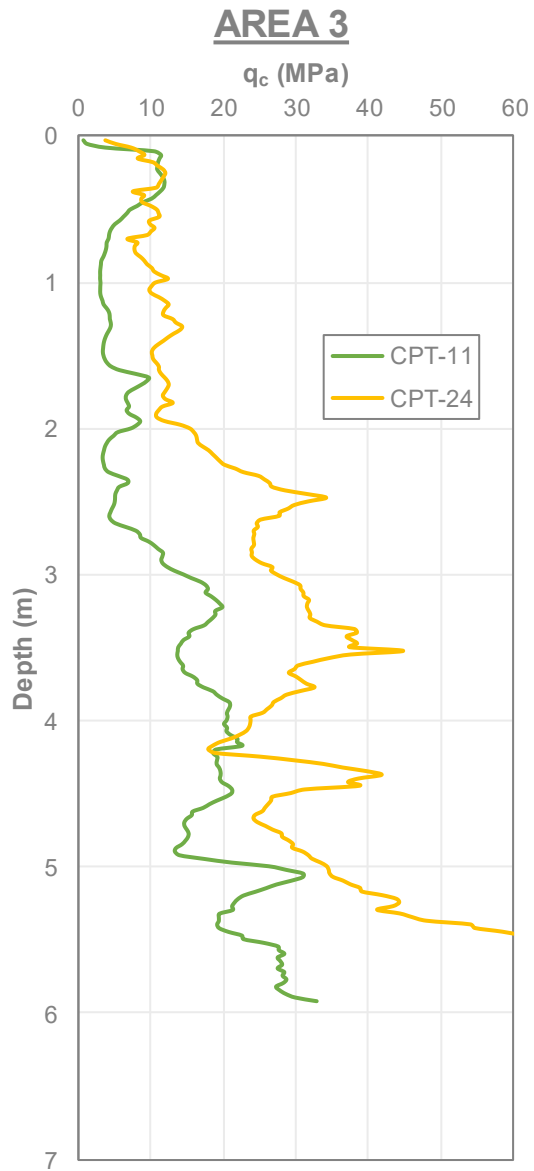
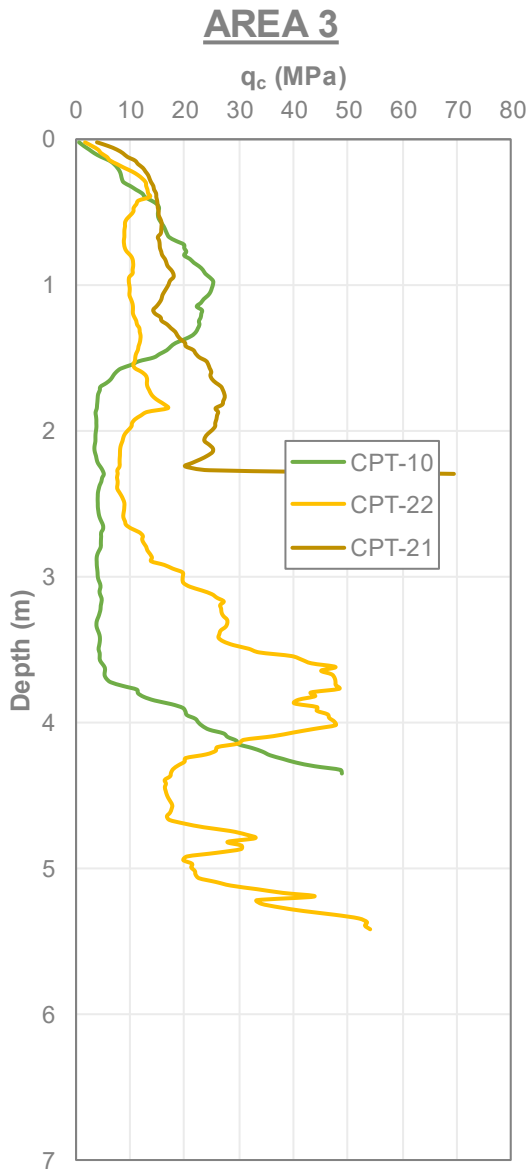


Figura 4. Comparación de la Resistencia del cono antes (CPT-9) y después CD (CPT-20) en el área 2.



