

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“CORRELACIÓN ENTRE VELOCIDADES DE ONDAS DE
CORTE Y NÚMERO DE GOLPES DEL SPT EN ARENAS DE LA
NUEVA CIUDAD DE OLMOS”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**ELABORADO POR
CRISTHIAN GERARDO ALHUAY LEÓN**

**ASESOR
Dr. ZENÓN AGUILAR BARDALES**

Lima- Perú

2019

© 2019, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte,
con fines estrictamente académicos.”**

Alhuay león Cristhian Gerardo

cristhian_uni@hotmail.com

991342116

Dedicatoria

A mí adorado hijo Máximo

A mi esposa Nevika por su apoyo y ánimo

A mis amados padres Gerardo y Francisca, quienes
siempre me brindaron su comprensión y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por darme el apoyo incondicional y el ánimo para poder culminar satisfactoriamente la tesis.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería por abrirme las puertas y darme la capacidad para desarrollarme como profesional.

A mi asesor, el Dr. Zenón Aguilar, por encaminarme en el desarrollo de la tesis, y a mis jurados, la Dra. Diana Calderón y el Ing. Cesar Atala por sus aportes para complementar la tesis.

Al Ingeniero Hebert Sotelo Aedo por darme la iniciativa y las herramientas para desarrollar la tesis.

Al Laboratorio del CISMID, donde nació mi interés por la geotecnia.

A la empresa Sotelo & Asociados, por darme la oportunidad de desarrollar mi formación profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	3
ABSTRACT.....	5
PRÓLOGO	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE CUADROS.....	10
CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	11
1.1 GENERALIDADES.....	11
1.2 PROBLEMÁTICA	12
1.3 OBJETIVOS	13
CAPÍTULO II : ÁREA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GEOLÓGICOS	14
2.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	14
2.2 GEOLOGÍA	16
2.2.1 Geología regional	16
2.2.2 Geología local	19
CAPÍTULO III : FUNDAMENTO TEÓRICO.....	20
3.1. ENSAYOS DE MEDICIÓN DE ONDAS DE SUPERFICIE EN ARREGLO MULTICANAL – MASW.....	20
3.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT).....	28
3.2.1. Corrección de N por sobrecarga efectiva	31
3.2.2. Corrección del N de SPT al 60% de energía.....	32
3.3 METODOLOGÍA DE CORRELACIÓN	37
3.3.1. Modelo de regresión lineal simple	37
3.3.2. Influencia del esfuerzo de sobrecarga.....	38
3.3.3. Modelo de regresión lineal múltiple	39
CAPÍTULO IV : CORRELACIÓN EMPÍRICA ENTRE EL CONJUNTO DE DATOS	43

4.1. CORRELACIONES EXISTENTES	43
4.2. DESARROLLO DEL CONJUNTO DE DATOS.....	48
4.3. ECUACIÓN DE CORRELACIÓN	52
4.3.1. Análisis de regresión sin considerar el esfuerzo efectivo ($\sigma'v$).....	52
4.3.2. Análisis de regresión considerando el esfuerzo efectivo ($\sigma'v$).....	53
4.4. VALIDACIÓN DEL MODELO	55
4.3.1. Dispersión de datos.....	55
4.3.2. Análisis de residuos	57
CAPÍTULO V : COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68

ANEXOS

ANEXO A: EXPLORACIONES GEOTÉCNICAS

A.1: ENSAYOS SPT

A.2: ENSAYOS MASW

ANEXO B: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO D: PLANO DE UBICACIÓN DE ENSAYOS

RESUMEN

La Nueva Ciudad de Olmos es un proyecto ubicado en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque, dicho proyecto tiene como objetivo crear una ciudad planificada y autosostenible que pretende implantar criterios modernos de urbanismo, para ser replicados sistemáticamente en nuevos procesos de urbanización en el país. El proyecto en toda su extensión tiene como suelo de cimentación los depósitos eólicos del cuaternario reciente, característicos de la zona, conformado principalmente por arenas pobremente gradadas.

Como parte de las investigaciones geotécnicas se realizaron ensayos de medición de ondas superficiales en arreglo multicanal (MASW) y ensayos de penetración estándar (SPT), con la finalidad de obtener las velocidades de ondas de corte (V_s) y el número de golpes del SPT (N) respectivamente. Los ensayos MASW y SPT que están ubicados muy cercanos entre sí, se recopilaron y se recolectaron 156 valores de N y V_s para obtener una ecuación de correlación de la forma, $V_s = A N^B$, donde A y B se obtienen a partir de metodologías estadísticas de análisis de regresión lineal.

Las correlaciones que se trabajó en la presente tesis son: $N - V_s$ (N y V_s obtenidos directamente de campo, sin corrección); $N_{60} - V_s$ (N corregido al 60% de energía del SPT); y $N_{60} - V_s$, considerando la influencia de sobrecarga efectiva. Las correlaciones obtenidas en la presente tesis fueron comparadas con las correlaciones publicadas en los últimos 20 años por diferentes autores, para el caso de arenas.

La ecuación de correlación de $N - V_s$ (sin corrección) es $V_s = 142.59 N^{0.222}$, y presenta una cierta variación con las curvas de correlación de los diferentes autores, probablemente, debido a la variabilidad de los equipos y procedimientos del ensayo SPT. La correlación propuesta se aproxima generosamente a las curvas de Esfehanizadeh et al. (2015) y Kirar et al. (2016).

$V_s = 141.14 (N_{60})^{0.212}$ es la ecuación de correlación cuando N se corrige al 60% de energía, y se aproxima bastante bien a la curva propuesta por Pitilakis et al. (1999). Las Curvas de correlación propuestos por diversos autores tienden a ser

muy cercanos entre sí, probablemente porque el valor de N se corrige al 60% de energía, indistintamente del procedimiento y el tipo de equipo de SPT.

Aplicando la técnica del análisis de regresión lineal múltiple se determinó la ecuación de correlación de $N_{60} - V_s$, incorporando la influencia de sobrecarga efectiva. La ecuación obtenida, $V_s = 168.35 (N_{60})^{0.163}$, se aproxima a la curva propuesta por Bellana (2009).

La validación del modelo se realizó mediante la gráfica de dispersión de datos y la prueba de significancia global, donde se concluye que existe una relación de linealidad entre la variable V_s y cualquiera de las variables regresoras N_{60} y P_a/σ'_v . Así mismo se verificó que las variables regresoras no presentan problemas de multicolinealidad, es decir, no tienen una relación de linealidad. Los residuos fueron analizados mediante la gráfica cuantil – cuantil (Q - Q) y se verifica que presentan una distribución normal.

ABSTRACT

The New City of Olmos is a project located in the district of Olmos, the province and the department of Lambayeque, this project aims to create a planned and self-sustainable city that implements the current modes of urbanism, to be replicated systematically in the new processes Urbanization in the country The project in its entirety has the foundations of recent quaternary wind deposits, characteristic of the area, consisting mainly of poorly graded sands.

As part of the geotechnical investigations, tests of surface wave measurement in multichannel array (MASW) and standard penetration tests (SPT) were carried out, in order to obtain the cutting wave velocities (V_s) and the number of strokes of the SPT (N) respectively. The MASW and SPT tests that are located very close to each other, were collected and 156 values of N and V_s were collected to obtain a correlation equation of the form, $V_s = A N^B$, where A and B are obtained from methodologies statistics of linear regression analysis.

The correlations used in this thesis are: $N - V_s$ (N and V_s obtained directly from the field, without correction); $N_{60} - V_s$ (N corrected to 60% SPT energy); and $N_{60} - V_s$ considering the influence of effective overload. The correlations obtained in this thesis were compared with the correlations published in the last 20 years by different authors, in the case of sands.

The correlation equation of $N - V_s$ (without correction) is $V_s = 142.59 N^{0.222}$, and it presents a certain variation with the correlation curves of the different authors, probably due to the variability of the equipment and procedures of the SPT test. The proposed correlation generously approximates the curves of Esfehanizadeh et al. (2015) and Kirar et al. (2016).

$V_s = 141.14 N^{0.212}$ is the correlation equation when N corrects to 60% energy, and approximates quite well the curve proposed by Pitilakis et al. (1999). The correlation curves proposed by different authors tend to be very close to each other, probably because the value of N is corrected to 60% of energy, regardless of the procedure and the type of SPT equipment.

Applying the technique of multiple linear regression analysis, the correlation equation of N_{60} - V_s was determined, incorporating the influence of effective overload. The obtained equation, $V_s = 168.35 (N_{60})^{0.163}$, approaches the curve proposed by Bellana (2009).

The validation of the model was performed using the data dispersion graph and the global significance test, where it is concluded that there is a linearity relationship between the variable V_s and any of the return variables N_{60} y P_a/σ'_v . Likewise, it was verified that the return variables do not present multicollinearity problems, that is, they do not have a linearity relation. The residuals were analyzed by means of the quantile - quantile graph (Q - Q) and it is verified that they present a normal distribution.

PRÓLOGO

En la práctica de la ingeniería geotécnica, los ensayos SPT y MASW tienen bastante aceptación y son ampliamente usados en las exploraciones geotécnicas, es así que en los manuales y normativas peruanas se hace referencia a estos ensayos. Cuando las mediciones de N o V_s no estén disponibles en un estudio, las correlaciones empíricas entre estos parámetros nos pueden proporcionar un método simple pero crudo para estimar N o V_s , a efectos de un análisis preliminar, es decir, no se utilizarán como sustituto de las mediciones de campo, ya que pueden contener considerables incertidumbres.

El alcance de la presente tesis consiste en obtener una ecuación de correlación empírica entre el N y V_s en arenas eólicas, a partir de una metodología de conceptos estadísticos de regresión lineal. Las correlaciones que se trabajaron en la tesis son; $N - V_s$ (N y V_s obtenidos directamente de campo, sin corrección); $N_{60} - V_s$ (N corregido al 60% de energía del SPT); y $N_{60} - V_s$ considerando la influencia de sobrecarga efectiva a N y V_s .

En la literatura existen muchos autores que trabajaron estas correlaciones en arenas y otros tipos de suelo, sin embargo, las condiciones geológicas propias del lugar de estudio hacen que éstas no sean aplicables directamente a otros lugares. En esta tesis se propone una correlación específica para las arenas eólicas de Olmos, la cual ha sido desarrollada con una gran cantidad de datos que fueron obtenidos del estudio geotécnico realizado para la habilitación urbana de la Nueva Ciudad de Olmos. En consecuencia, la correlación acá propuesta podrá ser utilizada en depósitos eólicos de característica similares, que abundan en grandes extensiones de la costa peruana.

LISTA DE FIGURAS

Figura N°2.1. Plano de Ubicación (Fuente: Términos de Referencia del Proyecto).....	14
Figura N°2.2. Nueva ciudad de Olmos (Fuente propia).....	15
Figura N°2.3. Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Mapa geológico de los cuadrángulos de Las Salinas y Morrope).....	16
Figura N°2.4. Litoestratigrafía regional de la zona de estudio (Fuente: Mapa geológico de los cuadrángulos de Las Salinas y Morrope).....	18
Figura N°3.1. Descripción general sobre el método MASW (Ólafsdóttir et al., 2014).....	22
Figura N°3.2. Esquema de la configuración típica del ensayo MASW (Fuente: Park et al., 2005).....	23
Figura N°3.3. Procesamiento del registro de campo del ensayo MASW (Fuente: Propia).....	26
Figura N°3.4. Velocidad Vs versus profundidad (Fuente: Propia).....	27
Figura N°3.5. Diversas arenas sobre la base de datos de campo y pruebas de laboratorio determinado a partir de las ecuaciones de Liao y Whitman, 1988 y Kayen et al. 1992. (Fuente: Castro 1995).....	32
Figura N°3.6. Relación entre el N° de vueltas de la soga en el tambor y la velocidad de caída del martinete (Kovacs y salomone, 1982).....	34
Figura N°3.7. Relación entre ER y la forma de liberación de energía del martinete (López M., 2003).....	35
Figura N°4.1. SPT N60 versus Vs, (Pikilakis et al., 1999).....	45
Figura N°4.2. Vs vs SPT N60, (Fuente: Hasancebi and Ulusay 2007).....	45
Figura N°4.3. Curvas de correlación N60 vs VS (Fuente: Wair et al., 2012).....	47
Figura N°4.4. Ejemplo de correspondencia de los valores de N y Vs.....	52
Figura N°4.5. Ln(VS) Versus Ln(N60) and Ln (Pa/σ'V) para arenas (Fuente propia).....	55
Figura N°4.6. Efecto de multicolinealidad (Fuente propia).....	56
Figura N°4.7. Residuos versus Ln(N60) y Ln(Pa/σ'V) (Fuente propia).....	58
Figura N°4.8. Residuos (definidos como log natural de Vs medidos menos log natural de Vs calculados) versus N60 y Pa/σ'V para arenas.....	58
Figura N°4.9. Gráfico Q - Q de los residuos del modelo (Fuente propia).....	59
Figura N°5.1. Correlación de N – Vs, (Fuente propia).....	60

Figura N°5.2. Correlación de N60 – Vs, (Fuente propia).....	61
Figura N°5.3. Correlación de N60 – Vs, considerando la influencia de sobrecarga efectiva (Fuente propia).	62
Figura N°5.4. Correlación de N60 – Vs hasta 7.0 m de profundidad, en arena suelta y medianamente densa (Fuente propia).....	63

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°3.1. Parámetros de adquisición (Fuente: Park et al., 2005)	24
Cuadro N°3.2. Características del sismógrafo (Fuente: Especificaciones Técnicas del GEODE, 2014).....	24
Cuadro N°3.3. Corrección de diámetro de perforación (Skempton 1986).....	36
Cuadro N°3.4. Factores de corrección del tubo muestreador (tomado de Atala. 2006).....	36
Cuadro N°3.5. Correcciones para SPT (Skempton, 1986) según lo enumerado por Robertson y Wride, 1998.	37
Cuadro N°3.6. Análisis de varianza para determinar la significancia global (Fuente propia)	41
Cuadro N°4.1. Correlaciones existentes entre Vs y Nspt (Bellana, 2009).	44
Cuadro N°4.2. Correlaciones entre Vs y Nspt en arenas. (Fuente: Wair et al., 2012).....	46
Cuadro N°4.3. Algunas correlaciones recopiladas entre Vs y N en arenas (Fuente propia).	47
Cuadro N°4.4. Caracterización sísmica del suelo (Fuente: código internacional IBC, 2009).....	49
Cuadro N°4.5. Resumen de ensayos MASW.....	49
Cuadro N°4.6. Ubicación y profundidad de SPT	50
Cuadro N°4.8. Constante de regresión y desviación estándar del error (Fuente propia).....	54
Cuadro N°4.9. Análisis de varianza (Fuente propia)	57
Cuadro N°5.1. Ecuación de correlación en arenas sueltas y medianamente densa	63

LISTA DE FOTOS

Foto N°2.1. Excavación en la zona de estudio (Fuente propia).	19
Foto N°3.1. Ensayo de SPT en la zona de exploración (Fuente propia).....	29

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

La presente tesis de investigación tiene como finalidad determinar la ecuación de correlación empírica entre las velocidades de ondas de corte (V_s) - obtenido de los ensayos de medición de ondas superficiales en arreglo multicanal (MASW) - y el número de golpes del SPT (en adelante N_{SPT} o simplemente N) en depósitos eólicos conformado por arenas pobremente gradadas (Clasificación SUCS¹: SP).

La base de datos fue proporcionada por las empresas CONCRETO PERU y SOTELO & ASOCIADOS, obtenidos durante los estudios geotécnicos para la “Nueva Ciudad de Olmos”, en el marco del proyecto denominado “Instalación de los Servicios de Vialidad Urbana e Instalación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Nueva Ciudad de Olmos, Distrito de Olmos, Provincia y región Lambayeque”.

La ecuación de correlación entre N y V_s típicamente se ajustan a una función potencial de la forma $V_s = A N^B$, donde A y B se obtienen a partir una técnica estadística de análisis de regresión lineal. Las correlaciones que se presentan en la literatura usualmente son realizadas directamente a $N - V_s$ (sin corrección), y a $N_{60} - V_s$ con N corregido al 60% de energía del SPT. En la literatura son pocas las investigaciones donde se introduce la influencia de la sobrecarga efectiva en el modelo de correlación, en la que se aplica un análisis de regresión lineal múltiple.

Se utilizaron 18 pares de ensayos MASW y SPT que fueron realizados en el mismo lugar, o muy cercanos entre sí, dichos ensayos proporcionaron 156 valores de N y V_s para la correlación.

Las correlaciones propuestas en la presente tesis fueron comparadas con las correlaciones presentadas en los últimos 20 años por diferentes autores, para el caso de arenas.

¹ SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

La correlación de $N - V_s$ (sin corrección, es decir, N y V_s obtenidos directamente de campo) presenta cierta variación con las correlaciones publicados por otros autores, probablemente se debe a que N no presenta corrección por energía y es dependiente de la variabilidad del equipo y el procedimiento del ensayo SPT. La correlación que se propone en la presente tesis ($V_s = 142.59 N^{0.222}$), se aproxima generosamente a las curvas de Esfehazadeh et al. (2015) y Kirar et al. (2016) (Ver Figura N°5.1).

La correlación $N_{60} - V_s$ (N corregido al 60% de energía) se aproxima muy bien a la curva propuesta por los autores Pitolakis et al. (1999), probablemente porque el valor de N se corrige al 60% de energía, indistintamente del procedimiento y tipo de equipo de SPT que se usaron (Ver Figura N°5.2).

La correlación de $N_{60} - V_s$, considerando la influencia de la sobrecarga efectiva, se realizó aplicando el análisis de regresión lineal múltiple. El resultado se comparó con las curvas de Bellana (2009) y Ghazi et al. (2015), en los que no se encontró una proximidad entre las curvas (Ver Figura N°5.3), probablemente esas diferencias están asociadas a la naturaleza geológica del suelo.

La validación del modelo se realizó evaluando como primera instancia la gráfica de dispersión de datos y la prueba de significancia global, donde se concluye que existe una relación de linealidad entre la variable V_s y cualquiera de las variables regresoras N_{60} y P_a/σ'_v . El análisis de residuos se realizó mediante la gráfica cuantil – cuantil (Q - Q) y se verifica que los residuos presentan una distribución normal.

1.2 PROBLEMÁTICA

El SPT es un ensayo que tiene bastante aceptación en diferentes países y tiene una gran una gran cantidad de base de datos y correlaciones debido a su amplio uso en la geotecnia. Si bien es preferible determinar N de SPT directamente de pruebas de campo, a menudo existen dificultades con respecto al tiempo de ejecución y costos del ensayo, por ello sería una ventaja considerable plantear una metodología de correlación fiable que permita estimar preliminarmente el valor de N de SPT, ya que es un dato muy importante para estimar los parámetros de resistencia cortante del suelo.

En la presente tesis se propone encontrar una ecuación de correlación empírica para estimar el valor de N a partir del Vs o viceversa. En el caso de esta tesis, el Vs se obtiene con el ensayo MASW, que en la práctica geotécnica es un ensayo que tiene menor costo en el mercado y además el tiempo de ejecución es menor, con respecto al SPT.

A la fecha, en el Perú, no se tiene conocimiento de un trabajo de investigación sobre la correlación N – Vs en arenas, por lo tanto, se considera un tema de interés trabajar en ello, y que podría incentivar a otros tesisistas a correlacionar N – Vs, en otros tipos de suelos.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Encontrar la ecuación de correlación empírica entre las velocidades de ondas de corte (Vs) y el número de golpes del SPT, en arenas correspondiente a depósitos eólicos en la Nueva Ciudad de Olmos.

Objetivos Específicos:

- Obtener el perfil unidimensional de velocidades de ondas de corte, mediante el ensayo MASW,
- Obtener el número de golpes de SPT, en el mismo lugar donde se realizó el ensayo MASW,
- Obtener curvas de correlación entre Vs y N_{spt},
- Determinar la ecuación de correlación con formulaciones estadísticas,
- Validación del modelo mediante el análisis de la dispersión de datos, prueba de significancia global y el análisis de residuos,
- Comparar resultados de correlación con bibliografías existentes en la literatura.

CAPÍTULO II : ÁREA DE ESTUDIO Y ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

Los ensayos MASW y SPT se realizaron sobre depósitos eólicos donde se construirá “La Nueva Ciudad de Olmos”, ubicada en el distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque en Perú.



Figura N°2.1. Plano de Ubicación (Fuente: Términos de Referencia del Proyecto²).

El proyecto de la Nueva Ciudad de Olmos tiene como objetivo crear una ciudad planificada y autosostenible que pretende implantar criterios modernos de urbanismo, para ser replicados sistemáticamente en nuevos procesos de urbanización en el país.

El proyecto “La Nueva Ciudad de Olmos” fue desarrollado en el “Programa Nuestras Ciudades” creado en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, bajo el ámbito del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, con el propósito de lograr el desarrollo sustentable de las ciudades del Perú a través de la participación coordinada y concurrente de los tres niveles de gobierno, la población, el sector privado y sociedad civil.

En la presentación “Bienvenido a la Nueva Ciudad de Olmos”, del Programa Nuestras Ciudades del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, textualmente se indica lo siguiente:

² Proyecto: “Elaboración del Expediente Técnico, y Ejecución de Obra, para la Instalación de los Servicios de Vialidad Urbana en la Nueva Ciudad de Olmos, Distrito de Olmos, Provincia de Lambayeque Región Lambayeque”.

La Creación de la “Nueva Ciudad de Olmos”, es el mayor proyecto urbanístico Integral de la historia del Perú, al ser la Primera Ciudad planificada del Norte del País, que surge a raíz de la puesta en marcha del proyecto de irrigación Olmos Tinajones. Con una extensión de 734 hectáreas, que albergara 111,000 habitantes, su singularidad reside en la combinación de un uso industrial importante con zonas residenciales, amplias zonas verdes de proximidad, zonas comerciales, centros de ocio y equipamiento público. (p. 7)

El programa de inversión pública considera cuatro proyectos de inversión, los cuales son los siguientes:

- “Instalación de los servicios de vialidad urbana”
- “Instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario”
- “Instalación de áreas verdes”
- “Implementación del servicio de limpieza pública”

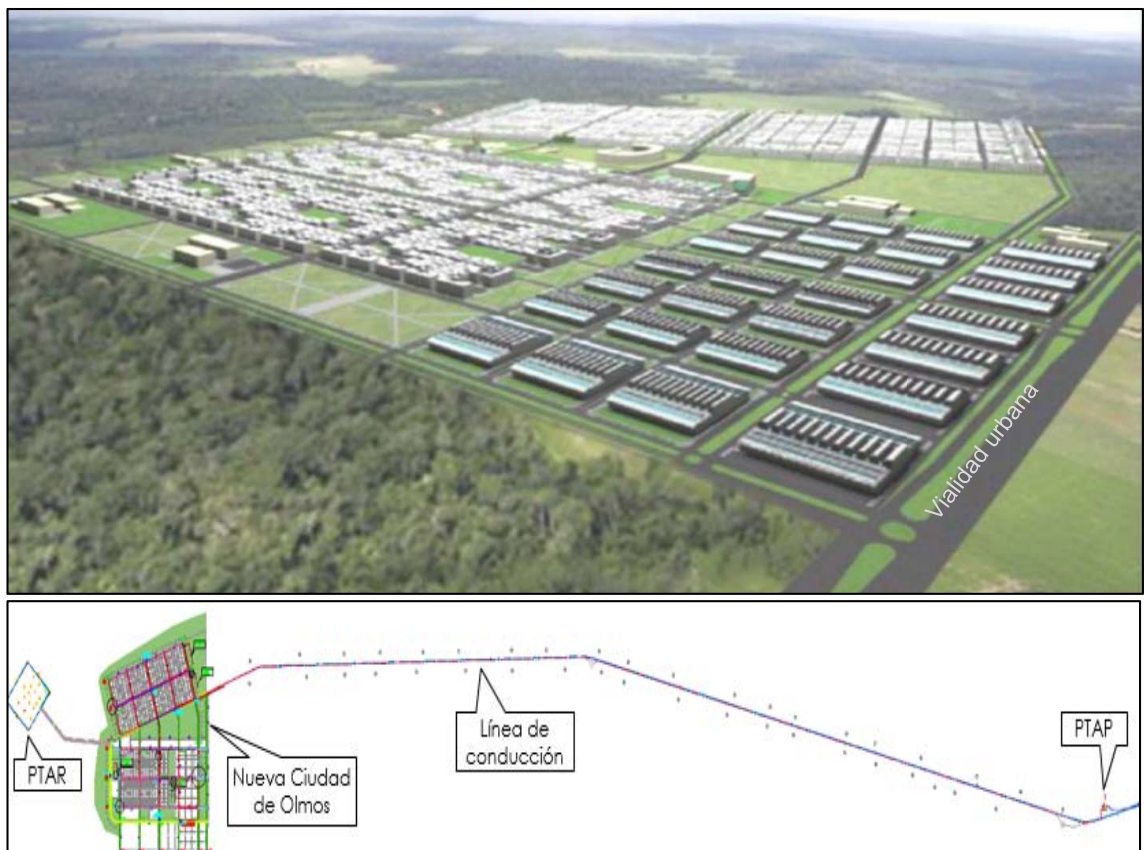


Figura N°2.2. Nueva ciudad de Olmos (Fuente propia).

La Figura N°2.2, muestra el esquema de red de agua potable y alcantarillado integrado a la “Nueva Ciudad de Olmos”, conformado por una planta de tratamiento de agua potable, línea de conducción, reservorios y una planta de tratamiento de aguas residuales.

2.2 GEOLOGÍA

2.2.1 Geología regional

En el Mapa Geológico del Cuadrángulo de Las Salinas 13-c, el área de estudio se encuentra ubicado sobre depósitos eólicos recientes del cuaternario, tal como se muestra en la Figura N°2.3. En el Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 32, se describe que en la zona de estudio se conforman dos unidades litológicas: Los depósitos eólicos del pleistoceno compuesto de arena de grano medio con poco limo, en estado seco y que se encuentra en forma de dunas gigantes las cuales están cubiertas por mantos de arenas recientes; y el depósito eólico reciente que abarca la mayor parte del área de estudio, constituidos por arena de grano fino, de compacidad suelta a medianamente densa en estado seco.

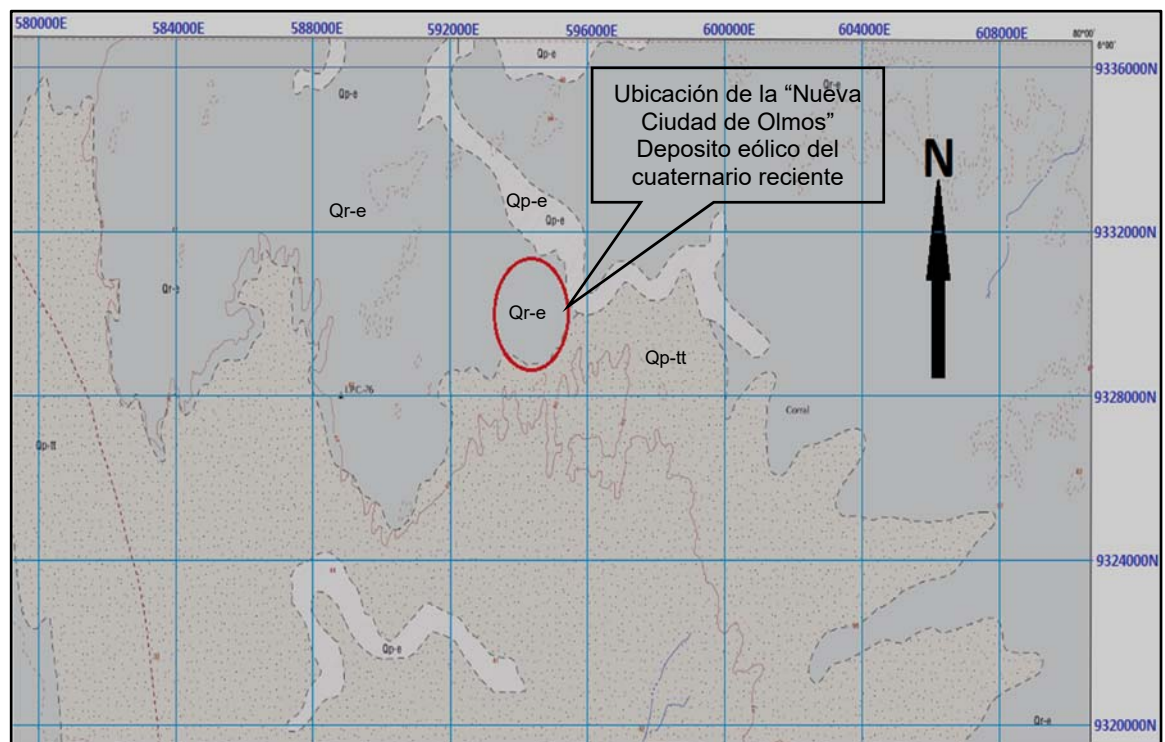


Figura N°2.3. Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Mapa geológico de los cuadrángulos de Las Salinas y Morrope).

La zona de estudio se encuentra afectada por la era Cenozoica, sistema cuaternario, con series del Pleistoceno y depósitos recientes; la mayor parte está conformada por depósitos eólicos recientes (Qr-e), alrededor encontramos afloramientos de depósitos eólicos Pleistoceno (Qp-e) y el Tablazo Talara Pleistoceno (Qp-tt)

2.2.1.1 Geomorfología regional

El panorama morfológico del área comprendida dentro de los límites del presente estudio, es el resultado de un activo proceso morfotectónico desarrollado durante el Cenozoico, Los rasgos geomorfológicos de la zona estudiada se encuentra dentro de la unidad denominada depresión Para-andina, que conforma una penillanura que se encuentra dentro del área de estudio, observando mantos de arena que cubren a los Tablazos de Talara; debido a los continuos e intensos procesos erosivos y geodinámicos sobre la cuenca de Sechura, se generaron las siguientes unidades geomorfológicas:

- **Tablazos**. Bajo esta denominación se designa en el noreste del Perú a las extensas porciones de la plataforma continental emergida, como consecuencia de sucesivos levantamientos del macizo andino y prueba fehaciente de la continuación de estos procesos durante el Cuaternario. Estos rasgos geomorfológicos espectaculares, de relieve escalonado adornan el paisaje de la región y litológicamente están compuestos por materiales coquiníferos. En el área de estudio, sólo está desarrollada el tablazo de Talara.
- **Tablazo Talara**: Es una superficie casi plana e inclinada ligeramente al suroeste de manera que en el sector de las dunas Los Julianes se encuentra a una cota promedio de 125 m disminuyendo a 65 m en las pampas de Yapato y, finalmente en los sectores de Reventazón y Mórrope baja hasta los 10 msnm, terminando en una escarpa que sirve de límite a la zona de marismas.
- **Dunas**: en sus formas de dunas gigantes y barcanes en movimiento, son los rasgos más resaltantes del paisaje desértico y cubren en parte a las unidades geomorfológicas anteriormente desarrolladas, dentro del área de estudio, la migración de arenas se desarrolla en la dirección S-N, siguiendo 4 rutas más o menos definidas.

2.2.1.2 Estratigrafía regional

Depósitos pleistocénicos. Dentro de esta categoría se encuentra primero los tablazos de Talara (Qp-tt), luego, los depósitos eólicos antiguos (Qp-e), tal como se muestra en la Figura N°2.4.

Tablazo de Talara (Qp-tt): Es la plataforma pleistocénica más alta de la llanura desértica, en forma casi plana y ligeramente inclinada al sureste. La litología y las terrazas de esta edad, se caracterizan por constituir depósitos eólicos consolidados en matriz de arena con cemento calcáreo, así como conglomerados conchíferos (coquinas). El tablazo de Talara se encuentra a una cota promedio de 125 m. y disminuye a 65 m.

Depósitos Eólicos (Qp-e): En el sector noreste del área estudiada se encuentran emplazados gruesos mantos de arena eólica pobremente diagenizados que morfológicamente constituyen colinas disectadas por una red fluvial dendrítica, muy característica de la región; están fijados por arbustos, lo que la diferencia de los mantos eólicos recientes. En algunas zonas se muestran en forma de dunas gigantes, como gruesos mantos de arena eólicas y están cubiertos por mantos de arenas recientes.

Depósitos recientes. Dentro de esta categoría se encuentra principalmente los depósitos eólicos recientes (Qr-e). Estos depósitos cobran rasgos prominentes si se tiene en cuenta la magnitud de su evolución y propagación regional, cuya actividad se desarrolla en la forma de barcanes en movimiento, dunas gigantes o mantos delgados de arena.

ERA	SISTEMA	SERIE	ROCAS SEDIMENTARIAS			
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos eólicos	Qr-e		
			Depósitos Mixtos	De playa	Qrm-pl	
				Lacustres	Qrm-la	
				Córdon Litoral	Qrm-cl	
			PLEISTOCENO	Depósitos aluviales		Qr-al
						Qp-al
		Depósitos eólicos		Qp-e		
		Tablazo Talara		Qp-tt		

Figura N°2.4. Litoestratigrafía regional de la zona de estudio (Fuente: Mapa geológico de los cuadrángulos de Las Salinas y Morrope).

2.2.2 Geología local

El área de estudio está proyectada superficialmente sobre depósitos eólicos reciente y subyacente se presenta el depósito eólico del pleistoceno.

Depósito eólico reciente (Qr-e). Los depósitos eólicos reciente están conformado por arena pobremente gradada de grano fino, de compacidad suelta a medianamente densa, en estado seco. En el área de estudio dicho depósito alcanza profundidades que varían de 3.0 hasta los 7.00 m según el registro de los ensayos SPT. Las velocidades de ondas de corte (V_s) correspondiente a este depósito generalmente son menores a 250 m/s.

Depósito eólico pleistocénico (Qp-e). Este material es subyacente al depósito Qr-e, y está conformado de arenas pobremente gradada de grano medio y arenas limosas, de compacidad densa, en estado seco y de color beige. Las velocidades V_s generalmente son mayores a 250 m/s.



Foto N°2.1. Excavación en la zona de estudio (Fuente propia).

En el área de estudio no se tiene registro del nivel freático, aunque hay evidencias de enlagueamiento ocurrido durante las lluvias extraordinarias en el fenómeno de El Niño, y que no se descarta que vuelvan a ocurrir en el futuro.

CAPÍTULO III : FUNDAMENTO TEÓRICO

En el presente capítulo se describe los conceptos teóricos de las metodologías usadas para la obtención de las velocidades de ondas de corte (V_s) con el ensayo MASW y el número de golpes del ensayo SPT, así como también la metodología de análisis de regresión lineal para determinar la ecuación de correlación.

3.1. ENSAYOS DE MEDICIÓN DE ONDAS DE SUPERFICIE EN ARREGLO MULTICANAL – MASW

Las velocidades de ondas de corte (V_s) utilizadas para el modelo de correlación fueron obtenidas a partir del ensayo MASW, el cual es un método indirecto de exploración geotécnica de mayor aplicación en la actualidad para obtener el perfil unidimensional de velocidades de ondas de corte versus profundidad. Dicho perfil unidimensional permite estimar, mediante una interpretación geotécnica, horizontes de suelo según su rigidez.

Diversos autores han propuesto el uso de la naturaleza dispersiva de las ondas superficiales para la caracterización de suelos. Una descripción detallada del ensayo MASW y su aplicación típica de campo fueron propuestas originalmente por Park et al. (1999).

El ensayo consiste en el análisis de dispersión de las ondas sísmicas superficiales (ondas Rayleigh) para obtener la velocidad de fase a distintas frecuencias. Luego, a través de un proceso de inversión no lineal, se busca un perfil bidimensional de velocidades de ondas de corte versus profundidad.

El análisis de las propiedades de dispersión de los modos fundamentales de ondas Rayleigh, es una de las formas más comunes para la construcción del perfil de velocidades de ondas de corte (Park et al., 1999). Las ondas superficiales son dispersivas debido al medio por el que viajan, invertir estas curvas de dispersión permite obtener modelos de velocidades de ondas S a profundidad.

El procedimiento común para determinar el perfil unidimensional de velocidades de ondas de corte consta de tres pasos:

1. Adquisición de datos; registro de ondas superficiales.
2. Análisis de dispersión de las ondas superficiales.
3. Inversión de la curva de dispersión; estimación del perfil de velocidad de ondas de corte.

La Figura 3.1 muestra una descripción general de los principales pasos del método MASW.

A diferencia de otros métodos sísmicos (por ejemplo, reflexión o refracción), los parámetros de adquisición para los ensayos MASW tienen un amplio rango de tolerancia. Esto se debe a que los esquemas de procesamiento multicanal empleados en el método de transformación de campo de onda tienen la capacidad de considerar automáticamente efectos adversos tales como efectos de campo cercano, campo lejano y aliasing espacial (Park et al., 1999).

La adquisición de datos se realizó con 24 geófonos, sin embargo, el MASW puede ser efectivo con tan solo doce canales de grabación conectados a geófonos de baja frecuencia, menor a 10 Hz (Park et al., 1999). Es posible obtener una curva de dispersión de alta precisión e invertirla para producir un perfil en Vs con alta confianza y consistencia usando las ondas grabadas en un recolecto de un solo disparo Park et al. (1999).

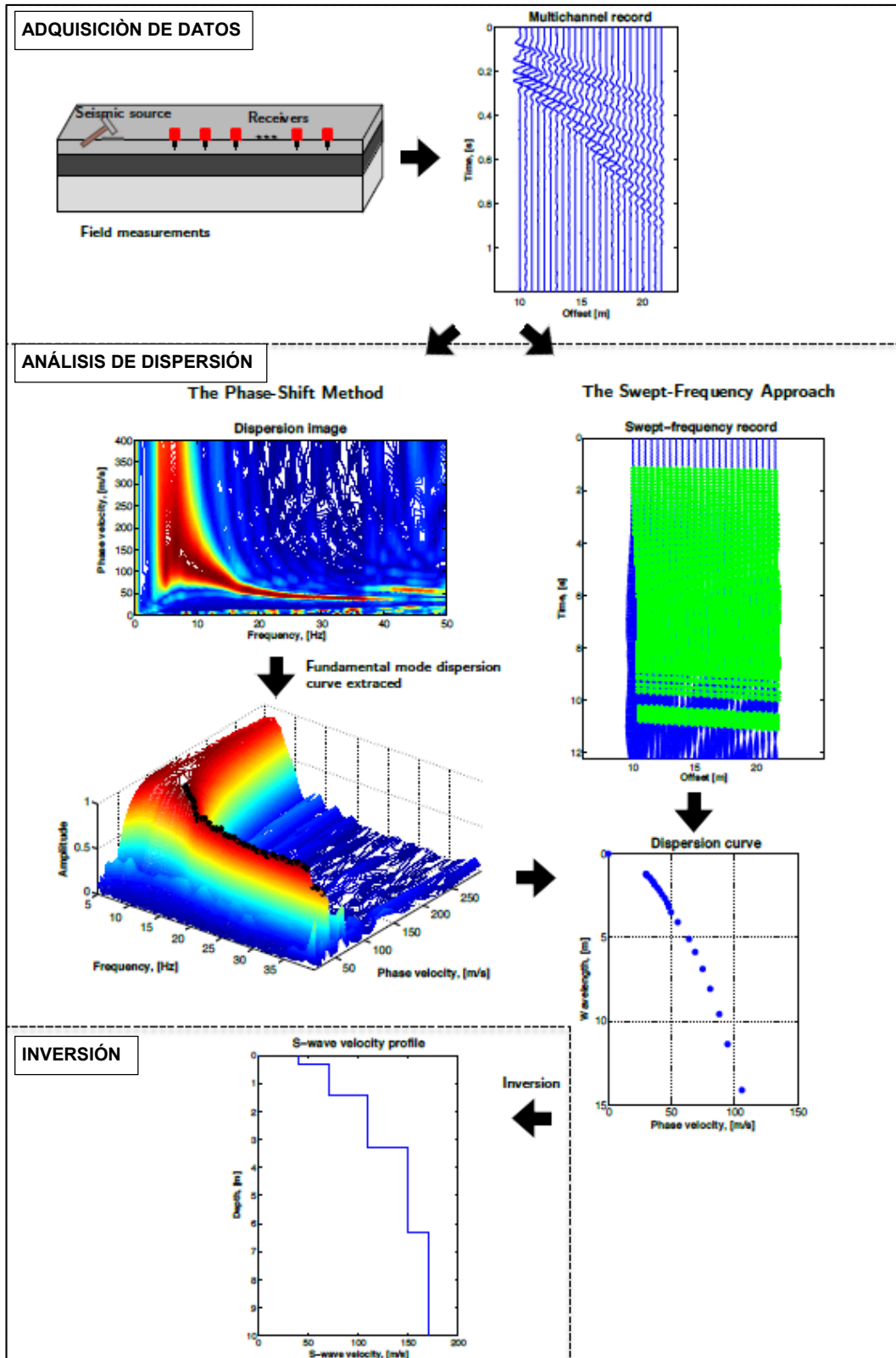


Figura N°3.1. Descripción general sobre el método MASW (Ólafsdóttir et al., 2014).

ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas sísmicas de bajas frecuencias y gran amplitud, mediante un arreglo de 24 geófonos de 4.5 Hz. de frecuencia (según Park et al., 1999, el ensayo MASW también puede ser eficaz con solo doce canales de grabación conectados a geófonos de baja frecuencia menor a 10 Hz). La fuente para generar las ondas sísmicas es el impacto de un martillo de 25 libras (11.3 kg) con una placa metálica.

Para la adquisición de datos se considera a dos parámetros como los más importantes: el desplazamiento de la fuente (x_1) y el espaciamiento de los geófonos (dx) (Figura N°3.2). El desplazamiento de la fuente (x_1) se relaciona con la profundidad máxima de investigación (Z_{max}). Una regla conservadora del desplazamiento es $x_1 = 0.5 \cdot Z_{max}$. Sin embargo, muy a menudo puede ser tan pequeño como $0.1 \cdot Z_{max}$ (Park et al., 1999).

La separación del receptor (dx) puede necesitar depender ligeramente de la rigidez media de los materiales cercanos a la superficie. Una regla general es $dx \approx 1,0$ m. en la mayoría de los ensayos sobre los suelos. El Cuadro 3.1 resume rangos óptimos de todos los parámetros de adquisición.

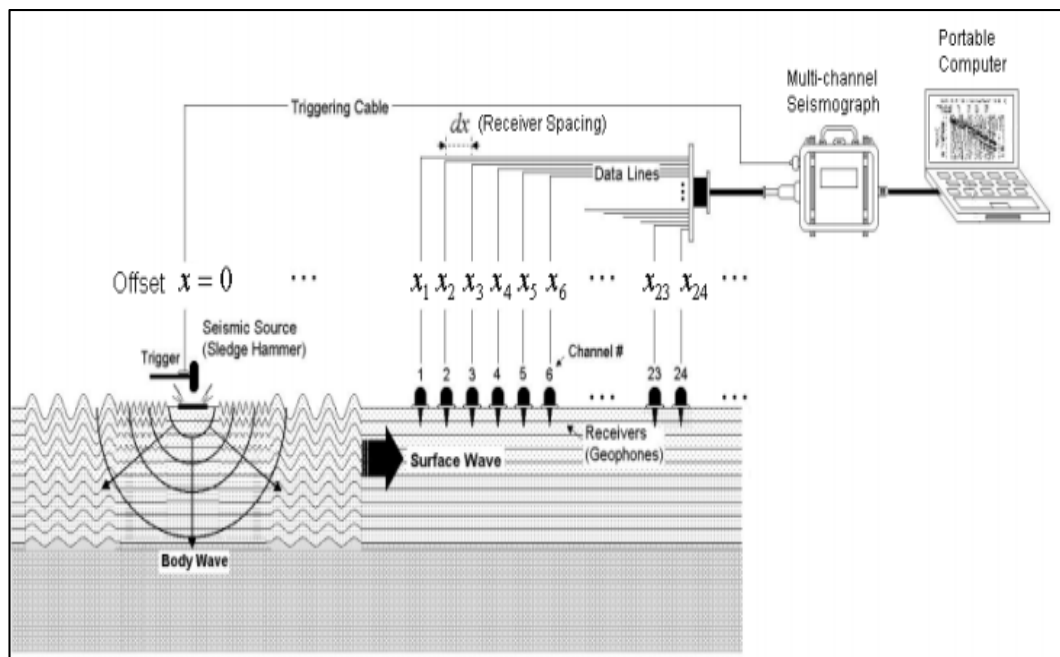


Figura N°3.2. Esquema de la configuración típica del ensayo MASW (Fuente: Park et al., 2005)

Cuadro N°3.1. Parámetros de adquisición (Fuente: Park et al., 2005)

Table 5: Optimum acquisition parameters—Rules of thumb

Material Type* (V_s in m/sec)	X_1 (m)	dx (m)	X_M (m)	Optimum Geophone (Hz)	Optimum Source* (Kg)	Recording Time (ms)	Sampling Interval (ms)
Very Soft ($V_s < 100$)	1 – 5	0.25 – 0.5	≤ 20	4.5	≥ 5.0	2000	1.0
Soft ($100 < V_s < 300$)	5 – 10	0.5 – 1.0	≤ 30	4.5	≥ 5.0	2000	1.0
Hard ($200 < V_s < 500$)	10 – 20	1.0 – 2.0	≤ 50	4.5 – 10.0	≥ 5.0	1000	0.5
Very Hard ($500 < V_s$)	20 – 40	2.0 – 5.0	≤ 100	4.5 – 40.0	≥ 5.0	1000	0.5

* Average properties within about 30-m depth range.
+ Weight of sledgehammer.

Park y Carnevale (2010), mencionan que la profundidad de investigación (Z_{max}), adoptado como un criterio empírico, es $L/2$ (L es la longitud del arreglo multicanal), y el análisis más preciso de las velocidades de fase puede lograrse solo para longitudes de ondas de hasta una longitud extendida ($\lambda \leq L$). Para un desplazamiento mayor de la fuente (por ejemplo, $X_1 \geq L$) mejora la energía para ondas de superficie de longitud de onda más larga y aumenta λ_{max} con una extensión de receptor dada. Por otra parte, un pequeño desplazamiento de la fuente (por ejemplo, $X_1 \leq L$) no sólo puede reducir λ_{max} , sino también dar lugar a velocidades de fase subestimadas. El grado de subestimación, sin embargo, parece altamente dependiente del sitio y a veces es insignificante.

Equipo utilizado

El equipo sismógrafo utilizado para realizar el ensayo MASW, posee un sistema de adquisición de datos, los cuales son almacenados y procesados por una computadora, dicho equipo tiene las características técnicas mostrados en el Cuadro N°3.2:

Cuadro N°3.2. Características del sismógrafo (Fuente: Especificaciones Técnicas del GEODE, 2014).

Características	Valor nominal
Nº de canales	24
Resistencia de salida	$> 600 \Omega$

Características	Valor nominal
Rango de frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz.
Ganancia	63X(36 dB) 2%
Tiempo de registro	64, 128, 256, 512, 1024
Tiempo de retardo de registro	0-999 ms
Tiempo de pre-arranque	90% duración general
Sistema de mando	Computadora IBM AT-80386sx
Tensión de alimentación	12 V
Potencia de consumo	48 W

ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DE LAS ONDAS SUPERFICIALES

La construcción de la curva de dispersión es una de las etapas más críticas de un análisis de MASW, para generar finalmente un perfil preciso de velocidad de onda de corte.

Construir la imagen de dispersión y extraer la curva de dispersión de señal se lleva a cabo a través del método de cambio de fase (también conocido como el método de transformación del campo de ondas), que fue descrito por primera vez por Park et al. 1998. El método de cambio de fase es una técnica de transformación de onda para obtener un espectro de velocidad de fase (imagen de dispersión) basado en un conjunto de disparos impulsivos multicanal (Park et al., 1998).

Esta transformación elimina todo el ruido cultural ambiental, así como el ruido generado por la fuente tal como ondas dispersadas de objetos enterrados (cimientos del edificio, alcantarillas, rocas, etc.). La imagen de dispersión muestra la relación entre la velocidad de fase y la frecuencia de las ondas propagadas horizontal y directamente desde el punto de impacto a la línea receptora. Estas ondas incluyen modos fundamentales y superiores de ondas superficiales, así como ondas corporales directas. La curva de dispersión necesaria, tal como la de las ondas Rayleigh de modo fundamental, se extrae entonces del patrón de acumulación de energía del panel de imagen (Figura N°3.3 b).

La curva de dispersión extraída se utiliza finalmente como una referencia para volver a calcular la variación Vs con profundidad por debajo del área de

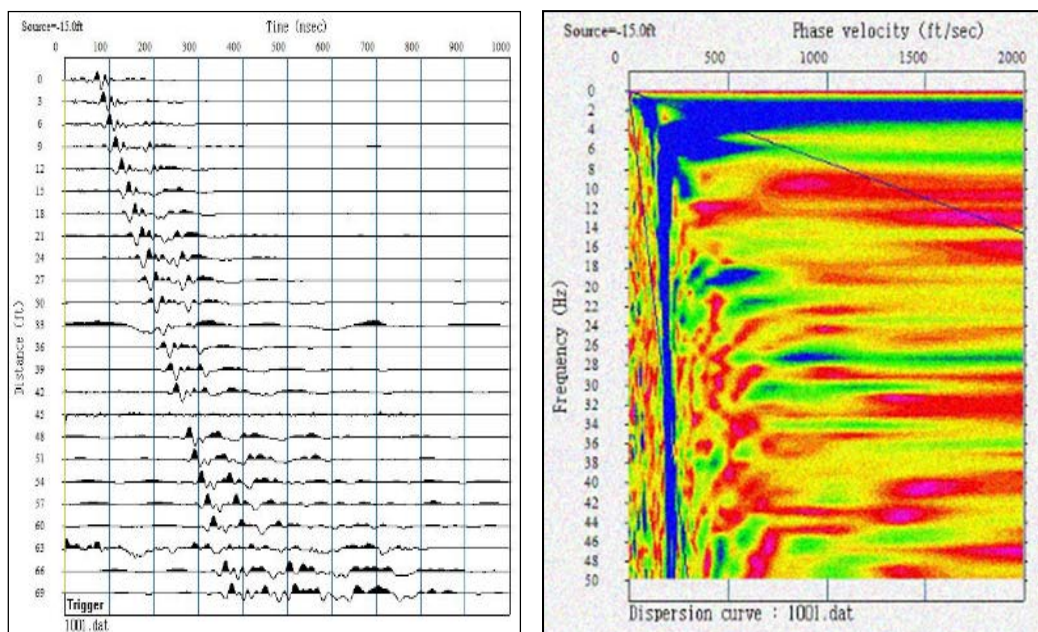
investigación. Este retrocálculo se denomina inversión y el proceso puede ser automatizado con restricciones razonables (Xia et al., 1999).

Finalmente, el método de desplazamiento de fase se puede dividir en tres pasos:

- Transformación de Fourier y normalización de amplitud.
- Imágenes de dispersión.
- Extracción de curvas de dispersión.

Para el procesamiento se utiliza los programas Surface Wave Analysis Wizard y Wave Eq (Surface Wave Analysis).

El primer programa (Surface Wave Analysis Wizard) nos muestra el gráfico de distancia versus tiempo que luego mediante las transformadas de Fourier se obtiene las curvas de velocidad de fase versus frecuencia en donde se puede ver la tendencia de la onda de fase que define la velocidad de la onda S que permite obtener la curva de dispersión en el modo fundamental generada en el ensayo.



a) Tiempo de llegada de la onda de corte para diferentes distancias.

b) Curva de dispersión: velocidad de fase vs frecuencia.

Figura N°3.3. Procesamiento del registro de campo del ensayo MASW (Fuente: Propia)

ANÁLISIS DE INVERSIÓN DE LA CURVA DE DISPERSIÓN

El tercer paso para el análisis del MASW, es obtener el perfil de velocidades de ondas de corte (v_s) a través de un análisis de inversión iterativo de la curva de dispersión de ondas Rayleigh en modo fundamental. Los cálculos se basan en la teoría de propagación de ondas suponiendo un modelo de capas de tierra (Xia et al., 1999).

Los problemas de inversión basados en la teoría de propagación de ondas no se pueden resolver de manera directa debido a su no linealidad. Por lo tanto, deben usarse métodos iterativos donde se determina una curva de dispersión teórica para un modelo de capa dado y se compara con la curva de dispersión experimental obtenida previamente (Ryden y Park, 2006).

Para la inversión de la curva de dispersión mediante procesos iterativos, se utilizó el programa Wave Eq - Surface Wave Analysis, que permite obtener la variación de las velocidades de onda de corte (V_s) con la profundidad, como se muestra en la Figura N°3.4:

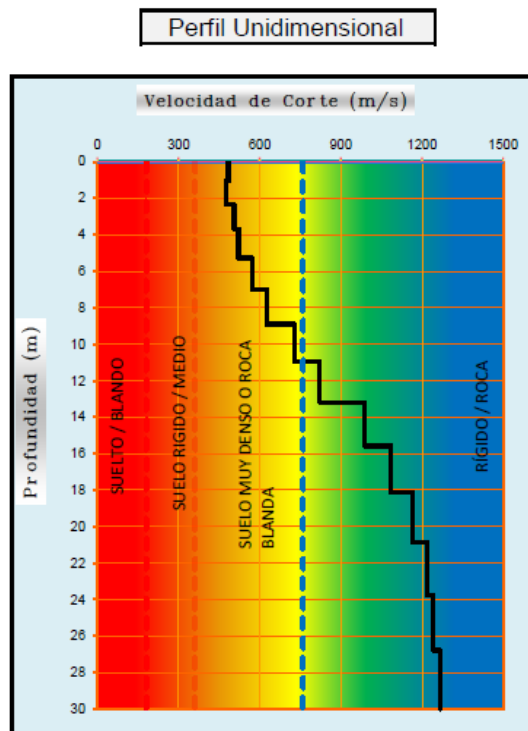


Figura N°3.4. Velocidad V_s versus profundidad (Fuente: Propia).

3.2 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

El ensayo de penetración estándar o SPT (Standard Penetration Test), es uno de las pruebas in situ de penetración dinámica más usados en las exploraciones geotécnicas, debido a su simplicidad y la gran cantidad de datos reunidos. Para la ejecución del ensayo se tiene en consideración la norma ASTM D 1586.

El ensayo consiste en contar el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 a 38 milímetros), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63.5 kilogramos y 76 centímetros respectivamente.

Una vez que la perforación del sondeo alcanza la profundidad a la que se va realizar la prueba, sin avanzar la entubación y limpio el fondo del sondeo, se desciende la toma muestras SPT unido al varillaje hasta apoyar suavemente en el fondo. Luego de esta operación, se eleva repetidamente la masa con una frecuencia constante, dejándola caer libremente sobre una sufridera que se coloca en la zona superior del varillaje.

Se contabiliza y se anota el número de golpes necesarios para hincar la cuchara los primeros 15 centímetros (N_{0-15}). Posteriormente se realiza la prueba en sí, introduciendo otros 30 centímetros, anotando el número de golpes requerido para la hincada en cada intervalo de 15 centímetros de penetración (N_{15-30} y N_{30-45}). El número de golpes del SPT o resistencia a la penetración estándar es:

$$N_{SPT} = N_{15-30} + N_{30-45}$$

Si el número de golpes en cualquiera de los intervalos de 15 cm, es superior a 50, el resultado del ensayo deja de ser la suma anteriormente indicada, para convertirse en rechazo (R), debiéndose anotar la longitud hincada en el tramo que se alcanzó los 50 golpes. Por ejemplo, si los 50 golpes se llegan en 12 cm del intervalo entre 15 y 30 cm, el resultado se indica como $N_{15-30} = 50$ en 12 cm, R. El ensayo SPT en este punto se considera finalizado cuando se alcanza este valor.

Como la cuchara SPT suele tener una longitud interior de 60 centímetros, es frecuente hincar mediante golpeo hasta llegar a esta longitud, con lo que se tiene un resultado adicional que es el número de golpes N_{45-60} . Proporcionar este valor no está normalizado, y no constituye un resultado del ensayo, teniendo una función meramente indicativa.

La Foto N°3.1 es una imagen típica de los ensayos de SPT realizado sobre las arenas pobremente gradada correspondiente al depósito eólico.



Foto N°3.1. Ensayo de SPT en la zona de exploración (Fuente propia).

Factores que afectan la medida del N_{spt}

Hay factores que pueden alterar significativamente el N de SPT, aumentando o disminuyendo la valoración del suelo. Una comprensión de estos factores suele ser de gran utilidad al ingeniero supervisor para poder llevar a cabo las correcciones que correspondan. Los factores que afectan el valor de N pueden originarse por:

1. Equipos de fabricantes diferentes. Una gran variedad de equipos de SPT es usada en la actualidad,

2. Diferentes sistemas de golpeteo. La base del tubo guía que se une con la barra de perforación tiene influencia en la cantidad de energía transmitido al muestreador,

3. La variación de energía que transmite el martillo cuando se usa el mecanismo de sogas y malacate (Winche). Atala (2011) indica los factores que alteran la energía:

- Diámetro y condición de la soga.
- Condiciones y diámetro del malacate (mohoso, limpio, etc., y usando 125 o 200 mm de diámetro; en América del Norte es común 200 mm)
- El número de vueltas de la soga alrededor del malacate, como 1 ½, 2, 3, etc. 2 ¼ vueltas es el óptimo y el más usado. Puede haber alguna influencia si la soga tiene 1 ¾ de vueltas y 2 ¼ de vueltas alrededor del malacate.
- La altura de caída real a la que el operador suelta la soga para permitir la caída libre del martillo. Riggs (1986) menciona que el operador, generalmente, sobrepasa un promedio de 50 mm (altura de caída real = 810 mm).

4. El uso del muestreador dentro del tubo de caña partida. El valor de N se incrementa cuando se usa el muestreador debido a la resistencia por la fricción lateral.

5. La presión de sobrecarga. Los suelos con la misma densidad darán valores de N más pequeños, si la presión efectiva es más pequeña (cerca de la superficie). El grado de cementación puede también significar un alto valor de N aún con una presión de sobrecarga pequeña.

6. El diámetro de las perforaciones. Skempton (1986) propone los factores de corrección en función del diámetro.

7. La longitud de tuberías de perforación. Aproximadamente hasta 10 m, la longitud de la tubería no parece ser crítica. La corrección por longitud se muestra en el Cuadro N°3.5.

3.2.1. Corrección de N por sobrecarga efectiva

Dado que el número de golpes del SPT aumenta con el incremento del esfuerzo de sobrecarga efectiva, se aplica la corrección por sobrecarga efectiva (Seed and Idriss 1982). El N_{SPT} Corregido por sobrecarga efectiva (N_1) se determina con la siguiente expresión:

$$N_1 = N_{SPT} \times C_N$$

En el “Taller de Evaluación de Resistencia a la Licuación de Suelos” patrocinado en 1996-1998 por el Centro Nacional de Investigación de Ingeniería Terrestre (NCEER); se recomienda determinar el factor C_N , con la ecuación propuesta por Liao y Whitman (1986).

$$C_N = \sqrt{\frac{P_a}{\sigma'_{v0}}} \leq 1.7; \text{ Ecuación N}^\circ 3.1 \quad \text{Para } \sigma'_v \text{ en kg/cm}^2, P_a = 1 \text{ atm}$$

Donde C_N normaliza a una presión de sobrecarga efectiva de aproximadamente 101.3 kPa. El C_N no debe exceder un valor de 1,7.

Posteriormente, Kayen et al. (1992) sugirió la Ecuación N°3.2, que limita el valor máximo de C_N a 1.7, y proporciona un mejor ajuste a la curva original especificada por Seed e Idriss (1982).

$$C_N = \frac{2.2}{1.2 + \sigma'_{v0}/Pa} \quad \text{Ecuación N}^\circ 3.2$$

Sin embargo, cualquiera de las ecuaciones puede ser utilizada para aplicaciones de ingeniería de rutina.

El factor de corrección C_N se obtuvo a partir de ensayos SPT realizados con muestras de arena sometidas a diversas presiones de confinamiento. Los resultados de varias de estas pruebas se reproducen en la Figura 3.5. Estas curvas indican dispersión considerable de resultados, sin correlación aparente de C_N con tipo de suelo o gradación. Sin embargo, las curvas de las arenas más sueltas se encuentran en la parte inferior del rango C_N y son aproximadas

razonablemente por las Ecuación 3.1 y 3.2, para presiones de sobrecarga efectiva menores a 200 kPa (2 tsf).

Los resultados del cálculo de C_N con la Ecuación N°3.1, son inciertos para presiones de sobrecarga mayor a 200 kPa (2 tsf). La Ecuación N°3.2 proporciona un mejor ajuste para el esfuerzo de sobrecarga hasta 300 kPa (3 tsf). Para presiones mayores a 300 kPa (3 tsf), la incertidumbre es tan grande que la Ecuación 3.1 no debe aplicarse. El Procedimiento Simplificado, a profundidades de altas presiones, por lo general no se ha verificado, por lo tanto, el C_N debe estimarse por otros medios (Youd et al., 2001).