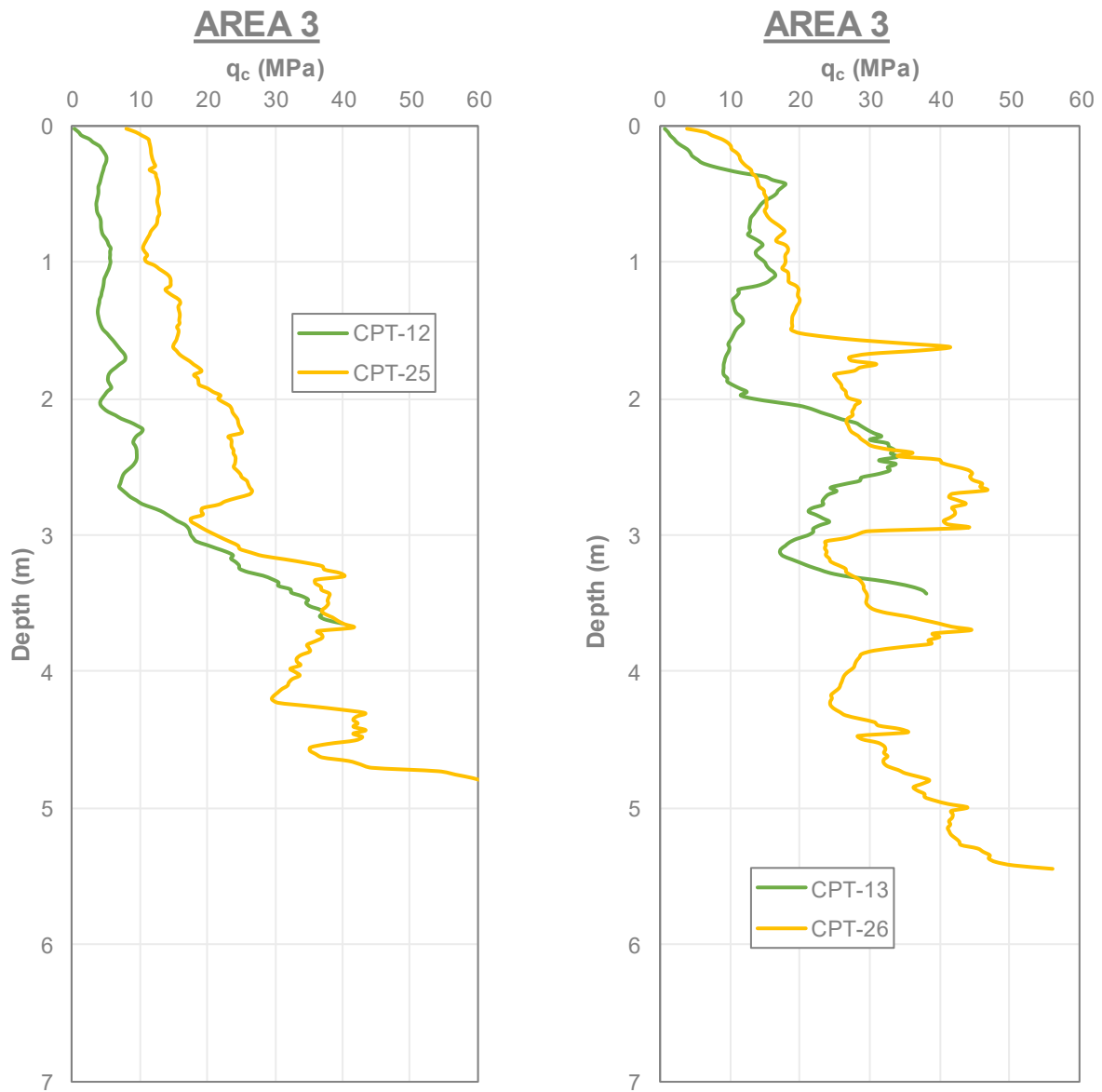


Figura 5. Comparación de la Resistencia del cono antes (CPT-10, CPT-11, CPT-12, CPT-13) y después CD (CPT-21, CPT-22, CPT-24, CPT-25, CPT-26) en el área 3.

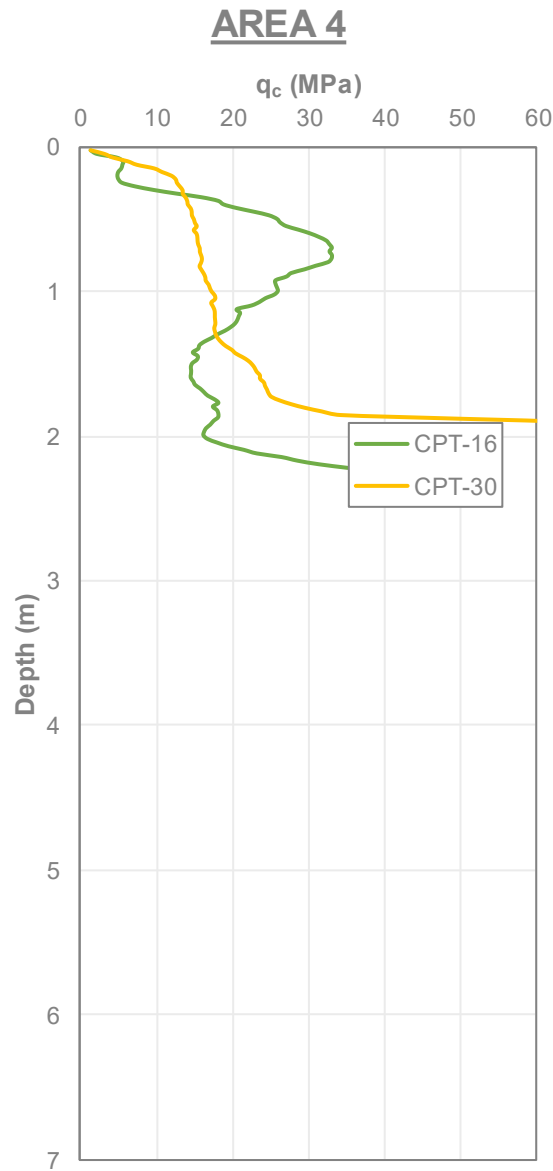


Figura 6. Comparación de la Resistencia del cono antes (CPT-16) y después CD (CPT-30) en el área 4.

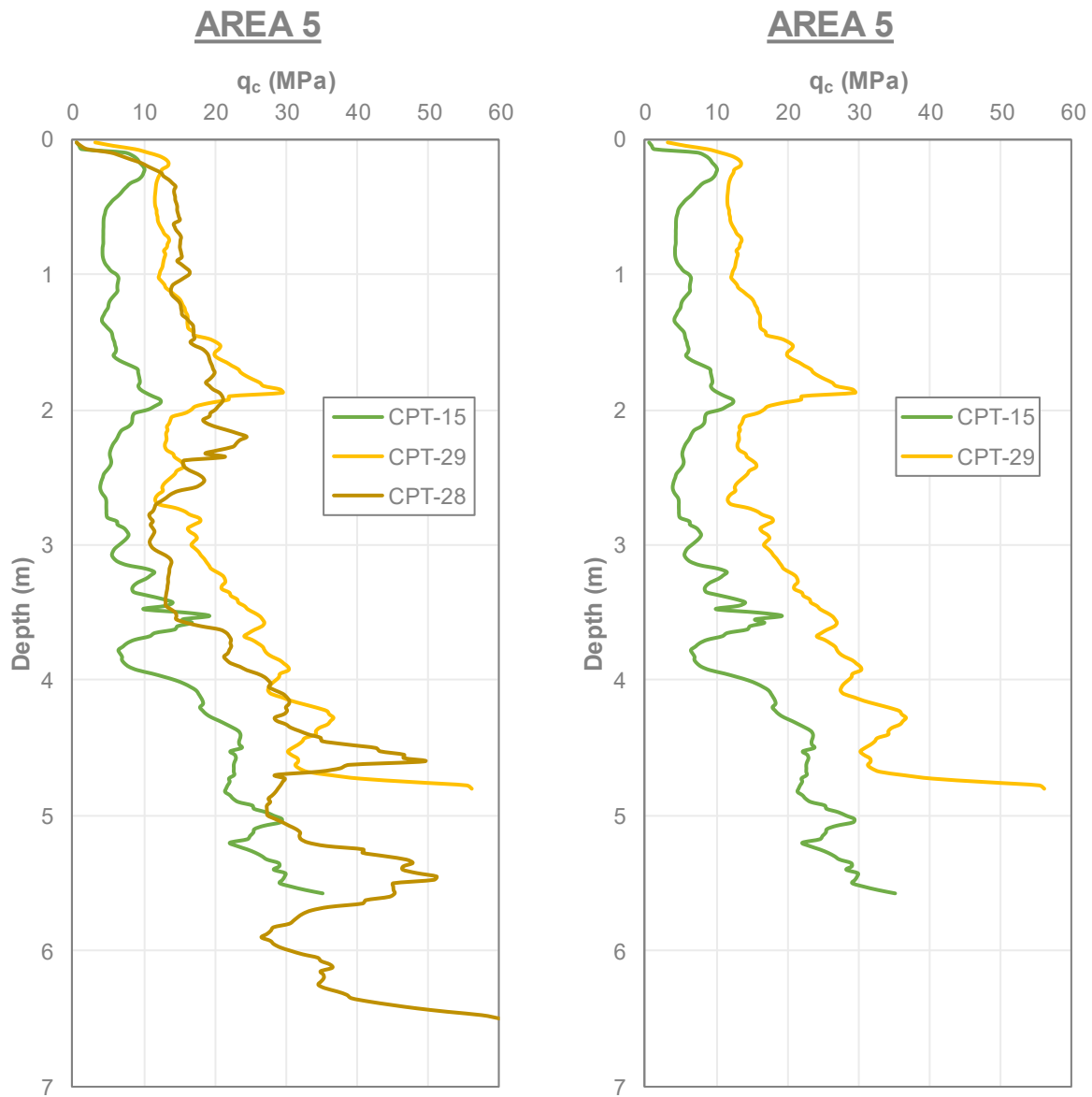


Figura 7. Comparación de la Resistencia del cono antes (CPT-14, CPT-15) y después CD (CPT-27, CPT-28, CPT-29) en el área 5.