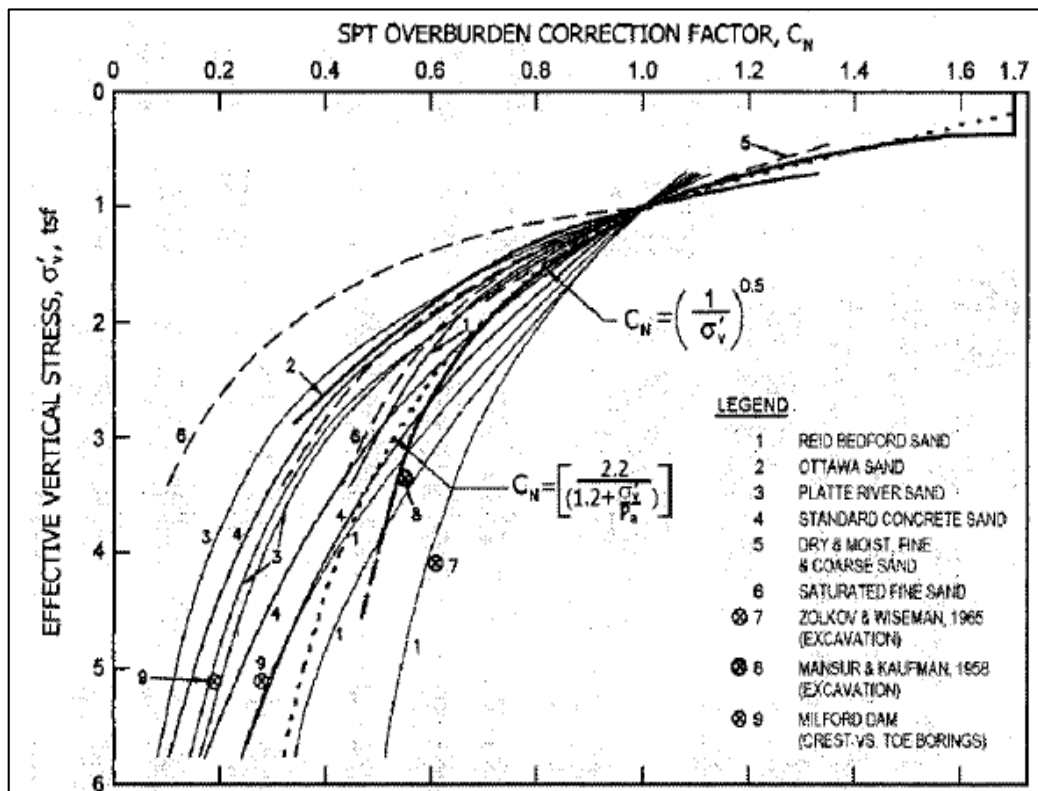


Figura N°3.5. Diversas arenas sobre la base de datos de campo y pruebas de laboratorio determinado a partir de las ecuaciones de Liao y Whitman, 1988 y Kayen et al. 1992. (Fuente: Castro 1995)

3.2.2. Corrección del N de SPT al 60% de energía

El número de golpes del SPT medido en campo se corrige debido al equipamiento y procedimiento del ensayo. La siguiente ecuación incorpora dichas correcciones:

$$N_{60} = \frac{N_{SPT} ER C_B C_R C_S}{60\%}$$

ER : Relación de energía del martillo

C_B : Factor de corrección para el diámetro del pozo

C_R : Factor de corrección por longitud de varilla

C_S : Factor de corrección del muestreador con o sin revestimiento

Un factor importante en los ensayos SPT es la energía transferida desde que cae el martillo hasta el muestreador, sin embargo, cuando no se pueden realizar mediciones se requiere una cuidadosa observación del procedimiento y equipamiento del ensayo SPT, con la finalidad de estimar un valor de energía en base a factores de corrección, para estandarizar el número de golpes de SPT, conocido como N₆₀, porque el martillo SPT original (Morh) tiene una eficiencia aproximadamente el 60%. Las correcciones propuestas en la presente tesis para corregir el N de campo, son las que se mencionan a continuación:

La relación de energía (ER), es la razón entre la energía real y la energía teórica con que cae el martillo hasta la cabeza de golpeteo. Diversos autores como Seed et al., (1985), Skempton (1986) y otros; indican que, la caída del martillo original en EEUU, tiene una pérdida natural de energía del 60%, respecto a la teórica, al emplear una sogá y malacate para izar y liberar el martillo.

La energía real del martillo se obtiene con la medición de la velocidad con que llega a la cabeza de golpeo. Kovacs y Salomone (1982) relaciona la velocidad de caída del martillo con el rozamiento que genera el número de vueltas de la sogá en el malacate.

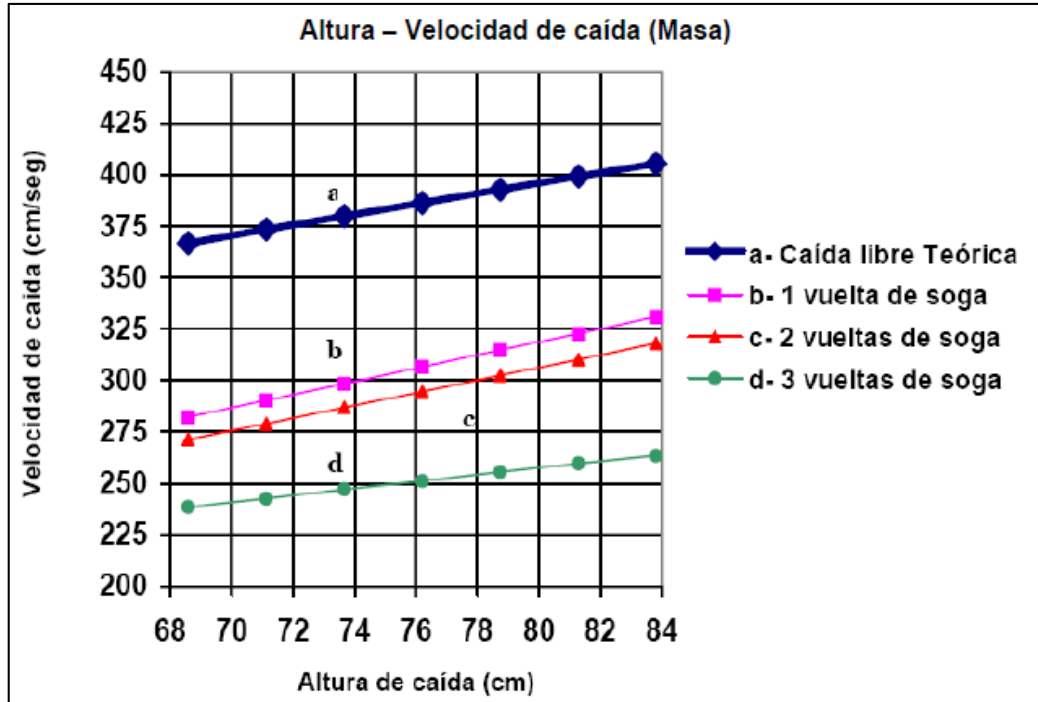


Figura N°3.6. Relación entre el N° de vueltas de la sogá en el tambor y la velocidad de caída del martinete (Kovacs y salomone, 1982)

El valor ER, puede escribirse como una relación de energía cinética:

$$ER = \frac{\frac{1}{2} m (Vm)^2}{\frac{1}{2} m (Vt)^2} = \frac{(Vm)^2}{(Vt)^2}$$

Donde:

m: masa del martinete

Vm: Velocidad real medida sobre la cabeza de golpeo en el instante del choque.

Vt: Velocidad teórica de caída libre; $Vt = \sqrt{2gt}$

En EEUU normalmente se elige como procedimiento estándar 2 vueltas de sogá en el malacate, con una altura de caída de 76 cm. Según la relación propuesta por Kovacs y salomone (1982), en la Figura N°3.6, la Velocidad real es 291 m/s y la velocidad teórica es 387 cm/s, que resulta una ER de 57%. Sin embargo, por razones de uso estándar se adopta una energía de 60% en EEUU.

Atala (2011) determinó la energía relativa para 2 y 3 vueltas de la sogá en el malacate, leyendo los tiempos de recorrido del martinete, y aplicando la fórmula para movimientos no acelerados.

Para 2 vueltas, $V_m=321.6$ cm/s, $ER=69\%$

Para 3 vueltas, $V_m=251.7$ cm/s, $ER=42\%$

En la Figura N°3.7 tomada de López M. (2003) se propone la corrección ER en función de la forma de liberación de energía del martinete. Para disparadores manuales, se observa que la energía de liberación es muy cercana a la de caída libre teórica (ER 90-95%), y para 2 vueltas de sogas en el malacate se estima un valor de ER de 75% aproximadamente.

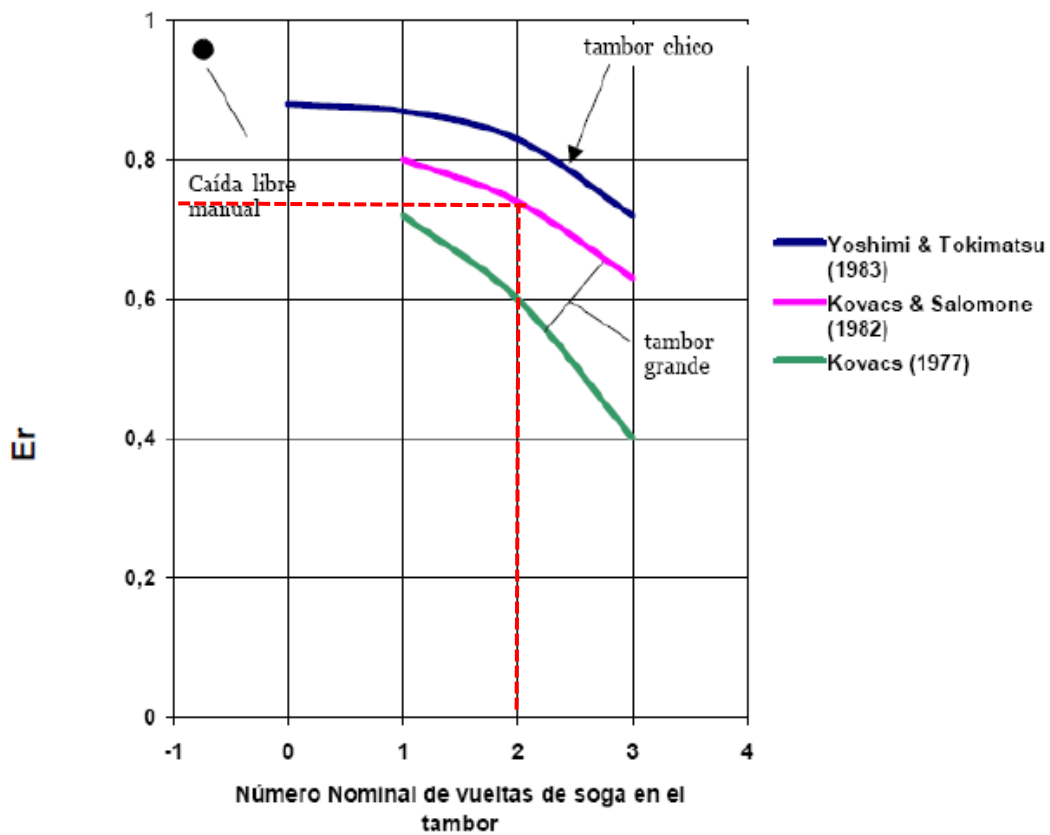


Figura N°3.7. Relación entre ER y la forma de liberación de energía del martinete (López M., 2003)

Youd et al. (2001) mencionan que las energías medidas en un solo sitio indican que las variaciones en la relación de energía entre las pruebas en un único pozo típicamente varían hasta en un 10%. Asimismo, los participantes del taller recomiendan medir frecuentemente la energía del martillo en cada Sitio donde se utiliza el SPT.

La corrección por diámetro de perforación (C_B) es propuesta por Skempton (1986) en el Cuadro N°3.3.

Cuadro N°3.3. Corrección de diámetro de perforación (Skempton 1986)

Diámetro de perforación	C_B
65 – 115 mm	1
150 mm	1.05
200 mm	1.15

La corrección por diámetro interno del sacamuestra (C_s), se muestra en el Cuadro N°3.4, propuesta por diversos autores. El sacamuestra normalizado tienen un diámetro interno constante de 35 mm (1 3/8”) incluyendo el tubo portamuestra. Si no se emplea este portamuestra interno de PVC entonces el diámetro interior es de 38 mm (1½”). En este caso la fricción desarrollada por el suelo contra la pared interior del sacamuestra disminuye.

Cuadro N°3.4. Factores de corrección del tubo muestreador (tomado de Atala. 2006)

	Robertson & Wride (1997)	Bowles (1997)	Skempton (1986)
Sin Tubo muestreador	1.1 – 1.3	1	1.2
Con tubo muestreador en arena suelta	1	0.9	1
Con tubo muestreador arena densa, arcilla	1	0.9	1

Las correcciones por longitud de varilla (C_R), se presentan en el Cuadro N° 3.5. propuesto por Youd et al (2001), en la publicación “Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils”.

Cuadro N°3.5. Correcciones para SPT (Skempton, 1986) según lo enumerado por Robertson y Wride, 1998.

Factor	Variable del equipo	Término	Corrección
Presión Efectiva	---	C_N	$(Pa/\sigma'_{\nu})^{0.5}$
Presión Efectiva	---	C_N	$C_N \leq 1.7$
Relación de Energía	Martillo dona	C_E	0.5-1.0
Relación de Energía	Martillo de seguridad	C_E	0.7-1.2
Relación de Energía	Martillo dona automático	C_E	0.8-1.3
Diámetro de Perforación	65-115 mm	C_B	1
Diámetro de Perforación	150 mm	C_B	1.05
Diámetro de Perforación	200 mm	C_B	1.15
Longitud 1	< 3m	C_R	0.75
Longitud 2	3-4 m	C_R	0.8
Longitud 3	4-6 m	C_R	0.85
Longitud 4	6-10 m	C_R	0.95
Longitud 5	10-30 m	C_R	1
Método de Muestreo	Muestreo estándar	C_S	1
Método de Muestreo	Muestreo sin revestimiento	C_S	1.1-1.3

3.3 METODOLOGÍA DE CORRELACIÓN

La metodología para correlacionar las velocidades de ondas de corte y el número de golpes de SPT, es mediante técnicas de estadística enfocadas en el análisis de regresión lineal. La aplicación del análisis de regresión lineal se da en el campo de la ingeniería, ciencias físicas y químicas, economía, administración, en las ciencias sociales, etc. De hecho, el análisis de regresión es la técnica estadística más usada (Montgomey et al. 2015).

3.3.1. Modelo de regresión lineal simple

El modelo de regresión lineal simple es una función lineal de una variable independiente " X_1 " y una variable dependiente " y ". El modelo de regresión lineal simple es de la forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon$$

Donde la ordenada al origen β_0 y la pendiente β_1 son constantes desconocidas, y " ε " es un componente aleatorio de error. Se supone que los errores tienen promedio cero y varianza desconocida. Para estimar β_0 y β_1 se usa el método de mínimos cuadrados.

La Ecuación 3.3 es la función de correlación en caso N y Vs no se corrigen por esfuerzo de sobrecarga efectiva.

$$V_S = A \times N^B \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Reordenando y expresando en términos de logaritmos naturales, la ecuación resulta una relación lineal, que se resuelve mediante un análisis de regresión simple:

$$\ln V_S = \beta_0 + \beta_1 \ln N + \varepsilon \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Donde:

$$\beta_0 = \ln A$$

$$\beta_1 = B$$

3.3.2. Influencia del esfuerzo de sobrecarga

Se sabe que Vs y N se corrigen de manera diferente al esfuerzo de sobrecarga. Las ecuaciones N°3.5 y N°3.6 son relaciones comunes de corrección de sobrecarga para N₆₀ y V_S.

$$(N_1)_{60} = \left(\frac{P_a}{\sigma_v'} \right)^n \cdot N_{60} \quad \text{Ecuación N°3.5}$$

$$V_{s1} = \left(\frac{P_a}{\sigma_v'} \right)^m \cdot V_s \quad \text{Ecuación N°3.6}$$

De las ecuaciones anteriores se aprecia que las diferencias en la forma en que V_S y N₆₀ se corrigen por sobrecarga efectiva son los valores de n y m. Se espera que esas diferencias introduzcan una tendencia de ajuste en el modelo de correlación entre V_S y N₆₀.

Los exponentes n y m de las Ecuaciones N°3.5 y N°3.6 se toman a menudo como 0.5 y 0.25, respectivamente, pero estas son constantes empíricas que muestran variación. Bellana (2009) afirma:

El exponente m es conocido por estudios de laboratorio y depende del índice de plasticidad, varía entre 0.25 para las arenas limpias y 0.5 para el suelo cohesivo (Yamada et al., 2008). Además, menciona que la cementación que ocurre naturalmente en las arenas antiguas afecta el comportamiento de las pequeñas deformaciones (es decir, a V_s) más que el comportamiento de grandes deformaciones (es decir, a N_{60}). DeJong et al. (2006), probaron especímenes de arena sueltas cementados usando yeso y calcita precipitados por bacterias y encontraron que V_s aumentó hasta en un factor de 4 debido a la cementación utilizando mediciones de elementos dobladores en muestras de compresión triaxial. Cuando los especímenes se ensayaron en compresión triaxial no drenada, los especímenes cementados fueron inicialmente más rígidos, pero convergieron con la resistencia al corte no cementado. La prueba de penetración estándar induce tensiones extremadamente grandes en el suelo en las inmediaciones de la muestra; Por lo tanto, se esperaba que ocurriera la influencia de la cementación inducida por la edad. Por lo tanto, es razonable anticipar que el exponente m puede aumentar con la edad, y la edad aumenta con la profundidad y el esfuerzo efectivo vertical. (p.9)

Ghorbani et al. (2012) afirma. “Los valores típicos de n cambian de 0.5 para arena y 1 para arcilla. Además, el valor de m puede considerarse 0.25 para arenas limpias y un valor máximo de 0.5 para suelos cohesivos” (p.5).

Uno de los objetivos de la presente tesis está enfocado a correlacionar V_s y N_{60} antes de la corrección por sobrecarga efectiva, donde el término σ'_v se incluye en el análisis de regresión lineal múltiple para definir inherentemente el escalamiento relativo de n y m para un conjunto de datos.

3.3.3. Modelo de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple, es aquel donde interviene más de una variable regresora “ X ”. Si, por ejemplo, las velocidades de ondas de corte dependen del número de golpes del SPT y del esfuerzo de sobrecarga efectiva, entonces el modelo de regresión lineal múltiple, de dos variables, se describe con la relación:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Donde “y” representa las velocidades de ondas de corte, X_1 el número de golpes de SPT y X_2 el esfuerzo de sobrecarga efectiva.

La forma de la correlación expresa a V_s en términos de N_{60} y (P_a/σ'_v) donde V_s está en m/s y σ'_v en kPa. La correlación difiere de los estudios anteriores al incluir P_a/σ'_v , como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{P_a}{\sigma'_v}\right)^m \times V_S = A \times \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_v}\right)^n * N_{60}\right]^B \quad \text{Ecuación N°3.7}$$

Reordenando y expresando en términos de logaritmos naturales, se obtiene un modelo de regresión lineal múltiple:

$$\ln V_S = \beta_0 + \beta_1 \ln N_{60} + \beta_2 \ln\left(\frac{P_a}{\sigma'_v}\right) + \varepsilon \quad \text{Ecuación N°3.8}$$

Donde:

$$\beta_0 = \ln A$$

$$\beta_1 = B$$

$$\beta_2 = n * B - m$$

ε = término de error aleatorio que se distribuye normalmente con media cero.

Prueba de la significancia de global

La prueba de la significancia de la regresión es para determinar si hay una relación lineal entre la variable “y” y cualquiera de las variables “x”. Este procedimiento suele considerarse como una prueba general o global de la adecuación del modelo. Las hipótesis son:

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \text{ al menos para un } j$$

El rechazo de la hipótesis nula (H_0) implica que al menos uno de los “x” contribuye al modelo en forma significativa. Para probar la hipótesis H_0 , se calcula el estadístico de prueba F_0 y se rechaza H_0 si:

$$F_0 > F_{\alpha, k, n-k-1}$$

El procedimiento de prueba se resume normalmente en un cuadro de análisis de varianza, como el Cuadro N°3.6.

Cuadro N°3.6. Análisis de varianza para determinar la significancia global (Fuente propia)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo
Regresión	SS_R	K	MS_R	MS_R/MS_{Res}
Residuales	SS_{Res}	n-k-1	MS_{Res}	
total	SS_T	n-1		

Dónde: “k” es el número de variables independientes y “n” es el número de datos totales. SS_R Es la suma de cuadrados de la regresión, SS_{Res} es la suma de cuadrados de residuales y SS_T es la suma de cuadrados totales.

La hoja de cálculo Excel es una herramienta que determina de manera directa los componentes del análisis de varianza.

Prueba de la significancia parcial

Una vez determinado que al menos uno de las variables es importante, se debe evaluar la importancia de la variable que se agrega al modelo.

Las hipótesis para probar la significancia de cualquier coeficiente individual de regresión, como por ejemplo β_j , son:

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

Si se rechaza la hipótesis nula $H_0: \beta_j = 0$, quiere decir que la variable x_j contribuye de forma significativa al modelo. La hipótesis nula se rechaza si:

$$t_o > t_{\alpha, k, n-k-1}$$

El estadístico de prueba para esta hipótesis es:

$$t_0 = \frac{\beta'_j}{\sqrt{\sigma^2 C_{jj}}}$$

Donde C_{jj} es el elemento diagonal de $(XX')^{-1}$ que corresponde a β'_j .

Multicolinealidad

La multicolinealidad hace referencia a la relación lineal que existe en algunos casos entre las variables X_1 y X_2 (en la presente tesis las variables son $\ln N_{60}$ y $\ln(\frac{P_a}{\sigma_v})$). Cuando hay dependencia casi lineal entre las variables se dice que existe el problema de multicolinealidad, y si por el contrario no hay dependencia lineal se dice que estos son ortogonales. A veces no es grave la falta de ortogonalidad, sin embargo, en algunos casos los regresores tienen una relación lineal casi perfecta, y en estos casos, los modelos de regresión lineal pueden ser engañosas o erróneas.

El factor de influencia de varianza (VIF) para cada término del modelo mide el efecto combinado que tienen las dependencias entre los regresores sobre la varianza de ese término. Si hay uno o más VIF grandes existe el problema de multicolinealidad. La experiencia indica que, si cualquiera de los VIF es mayor que 5 o 10, es indicio de que los coeficientes asociados de regresión están mal estimados debido a la multicolinealidad (Montgomery et al., 2005).

$$VIF = \frac{1}{1 - R_{ajustado}^2}$$

Donde, $R_{ajustado}^2$ es el coeficiente de determinación ajustado. Es claro que si existe una dependencia casi lineal entre dos variables X , entonces $R_{ajustado}^2$ será casi la unidad, y que VIF será grande. Los factores VIF mayores que 10 implican problemas graves de multicolinealidad. Montgomery et al. (2005) afirma. “El método común de corregir los problemas de multicolinealidad es eliminar algunas de las variables regresoras X ” (p. 293).

CAPÍTULO IV : CORRELACIÓN EMPÍRICA ENTRE EL CONJUNTO DE DATOS

4.1. CORRELACIONES EXISTENTES

En la actualidad se tiene un registro de numerosas correlaciones empíricas entre el número de golpes del SPT (N_{SPT}) y la velocidad de onda de corte (V_s) para diferentes tipos de suelo (En el Cuadro 4.1, y 4.2 se muestran las correlaciones recopiladas de diferentes autores, y en el Cuadro 4.3 se muestra las últimas correlaciones de 1999 hasta 2016, en arenas). Las ecuaciones de correlación que se presentan en la literatura generalmente se basan en $V_s - N_{SPT}$ (sin corrección) y $V_s - N_{60}$ (corregidos al 60% de energía). La velocidad V_s , utilizado para la correlación probablemente fueron obtenidos con diferentes métodos; medición espectral de ondas superficiales (SASW), MASW o Down Hole, estos métodos probablemente proporcionan resoluciones muy diferentes para mediciones V_s a diferentes profundidades.

Por ejemplo, SASW utiliza frecuencias bajas para medir las velocidades de las ondas de corte profundas, y la medición resultante se promedia sobre una gran masa de suelo, pero proporciona mediciones de alta resolución cerca de la superficie que otros métodos son a menudo menos precisos. Los métodos de perforación cruzada y los métodos de registro de suspensión utilizan ondas de frecuencia más alta que promedian las propiedades de una masa de suelo mucho más pequeña y, por lo tanto, proporcionan una estimación del punto de resolución más alta similar en escala espacial a un conteo de golpes SPT. (Bellana, 2009, p.5).

La forma de la ecuación de correlación, comúnmente usada en diferentes bibliografías es la ecuación potencial $V_s = A N^B$, donde las constantes A y B se determinan mediante análisis de regresión lineal de un conjunto de datos. Los valores de N típicamente no son corregidos y en algunos casos se corrigen al N_{60} .

Bellana (2009), hace mención de un número significativo de autores que trabajaron en las correlaciones de $V_s - N$ en varios tipos de suelos, dichos autores se presentan de manera resumida en el Cuadro N°4.1.

Cuadro N°4.1. Correlaciones existentes entre Vs y N_{spt} (Bellana, 2009).

Author(s)	I.D.	All soils	Sand	Silt	Clay
Shibata (1970)	A	-	$V_s = 31.7 N^{0.54}$	-	-
Ohba and Toriuma (1970)	B	$V_s = 84 N^{0.31}$	-	-	-
Imai and Yoshimura (1975)	C	$V_s = 76 N^{0.33}$	-	-	-
Ohta et al (1972)	D	-	$V_s = 87.2 N^{0.36}$	-	-
Fujisawa (1972)	E	$V_s = 92.1 N^{0.337}$	-	-	-
Ohsaki and Iwasaki (1973)	F	$V_s = 81.4 N^{0.39}$	-	-	-
Imai et al (1975)	G	$V_s = 89.9 N^{0.341}$	-	-	-
Imai (1977)	H	$V_s = 91 N^{0.337}$	$V_s = 80.6 N^{0.331}$	-	$V_s = 80.2 N^{0.292}$
Ohta and Goto (1978)	I	$V_s = 85.35 N^{0.348}$	-	-	-
Seed and Idriss (1981)	J	$V_s = 61.4 N^{0.5}$	-	-	-
Imai and Tonouchi (1982)	K	$V_s = 96.9 N^{0.314}$	-	-	-
Sykora and Stokoe (1983)	L	-	$V_s = 100.5 N^{0.29}$	-	-
Jinan (1987)	M	$V_s = 116.1 (N+0.3185)^{0.202}$	-	-	-
Okamoto et al (1989)	N	-	$V_s = 125 N^{0.3}$	-	-
Lee (1990)	O	-	$V_s = 57.4 N^{0.49}$	$V_s = 105.64 N^{0.32}$	$V_s = 114.43 N^{0.31}$
Athanasopoulos (1995)	P	$V_s = 107.6 N^{0.36}$	-	-	$V_s = 76.55 N^{0.445}$
Sisman (1995)	Q	$V_s = 32.8 N^{0.51}$	-	-	-
Iyisan (1996)	R	$V_s = 51.5 N^{0.516}$	-	-	-
Kanai (1966)	S	$V_s = 19 N^{0.6}$	-	-	-
Jafari et al (1997)	T	$V_s = 22 N^{0.35}$	-	-	-
Kiku et al (2001)	U	$V_s = 68.3 N^{0.292}$	-	-	-
Jafari et al (2002)	V	-	-	$V_s = 22 N^{0.77}$	$V_s = 27 N^{0.73}$
Hasançebi and Uhsay (2006)	W	$V_s = 90 N^{0.309}$	$V_s = 90.82 N^{0.319}$	-	$V_s = 97.89 N^{0.269}$
Ungererli and Uyanik (2007)	X	${}^a V_{SU} = 23.291 \ln(N) + 405.61$	-	-	-
Ungererli and Uyanik (2007)	Y	${}^b V_{SL} = 52.9 e^{-0.011N}$	-	-	-
Dikmen (2009)	Z	$V_s = 58 N^{0.39}$	$V_s = 73 N^{0.33}$	$V_s = 60 N^{0.36}$	$V_s = 44 N^{0.48}$
Pitilakis et al. (1999)	AA	-	$V_s = 145(N_{60})^{0.178}$	-	$V_s = 132(N_{60})^{0.271}$
Hasançebi and Uhsay (2006)	AB	$V_s = 104.79(N_{60})^{0.26}$	$V_s = 131(N_{60})^{0.205}$	-	$V_s = 107.63(N_{60})^{0.237}$

Maheshwari et al. (2010), correlacionaron Vs y el N de SPT, con y sin correcciones por energía. Se desarrollaron para tres categorías de suelo: todos los suelos, arena y arcilla. Se encontró que el tipo de suelo tiene un pequeño efecto en estas correlaciones por debajo del valor de N de aproximadamente 10.

Pitilakis et al. (1999), desarrollaron ecuaciones de correlación entre Vs y N₆₀ para arcilla, limos y arenas, basadas en más de 300 pares de valores de N y Vs en el sitio de prueba EURO-SEISTEST cerca de Thessaloniki, en el norte de Grecia. El

conjunto de datos y las ecuaciones de regresión en arenas se muestran en la Figura 4.1:

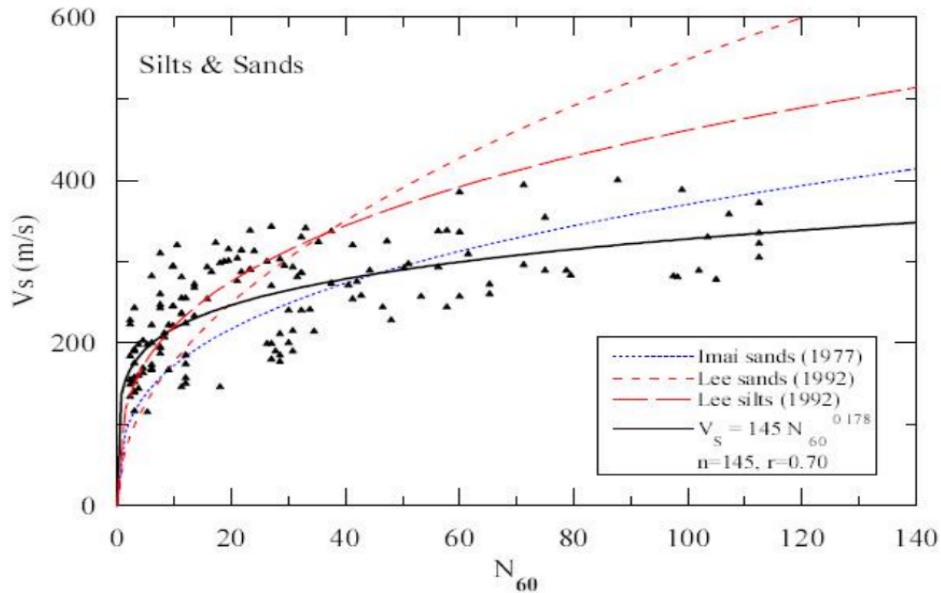


Figura N°4.1. SPT N60 versus V_s , (Piktilakis et al., 1999).

Hasancebi y Ulusay (2007), mediante un análisis de regresión lineal simple estudiaron 97 pares de datos V_s y N_{60} en una llanura aluvial ubicada en Yenisehir, Turquía. Las velocidades sísmicas se midieron usando refracción sísmica. La relación de energía SPT no se informó; sin embargo, las ecuaciones de correlación V_s se dieron en base a N y N_{60} . Los puntos de datos y la ecuación de regresión para arenas (Ecuación 4.49 del Cuadro 4.2), se presentan en la Figura N°4.2.

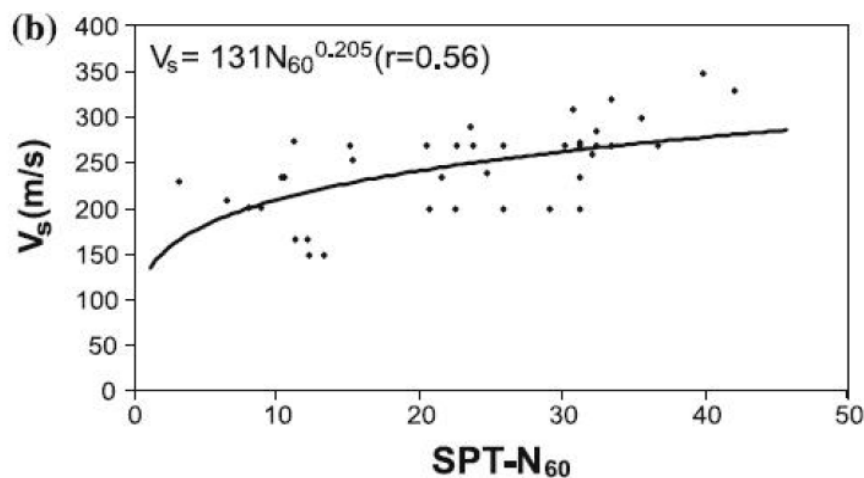


Figura N°4.2. V_s vs SPT N60, (Fuente: Hasancebi and Ulusay 2007).