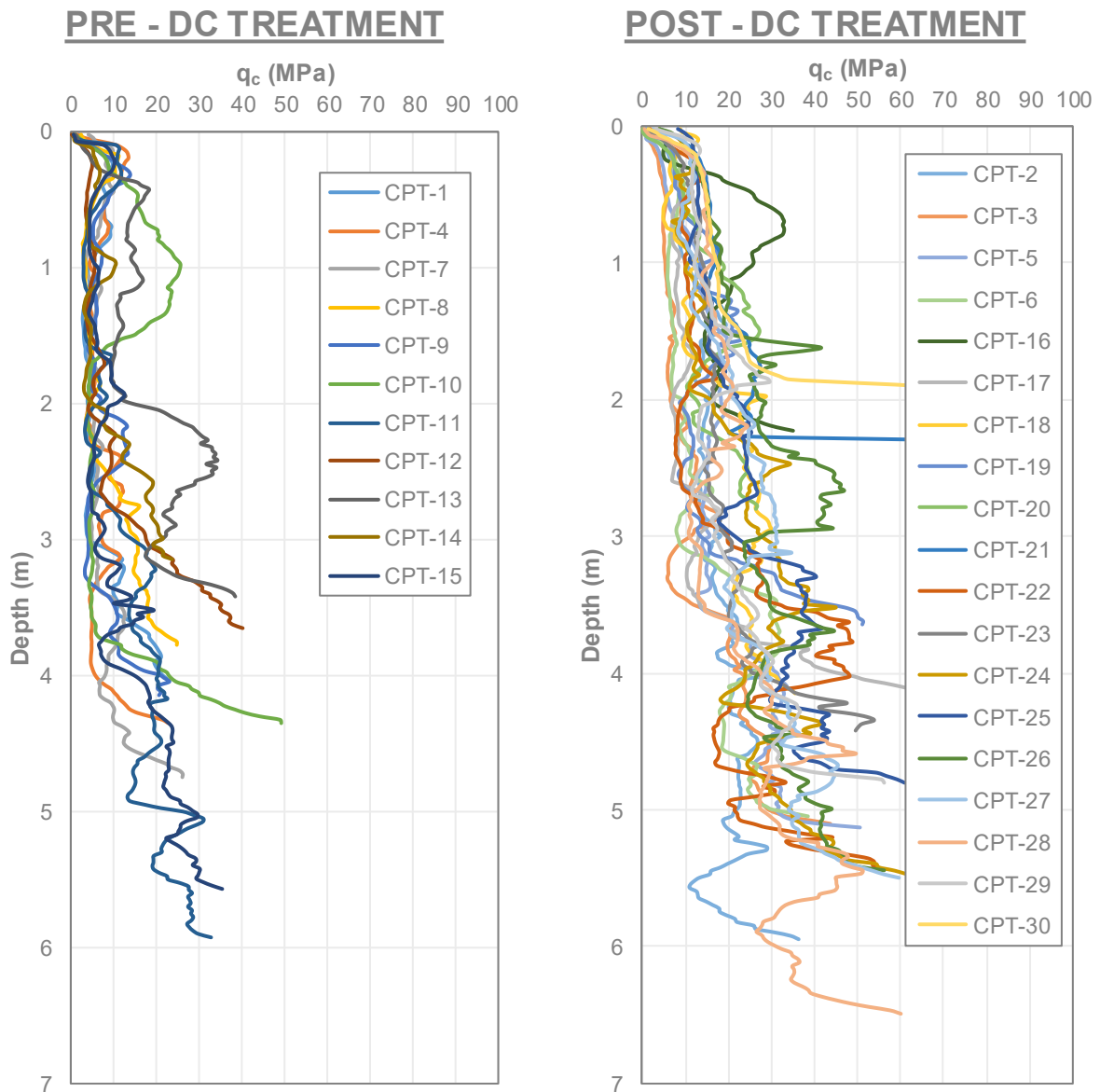


Figura 8. Resistencia del cono antes y después de la CD en todo el terreno.

Estos gráficos permiten evaluar el incremento de resistencia del terreno antes y después del tratamiento de CD.

El promedio de los valores de resistencia del cono en los estratos colapsables ha sido incrementado significativamente inmediatamente debajo y entre las huellas de CD.

- Antes DC: $q_{c,avg} = 5$ MPa

- Después DC
 - o En las Huellas: $q_{c,avg} = 11 \text{ MPa (+120 \%)}$
 - o Entre las Huellas: $q_{c,avg} = 16 \text{ MPa (+220\%)}$

A pesar de la diferencia entre los valores de compactación en la huella (+ 220% en valores de q_c), y entre las huellas de (+120% en valores de q_c) el incremento de los valores de CPT (densidad) del terreno después de la CD muestra ser relativamente consistente bajo todo el espesor del terreno compresible/colapsable a pesar de la diferencia entre los tipos de suelos que se presentan (desde arenas hasta limos arcillosos) que demuestran que todos los tipos de suelos (incluyendo los suelos colapsables) han sido adecuadamente compactados durante este proyecto.

Los valores obtenidos del promedio de la resistencia del cono $q_{c,avg}$ son ampliamente mayores a 6 MPa, Consecuentemente, el objetivo que se definió en el reporte de diseño fue alcanzado (ver documento [4]), que permite validar el cumplimiento de los requerimiento del cliente en términos de asentamientos permisibles y capacidad portante.

También es evidente que se ha generado una densificación significativa en el suelo colapsable, por lo tanto, se mitiga en gran medida el potencial colapsable del suelo en el proyecto (ver 5.2 y 5.3).

5.2. ASENTAMIENTOS INDUCIDOS EN EL TERRENO POR LA COMPACTACIÓN

El apéndice 2 presenta para cada área de construcción el nivel de compactación después de cada fase y el asentamiento inducido durante la compactación.

La siguiente tabla muestra para cada área el asentamiento inducido después de la CD, el espesor del suelo colapsable y la densificación lograda.

El promedio del asentamiento inducido después de la CD se presenta en la siguiente tabla.

Área de construcción	Promedio de asentamiento inducido (cm)	Promedio del espesor del terreno compresible/colapsable (m) *	Promedio de la densificación lograda (%)
1	29.5	3.4	8.7
2	28.7	3.4	8.4
3	30.7	3.5	8.7
4	19.0	2	9.5
5	34.6	4	8.6

Tabla 1. Promedio del asentamiento inducido y densificación lograda por área.

* *basado en CPT*

La densificación inducida por la compactación dinámica en las diferentes áreas es relativamente homogénea alrededor de 9% (8.4% a 9.5%) bajo el espesor de terreno tratado. Estos resultados corroboran la relativa homogeneidad del incremento de los valores q_c observados con el CPT (5.1) y que confirma que todos los tipos de terrenos (incluyendo el terreno colapsable) ha sido adecuadamente compactado bajo el proyecto.

Además, la densificación medida, alrededor de 9% en promedio, es relativamente alta para terrenos arenosos y permite concluir la eficiencia de la compactación dinámica y la reducción del potencial de colapsabilidad del terreno.

5.3. Pruebas de Colapsabilidad

M&M CONSULTORES, realizó diez pruebas de colapsabilidad entre Septiembre 2017 y Enero del 2018 para verificar la conformidad de los trabajos de CD (ver documento [9]). Los 10 terrenos ensayados (AU-04, AU-A06V, AU-07, AU-08, AU-09, AU-A10, AU-A11, AU-A12, AU-A13, AU-A14) han sido obtenidos bajo 3 m de profundidad.

La ubicación de las perforaciones se presenta en la Figura 9.

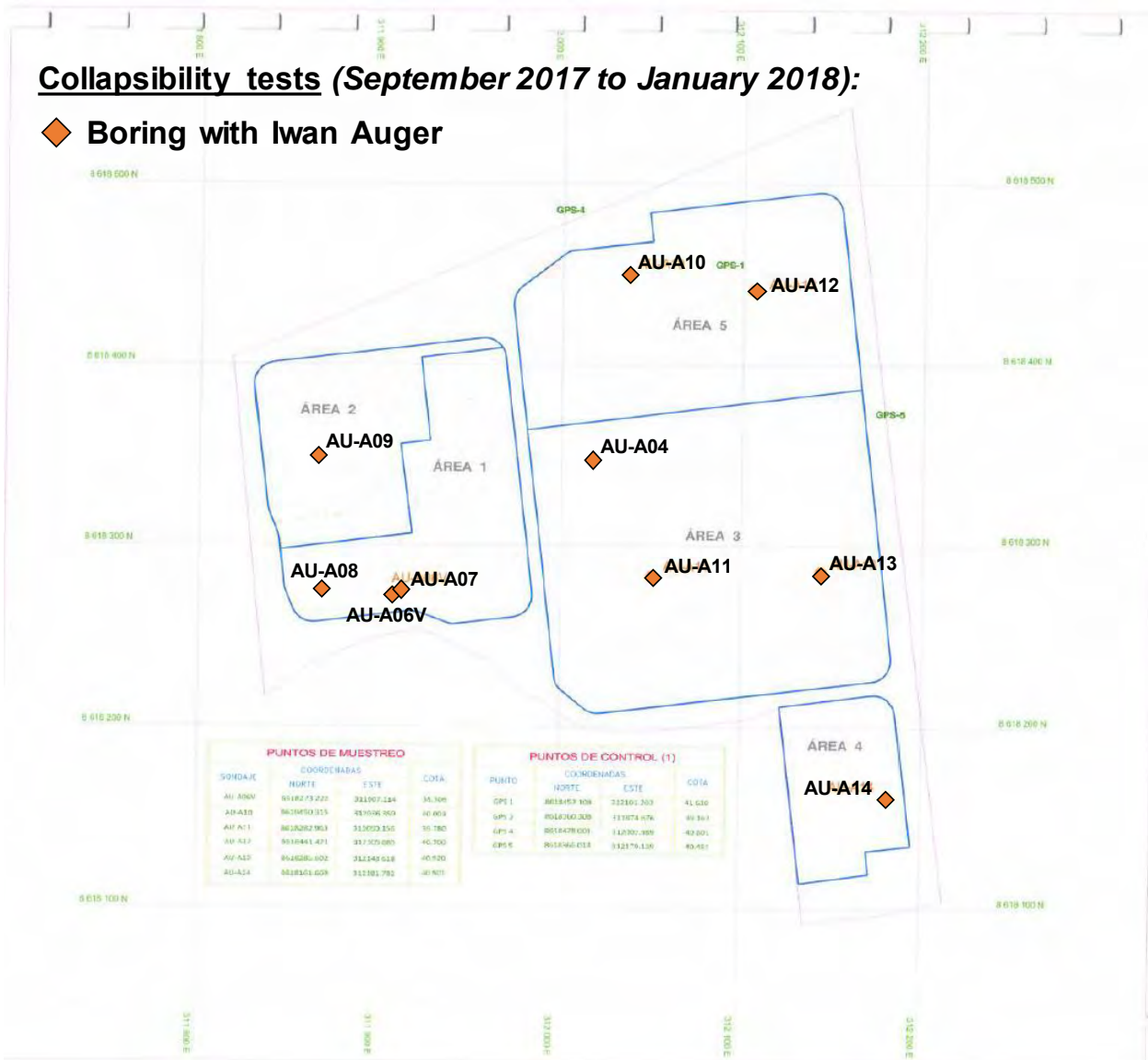


Figura 9. Ubicación de las muestras para las pruebas de colapsabilidad.