Wair et al. (2012) hace mención de un número significativo de correlaciones N_{SPT} - V_s en varios tipos de suelos que se muestran en el Cuadro N°4.2, y las curvas de tendencia se trazan en la Figura N°4.3.

Cuadro N°4.2. Correlaciones entre V_s y N_{SPT} en arenas. (Fuente: Wair et al., 2012).

Study	Soil Type	Geology		V_s based on Uncorrected N-value (m/s)	Number of Data Pairs	r^2	Estimated SPT Energy	V_s based on N_{60} (m/s)	(Eq #)
		Age ^a	Deposition ^b						
Kanai (1966)	Sand	---	---	18.9 $N^{0.6}$	70	---	67 ^c	17.7 $N_{60}^{0.6}$	(4.43)
Shibata (1970)	Sand	---	---	31.7 $N^{0.5}$	---	---	67 ^c	30.0 $N_{60}^{0.5}$	(4.44)
Imai & Tonouchi (1982)	Sand	H	A	87.8 $N^{0.29}$	294	0.48	67 ^c	85.0 $N_{60}^{0.29}$	(4.45)
Imai & Tonouchi (1982)	Sand	P	A	110.0 $N^{0.29}$	338	0.51	67 ^c	106.6 $N_{60}^{0.29}$	(4.46)
Sykora & Stokoe (1983)	Sand	---	---	100.6 $N^{0.29}$	97	0.71	60 ^d	100.6 $N_{60}^{0.29}$	(4.47)
Dickenson (1994)	Sand	---	---	88.4 $(N+1)^{0.3}$	---	---	60 ^d	88.4 $(N_{60}+1)^{0.3}$	(4.48)
Hasncebi & Ulusay (2007)	Sand	Q	A	90.8 $N^{0.32}$	---	0.42	---	131.0 $N_{60}^{0.21}$	(4.49)
Seed et al. (1983)	Silty Sand & Sand	Q	---	56.4 $N^{0.5}$	---	---	60 ^d	56.4 $N_{60}^{0.5}$	(4.50)
Lee (1992)	Silty Sand	H	A	104.7 $N^{0.30}$	126	0.45	73.5 ^e	98.6 $N_{60}^{0.30}$	(4.51)
Pitilakis et al. (1999)	Silt & Sand	---	A	145.0 $N_{60}^{0.18}$	145	0.49	60	145.0 $N_{60}^{0.18}$	(4.52)
Ohta & Goto (1978)	Fine Sand	Q	A	90.1 $N^{0.34}$	---	0.53	67 ^c	86.8 $N_{60}^{0.34}$	(4.53)
Ohta & Goto (1978)	Fine Sand	H	A	98.3 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	95.6 $N_{60}^{0.25}$	(4.54)
Ohta & Goto (1978)	Fine Sand	P	A	142.4 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	138.5 $N_{60}^{0.25}$	(4.55)
Ohta & Goto (1978)	Medium Sand	Q	A	81.3 $N^{0.34}$	---	0.53	67 ^c	78.3 $N_{60}^{0.34}$	(4.56)
Ohta & Goto (1978)	Medium Sand	H	A	94.3 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	91.8 $N_{60}^{0.25}$	(4.57)
Ohta & Goto (1978)	Medium Sand	P	A	135.6 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	131.9 $N_{60}^{0.25}$	(4.58)
Ohta & Goto (1978)	Coarse Sand	Q	A	80.1 $N^{0.34}$	---	0.53	67 ^c	77.2 $N_{60}^{0.34}$	(4.59)
Ohta & Goto (1978)	Coarse Sand	H	A	96.7 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	94.1 $N_{60}^{0.25}$	(4.60)
Ohta & Goto (1978)	Coarse Sand	P	A	140.1 $N^{0.25}$	---	0.62	67 ^c	136.3 $N_{60}^{0.25}$	(4.61)

(a) Geologic Age: H = Holocene, P = Pleistocene, Q = Quaternary

(b) Geologic Deposition: A = Alluvium

(c) SPT energy ratio assumed to be 67% for Japanese practices.

(d) SPT energy ratio assumed to be 60% for U.S. practices.

(e) SPT energy ratio assumed to be 73.5% for Taiwanese practices.

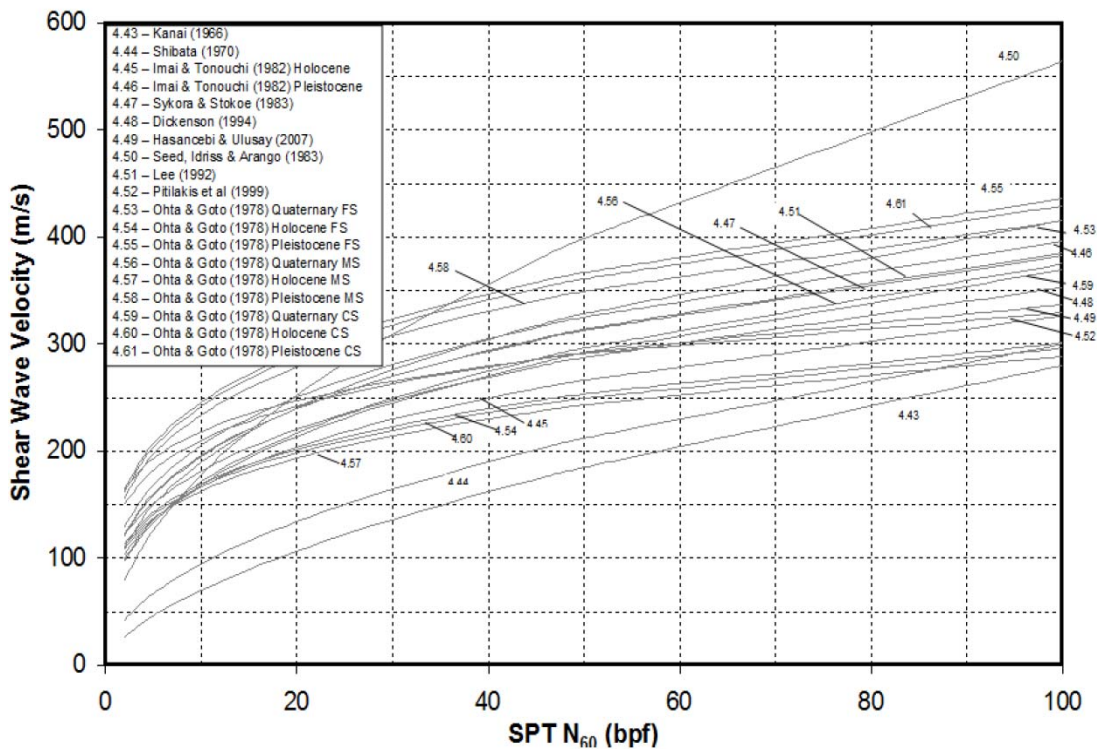


Figura N°4.3. Curvas de correlación N_{60} vs V_s (Fuente: Wair et al., 2012).

A continuación, en la Cuadro N°4.3 se presenta un resumen de las ecuaciones de correlación, en los últimos 20 años.

Cuadro N°4.3. Algunas correlaciones recopiladas entre V_s y N en arenas (Fuente propia).

Autores	N - V_s (sin corrección)	V_s - N_{60} (N corregido al 60%)
Pitilakis et al. (1999)	--	$V_s = 145 N_{60}^{0.178}$
Hasancebi y Ulusay (2006)	$V_s = 90.82 N^{0.319}$	$V_s = 131 N_{60}^{0.205}$
Dikmen (2009)	$V_s = 73 N^{0.33}$	--
Maheshwari et al. (2010)	$V_s = 100.53 N^{0.265}$	$V_s = 96.29 N_{60}^{0.266}$
Bellana (2009)	--	$V_s = 124.1 N_{60}^{0.216}$
Esfehanizadeh M. (2015)	$V_s = 107 N^{0.34}$	--
Ghazi et al. (2015)	--	--
Kirar et al. (2016)	$V_s = 100.3 N^{0.338}$	--

En el cuadro anterior se observó que todas las ecuaciones de correlación, proponen un valor de "A" en el rango de 73 a 107 y B en el rango de 0.265 a 0.338, para el caso $V_s - N$ (sin corrección). Para la correlación $V_s - N_{60}$, el valor de "A" varía de 96 a 145 y "B" está en el rango de 0.178 a 0.266.

Como se mencionó; en la literatura existen muchas correlaciones empíricas que datan posiblemente desde 1966, sin embargo, es difícil calificar una sobre otra ya que el nivel de confianza de cada una de las correlaciones varía de un sitio a otro, incluso para un mismo tipo de suelo existen diferencias significativas entre las diversas correlaciones, que probablemente están relacionado a las diferencias parciales de los aspectos geológicos del suelo; errores en las mediciones de N; o los diferentes métodos de ensayo que se realizaron para obtener el Vs. Resolver las diferencias entre las relaciones publicadas no es el alcance de la presente tesis.

En las bibliografías se trabajaron ecuaciones de correlación de Vs - N (sin corrección) y Vs - N₆₀ (corregido al 60% de energía del SPT). También se tiene registro de trabajos de Bellana (2009) y Ghazi et al. (2015), que introducen a las correlaciones Vs - N₆₀, la corrección de sobrecarga efectiva, mediante un análisis de regresión lineal múltiple.

4.2. DESARROLLO DEL CONJUNTO DE DATOS

Se tiene una base de datos de un conjunto de ensayos de SPT y MASW realizado sobre depósitos de arenas eólicas. La ubicación de los ensayos se muestra en el Anexo E “Planos” y el registro de los ensayos se muestra en el Anexo A “Exploraciones Geotécnicas”.

Los registros de MASW y SPT fueron proporcionado por las empresas Sotelo & Asociados SAC y ConcretoPeru, como parte de los estudios geotécnicos del proyecto “Nueva Ciudad de Olmos”. Un total de 156 valores disponibles de N_{SPT} y V_S se registraron a las mismas profundidades. Todos los datos fueron recogidos entre 2015 y 2016.

ENSAYOS MASW EJECUTADOS

Se tiene el registro de 17 ensayos MASW, ejecutados en el mismo lugar donde se realizó ensayos SPT, con la finalidad de poder obtener una comparación empírica.

Para clasificar sísmicamente el suelo se aplicó el código internacional IBC del 2009 (International Building Code) que define el tipo y nombre de suelo de acuerdo

a la velocidad promedio en los 30.0 primeros metros (V_{s30}), tal como se muestra en Cuadro N°4.4:

Cuadro N°4.4. Caracterización sísmica del suelo (Fuente: código internacional IBC, 2009)

Tipo de Suelo	Clasificación del Suelo	Propiedades Promedio en los primeros 30 metros (V_{s30})		
		Velocidad V_s (m/s)	Resistencia a la Penetración estándar, NSTP	Resistencia al corte no drenado S (psf)
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s \leq 760$	NSPT > 50	$S_u \geq 2000$
D	Suelo Rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \text{NSPT} \leq 50$	$1\ 000 \leq S_u \leq 2000$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	NSPT < 15	$S_u < 1000$

En el Cuadro N°4.5 se muestra la ubicación y coordenadas de los ensayos MASW ejecutados en campo, así como también la clasificación del suelo en función del V_{s30} , según la clasificación del IBC y la Norma E030.

Cuadro N°4.5. Resumen de ensayos MASW.

MASW	Coordenadas UTM en WGS84		V_s 30 (m/s)	Clasificación	
	Este	Norte		IBC	Norma E030
MASW-02*	594411	9328853	304	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-07*	592582	9329607	294	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-13*	594870	9330982	303	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-15*	593676	9331135	321	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-20*	593890	9329600	313	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-27*	593897	9330542	310	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-03*	593909	9328855	321	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-18*	593509	9331598	301	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-09**	592798	9329124	338	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-05**	592761	9329673	355	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-03**	594732	9331396	269	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-04**	594570	9331886	328	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-01**	618929	9329117	403	D: Suelo muy denso	S2: Suelo intermedio
MASW-02**	618929	9329097	324	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-01-REP4***	594252	9329536	304	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio
MASW-01-PTAP***	618915	9329131	342	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio

MASW	Coordenadas UTM en WGS84		Vs 30 (m/s)	Clasificación	
	Este	Norte		IBC	Norma E030
MASW-02-PTAP***	618913	9329063	345	D: Suelo rígido	S2: Suelo intermedio

(*) Sotelo & asociados 2016

(**) ConcretoPeru 2016

(***) Sotelo & asociados 2015

El registro de las velocidades de ondas de corte (Vs), fueron obtenidos eficazmente por estas razones:

- Las curvas de dispersión tienen alta precisión y la adquisición de datos se realizaron hasta con un solo golpe del martillo.
- La zona de estudio es un terreno plano y presenta una leve variación topográfica. Se menciona que cualquier relieve superficial cuya dimensión es mayor que 10% de D (largo del arreglo de geófonos), se convertirá en un significativo obstáculo para la generación de ondas superficiales

ENSAYOS SPT EJECUTADOS

En el siguiente Cuadro N°4.6 se muestra la relación de ensayos SPT.

Cuadro N°4.6. Ubicación y profundidad de SPT

SPT	Coordenadas UTM en WGS84		Profundidad (m)
	Este	Norte	
SPT-1*	817872	8518198	8.45
SPT-2*	592581	9329644	7.45
SPT-3*	594842	9330972	8.45
SPT-4*	593681	9331097	8.45
SPT-5*	593880	9329562	7.45
SPT-7*	593826	9330520	7.45
SPT-1**	618931	9329068	8.45
SPT-2**	618948	9329119	8.45
SPT-3**	618910	9329118	8.45
SPT-4**	594714	9331406	10.45
SPT-6**	594253	9329554	12.45
SPT-7**	522805	9329134	12.45
SPT-8**	592766	9329668	12.45
SPT-15**	590464	9330627	7.45

SPT	Coordenadas UTM en WGS84		Profundidad (m)
	Este	Norte	
SPT-18**	594573	9331890	13.45
SPT-19**	592758	9329676	8.45
SPT-28**	593549	9331620	7.45
SPT-33**	593876	9328891	7.45
SPT-1***	618923	9329082	14.45

(*) Sotelo & asociados 2016

(**) ConcretoPeru 2016

(***) Geingeniería 2015

En el Anexo A.2: “Ensayos de SPT” se encuentran los respectivos registros y resultados de los ensayos de SPT.

Para estandarizar el número de golpes del SPT al 60% de energía del martillo y los otros factores de corrección, se consideró el equipamiento y procedimiento del ensayo SPT:

- Para estimar la relación de energía (E_r), se tiene en cuenta el uso de un martillo tipo Donut de 63.5 kg, altura de caída 76 cm, con 2 vueltas de la soga en el malacate.

Kovacs y salomone (1982) propone para dos vueltas de soga un valor de E_r de 75% (Figura N°3.7).

Atala (2011) obtuvo la medida de la velocidad real ($V_m=321.6$ cm/s) del martillo antes del impacto, y encuentra un E_r de 69%.

$$E_r = \frac{\frac{1}{2} m (V_m)^2}{\frac{1}{2} m (V_t)^2} = \frac{(V_m)^2}{(V_t)^2} = \frac{(321.6)^2}{(387)^2} = 69\%$$

Teniendo en cuenta la energía estimada y medida por los autores, se consideró una relación de energía $E_r = 70\%$.

- El diámetro de perforación es 2.5”. Skempton (1986) propone una corrección $CB=1$ (Cuadro N°3.3).
- No se usó portamuestras interno en la caña partida, por lo tanto, el factor de corrección se considera $C_s=1.2$, según la propuesta de Robertson & Wride (1997) y Skempton (1986) presentados en el Cuadro N°3.4.
- El factor de corrección por longitud de varilla se obtiene a partir del Cuadro N°3.5.

En la Figura N°4.4, se muestra el perfil Vs y el perfil N en una misma ubicación. Los perfiles de Vs se registraron típicamente en intervalos de 15 captas, mientras que los valores de N se registraron en intervalos de cada 1.00 m. donde la profundidad máxima de penetración del ensayo SPT es 10.0 m., es por ello que para la regresión estadística se asociaron valores de Vs y N hasta dicha profundidad.

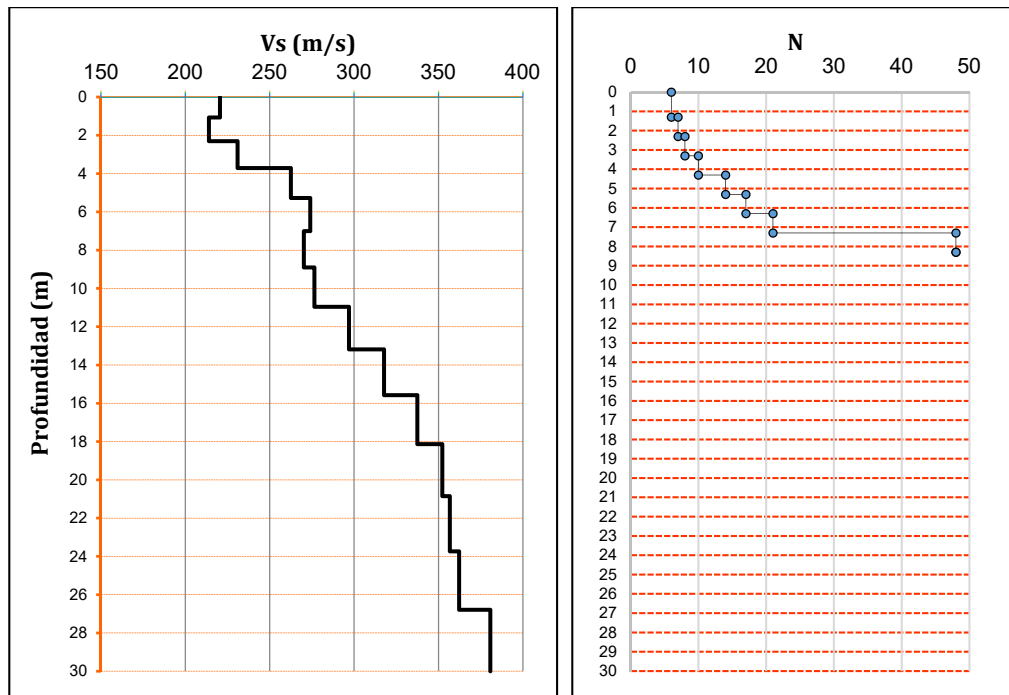


Figura N°4.4. Ejemplo de correspondencia de los valores de N y Vs

4.3. ECUACIÓN DE CORRELACIÓN

4.3.1. Análisis de regresión sin considerar el esfuerzo efectivo (σ'_v)

La forma de la ecuación potencial que expresa a Vs en términos de N y las constantes A y B, es:

$$V_S = A \times N^B \quad \text{Ecuación N°4.1}$$

Reordenando y expresando en términos de logaritmos naturales, la forma funcional de la ecuación se expresa en la Ecuación N°4.2, donde β_0 y β_1 se determina mediante un análisis de regresión lineal simple.

$$\ln V_S = \beta_0 + \beta_1 \ln N_{60} \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.2$$

Donde:

$$\beta_0 = \ln A,$$

$$\beta_1 = B.$$

Se realizó el análisis de regresión lineal simple directamente a $N - V_s$ (sin corrección), y a $N_{60} - V_s$ (considerando la corrección al 60% de energía del SPT). Las siguientes correlaciones fueron obtenidas mediante el análisis de regresión lineal simple:

$$V_S = 142.59 N^{0.222} \quad N \text{ obtenido de campo}$$

$$V_S = 141.14 (N_{60})^{0.212} \quad N_{60} \text{ corregido al 60\%}$$

4.3.2. Análisis de regresión considerando el esfuerzo efectivo (σ'_v)

Se sabe que V_s y N se corrigen de manera diferente al esfuerzo de sobrecarga. Las ecuaciones N°4.3 y N°4.4 son ecuaciones comunes de corrección de sobrecarga para N_{60} y V_S .

$$(N_1)_{60} = \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^n \cdot N_{60} \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.3$$

$$V_{s1} = \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^m \cdot V_s \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.4$$

De las ecuaciones anteriores se observa que los valores de n y m , son las diferencias en la forma en que V_S y N_{60} se corrigen por sobrecarga efectiva. Se espera que esas diferencias introduzcan una tendencia de ajuste en el modelo de correlación entre V_S y N_{60} .

La forma de la ecuación expresa V_s en términos de N_{60} y P_a/σ'_v , donde V_s está en m/s y σ'_v en kPa. La forma de la ecuación potencial queda expresada como la Ecuación N°4.5 y despejando V_s se obtiene la Ecuación N°4.6:

$$\left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^m \times V_S = A \times \left[\left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^n \times N_{60} \right]^B \quad \text{Ecuación N}^\circ 4.5$$

$$V_S = A \times \left(\frac{P_a}{\sigma'_v}\right)^{B \cdot n - m} \times N_{60}^B \quad \text{Ecuación N°4.6}$$

Reordenando y expresando en términos de logaritmos naturales, se obtiene la Ecuación N°4.7, donde β_0 , β_1 y β_2 se determina mediante un análisis de regresión lineal múltiple.

$$\ln V_S = \beta_0 + \beta_1 \ln N_{60} + \beta_2 \ln\left(\frac{P_a}{\sigma'_v}\right) + \varepsilon \quad \text{Ecuación N°4.7}$$

Donde:

$$\beta_0 = \ln A,$$

$$\beta_1 = B,$$

$$\beta_2 = n \cdot \beta_1 - m, \text{ y}$$

ε = término de error aleatorio que se distribuye normalmente con media cero.

Cabe indicar que la corrección de sobrecarga no se aplica directamente a N_{60} y V_S [es decir, V_{S1} y $(N_1)_{60}$ no se calculan antes de la regresión], sino que el parámetro β_2 proporciona una medida de escala de sobrecarga relativa entre V_S y N_{60} esperando que se minimice los residuos con respecto a σ'_v simultáneamente con N_{60} . Los valores de β mostrados en el Cuadro N°4.7, se determina mediante el análisis de regresión lineal múltiple.

Cuadro N°4.7. Constante de regresión y desviación estándar del error (Fuente propia)

Arenas	β_0	β_1	β_2	ε
	5.1261	0.1634	-0.0827	0.110

Como $\beta_0 = \ln A = 5.1261$, entonces "A" resulta 168.35, y como $\beta_1 = B$, entonces B resulta 0.163, por lo tanto, se obtiene la Ecuación N°4.8:

$$V_S = 168.35 (N_{60})^{0.163} \quad \text{Ecuación N°4.8}$$

El valor β_2 obtenido por la regresión estadística proporciona información sobre los valores n y m para la corrección por sobrecarga efectiva para V_S y N_{60} . Los valores individuales de n y m no pueden resolverse a partir de la regresión, pero puede calcularse basándose en los parámetros de regresión β_1 y β_2 , ya que $\beta_2 = n \cdot \beta_1 - m$. Por ejemplo, si $n=0.5$, entonces $m=0.20$. Sin embargo, se sabe que n y m dependen del tipo de suelo y contienen incertidumbre.

4.4. VALIDACIÓN DEL MODELO

4.3.1. Dispersión de datos

En la Figura N°4.5 se presenta gráficamente la dispersión de los datos, que permiten visualizar la relación entre la variable $\ln(V_s)$ y las variables regresoras $\ln(N_{60})$ y $\ln(P_a/\sigma'_v)$. En la figura se observa que las variables regresoras presentan una tendencia lineal con V_s , por lo tanto, es válido el ajuste a un modelo de regresión lineal debido a la relación de linealidad.

De acuerdo a la dispersión de los datos, V_s estaría más relacionado con el número de golpes que con el esfuerzo de sobrecarga en el rango de interés de ingeniería para arenas. V_s tiene influencia relativa de la sobrecarga efectiva (P_a/σ'_v) y el descuido de esta introduciría una tendencia en los resultados. Este hallazgo es significativo ya que el efecto de la sobrecarga no se ha cuantificado directamente en muchos estudios anteriores y puede ayudar a explicar las grandes diferencias entre las numerosas relaciones publicadas.

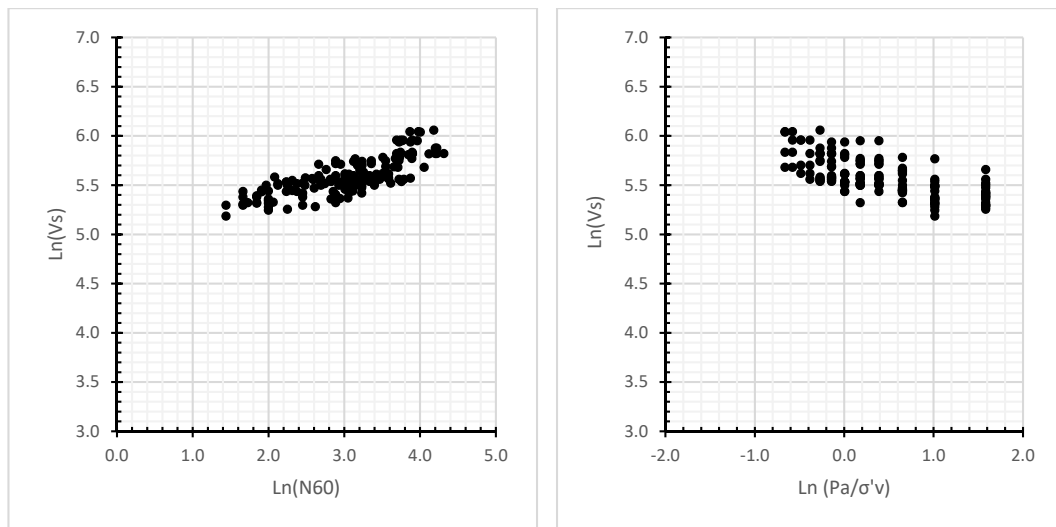


Figura N°4.5. $\ln(V_s)$ Versus $\ln(N_{60})$ and $\ln(P_a/\sigma'_v)$ para arenas (Fuente propia).

Con respecto a la multicolinealidad entre las variables regresoras $\ln(N_{60})$ y $\ln(P_a/\sigma'_v)$, se dice que existe el problema de multicolinealidad cuando las variables regresoras presentan una tendencia de relación lineal. Para verificar la multicolinealidad se presenta la Figura N°4.6, donde se observa que no existe una relación lineal entre las variables regresoras.

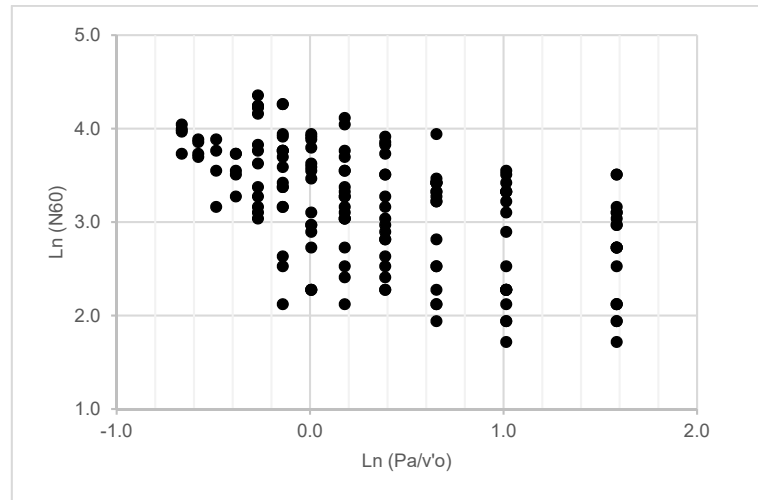


Figura N°4.6. Efecto de multicolinealidad (Fuente propia)

Como se indicó en el apartado 3.3.3, el factor de influencia de varianza (VIF) también permite verificar problemas de multicolinealidad en el modelo de regresión. Según el VIF también se verificó que no existen problemas de multicolinealidad en las variables regresoras dado que el VIF es 2.96, menor a 10. Como el $R^2_{ajustado}$ es 0.666, entonces:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2_{ajustado}} = 2.96 < 10$$

La **prueba de significancia global** de la regresión permite determinar si existe una relación lineal entre la variable dependiente (LnV_s) y las variables regresoras (LnN_{60} y $Ln(P_a/\sigma'_v)$), este procedimiento suele considerarse como una prueba global de la adecuación del modelo.

Como se mencionó en el apartado 3.3.3, el rechazo de la hipótesis nula (H_0) implica que al menos uno de los "x" contribuye al modelo en forma significativa. Para probar el rechazo de la hipótesis H_0 , se prueba la siguiente relación:

$$F_0 > F_{\alpha, k, n-k-1}$$

El F_0 igual a 136.57 se obtiene del cuadro de análisis de varianza (Cuadro 4.9). El punto porcentual de la distribución $F_{0.5, 2, 153}$ es igual a 3.00, que se obtiene de la Tabla A.4, Apéndice A, Montgomery et al., 2015. Por lo tanto, La hipótesis nula

se rechaza y se concluye que hay una relación lineal entre la variable dependiente y las variables regresoras, que previamente se habían afirmado en la evaluación de las gráficas de dispersión de datos.

Cuadro N°4.8. Análisis de varianza (Fuente propia)

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Fo	Valor crítico de F
Regresión	2	3,6741	1,8371	152.98	3.17 E-37
Residuos	153	1,8372	0,0120		
Total	155	5,5114			

4.3.2. Análisis de residuos

El análisis de los residuos es una forma eficaz de descubrir diversos tipos de inadecuación del modelo. Como se verá, una forma muy efectiva de investigar lo bien que se ajusta el modelo a los datos, es verificando que los errores no estén correlacionados y presenten una distribución normal.

Los residuos del modelo de regresión lineal simple, definidos como $\text{Ln}(V_s) - [\beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(N_{60})]$ se grafican versus las variables regresoras $\text{Ln}(N_{60})$ y $\text{Ln}(P_a/\sigma'_v)$ en la Figura N°4.7:

- En la Figura N°4.7a, se observa gráficamente que los residuos versus N_{60} no presentan una tendencia dado que el valor medio de los residuos tiende a cero.
- En la Figura N°4.7b, los residuos versus la variable P_a/σ'_v (variable omitida) presentan una tendencia significativa de relación lineal descendiente, donde los residuos son positivos para valores altos de σ'_v (bajo P_a/σ'_v) y negativo para valores bajos de σ'_v (alto P_a/σ'_v). Los residuales negativos indican la subestimación de V_s mientras que los residuales positivos indican la sobreestimación de V_s . Por lo tanto, incluir la variable P_a/σ'_v podría mejorar significativamente el ajuste del modelo.