Como se recuerda, los suelos colapsables son suelos que experimentan un cambio repentino de volumen al humedecerse, con o sin carga adicional.

El potencial de colapsabilidad se calcula en base a la sección 6.1.3 del documento “Norma Técnica de Edificaciones E050: Suelos y Cimentaciones” [A].

Los resultados se extraen de la sección 3.2 del documento [6], los documentos [7] y [8] y la sección 4.3 del documento [9]. Los resultados se proporcionan en la tabla a continuación.

Área	Denominación	Potencial de Colapsabilidad (%)
Trial area	AU-04	2.7
1	AU-A06V	0.4
1	AU-A07	0.8
1	AU-A08	0.4
2	AU-A09	-
3	AU-A11	0.7
3	AU-A13	0.6
4	AU-A14	0.4
5	AU-A10	0.1
5	AU-A12	0.6

Tabla 2. Resultados del potencial de colapsabilidad.

El ensayo de la muestra AU-04 ejecutada en el área de prueba da un potencial de colapsabilidad en el rango de moderado, pero permanece inferior al criterio del 5%

La secuencia de trabajo de compactación dinámica se ha adaptado después de la prueba para aumentar la eficacia de la compactación y, en consecuencia, todas las demás pruebas colapsables ejecutadas posteriormente dentro de las obras principales han demostrado un potencial colapsable mitigado dentro del rango de "sin colapso" (<1 %) según el documento [A] para todas las pruebas.

Además de los resultados presentados en 5.1 y 5.2 y de las pruebas de ensayo, estos últimos resultados muestran la muy buena eficiencia de los trabajos de Compactación Dinámica realizados para la reducción del potencial de colapsabilidad del suelo del proyecto y podemos concluir con seguridad que el potencial colapsable del suelo del proyecto se ha reducido a "no colapsar" (<1%) según la definición del documento [A].

5.4. Ensayos de Caracterización

M&M CONSULTORES, También realizó ensayos de caracterización, en particular límites de Atterbeg y peso unitario, en los diez terrenos muestreados. (AU-04, AU-A06V, AU-07, AU-08, AU-09, AU-A10, AU-A11, AU-A12, AU-A13, AU-A14). El límite líquido y la densidad natural seca permiten evaluar el potencial colapsable según el gráfico del documento Norma Técnica de Edificación E050: Suelos y Cimentaciones "[A].

Los resultados se extraen del apéndice 3 del documento [6], los documentos [7] y [8] y el apéndice 1 del documento [9]. Los resultados se proporcionan en la tabla a continuación.

Área	Denominación	LL (%)	γ_d (g/cm ³)
Zona de Ensayo	AU-04	28	1.397
1	AU-A06V	44	1.411
1	AU-A07	51	1.318
1	AU-A08	46	1.482
2	AU-A09	40	1.583
3	AU-A11	25	1.681
3	AU-A13	36	1.369
4	AU-A14	23	1.574
5	AU-A10	26	1.613
5	AU-A12	24	1.76

Tabla 3. Resultados del Limite Liquido y densidad seca.

Es posible analizar la mitigación del potencial de colapsabilidad inducido por la Compactación Dinámica comparando los ensayos del reporte inicial del terreno [1] (realizado antes de los trabajos de Compactación Dinámica) en el grafico colapsable de la Figura 10 y en el ensayo de la Tabla 3 (después de la Compactación Dinámica) en el gráfico de colapsabilidad de la Figura 11.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE COLAPSO