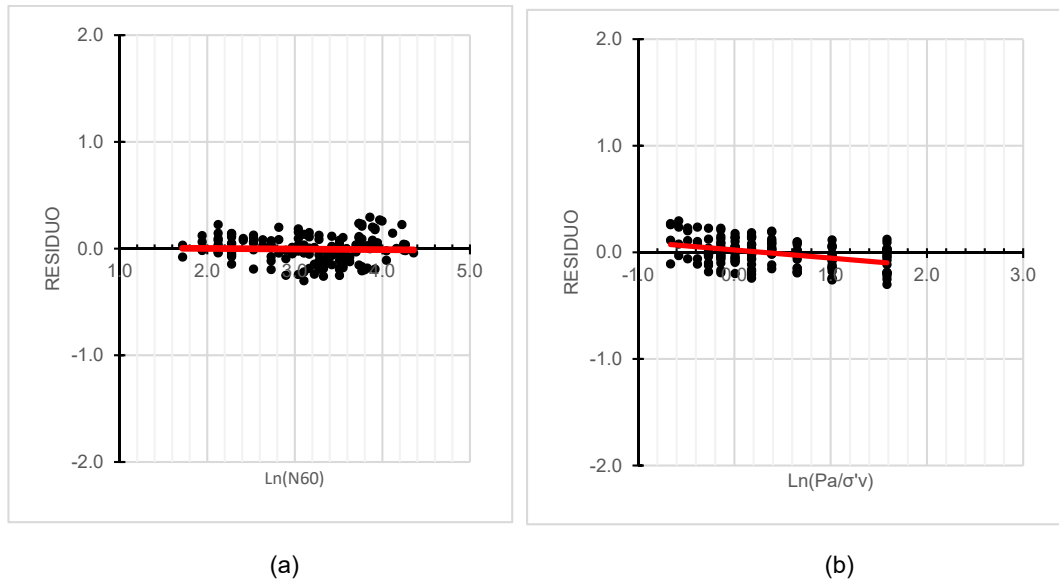


Figura N°4.7. Residuos versus $\text{Ln}(N_{60})$ y $\text{Ln}(P_a/\sigma'_v)$ (Fuente propia)

Los residuos del modelo de regresión lineal múltiple, definidos como $\text{Ln}(V_S) - [\beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(N_{60}) + \beta_2 \text{Ln}(P_a/\sigma'_v)]$ se grafican versus las variables $\text{Ln}(N_{60})$ y $\text{Ln}(P_a/\sigma'_v)$ en la Figura N°4.8. Se observa en ambas graficas que el valor medio de los residuos es cero (con una desviación estándar de 0.110), y no presentan una tendencia o sesgo con respecto $\text{Ln}(N_{60})$ y $\text{Ln}(P_a/\sigma'_v)$, lo que indica que la regresión ha eliminado la tendencia con respecto a dichas variables de entrada (denominadas en estadística como variables explicativas del modelo de regresión).

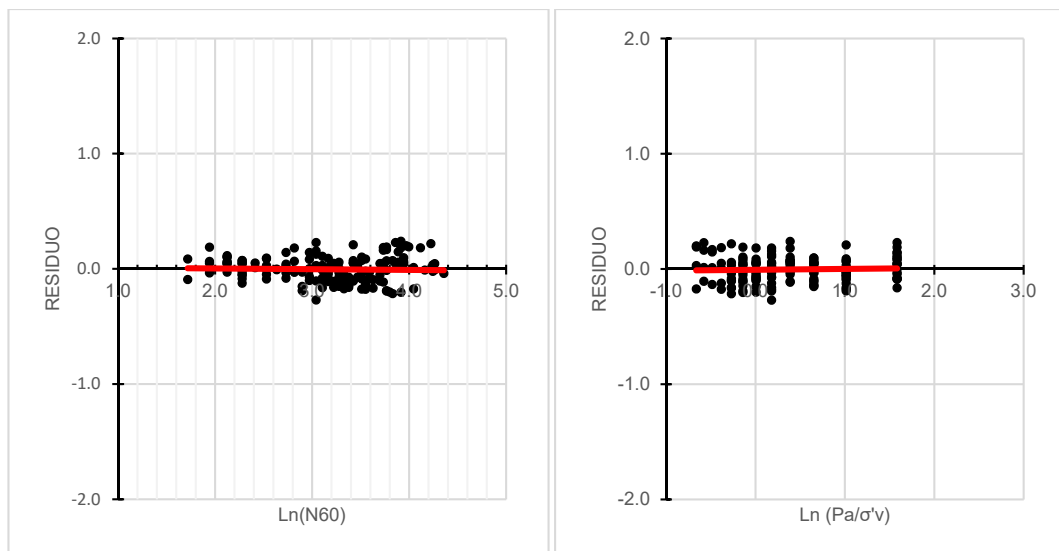


Figura N°4.8. Residuos (definidos como log natural de V_s medidos menos log natural de V_s calculados) versus N_{60} y P_a/σ'_v para arenas.

Una de las hipótesis fundamentales del modelo de regresión lineal, es que los residuos presenten una distribución normal para cuantificar el término de error en el modelo. Si los residuos presentan una distribución normal se espera obtener una tendencia de línea recta diagonal en el gráfico cuantil – cuantil (Q - Q). Cuando los cuantiles medidos se grafican con los cuantiles teóricos, una variable normalmente distribuida muestra un gráfico lineal Q-Q con una pendiente de unidad, mientras que la desviación de la normalidad se manifiesta por puntos de datos que no se encuentran a lo largo de la línea 1:1.

En el gráfico Q-Q (Figura N°4.9) se observan algunas desviaciones en los extremos que podrían estar asociado a la variabilidad de muestreo ya que las colas de las distribuciones a menudo no están bien muestreadas.

Los términos de error en este caso son razonablemente aproximados por una distribución normal, y la desviación de la normalidad es relativamente ligera en las colas de la distribución, lo que indica que las colas pueden contener una densidad de probabilidad ligeramente superior a la implicada por una distribución normal. Sin embargo, esto también puede ser debido al error de muestreo, y los datos apoyan la conclusión de que el término de error se distribuye normalmente.

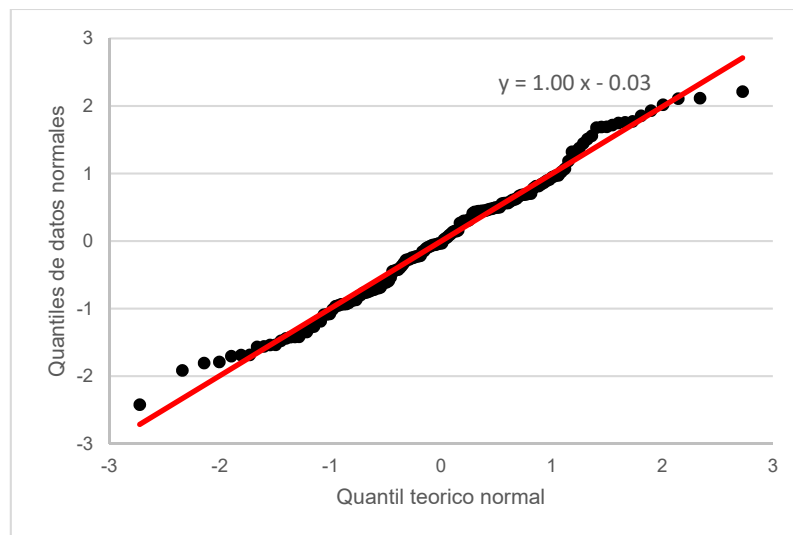


Figura N°4.9. Gráfico Q - Q de los residuos del modelo (Fuente propia)

CAPÍTULO V : COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se hace una comparación de las correlaciones propuestas en la presente tesis, con las correlaciones que proponen diversos autores en los últimos 20 años (1998 - 2018) para el caso de suelos arenosos. Para comparar los resultados se grafican en la Figura N°5.1, N°5.2 y N°5.3 las correlaciones mostradas en el Cuadro 4.3.

Las curvas de correlación de N – Vs (N y Vs sin corrección) propuesto por diversos autores se muestran en la Figura N°5.1, donde se observa que dichas curvas tienen una cierta variación entre sí, probablemente se debe a que N no presenta corrección por energía y es dependiente de la variabilidad del equipo y el procedimiento del ensayo SPT. En la figura se observa que la correlación que se propone en la presente tesis ($V_s = 142.59 N^{0.222}$), se aproxima generosamente a las curvas de Esfehanizadeh et al. (2015) y Kirar et al. (2016).

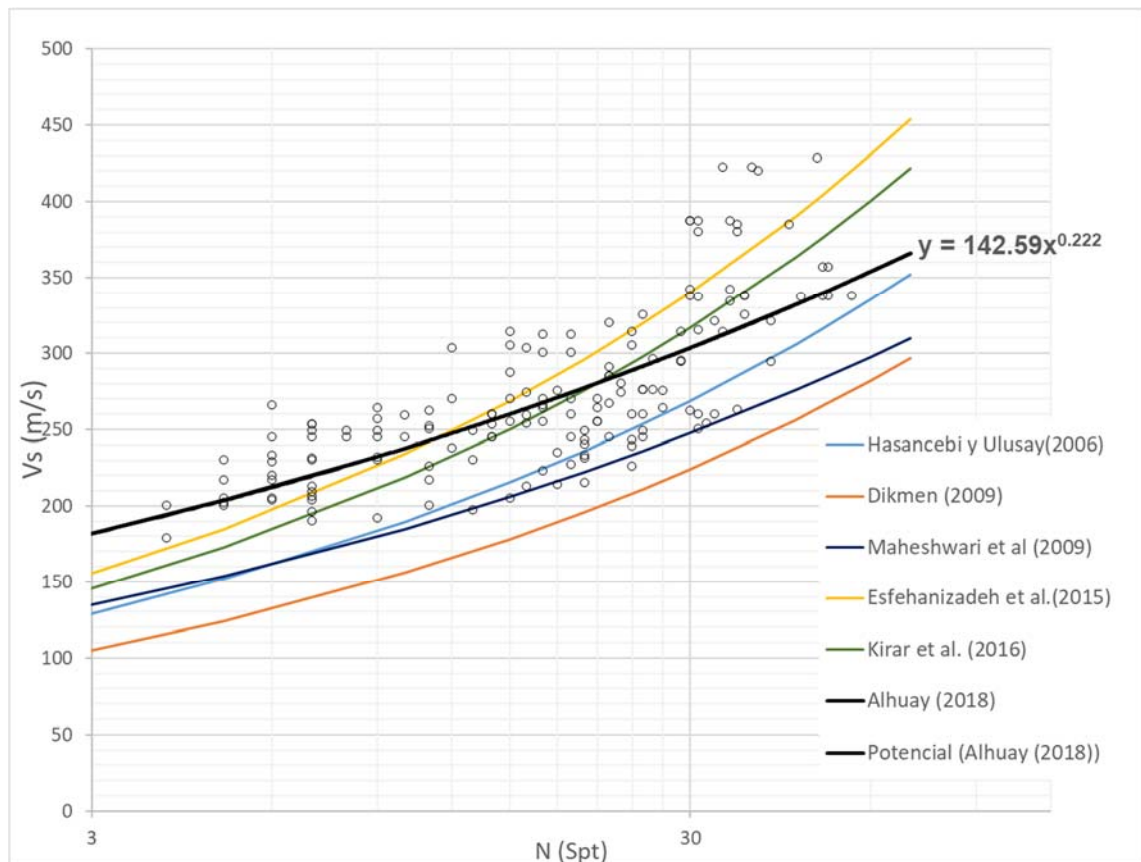


Figura N°5.1. Correlación de N – Vs. N y Vs sin corrección (Fuente propia).

Las curvas de correlación $N_{60} - V_s$ (N corregido al 60% de energía) propuesto por diversos autores se muestran en la Figura N°5.2, donde se observa que dichas curvas presentan la misma tendencia y son muy cercanas entre sí, probablemente porque el valor de N se corrige al 60% de energía en todos los casos, indistintamente del procedimiento y tipo de equipo de SPT que se usaron para cada investigación. La curva de Maheshwari et al. (2009) está más alejada, pero presenta la misma tendencia que las otras curvas.

En la Figura N°5.2 se observa que la curva de correlación que se propone en esta tesis ($V_s = 141.14 N_{60}^{0.212}$) se aproxima bastante bien a la de Pitilakis et al. (1999), quien usó una relación de energía del 75%, cercano a la que se usó en la presente tesis, 70%.

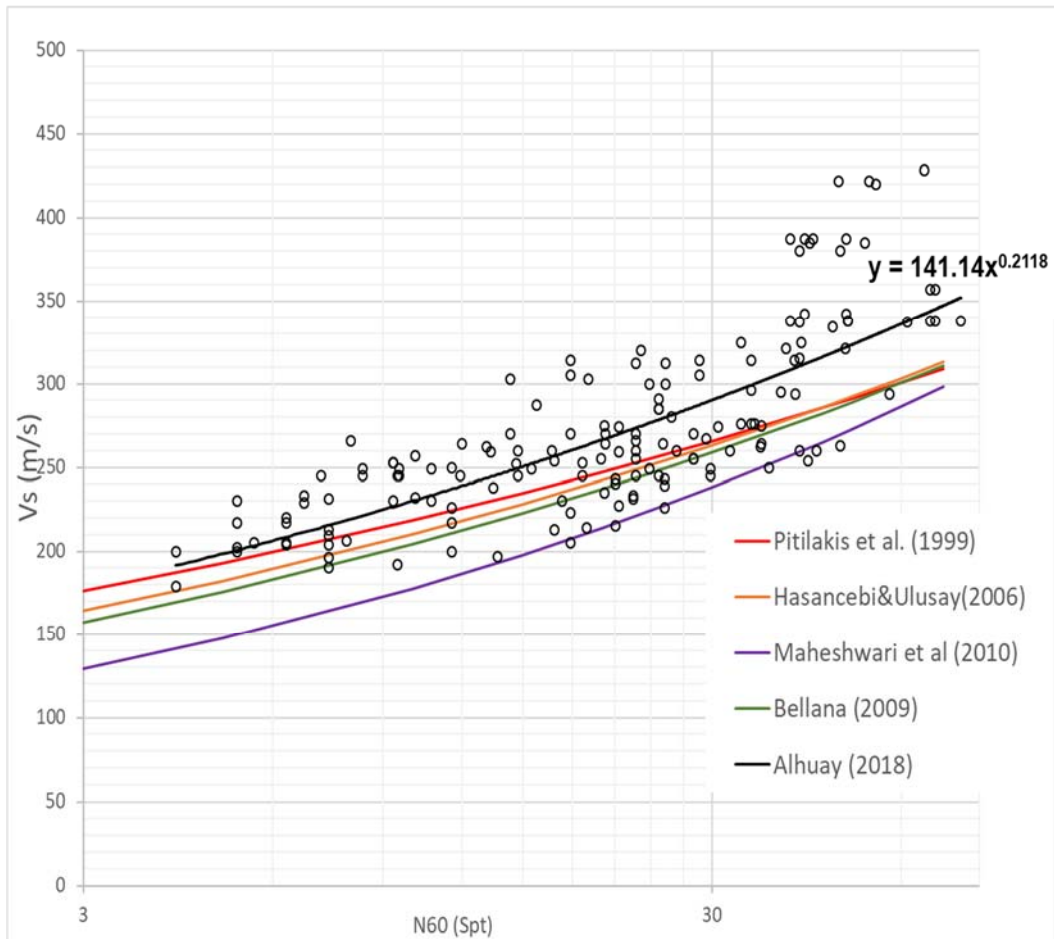


Figura N°5.2. Correlación de $N_{60} - V_s$, (Fuente propia)

Bellana (2009) y Ghazi et al. (2015), trabajaron la correlación de $N_{60} - V_s$ (en arenas) incorporando la influencia de la sobrecarga efectiva y aplicando un análisis de regresión lineal múltiple para obtener la ecuación de correlación (Ver Figura N°5.3). Las curvas de los autores no son muy cercanas entre sí, sin embargo, mantienen un paralelismo.

La curva propuesta en esta tesis ($V_s = 168.35 N_{60}^{0.163}$), se aproxima ligeramente a la de Bellana (2009) y diverge de Ghazi et al. (2015). Las tres correlaciones se trabajaron con los mismos procedimientos del análisis de regresión lineal múltiple, por lo tanto, las diferencias estarían asociado a la naturaleza geológica del suelo. Por ejemplo, esta tesis se trabajó sobre un depósito eólico, que a diferencia de Ghazi et al. (2015) trabajó sobre arenas de un depósito aluvial en la ciudad de Mashhad, Iran.

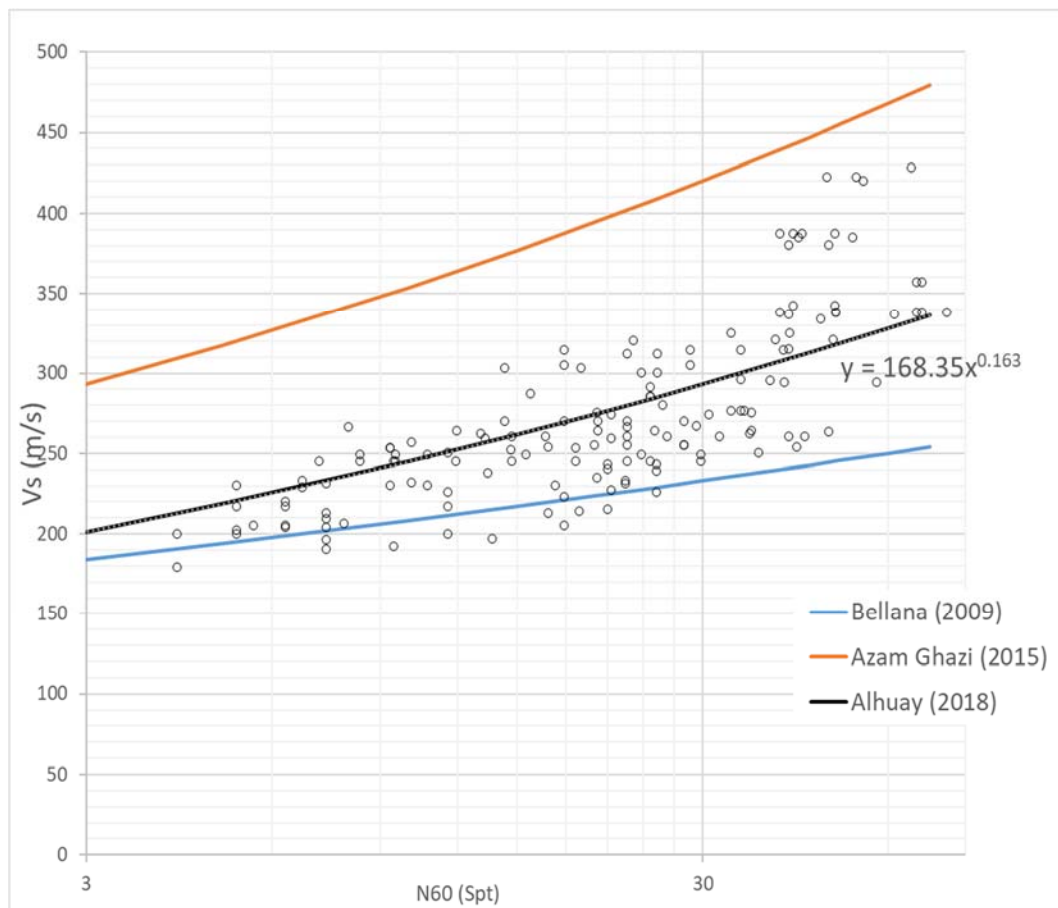


Figura N°5.3. Correlación de $N_{60} - V_s$, considerando la influencia de sobrecarga efectiva (Fuente propia).

Se evaluó la ecuación de correlación para el depósito eólico reciente conformado por arenas de compacidad suelta y medianamente densa, que por lo general se presentan hasta 7.0 m de profundidad. En la Figura N°5.4 se observa que la ecuación $y = 151.0 X^{0.186}$ en arena suelta y medianamente densa, no difiere mucho con respecto a la ecuación original para el depósito eólico $y = 141.14 X^{0.212}$, por lo menos hasta $N_{60} = 30$ o V_s menor a 280 m/s.

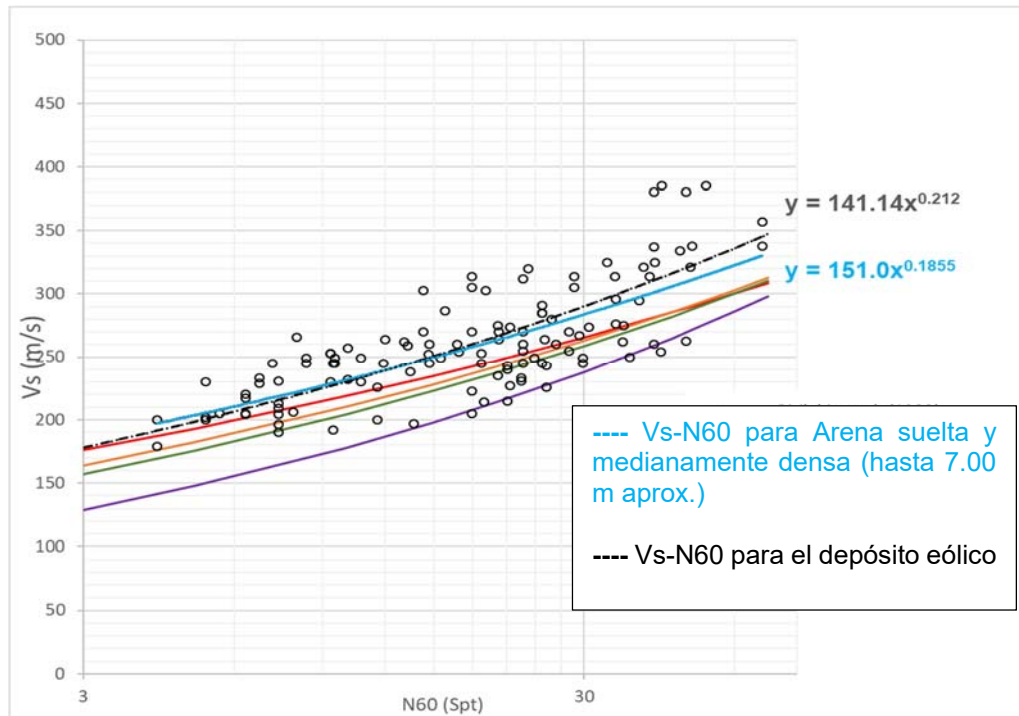


Figura N°5.4. Correlación de N_{60} – V_s hasta 7.0 m de profundidad, en arena suelta y medianamente densa (Fuente propia)

Para arenas de compacidad suelta y medianamente densa con N de SPT menor a 30, se recomienda la ecuación de correlación presentando en el siguiente cuadro:

Cuadro N°5.1. Ecuación de correlación en arenas sueltas y medianamente densa

	Depósito eólico reciente Arena de compacidad suelta y medianamente densa
N corregido al 60% de energía	$V_s = 151.0 (N_{60})^{0.186}$
N y V_s corregido por sobre carga efectiva	$V_s = 172,49 (N_{60})^{0.152}$

CONCLUSIONES

- El área de estudio se ubica sobre un depósito eólico reciente conformado por arenas pobremente gradada de grano fino, de compacidad suelta a medianamente densa, en estado seco. Según los registros de ensayos SPT, dicho depósito alcanza profundidades variables de 3.0 hasta 7.00 m, y las velocidades de ondas de corte (V_s) generalmente son menores a 280 m/s. Subyacente se tiene el depósito eólico pleistocénico conformado de arenas pobremente gradada y arenas limosas, de compacidad densa, en estado seco.
- Para determinar la ecuación de correlación entre N y V_s , se utilizó el modelo de regresión lineal. Se utilizaron 156 valores de N y V_s que fueron obtenidos de 18 ensayos SPT y MASW ejecutados a poca distancia entre sí. La ubicación de los ensayos se muestra en el Plano CAL-2018-GT-01.
- En la literatura existen muchas correlaciones de $N - V_s$ (N y V_s obtenidos directamente de campo, sin corrección); $N_{60} - V_s$ (N corregidos al 60% de energía); y algunas correlaciones $N - V_s$, donde se introduce la influencia de la sobrecarga efectiva. En el Cuadro N°4.3 se muestra un resumen de las ecuaciones de correlación en los últimos 20 años.
- Mediante un modelo de regresión lineal simple se determinó las ecuaciones de correlación de $N - V_s$ (N y V_s sin corrección) y $N_{60} - V_s$ (N corregido al 60% de energía):

$$V_s = 142.59 N^{0.222}$$

$$V_s = 141.14 (N_{60})^{0.212}$$

La correlación $N - V_s$, que se propone en la presente tesis se aproxima generosamente a las curvas de Esfehanizadeh et al. (2015) y Kirar et al. (2016), como se muestra en la Figura N°5.1. En dicha figura se observa que las curvas de correlación de los diferentes autores presentan cierta variación entre sí, probablemente se debe a la variabilidad de los equipos y procedimientos del ensayo SPT para obtener el N .

En la Figura N°5.2 se observa que la correlación $N_{60} - V_s$, que se propone en la presente tesis se aproxima bastante bien a las de Pítalakís et al. (1999). En dicha figura también se observa que las curvas que proponen diferentes autores se aproximan entre sí, probablemente porque el valor de N se corrige al 60% de energía, indistintamente del procedimiento y el tipo de equipo de SPT que se usaron.

- Con un modelo de regresión lineal múltiple se determinó la ecuación de correlación de $N_{60} - V_s$, incluyendo la influencia de sobrecarga efectiva a V_s y N_{60} .

$$V_{S1} = A \times [N_{160}]^B$$

$$\left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right)^m \times V_S = A \times \left[\left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right)^n \times N_{60}\right]^B$$

$$V_S = A \times \left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right)^{B \cdot n - m} \times N_{60}^B$$

Expresando en términos de logaritmos naturales y ordenando, se obtiene una ecuación de regresión lineal múltiple de dos variables independientes; $\ln N_{60}$ y $\ln\left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right)$

$$\ln V_S = \ln A + B \ln N_{60} + (B \cdot n - m) \ln\left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right) + \varepsilon$$

$$\ln V_S = \beta_0 + \beta_1 \ln N_{60} + \beta_2 \ln\left(\frac{P_a}{\sigma_{v'}}\right) + \varepsilon$$

Donde; $\beta_0 = \ln A$; $\beta_1 = B$; $\beta_2 = n \cdot B - m$; y “ ε ” es un término de error aleatorio que se distribuye normalmente con media cero. Los parámetros β de la regresión lineal múltiple se determinan en una hoja excel:

β_0	=5.1261	→ A=168.35
β_1	=0.1634	→ B=0.163
β_2	=-0.0827	
ε	=0.110	

$$V_S = 168.35(N_{60})^{0.163}$$

- Para validar el modelo de regresión lineal múltiple se verificó que las variables regresoras ($\ln N_{60}$ y $\ln P_a/\sigma'_v$) no presenten una relación de linealidad. En la dispersión de datos de la Figura N°4.6 se observa gráficamente que las variables regresoras no presentan relación. El factor de influencia de varianza (VIF) verifica numéricamente que no hay relación de linealidad entre las variables, ya que el VIF es 2.75, menor a 10. La prueba de significancia global es otro método que permite afirmar que las variables regresoras no presentan relación.
- En la Figura N°4.8, los residuos se grafican versus las variables aleatorias $\ln(N_{60})$ y $\ln(P_a/\sigma'_v)$, donde se observa que el valor medio de los residuos es cero (con una desviación estándar de 0.110), y no presentan una tendencia o sesgo con respecto a N_{60} o (P_a/σ'_v) , lo que indica que la regresión ha eliminado la tendencia con respecto a dichas variables de entrada (denominadas en estadística como variables explicativas del modelo de regresión).
- En el gráfico cuantil – cuantil (Q - Q) (Figura N°4.9), los residuos del modelo de regresión lineal múltiple tienen una tendencia en línea recta diagonal, lo que indica que los residuos presentan una distribución normal (hipótesis fundamental del modelo de regresión). Sin embargo, la desviación de la normalidad es relativamente ligera en las colas de la distribución, esto normalmente está relacionado a los puntos denominados atípicos. En conclusión, los errores del modelo siguen una distribución normal en el gráfico Q – Q.

RECOMENDACIONES

- Para arenas de compacidad suelta y medianamente densa, se recomienda la ecuación de correlación presentando en el siguiente cuadro:

	Depósito eólico reciente Arena de compacidad suelta y medianamente densa
N corregido al 60% de energía	$V_s = 151.0 (N_{60})^{0.186}$
N y Vs corregido por sobre carga efectiva	$V_s = 172,49 (N_{60})^{0.152}$

- Las correlaciones que presenta la tesis están enfocadas a ser utilizadas para obtener una estimación preliminar de N o Vs donde no estén disponibles, y no se utilizarán como sustituto de las mediciones de campo, ya que pueden contener considerables incertidumbres. Sin embargo, cuando las mediciones de N o Vs no estén disponibles, las correlaciones pueden proporcionar un método simple pero crudo para estimar las propiedades mecánicas del suelo a los efectos del análisis preliminar.
- Se recomienda verificar la energía del martillo para obtener un menor ajuste de las curvas de correlación. Para normalizar el N de SPT se consideró una relación de energía del martillo $E_r = 70\%$, teniendo en cuenta que el Perú se tiene poca información sobre la medida de energía del martillo. Atala (2011) obtuvo una relación de energía de 69% para 2 vueltas de sogas en el malacate, midiendo la velocidad del martillo antes del impacto con respecto a la velocidad teórica.

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Testing and Materials - ASTM (2011). Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils (D 1586-11). 2011 Annual Book of ASTM Standards, sect. 4, vol. 04.08, Philadelphia.

Atala, A. C. (2011). Estudio Experimental Sobre Correlaciones en Suelos Granulares Finos (Arenas) Compactados, Usando Equipos de Penetración. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Bellana, N. (2009). Shear Wave Velocity as Function of SPT Penetración Resistance and Vertical Effective Estress at California Bridges Sites. Universidad de California, Los Ángeles.

Caldas, J., Palacios, O., Pecho, V. y Vela, C. (1980). Geología de los cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Punta La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas y Mórrope. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMET). Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 32. Recuperado de <http://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/ingemmet/151>.

Castro, G. (1995). Empirical methods in liquefaction evaluation. Primer Ciclo d Conferencias Internacionales, Leonardo Zeevaert, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico City.

Esfehanizadeh, M., Nabizadeh, F. y Yazarloo, R. (2015). Correlation between standard penetration (N SPT) and shear wave velocity (V S) for young coastal sands of the Caspian Sea Arabian Journal of *Geosciences*. 8 (9), pp: 7333-7341. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1751-x>.

Hasancebi, N. y Ulusay, R. (2007). Empirical Correlations between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Ground Shaking Assessments. *Bull Eng Geol Environ*, 66 (2), pp 203-213. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0063-0>.

Humire, F. A. (2013). Aplicación de Métodos geofísicos basados en Ondas Superficiales para la caracterización Sísmica de Suelos, Aplicados a la Microzonificación Sísmica del norte y Poniente de Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

Ghazi, A., Moghadas, N. H., Sadeghi, H., Ghafoori, M. y Lashkaripur, G. R. (2015). Empirical relationships of Shear Wave Velocity, SPT_N value and vertical effective stress for different soils in Mashhad, Iran. *Annals of Geophysics*, 58 (3), pp. 1-13. Recuperado de <https://doi.org/10.4401/ag-6635>.