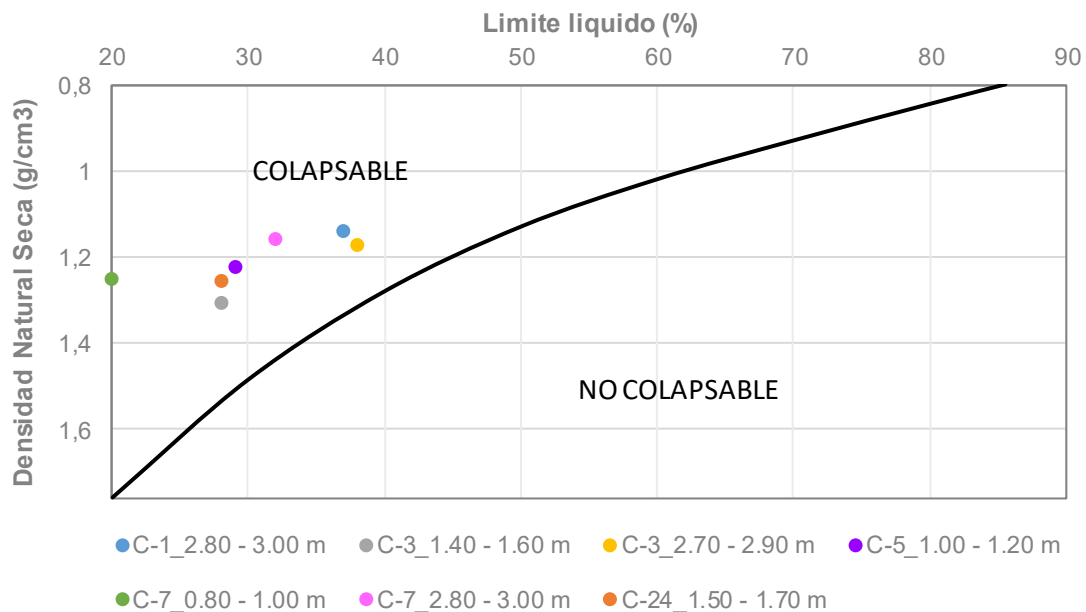


Figura 10. Muestras de suelo en gráficos colapsables antes de la compactación dinámica.

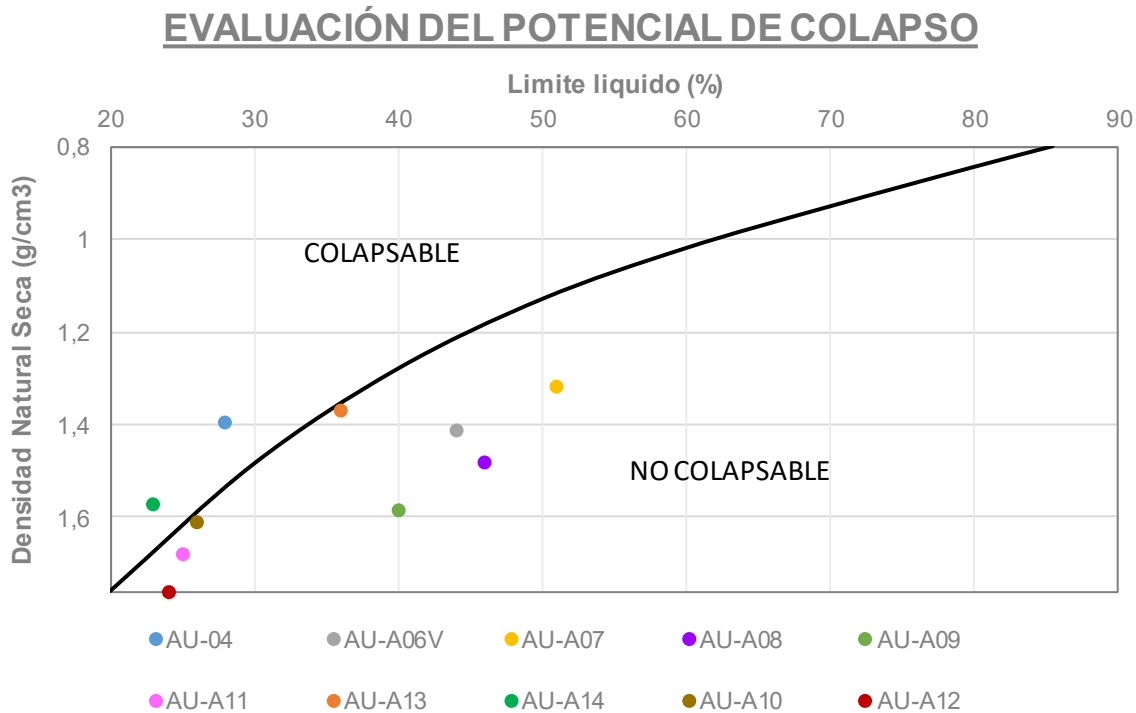


Figura 11. Muestras de suelo en gráficos colapsables después de la compactación dinámica.

Podemos observar que:

1. El ensayo de la muestra AU-04 ejecutado en la zona de pruebas está cerca al límite de la curva del gráfico de colapsabilidad (entre el potencial colapsable y no colapsable del terreno) indicando un potencial de colapsabilidad entre el rango "moderado" (< 5 %), por lo que sigue siendo inferior al criterio del 5%. Esto es consistente con los resultados de las pruebas de colapsabilidad directa en el área de prueba (5.3).
2. Todas las otras pruebas de colapsabilidad, a excepción del ensayo de la muestra AU-A14 ejecutado más tarde dentro de las obras principales (como recordatorio, la secuencia de trabajo de compactación dinámica se ha adaptado después de la prueba para aumentar la eficacia de la compactación) se encuentran en el área no colapsable, correspondiente a un potencial colapsable mitigado dentro del rango de "sin colapso" (<1%) según el documento [A]. Estos resultados corroboran los resultados directos de las pruebas de colapsabilidad dentro de los trabajos principales (ver §5.3).
3. La prueba de colapsabilidad directa realizada en el ensayo de muestra AU-A14 en el mismo lugar (ver §5.3) demuestra un potencial colapsable dentro del rango de "sin colapso" (<1%).

Como 5.3, los resultados de las pruebas de caracterización prueban de nuevo la reducción del potencial colapsable del suelo dentro del rango de "no colapso" (<1%) debido a la muy buena eficiencia de los trabajos de Compactación Dinámica (ver 5.1 y 5.2).