Ghorbani, A., Jafarian, Y. y Maghsoudi, M. S. (2012). Estimating shear wave velocity of soil deposits using polynomial neural networks: Application to liquefaction. *Computer & Geosciences*, 44, pp. 86-94. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.03.002>

Kayen, R. E., Mitchell, J. K., Seed, R. B., Lodge, A., Nishio, S., y Coutinho, R. (1992). Evaluation of SPT, CPT, and shear wave-based methods for liquefaction potential assessment using Loma Prieta data. *Proceedings of the 4th Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction*, 1, pp 177-204.

Kirar, B., Maheshwari, B. K. y Muley P. (2016). Correlation between Shear Wave Velocity (V_s) and SPT Resistance (N) for Roorkee Region. *International Journal of Geosynth and Ground Eng*, 2 (1), pp 1-11. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s40891-016-0047-5>.

Kovacs, W. y Salomone, L. (1982). "SPT Hammer Energy Measurement", *ASCE*, Vol. 108, GT 4, pp. 599-621.

Hasancebi, N. y Ulusay, R. (2006). Empirical Correlations between Shear Wave Velocity and Penetration Resistance for Ground Shaking Assessments. *Bull Eng Geol Environ*, 66 (2), pp 203-213. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0063-0>.

Maheswari, R. U., Boominathan, A. y Dodagoudar, G. R. (2010). Use of Surface Wave in Statistical Correlations of Shear Wave Velocity and Penetration Resistance of Chennai Soils. *Geotech Geol Eng*, 28 (6), pp 119-137. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10706-010-9334-4>.

Montgomery, D., Peck, E. A. y Vining, G. "Introducción al análisis de regresión lineal", Continental, Ciudad de México, 2005.

Lopez Menardi R. E. (2003). Determinación in Situ de Propiedades Ingenieriles de los Suelos y su Relación con el Ensayo Normal de Penetración. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires.

Olafsdottir, E. A., Erlingsson, S. y Bessason, B. (2018). Tool for analysis of multichannel analysis of surface waves (MASW) field data and evaluation of shear wave velocity profiles of soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 55 (2), pp 217-233. Recuperado de <https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0302>.

Park, C. B., Miller, R. D. y Xia, J. (1998). Imaging dispersion curves of surface waves on multichannel record. 68th Annual International Meeting Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, 1377-1380.

Park, C. B. y Miller, R. D. (2005). Seismic Characterization of Wind Turbine Sites in Kansas by the MASW Method. *Kansas Geological Survey, Open-file Report 2005-23*.

Park, C. B., Miller, R. D. y Xia J. (1999). Multichannel Analysis of surface Waves. *Geophysics-Wisconsin then Tulsa- Society of Exploration Geophysicists*, 64 (3), pp 800-808.

Park, C. B. y Carnevale, M. (2010). Optimum MASW Survey - Revisit after a Decade of Use. *ASCE Conference Proceedings*, 365 (41095), pp 130. Recuperado de [https://doi.org/10.1061/41095\(365\)130](https://doi.org/10.1061/41095(365)130).

Pitilakis K., Raptakis D., Lontzetidis K., Tika-Vassilikou T. y Jongmans D. (1999). Geotechnical and geophysical description of Euro-Seistests, using field and

laboratory tests, and moderate strong ground motions. *Journal of Earthquake Engineering*, 3 (3), pp 381–409.

Seed H. B. y Idriss I. M. (1982). Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute Monograph, Oakland, California.

Robertson, P. K., y Wride, C. E. (1998). 'Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal, Ottawa*, 35 (3), pp 442-459.

Ryden, N. y Park, C. B. (2006). Fast Simulated Annealing Inversion of Surface Waves on Pavements using Phase Velocity Spectra. *Society of Exploration Geophysicists*, 71 (4), pp R49-R58.

Xia, J., Miller, R. D. y Park, C. B. (1999). Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves. *Society of Exploration Geophysicists*, 64 (3), pp 691-700.

Youd, T. L. et al. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127, pp 817-833.

Wair, B. R., DeJong J. T. y Shantz T. (2012). Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles. Pacific Earthquake Engineering Research Center at the University of California.



ANEXO A
EXPLORACIONES GEOTECNICAS

**A
N
E
X
O**

A.1

ENSAYOS SPT



REGISTRO DE SONDAJE

(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 1

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 817872 E, 8518198 N

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-16
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 8.45
PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{Nº de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 a 4.750 mm	4.750 a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta				6	M-1	
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				18	M-2	
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				20	M-3	
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				30	M-4	
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				11	M-5	
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				16	M-6	
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				21	M-7	
8.00								
8.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad densa				48	M-8	
9.00								
9.45								
10.00								

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE SONDAJE
(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 2

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 592581E 9329644N

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-16
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 7.45
PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{N}^\circ \text{ de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 a 4.750 mm	4.750 a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					6	M-1
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					7	M-2
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					7	M-3
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					7	M-4
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					8	M-5
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta					14	M-6
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad densa					50	M-7
8.00								
8.45								
9.00								
9.45								
10.00								

OBSERVACIONES :

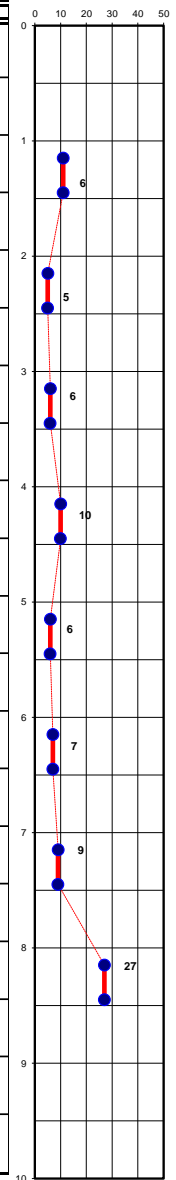
REGISTRO DE SONDAJE
(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 3

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 594842E 9330972N

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-18
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 8.45
PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{N}^\circ \text{ de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					6	M-1
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					5	M-2
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					6	M-3
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					10	M-4
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					6	M-5
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					7	M-6
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad suelta					9	M-7
8.00								
8.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactidad densa					27	M-8
9.00								
9.45								
10.00								



OBSERVACIONES :

REGISTRO DE SONDAJE

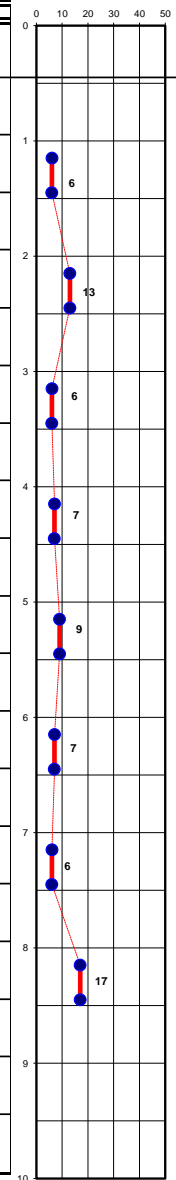
(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 4

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 593681E 9331097N

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-16
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 8.45
PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{Nº de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 a 4.750 mm	4.750 a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					6	M-1
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta					13	M-2
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					6	M-3
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					7	M-4
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					9	M-5
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					7	M-6
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta					6	M-7
8.00								
8.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta					17	M-8
9.00								
9.45								
10.00								



OBSERVACIONES :

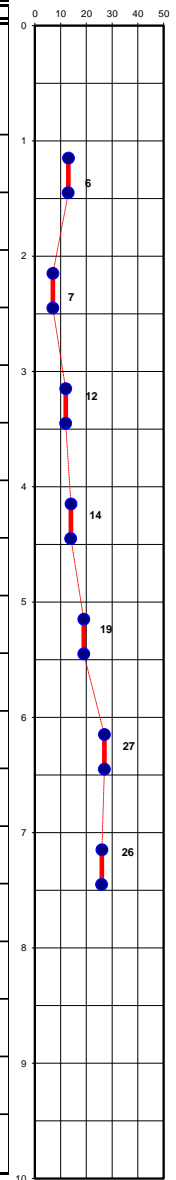
REGISTRO DE SONDAJE
(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 5

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 593880E 9329562N

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-16
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 7.45
PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{Nº de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					5	M-1
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					7	M-2
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					12	M-3
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					14	M-4
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					19	M-5
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					27	M-6
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compactación suelta					26	M-7
8.00								
8.45								
9.00								
9.45								
10.00								



OBSERVACIONES :

REGISTRO DE SONDAJE
(ASTM D 1586)

PERFORACION : SPT - 7

PROYECTO : INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE VIABILIDAD URBANA E INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS
UBICACIÓN : DISTRITO OLMOS, PROVINCIA DE LAMBAYEQUE, REGIÓN LAMBAYEQUE
COORDENADAS : 593826E 9330520

REALIZADO : Téc. Julio Chozo
REVISADO : Ing. Hebert Sotelo
FECHA DE PERFORACION : sep-16
PROFUNDIDAD TOTAL (m) :
PROF. NIVEL FREATICO (m) : -

PROF. (m)	G R A F I C O	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico, porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	S U C S	GRANULOMETRIA			ENSAYOS DE PENETRACION SPT - CONO PECK N, N _c = $\frac{\text{Nº de golpes}}{30 \text{ cm}}$	Nº DE MUESTRA
				< 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm		
1.00								
1.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta				6	M-1	
2.00								
2.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad suelta				7	M-2	
3.00								
3.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				20	M-3	
4.00								
4.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				22	M-4	
5.00								
5.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				25	M-5	
6.00								
6.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				26	M-6	
7.00								
7.45		Arenas de grano fino , color beige, completamente seco, compacidad compacta				28	M-7	
8.00								
8.45								
9.00								
9.45								
10.00								

OBSERVACIONES :

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-1

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 4 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No Presenta

SPT-1

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm	
								0	10 20 30 40 50
1.00	1.00	M1	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, con presencia de raíces delgadas hasta la profundidad de 1.00m, de compacidad suelta a firme.		
1.45	0.45	M2	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 7.3% de finos que pasa la malla #200.	9	12
2.00	0.55	M3	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	13	
2.45	0.45	M4	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme, con 6.6% de finos que pasa la malla #200.	4	10
3.00	0.55	M5	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme.	14	
3.45	0.45	M6	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.3% de finos que pasa la malla #200.	6	10
4.00	0.55	M7	SP-SM	[Symbol]			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	12	
4.45	0.45	M8	SM	[Symbol]			Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	7	14
5.00	0.55	M9	SM	[Symbol]			Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	20	
5.45	0.45	M10	SM	[Symbol]			Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme, con 12.5% de finos que pasa la malla #200.	11	12
6.00	0.55	M11	SM	[Symbol]			Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	17	

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-1

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 4 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No Presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm	
								0	10 20 30 40 50
6.45	0.45	M12	SM				Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	12	15
7.00	0.55	M13	SM				Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	22	11
7.45	0.45	M14	SM				Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	15	22
8.00	0.55	M15	SM				Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	22	15
8.45	0.45	M16	SM				Arena limosa de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a densa.	15	22
								34	

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-2

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 4 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	0 10 20 30 40 50
1.45	0.45	M2	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta.	5 5 9
2.00	0.55	M3	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta, con 11.6% de finos que pasa la malla #200.	7 11 14
2.45	0.45	M4	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	18 17 20
3.00	0.55	M5	SM				Arena limosa de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	14 18 18
3.45	0.45	M6	SM				Arena limosa de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme, con 12.9% de finos que pasa la malla #200.	
4.00	0.55	M7	SM				Arena limosa de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	
4.45	0.45	M8	SM				Arena limosa de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	
5.00	0.55	M9	SM				Arena limosa de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-2

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 4 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
5.45	0.45	M10	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	18
6.00	0.55	M11	SP	•			Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme, con 3.4% de finos que pasa la malla #200.	17
6.45	0.45	M12	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	27
6.45	0.45	M12	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	14
7.00	0.55	M13	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	18
7.45	0.45	M14	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	18
7.45	0.45	M14	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	11
8.00	0.55	M15	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	13
8.00	0.55	M15	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	18
8.45	0.45	M16	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad muy firme.	21
8.45	0.45	M16	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad muy firme.	27
8.45	0.45	M16	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad muy firme.	22

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-3

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 6 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm					
								0	10	20	30	40	50
1.00	1.00	M1	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.						
1.45	0.45	M2	SP		Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme, con 2.1% de finos que pasa la malla #200.					11			
2.00	0.55	M3	SP		Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.					11			
2.45	0.45	M4	SP		Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.					13			
3.00	0.55	M5	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.					5			
3.45	0.45	M6	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 6.1% de finos que pasa la malla #200.					6			
4.00	0.55	M7	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.					11			
4.45	0.45	M8	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.					8			
5.00	0.55	M9	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.					8			
									14				
									14				
									16				
									18				

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-3

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 6 de Junio del 2016
 Estructura : PTAP
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 8,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
5.45	0.45	M10	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	15
6.00	0.55	M11	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	17		
6.45	0.45	M12	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme, con 6.3% de finos que pasa la malla #200.	24		
7.00	0.55	M13	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	13		
7.45	0.45	M14	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	16		
8.00	0.55	M15	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	19		
8.45	0.45	M16	SP-SM		Arena pobremente gradada con limo de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	10		
						14		
					17			
					19			
					22			
					24			

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-4

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 08 de Junio del 2016
 Estructura : REP-01
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 12,10m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	
1.45	0.45	M2	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta, con 2.5% de finos que pasa la malla #200.	3
2.00	0.55	M3	SP	+			Arena pobremente gradada con suelta de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	3 6
2.45	0.45	M4	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2
3.00	0.55	M5	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2 2 2
3.45	0.45	M6	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta, con 1.9% de finos que pasa la malla #200.	2
4.00	0.55	M7	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2 2 3
4.45	0.45	M8	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	2
5.00	0.55	M9	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	3 4 5
5.45	0.45	M10	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	10
6.00	0.55	M11	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	13 18

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-6

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 13 de Junio del 2016
 Estructura : REP-04
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,70m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta, con presencia de raíces delgadas hasta una profundidad de 0.70m.	
1.45	0.45	M2	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta, con 5.5% de finos que pasa la malla #200.	8
2.00	0.55	M3	SP-SM				Arena pobremente gradada con suelta de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	8
2.45	0.45	M4	SP-SM				Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta	2
3.00	0.55	M5	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2
3.45	0.45	M6	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 2.2% de finos que pasa la malla #200.	3
4.00	0.55	M7	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8
4.45	0.45	M8	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	6
5.00	0.55	M9	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	12
5.45	0.45	M10	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	3
6.00	0.55	M11	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	4
6.45	0.45	M12	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta, con 3.0% de finos que pasa la malla #200.	4
7.00	0.55	M13	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	7

CONSORCIO NUEVO OLMOS

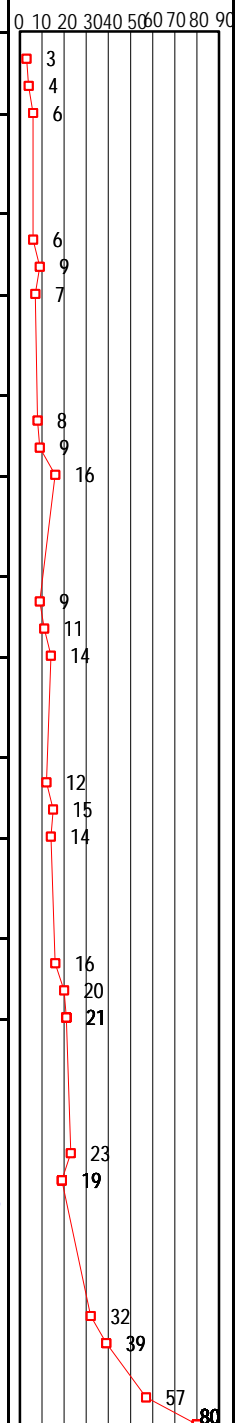
REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-6

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 13 de Junio del 2016
 Estructura : REP-04
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,70m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
7.45	0.45	M14	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	3
8.00	0.55	M15	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	4
8.45	0.45	M16	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	6
9.00	0.55	M17	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	9
9.45	0.45	M18	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 2.2% de finos que pasa la # 200.	7
10.00	0.55	M19	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8
10.45	0.45	M20	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9
11.00	0.55	M21	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	11
11.45	0.45	M22	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	14
12.00	0.55	M23	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	12
12.45	0.45	M24	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme, con 1.3% de finos que pasa la # 200.	15
14.70	2.25						Nota: A partir de 12,45m a 14,70m se utilizo Cono Peck con valores de N cada 15cm.	14



CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-7

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 23 de Junio del 2016
 Estructura : CBD-03
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 15,75m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	
1.45	0.45	M2	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta, con 2.1% de finos que pasa la malla #200.	5
2.00	0.55	M3	SP	*			Arena pobremente gradada con suelta de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	7
2.45	0.45	M4	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8
3.00	0.55	M5	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8
3.45	0.45	M6	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	9
4.00	0.55	M7	SP	*			Arena pobremente gradada con limo de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	13
4.45	0.45	M8	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 2.2% de finos que pasa la malla #200.	7
5.00	0.55	M9	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9
5.45	0.45	M10	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9
6.00	0.55	M11	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	7
6.45	0.45	M12	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	9
7.00	0.55	M13	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	13

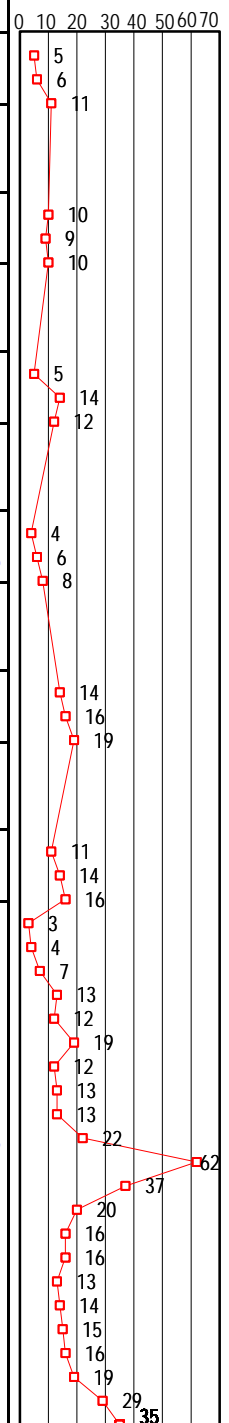
CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-7

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 23 de Junio del 2016
 Estructura : CBD-03
 Realizado : JOF
 Cota :
 Profundidad : 15,75m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
7.45	0.45	M14	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.6% de finos que pasa la	5
8.00	0.55	M15	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	6
8.45	0.45	M16	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	11
9.00	0.55	M17	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	10
9.45	0.45	M18	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9
10.00	0.55	M19	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	10
10.45	0.45	M20	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta, con 1.4% de finos que	5
11.00	0.55	M21	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.	14
11.45	0.45	M22	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	12
12.00	0.55	M23	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	14
12.45	0.45	M24	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	16
15.75	3.30						Nota: A partir de 12,45m a 15.75m se utilizo Cono Peck con valores de N cada 15cm.	19



CONSORCIO NUEVO OLMOS

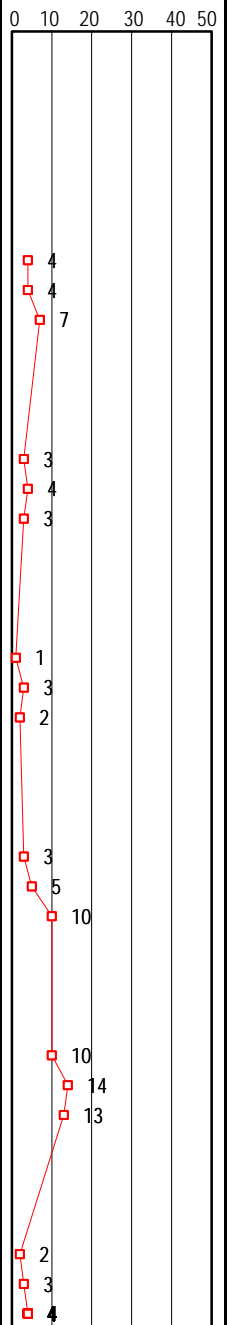
REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-8

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 15 de Junio del 2016
 Estructura : REP-03
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,85m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a suelta, con presencia de raíces delgadas hasta la profundidad de 0.50m.	
1.45	0.45	M2	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a suelta, con 2.1% de finos que pasa la malla #200.	4
2.00	0.55	M3	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a suelta.	4
2.45	0.45	M4	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta.	7
3.00	0.55	M5	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta.	3
3.45	0.45	M6	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta, con 1.4% de finos que pasa la malla #200.	4
4.00	0.55	M7	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta.	3
4.45	0.45	M8	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a suelta.	1
5.00	0.55	M9	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a suelta.	3
5.45	0.45	M10	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a firme.	5
6.00	0.55	M11	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta a firme.	10
6.45	0.45	M12	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta, con 2.0% de finos que pasa la malla #200.	3
7.00	0.55	M13	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compactad muy suelta.	10



CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-8

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 15 de Junio del 2016
 Estructura : REP-03
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,85m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
7.45	0.45	M14	SP				Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	5
8.00	0.55	M15	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	7		
8.45	0.45	M16	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8		
9.00	0.55	M17	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9		
9.45	0.45	M18	SP		Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.3% de finos.	12		
10.00	0.55	M19	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8		
10.45	0.45	M20	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	10		
11.00	0.55	M21	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	14		
11.45	0.45	M22	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	10		
12.00	0.55	M23	SP		Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme.	16		
12.45	0.45	M24	SP		Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme, con 1.3% de finos.	19		
						15		
						16		
						18		
					14			
					18			
					20			
					17			
					21			
					31			
					37			
14.85	2.40						57	

Nota: A partir de 12.45m a 14.85m se utilizo Cono Peck con valores de N cada 15cm.

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-15

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 2 de Julio del 2016
 Estructura : PTAR
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 7,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm						
								0	10	20	30	40	50	
1.00	1.00	M1	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.							
1.45	0.45	M2	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta, con 2.1% de finos que pasa la malla #200.	2						
2.00	0.55	M3	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	4						
2.45	0.45	M4	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	1						
3.00	0.55	M5	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	1						
3.45	0.45	M6	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2						
4.00	0.55	M7	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2						
4.45	0.45	M8	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	3						
5.00	0.55	M9	SP	+			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2						

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y SPT-15

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 2 de Julio del 2016
 Estructura : PTAR
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 7,45m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
5.45	0.45	M10	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme.	4, 10, 16
6.00	0.55	M11	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme.	16
6.45	0.45	M12	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	7, 12, 13
7.00	0.55	M13	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	
7.45	0.45	M14	SP	•			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.1% de finos que pasa la malla #200.	9, 10, 12

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-19

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 15 de Junio del 2016
 Estructura : REP-03
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,70m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
1.00	1.00	M1	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	
1.45	0.45	M2	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta, con 1.1% de finos que pasa la malla #200.	2
2.00	0.55	M3	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad muy suelta.	2
2.45	0.45	M4	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	2
3.00	0.55	M5	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta.	3
3.45	0.45	M6	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme, con 1.1% de finos que pasa la malla #200.	3
4.00	0.55	M7	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a firme.	4
4.45	0.45	M8	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	8
5.00	0.55	M9	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.	15
5.45	0.45	M10	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	4
6.00	0.55	M11	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	6
6.45	0.45	M12	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta, con 1.4% de finos que pasa la malla #200.	6
7.00	0.55	M13	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta.	9

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-19

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 15 de Junio del 2016
 Estructura : REP-03
 Realizado : JOF
 Cota :

Profundidad : 14,70m
 Filtraciones : No presenta



Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm ³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
7.45	0.45	M14	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	5
8.00	0.55	M15	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	11
8.45	0.45	M16	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta.	10
9.00	0.55	M17	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta.	6
9.45	0.45	M18	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.3% de agua.	7
10.00	0.55	M19	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad suelta a firme.	8
10.45	0.45	M20	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	10
11.00	0.55	M21	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	12
11.45	0.45	M22	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	18
12.00	0.55	M23	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme.	11
12.45	0.45	M24	SP				Arena pobremente gradada de color beige, ligeramente húmedo, no plástico, de compacidad firme a muy firme, con 1.3% de agua.	15
14.70	2.25						Nota: A partir de 12.45m a 14.70m se utilizo Cono Peck con valores de N cada 15cm.	16 18 21 12 15 30 32 66

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-28

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 18 de Junio del 2016
 Estructura : Línea de Agua potable y alcantarillado
 Realizado : JOF Profundidad : 8,80m
 Cota : Filtraciones : No Presenta

SPT-28

Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm ³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm
5.45	0.45	M10	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	6
6.00	0.55	M11	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.	9 16
6.45	0.45	M12	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	14 23 28
7.00	0.55	M13	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme a muy firme.	
7.45	0.45	M14	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad firme, con 1.3% de finos que pasa la malla #200.	13 16 20
8.80	1.35						Nota: A partir de 7.45m a 8.80m se utilizo Cono Peck con valores de N cada 15cm.	13 16 18 20 22 21 32 44 63

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-33

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
 Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
 Ubicación : Olmos - Lambayeque
 Fecha : 17 de Junio del 2016
 Estructura : Línea de Agua Potable y Alcantarillado
 Realizado : JOF Profundidad : 8,90m
 Cota : Filtraciones : No Presenta

SPT-33

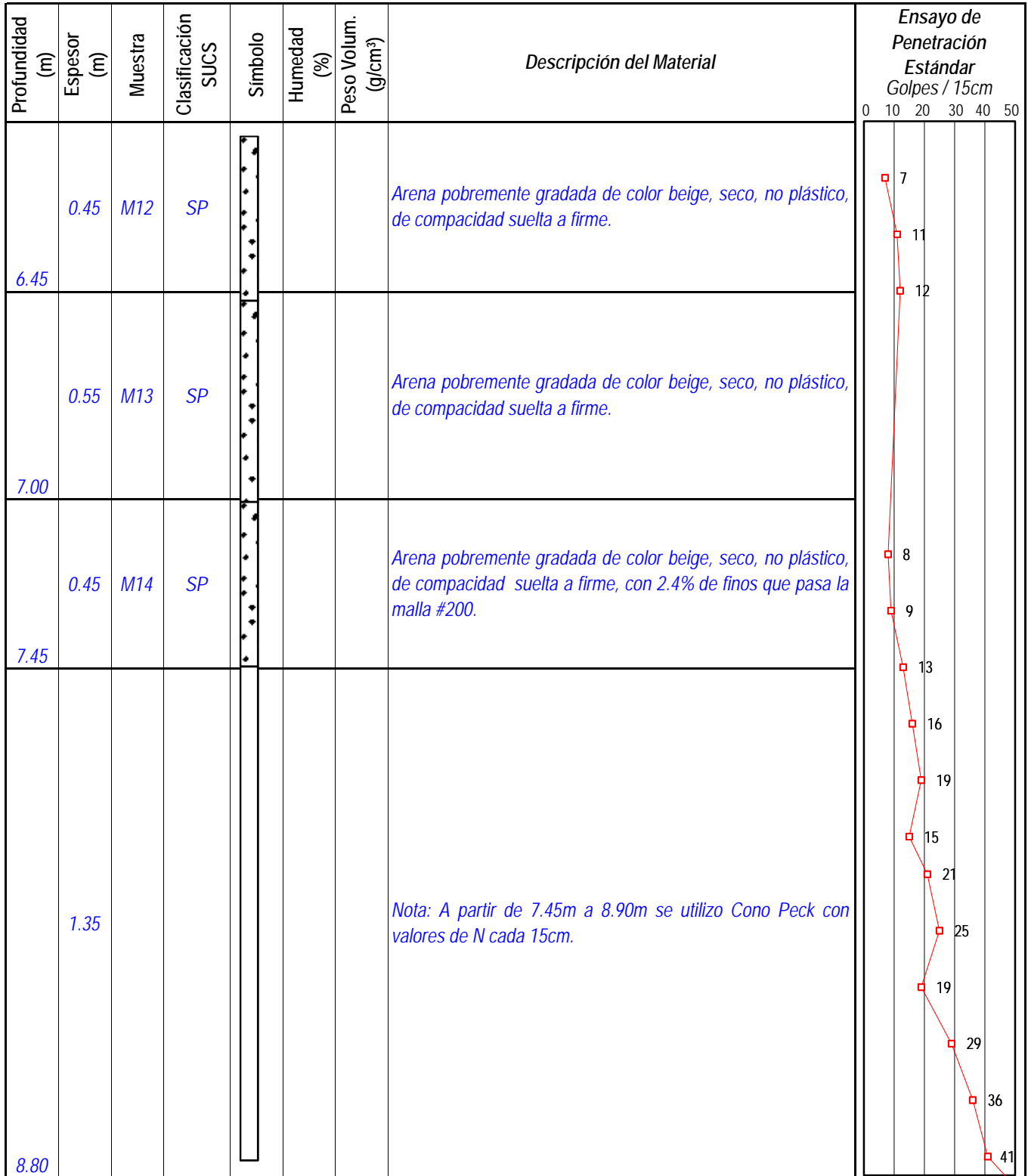
Profundidad (m)	Espesor (m)	Muestra	Clasificación SUCS	Símbolo	Humedad (%)	Peso Volum. (g/cm³)	Descripción del Material	Ensayo de Penetración Estándar Golpes / 15cm					
								0	10	20	30	40	50
1.00	1.00	M1	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta, con presencia de raíces delgadas hasta una profundidad de 0.70m.						
1.45	0.45	M2	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta, con 3.2% de finos que pasa la malla #200.		5				
2.00	0.55	M3	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.		9				
2.45	0.45	M4	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.		8				
3.00	0.55	M5	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta.		10				
3.45	0.45	M6	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme, con 1.7% de finos que pasa la malla #200.		10				
4.00	0.55	M7	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.		10				
4.45	0.45	M8	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.		6				
5.00	0.55	M9	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad muy suelta a suelta.		8				
5.45	0.45	M10	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.		9				
6.00	0.55	M11	SP	*			Arena pobremente gradada de color beige, seco, no plástico, de compacidad suelta a firme.		6				

CONSORCIO NUEVO OLMOS

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO Y CONO PECK SPT-33

Solicitado : Consorcio Nuevo Olmos
Proyecto : Estudio de Suelos de la Nueva Ciudad de Olmos
Ubicación : Olmos - Lambayeque
Fecha : 17 de Junio del 2016
Estructura : Línea de Agua Potable y Alcantarillado
Realizado : JOF **Profundidad** : 8,90m
Cota : **Filtraciones** : No Presenta

SPT-33



**A
N
E
X
O**

A.2

ENSAYOS MASW

MASW-02

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

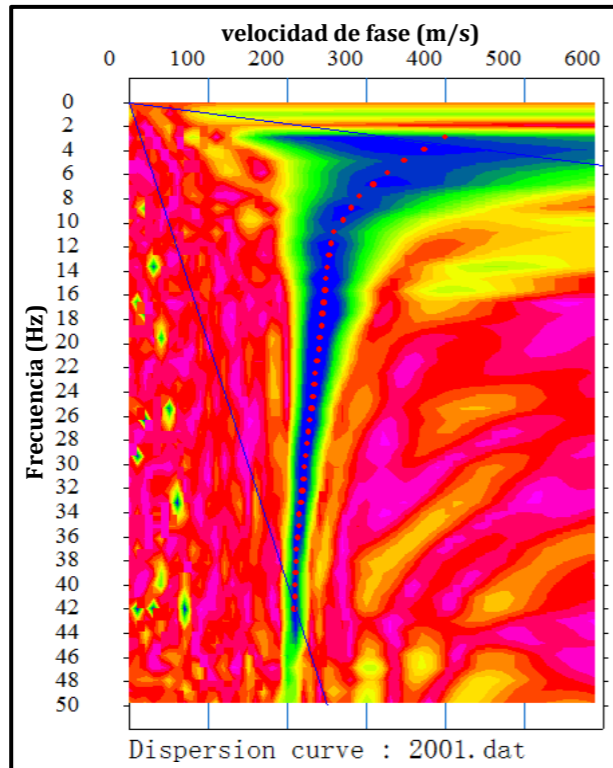
Coordenadas: 594411E 9328853N

Fecha: Setiembre 2016

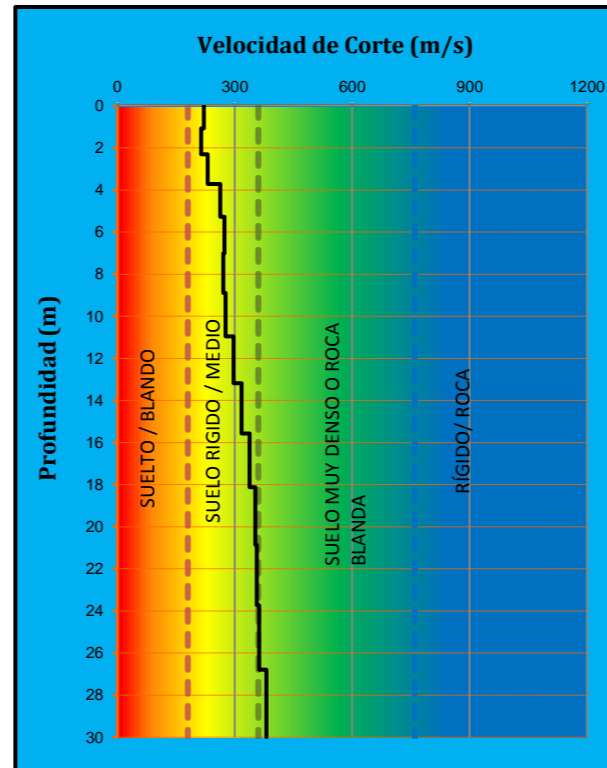
Revisado: H.S.A.