5.5. Prueba de placa de carga

M & M CONSULTORES realizó seis pruebas de carga de placas (PC-01V, PC-02V, PC-03, PC-04, PC-05, PC-06) en enero de 2018 para verificar el cumplimiento de las obras de CD (ver documento [9]) El procedimiento de la prueba de carga de la placa se explica en el documento [9].

La ubicación de las pruebas de carga de placas se presenta en la Figura 12 y en el apéndice 2 del documento [9].



Figura 12. Ubicación de los ensayos de placa de carga en el Proyecto.

Los resultados se resumen en la sección 5.4 del documento [9] y en la tabla a continuación.

Los resultados directos de esas pruebas de carga de placas se presentan en la Tabla 4 a continuación:

Área	Denominación	Asentamiento de la placa bajo una carga de 200 kPa (mm)	
		Terreno con suelo natural	Terreno saturado
1	PC-01V	1.1	14.3
1	PC-02V	3.5	24.7
5	PC-03	0.6	1.4
5	PC-04	2.2	19
3	PC-05	1.5	2.2
4	PC-06	0.7	1.5

Tabla 4. Resultado de la placa de carga

Las pruebas de carga de placas en suelo no saturado muestran un comportamiento muy bueno con asentamientos comprendidos entre 0,6 mm y 3,5 mm, que confirman una muy buena compactación de las capas superficiales (nivel base de la cimentación).

Sin embargo, no creemos que las pruebas con suelo saturado ni la correlación hecha para cimientos de 2 m x 2 m ni el cálculo del potencial de colapso que se deriva por M & M son relevantes o significativos por las siguientes razones:

1. Dado el tamaño pequeño de la placa (30 cm), durante la saturación del suelo de la superficie, una parte significativa del asentamiento adicional medido se debe solo al punzonamiento de la placa en la parte superior de la capa de terreno y no desde el colapso real de las demás capas inferiores. La ejecución de la prueba de carga de placa en el nivel inferior de la futura cimentación (como se presenta en el documento [9]) ha reducido este efecto de punzonamiento en comparación con la prueba de carga de placa inicial ejecutada desde el nivel de terreno natural, pero este efecto todavía está presente en esas pruebas como se puede ver en las imágenes a continuación. Con una base más grande (como una base de 2 m x 2 m después del relleno), este efecto de punzonamiento no ocurrirá.



Figura 13. Vista del terreno después de los ensayos de placa de carga.

2. La placa de tamaño pequeño (30 cm) también es demasiado pequeña para influir en las capas del suelo que se han identificado como colapsables. Por ejemplo, para las pruebas de carga de placa PC-01V, PC-02V, PC-03, los CPT posteriores a estas pruebas revelan que la capa colapsable es limo arenoso a arena arcillosa de menos de 1.0 m de espesor y se encuentra a una profundidad intermedia 2.0 m y 3.5 m. Como las pruebas de carga de la placa se han llevado a cabo a una profundidad de 1.0 m, la capa colapsable está de hecho fuera de la profundidad teórica de influencia de la placa (aproximadamente dos diámetros = 0,6 m). Esto también determina que una gran parte del asentamiento en saturación se debe al punzonamiento de la placa y no al colapso;
3. En teoría, la colapsabilidad del suelo de una determinada capa de terreno solo depende del esfuerzo aplicado, y no depende directamente del tamaño de la cimentación. La correlación utilizada por M & M crea una proporcionalidad directa entre el tamaño de la zapata y el potencial de colapso calculado, lo que es teóricamente incorrecto;
4. Además, se han realizado pruebas de colapsabilidad directa muy satisfactorias en un lugar muy cercano donde se ha medido el asentamiento significativo para la prueba de carga de placa con saturación (por ejemplo, AU-A6 (0,4%) y AU-A7 (0,8%) cerca PC-01V (14.3 mm) y PC-02V (24.7 mm) o AU-A12 (0.6%) cerca de PC-04 (19 mm));
5. Finalmente, como se detalla en 5.1 y 5.2, los resultados del CPT y los resultados de los asentamientos inducidos por la Compactación Dinámica han demostrado una buena compactación en esos mismos lugares.

6. CONCLUSION

Al final de los trabajos, se han realizado diferentes pruebas para verificar los objetivos en términos de resistencia del cono, establecidos en el informe de diseño (documento [4]), y el potencial colapsable bajo una carga de 200 kPa.

Como recordatorio, la resistencia media del cono para alcanzar después de que DC funcione fue: $q_{c,avg} > 6 \text{ MPa}$ para verificar y validar los requisitos del cliente:

- Asentamientos máximos permitidos: 25 mm por debajo de los cimientos;
- Capacidad de soporte del SLS requerida por debajo de las zapatas: 200 kPa.

El análisis de los resultados del CPT permitió cumplir con estos criterios para todo el sitio.

El análisis del CPT, las pruebas de colapsabilidad y el asentamiento inducido durante la compactación dinámica mostraron que el potencial colapsable restante se encuentra principalmente en el rango de "sin colapso" según el documento [A].

Por lo tanto, podemos concluir que los trabajos de compactación dinámica que se han ejecutado en el sitio permiten alcanzar los requisitos técnicos del cliente

APENDICE 1: PLANOS DE EJECUCIÓN

(1 página)