Longitud de línea: 60m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	220.50
2.31	214.00
3.71	231.00
5.28	262.50
7.01	274.00
8.90	270.25
10.96	276.50
13.19	297.00
15.58	317.75
18.13	337.50
20.85	352.25
23.74	356.75
26.79	362.25
30.00	380.75

Vs 30 (m/s)	304
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.39	S2
--------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio

MASW-07

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

Coordenadas: 592582.11E 9329607.43N

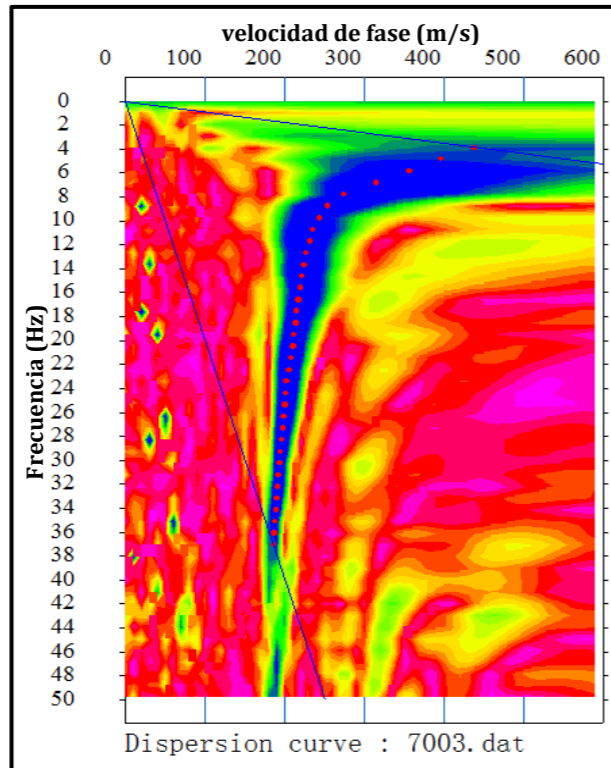
Fecha: Setiembre 2016

Revisado: H.S.A.

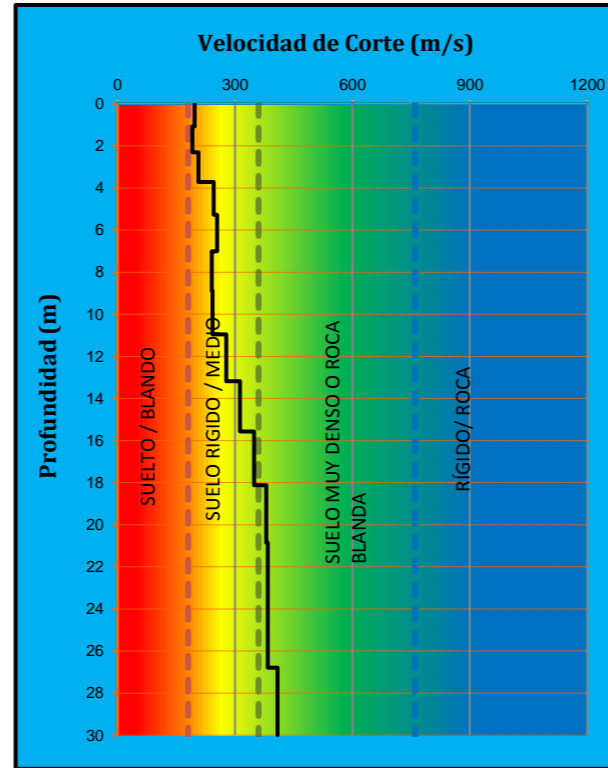
Longitud de

línea: 60m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	196.25
2.31	190.75
3.71	206.50
5.28	245.00
7.01	253.75
8.90	240.00
10.96	242.00
13.19	277.00
15.58	312.25
18.13	348.75
20.85	380.00
23.74	384.00
26.79	384.00
30.00	408.50

Vs 30 (m/s)	294
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.41	S2
Suelo intermedio		

MASW-13

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

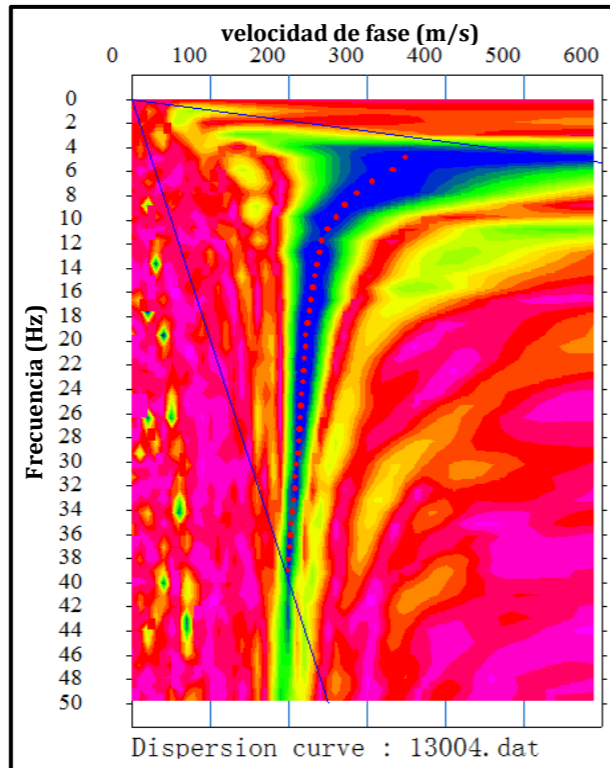
Coordenadas: 594870.86E 9330982.37N

Fecha: Setiembre 2016

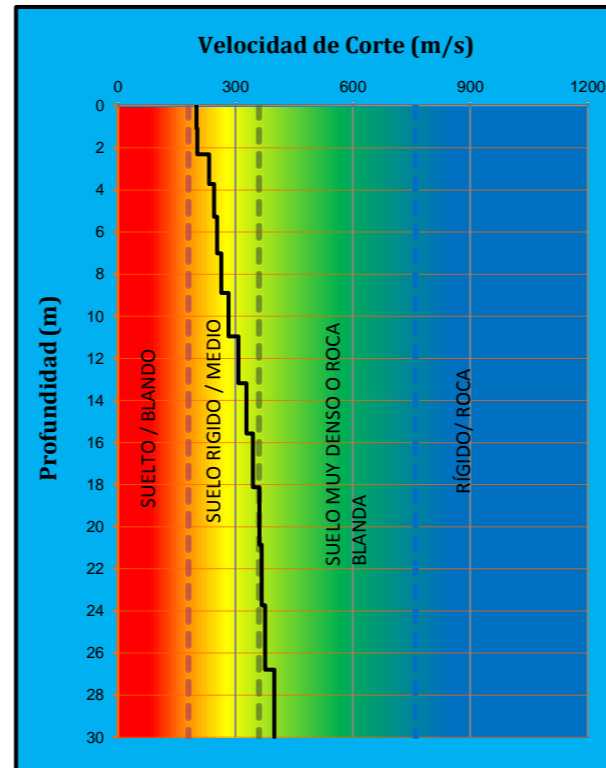
Revisado: H.S.A.

Longitud de línea: 60m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	200.50
2.31	202.50
3.71	233.00
5.28	245.50
7.01	253.00
8.90	264.00
10.96	282.00
13.19	307.50
15.58	327.75
18.13	344.75
20.85	361.00
23.74	366.75
26.79	375.50
30.00	399.25

<i>Vs 30 (m/s)</i>	303
<i>Tipo de Suelo</i>	D

Periodo fundamental (Ts)	0.40	S2
Suelo intermedio		

MASW-15

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

Coordenadas: 593676.18E 9331135.84N

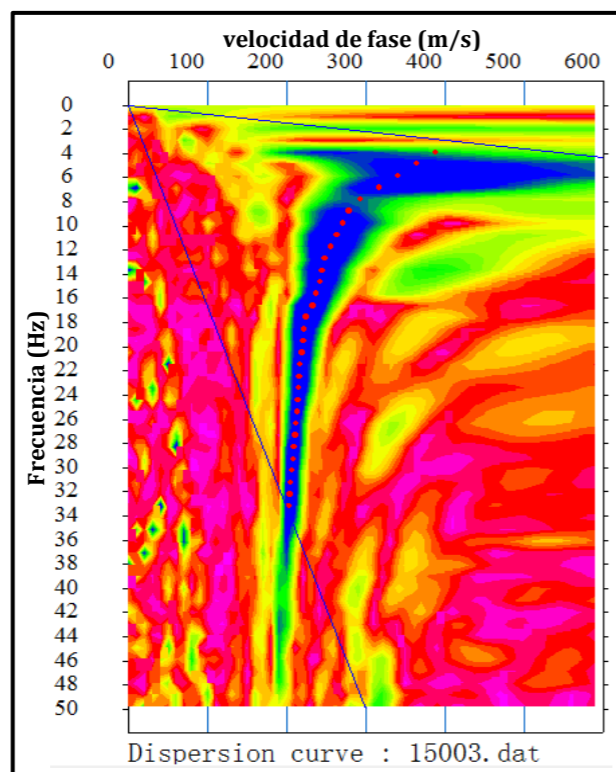
Fecha: Setiembre 2016

Revisado: H.S.A.

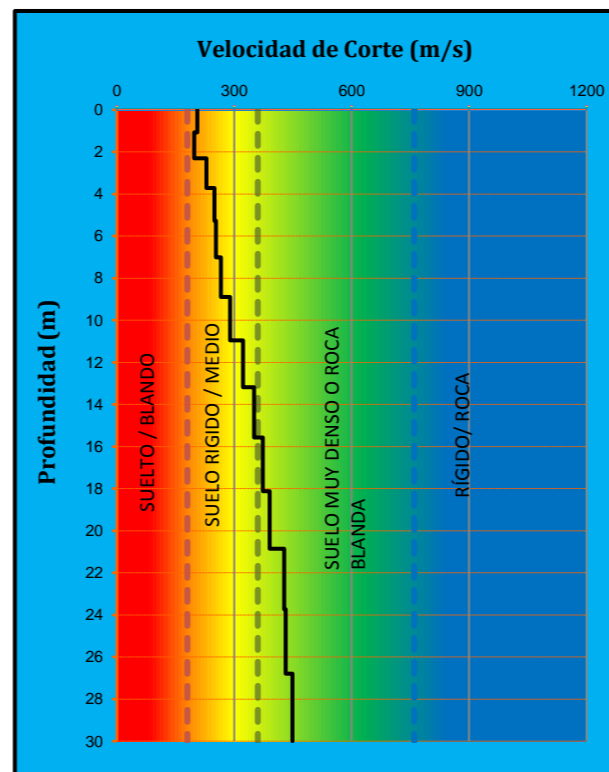
Longitud de línea:

69m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	205.00
2.31	197.50
3.71	229.00
5.28	249.50
7.01	253.50
8.90	266.00
10.96	289.50
13.19	322.00
15.58	350.00
18.13	373.00
20.85	390.50
23.74	427.50
26.79	431.00
30.00	448.50

Vs 30 (m/s)	321
Tipo de Suelo	D

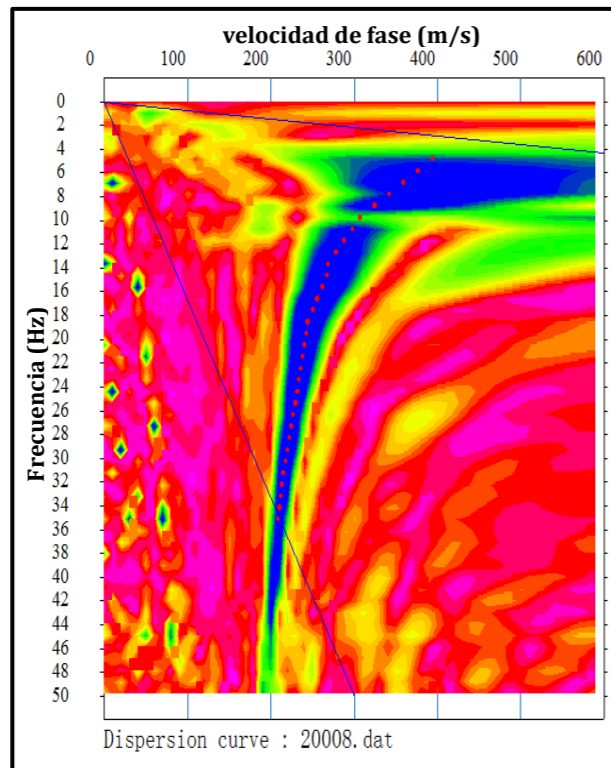
Periodo fundamental (Ts)	0.37	S2
Suelo intermedio		

MASW-20

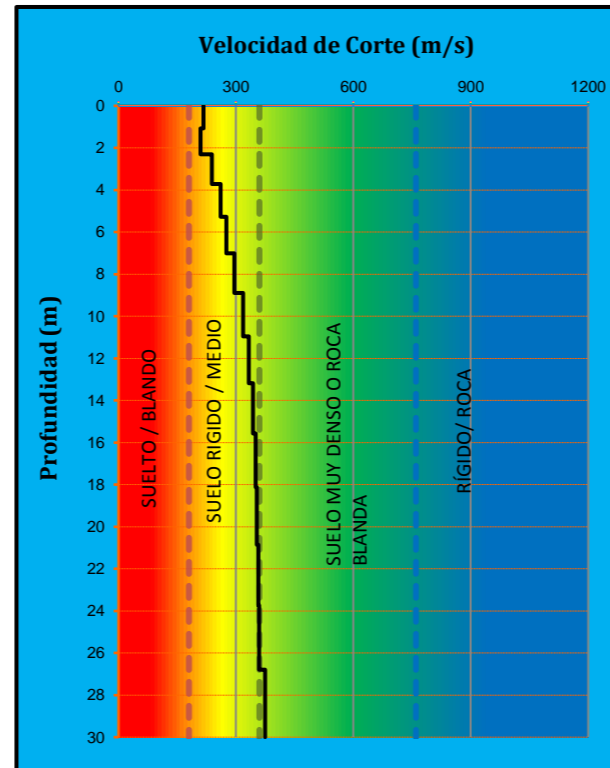
Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos
Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque
Coordenadas: 593890.44E 9329600.78N
Fecha: Setiembre 2016

Realizado: N.H.C.
Revisado: H.S.A.
Longitud de línea: 69m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	217.00
2.31	209.50
3.71	238.00
5.28	260.50
7.01	275.00
8.90	296.00
10.96	318.50
13.19	333.00
15.58	344.00
18.13	350.00
20.85	353.50
23.74	357.00
26.79	359.50
30.00	374.50

Vs 30 (m/s)	313
Tipo de Suelo	D

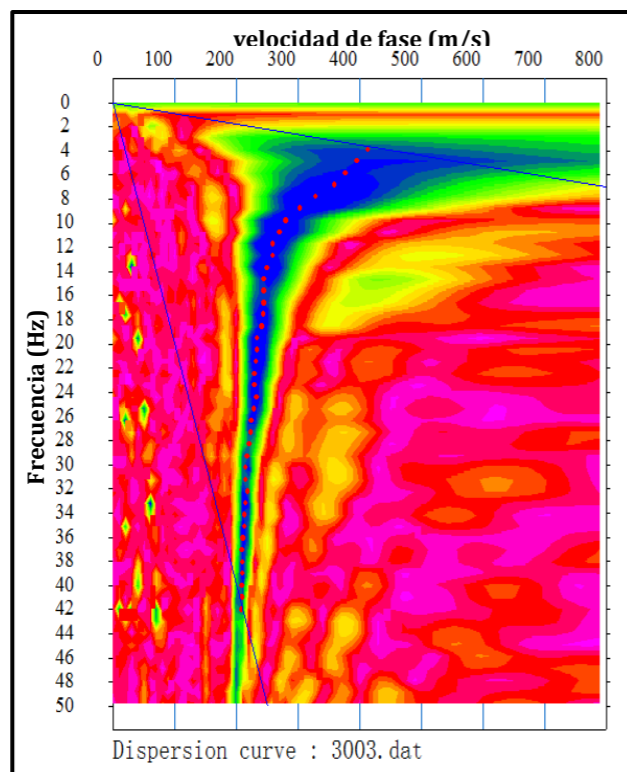
Periodo fundamental (Ts)	0.38	S2
Suelo intermedio		

MASW-03

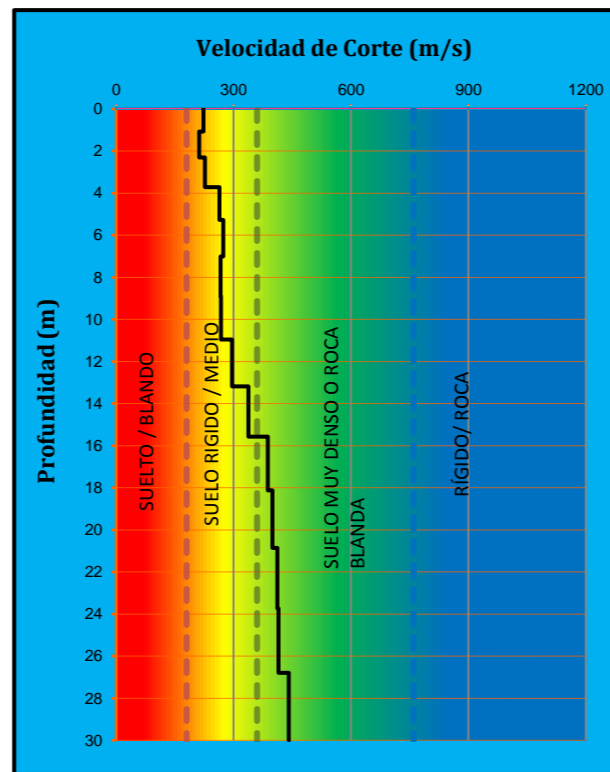
Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos
Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque
Coordenadas: 593909E 9328855N
Fecha: Setiembre 2016

Revisado: H.S.A.
Longitud de línea: 60m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	223.00
2.31	212.00
3.71	227.00
5.28	264.00
7.01	274.00
8.90	267.00
10.96	268.00
13.19	296.00
15.58	338.00
18.13	387.00
20.85	399.00
23.74	412.00
26.79	415.00
30.00	441.00

<i>Vs 30 (m/s)</i>	321
<i>Tipo de Suelo</i>	D

Periodo fundamental (Ts)	0.37	S2
Suelo intermedio		

MASW-18

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

Coordenadas: 593509.62E 9331598.65N

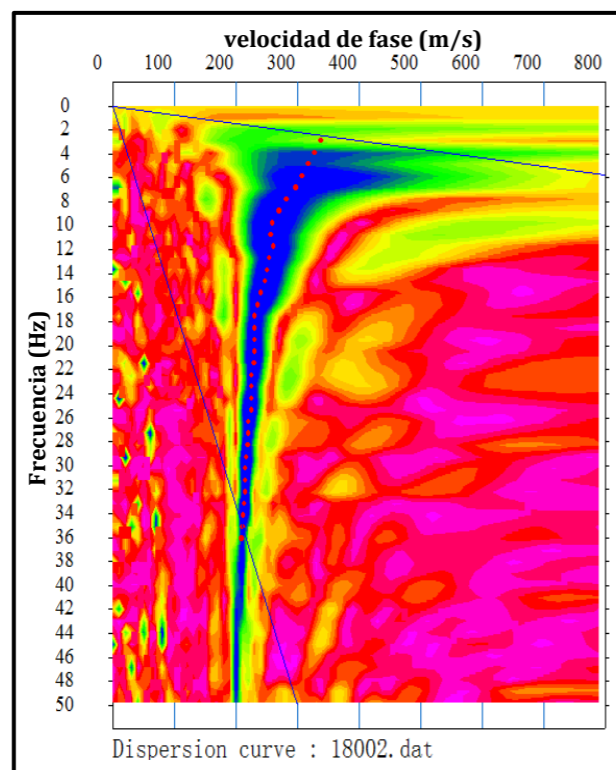
Fecha: Setiembre 2016

Revisado: H.S.A.

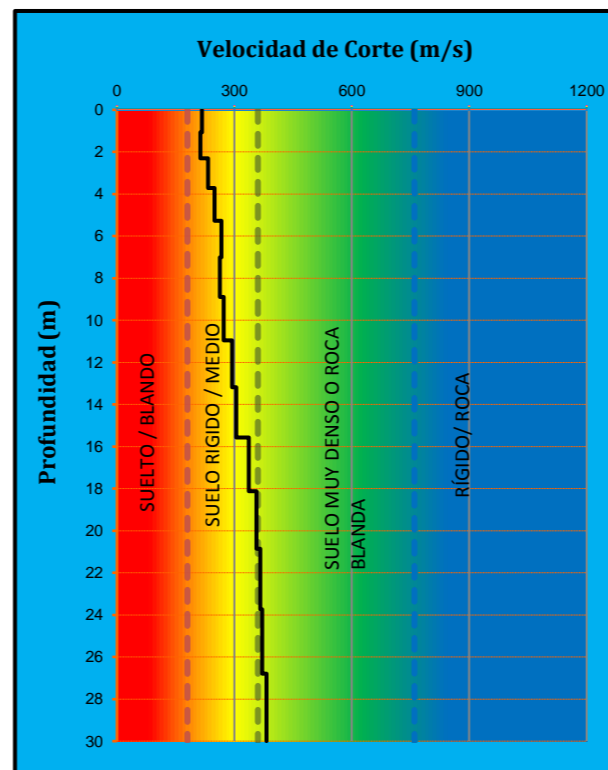
Longitud de línea:

69m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	217.25
2.31	213.00
3.71	232.25
5.28	249.25
7.01	266.25
8.90	263.25
10.96	273.00
13.19	293.75
15.58	304.25
18.13	337.25
20.85	356.75
23.74	366.25
26.79	370.75
30.00	382.00

Vs 30 (m/s)	301
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.40	S2
Suelo intermedio		

MASW-27

Proyecto: Instalación de los servicios de viabilidad urbana e instalación de los servicios de agua potable y alcantarillado en la nueva ciudad de Olmos

Ubicación: Distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región de Lambayeque

Coordenadas: 593897.07E 9330542.79N

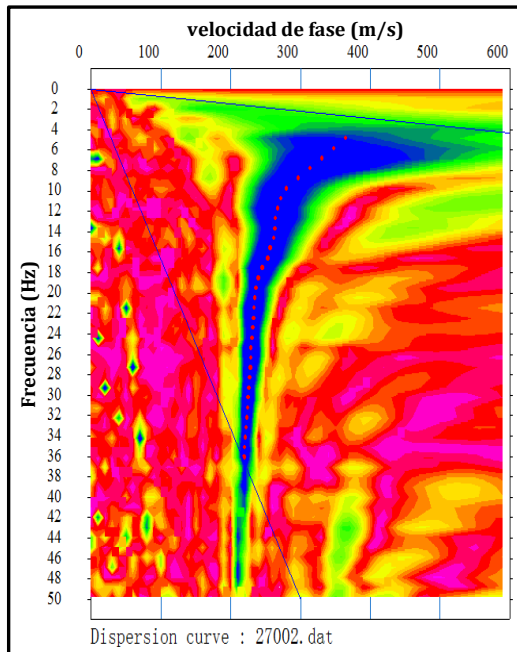
Fecha: Setiembre 2016

Realizado: N.H.C.

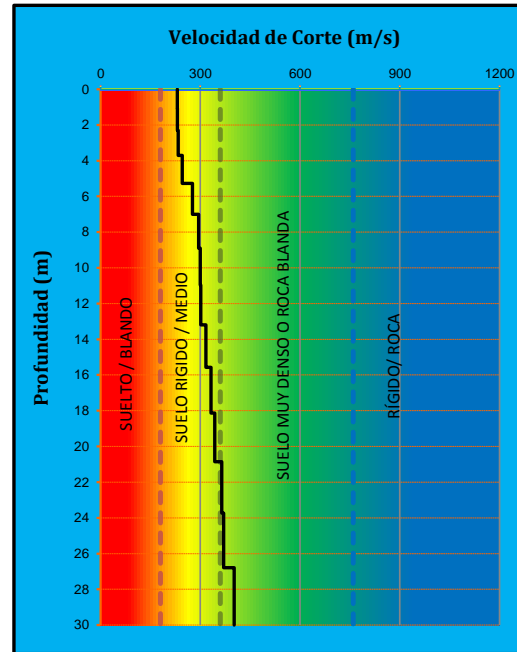
Revisado: H.S.A.

Longitud de línea: 69m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Prof. de investigación aproximada confiable: 30m

Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)
1.07	230.75
2.31	231.00
3.71	233.25
5.28	245.25
7.01	276.25
8.90	295.00
10.96	299.75
13.19	301.25
15.58	316.50
18.13	332.00
20.85	343.25
23.74	364.25
26.79	370.25
30.00	401.75

Vs 30 (m/s)	310
Tipo de Suelo	D

Interpretación

Depósito de Material arenoso muy suelto

Depósito de Material arenoso suelto

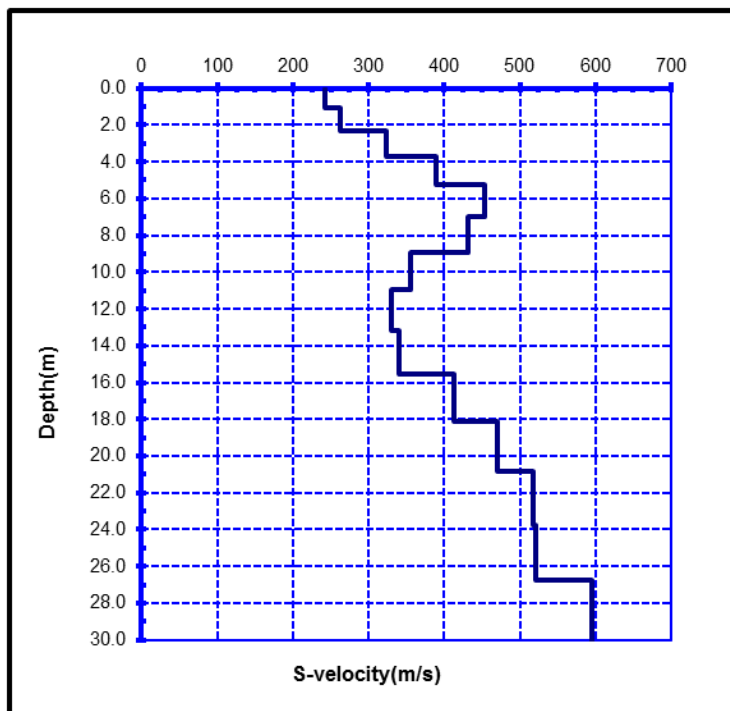
Depósito de Material compacto a denso.

Periodo fundamental (Ts)	0.39	S2
Suelo intermedio		

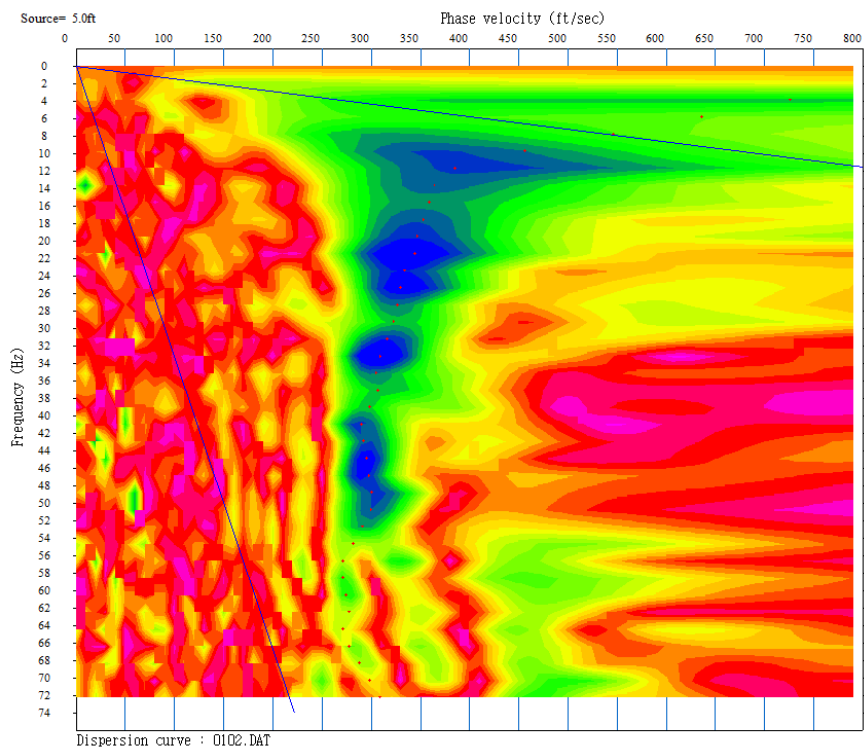
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PTAP

ENSAYO MASW - 01

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



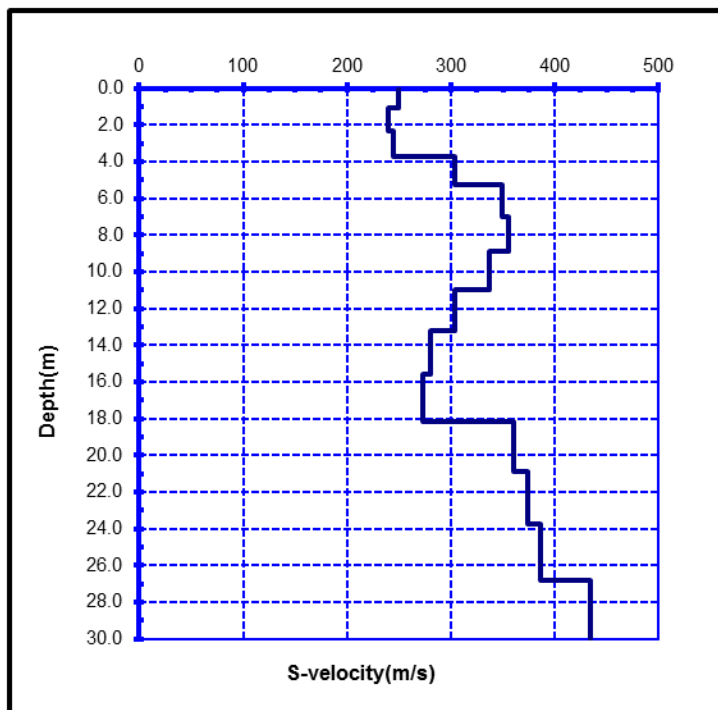
CURVA DE DISPERSION



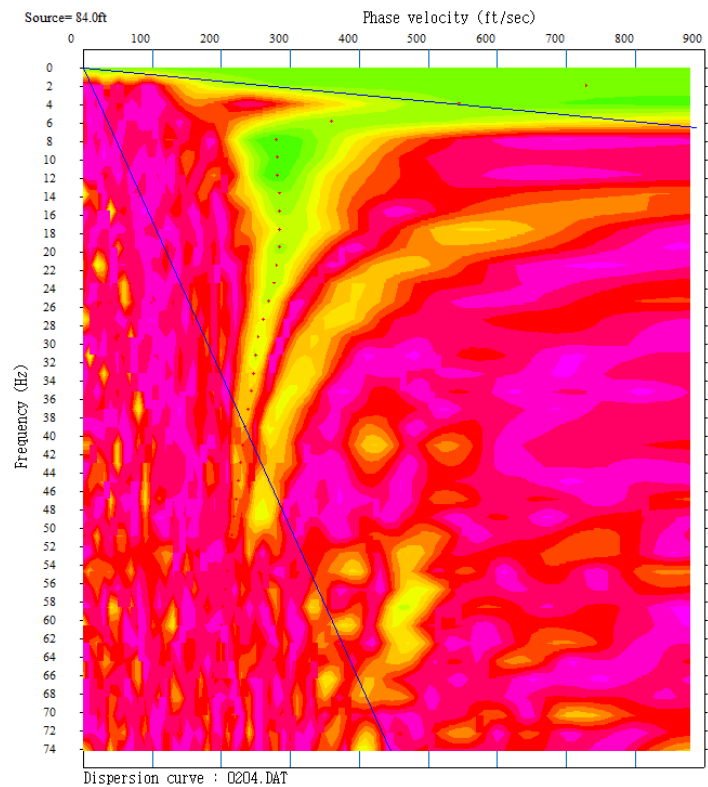
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PTAP

ENSAYO MASW -02

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



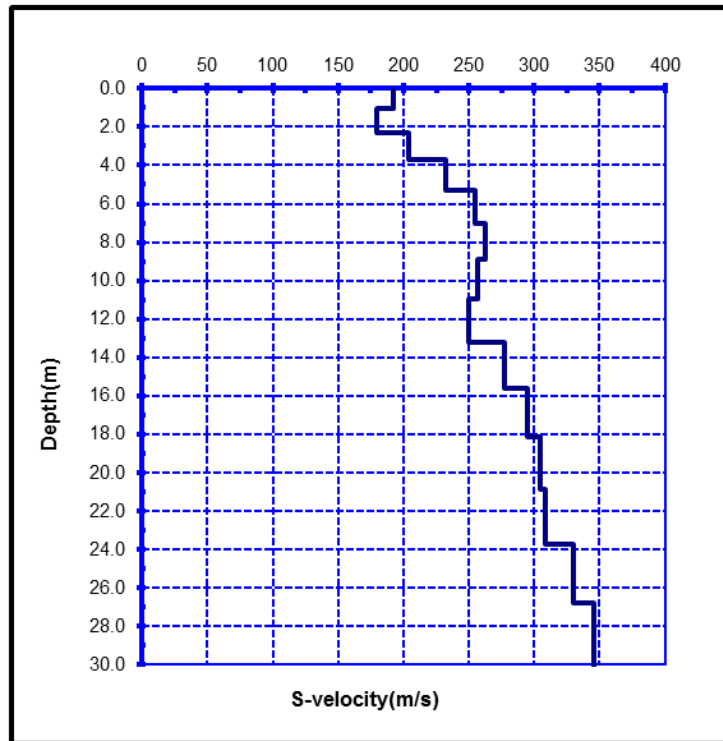
CURVA DE DISPERSION



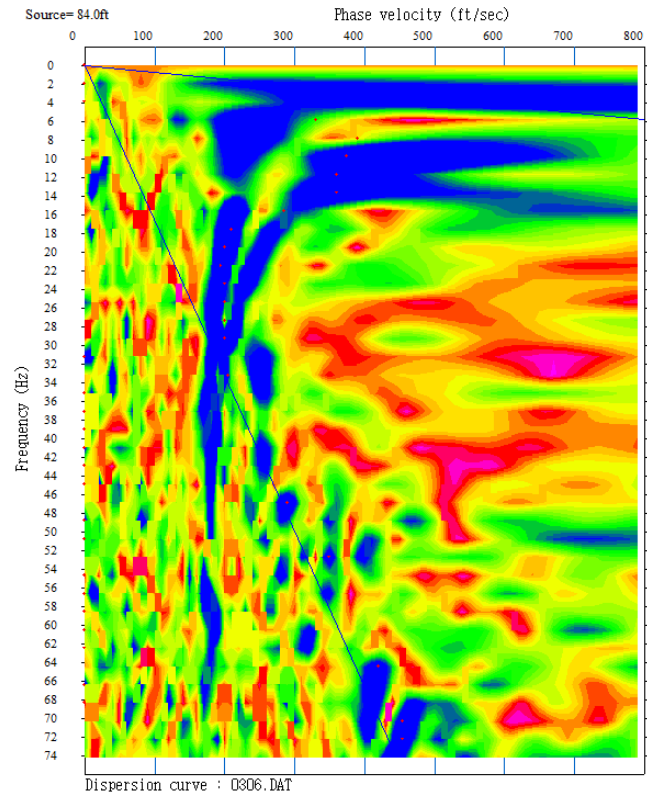
RESERVORIO ELEVADO REP-01

ENSAYO MASW -03

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



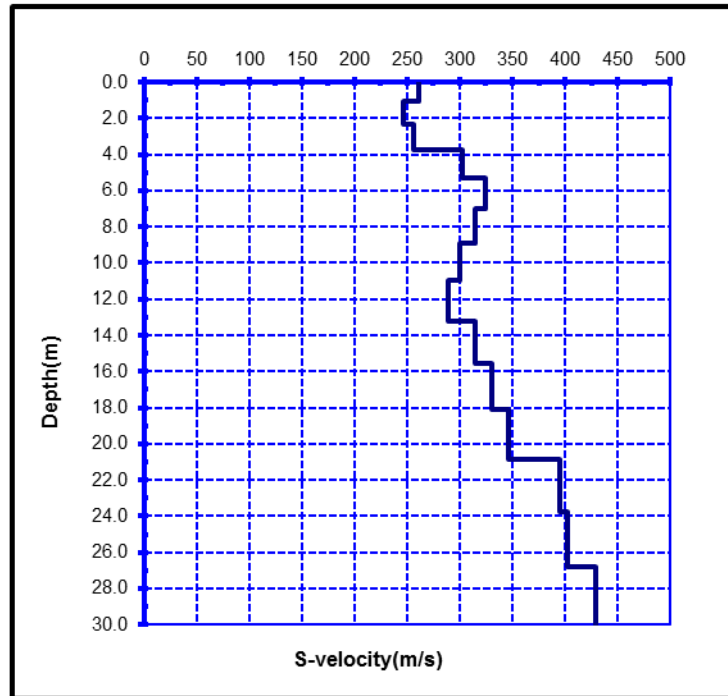
CURVA DE DISPERSION



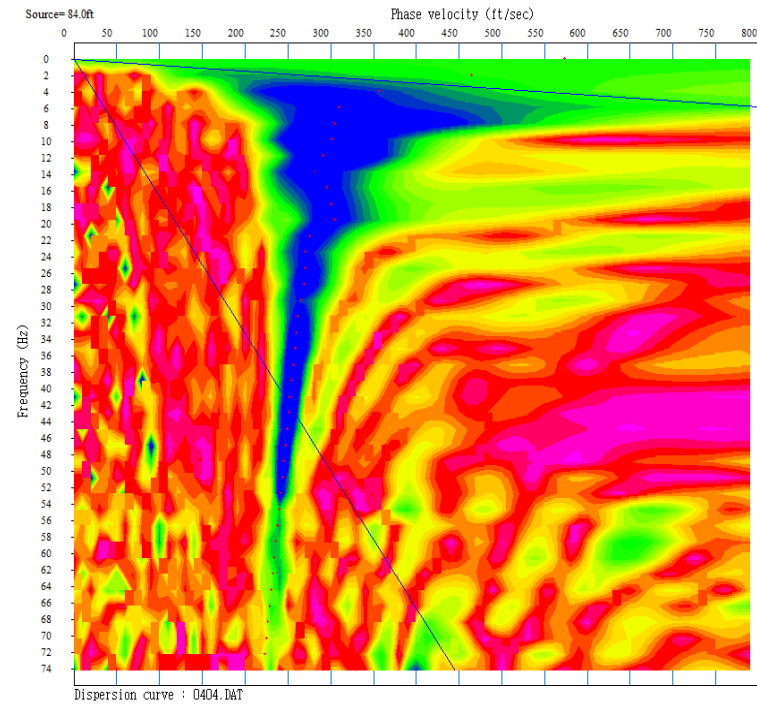
RESERVORIO ELEVADO REP-02

ENSAYO MASW -04

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



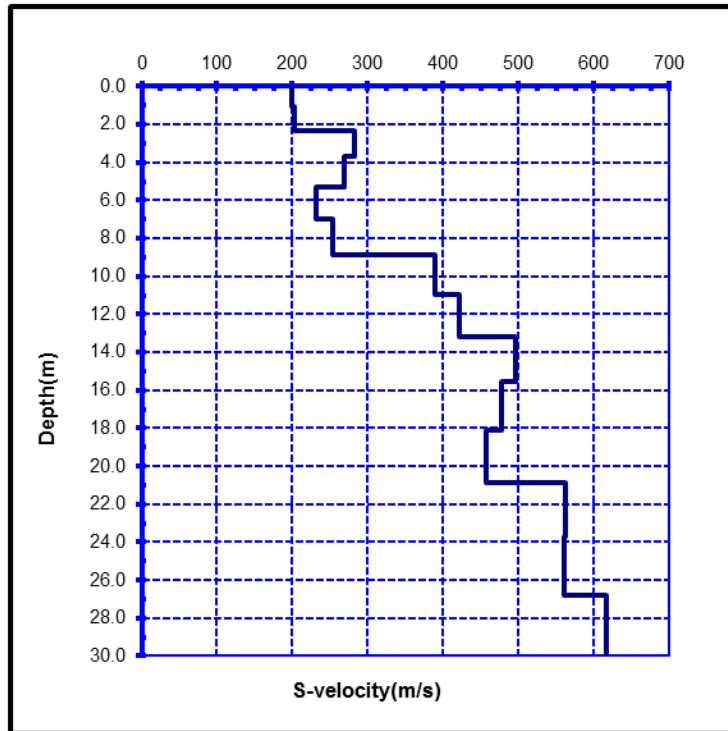
CURVA DE DISPERSION



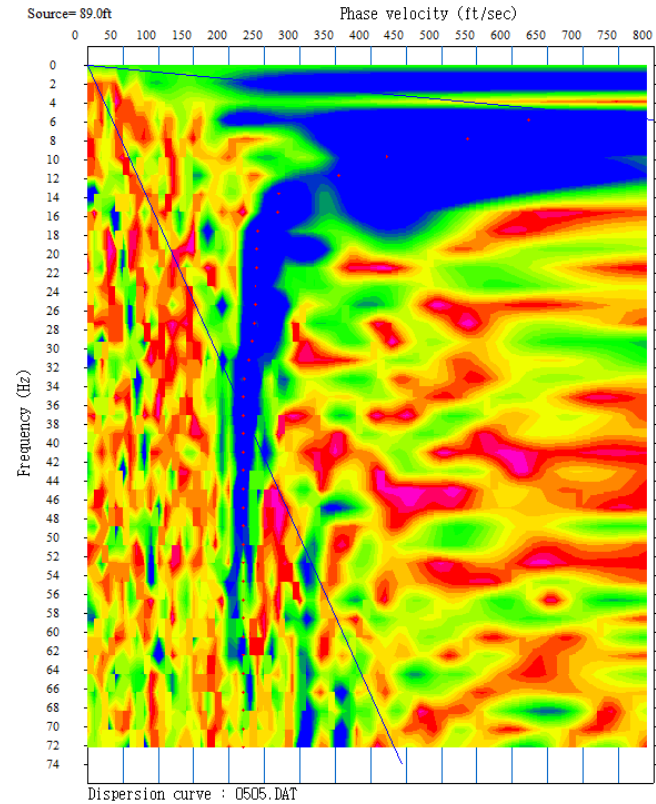
RESERVORIO ELEVADO REP-03

ENSAYO MASW -05

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



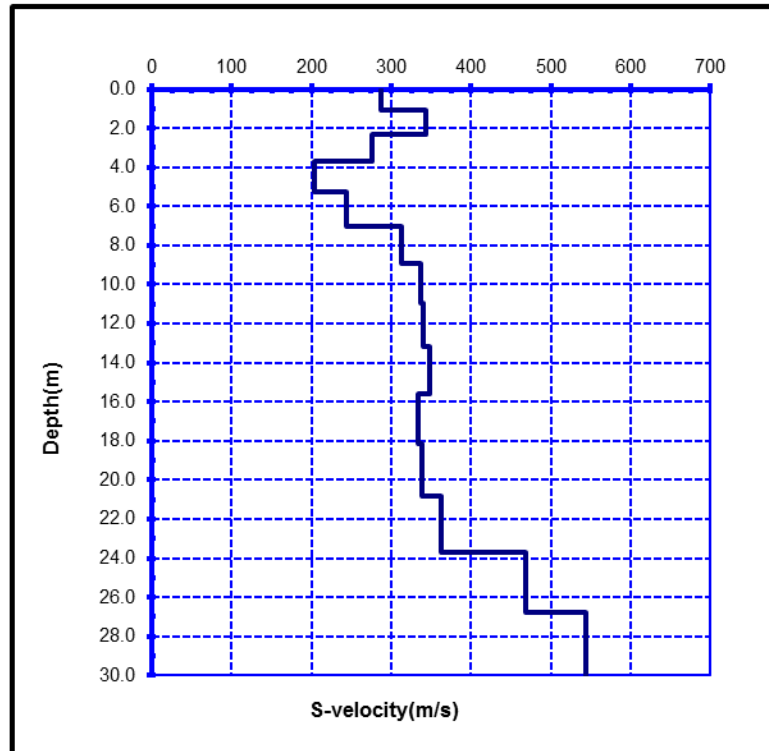
CURVA DE DISPERSION



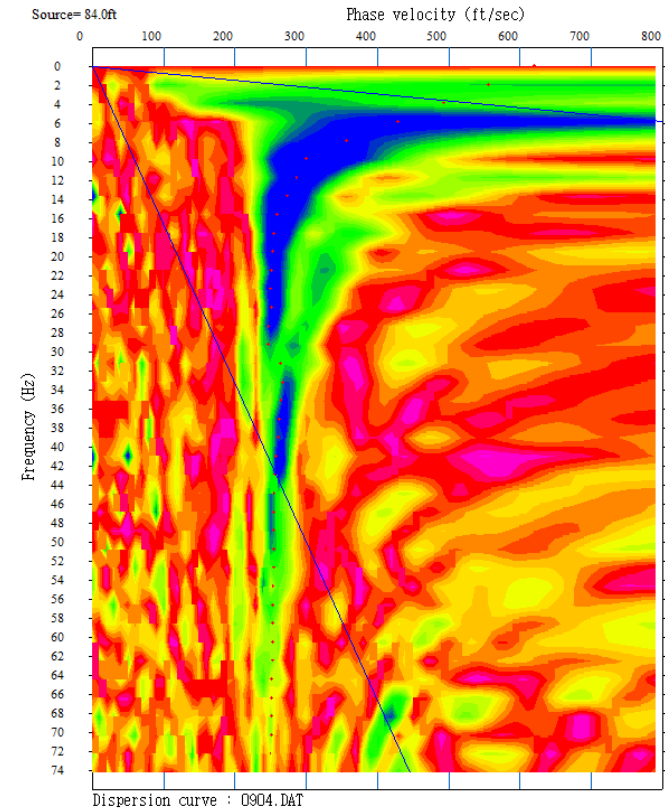
CAMARA DE BOMBEO CBD-03

ENSAYO MASW -09

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES "S"



CURVA DE DISPERSION





MASW-01

Proyecto: IMPLEMENTACION INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS

Realizado: D.E.G.M.

Ubicación: REP 04 - OLMOS

Revisado: H.S.A.

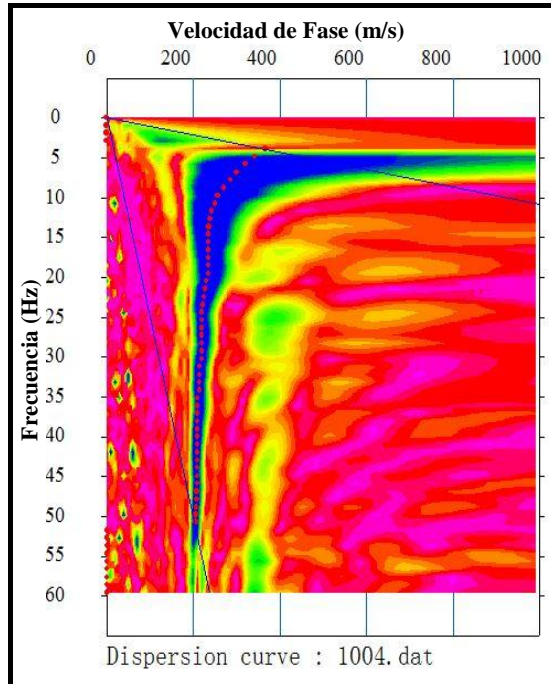
Coordenadas: 594252 E 9329536 N

Longitud de la

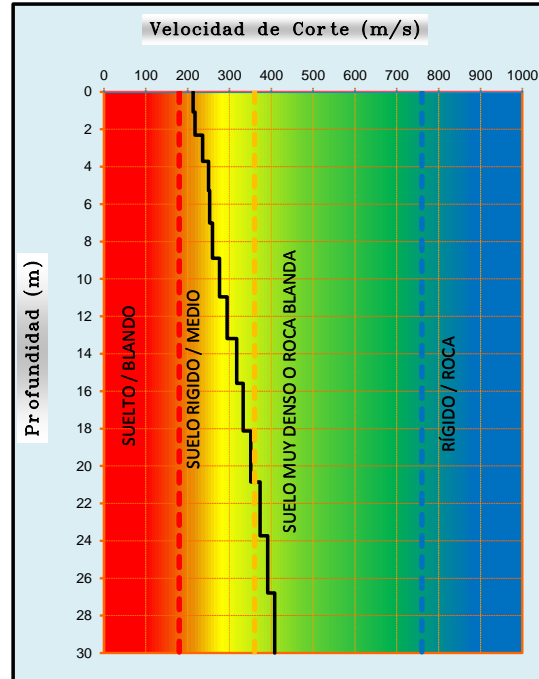
Fecha: NOVIEMBRE_2015

línea: 50 m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	213.00	0.00503
2.31	217.50	0.00568
3.71	235.50	0.00595
5.28	249.75	0.00627
7.01	252.25	0.00687
8.90	259.50	0.00733
10.96	276.25	0.00748
13.19	294.00	0.00759
15.58	317.25	0.00755
18.13	332.50	0.00771
20.85	351.00	0.00776
23.74	373.00	0.00775
26.79	391.00	0.00783
30.00	408.00	0.00789
	Σ	0.09868

Vs 30 (m/s)	304
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.49	S2
Suelo intermedio		



MASW-01

Proyecto: IMPLEMENTACION INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS

Realizado: D.E.G.M.

Ubicación: PTAP - OLMOS

Revisado: H.S.A.

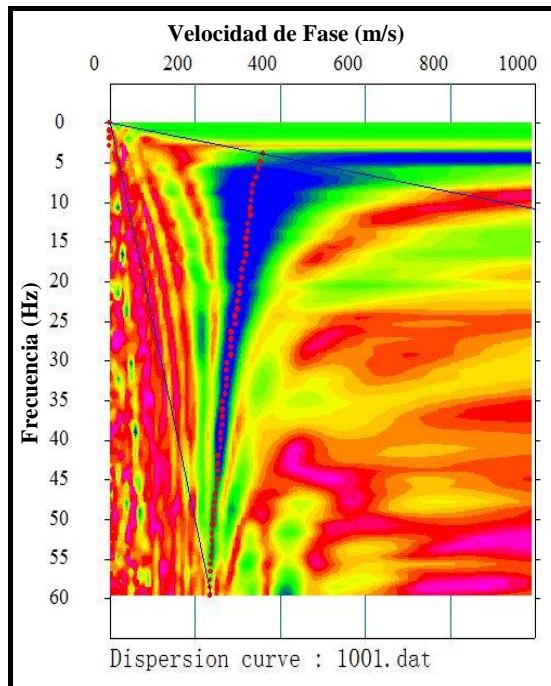
Coordenadas: 618915 E 9329131 E

Longitud de la

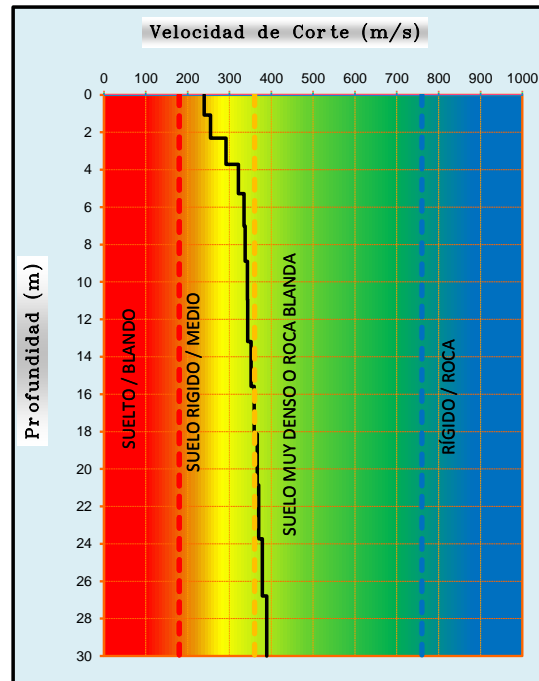
Fecha: NOVIEMBRE_2015

línea: 50 m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	239.50	0.00447
2.31	254.75	0.00485
3.71	291.50	0.00481
5.28	321.25	0.00488
7.01	334.50	0.00518
8.90	337.75	0.00562
10.96	342.75	0.00602
13.19	343.75	0.00648
15.58	351.50	0.00681
18.13	358.75	0.00713
20.85	366.25	0.00743
23.74	369.50	0.00781
26.79	378.50	0.00806
30.00	389.00	0.00827
	Σ	0.08781

Vs 30 (m/s)	342
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.44	S2
--------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio



MASW-02

Proyecto: IMPLEMENTACION INSTALACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS

Realizado: D.E.G.M.

Ubicación: PTAP - OLMOS

Revisado: H.S.A.

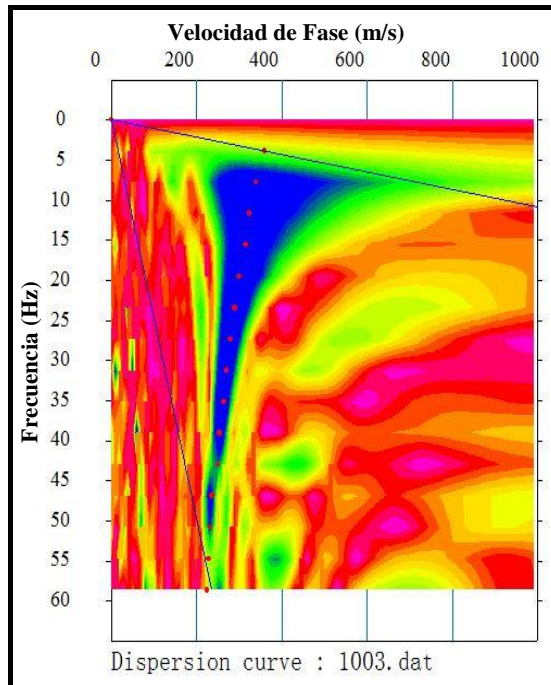
Coordenadas: 618913 E 9329063 N

Longitud de la

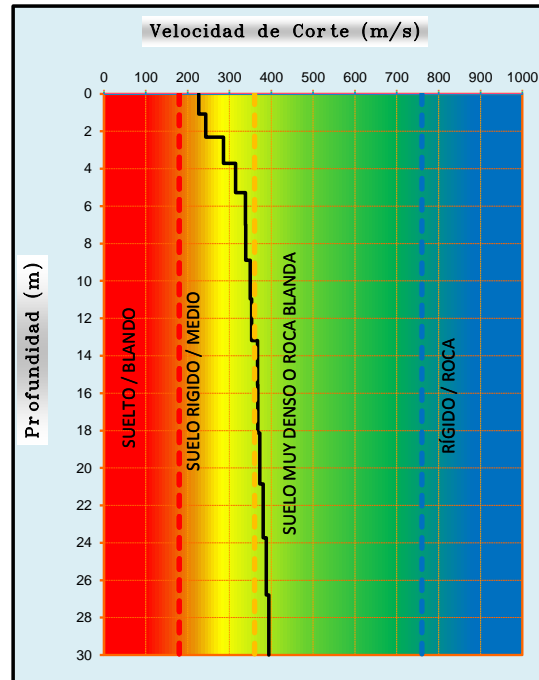
Fecha: NOVIEMBRE_2015

línea: 50 m

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Cuadro Resumen

D(m)	Vs(m/s)	D/Vs
1.07	226.50	0.00473
2.31	243.25	0.00508
3.71	285.50	0.00491
5.28	314.75	0.00498
7.01	338.00	0.00512
8.90	338.75	0.00560
10.96	349.75	0.00589
13.19	353.00	0.00630
15.58	366.75	0.00652
18.13	368.00	0.00694
20.85	372.50	0.00730
23.74	380.50	0.00758
26.79	388.25	0.00785
30.00	394.00	0.00816
	Σ	0.08697

Vs 30 (m/s)	345
Tipo de Suelo	D

Periodo fundamental (Ts)	0.43	S2
--------------------------	-------------	-----------

Suelo intermedio



ANEXO B
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
1	1.3	SPT-01 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-02 (Sotelo&Asociados)	6	220	6	4.87	1.7918	5.39363	1.84340	1.58313	0.09733	0.05344	1	0.0032	-2.72602283	-0.2706	-2.4852056
	2.3		18	214	19	2.75	2.8904	5.36598	2.94201	1.01259	-0.15704	-0.20690	2	0.0096	-2.34102714	-0.2148	-1.9730378
	3.3		20	231	22	1.92	2.9957	5.44242	3.11191	0.65158	-0.13823	-0.16644	3	0.0160	-2.14377048	-0.2027	-1.861923
	4.3		30	262	36	1.47	3.4012	5.56834	3.57800	0.38688	-0.11036	-0.13923	4	0.0224	-2.0058543	-0.2010	-1.8462944
	5.3		11	262	13	1.19	2.3979	5.56834	2.57470	0.17779	0.03628	0.07327	5	0.0288	-1.89802865	-0.1915	-1.7593717
	6.3		16	274	21	1.00	2.7726	5.61313	3.06062	0.00495	-0.01264	0.01514	6	0.0353	-1.80860224	-0.1897	-1.7423026
	7.3		21	270	28	0.87	3.0445	5.59842	3.33255	-0.14238	-0.08397	-0.05717	7	0.0417	-1.7316644	-0.1896	-1.7413403
2	1.3	SPT-02 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-07 (Sotelo&Asociados)	7	196	7	4.87	1.9459	5.27811	1.99755	1.58313	-0.04337	-0.09472	8	0.0481	-1.66379279	-0.1764	-1.6198803
	2.3		7	190	7	2.75	1.9459	5.24702	1.99755	1.01259	-0.12167	-0.12581	9	0.0545	-1.60282019	-0.1757	-1.6134134
	3.3		7	206	8	1.92	1.9459	5.32788	2.06209	0.65158	-0.08123	-0.05863	10	0.0609	-1.54728361	-0.1734	-1.5926399
	4.3		7	245	8	1.47	1.9459	5.50126	2.12272	0.38688	0.06034	0.10191	11	0.0673	-1.49614688	-0.1731	-1.5901642
	5.3		8	245	10	1.19	2.0794	5.50126	2.25625	0.17779	0.02122	0.07363	12	0.0737	-1.44864804	-0.1665	-1.5295688
	6.3		14	253	19	1.00	2.6391	5.53339	2.92709	0.00495	-0.07056	-0.03632	13	0.0801	-1.40420971	-0.1625	-1.4929745
3	1.3	SPT-03 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-13 (Sotelo&Asociados)	5	200	5	4.87	1.6094	5.29832	1.66108	1.58313	0.03181	-0.00325	14	0.0865	-1.36238339	-0.1605	-1.4737745
	2.3		5	202	5	2.75	1.6094	5.30827	1.66108	1.01259	-0.00544	0.00670	15	0.0929	-1.32281341	-0.1602	-1.4711296
	3.3		6	233	7	1.92	1.7918	5.45104	1.90794	0.65158	0.06712	0.09718	16	0.0994	-1.28521275	-0.1599	-1.468398
	4.3		10	245	12	1.47	2.3026	5.50126	2.47939	0.38688	0.00206	0.02637	17	0.1058	-1.24934624	-0.1524	-1.3996663
	5.3		6	245	7	1.19	1.7918	5.50126	1.96857	0.17779	0.06823	0.13456	18	0.1122	-1.21501866	-0.1521	-1.3967815
	6.3		7	253	9	1.00	1.9459	5.53339	2.23394	0.00495	0.04270	0.11049	19	0.1186	-1.18206607	-0.1449	-1.3311754
	7.3		9	264	12	0.87	2.1972	5.57595	2.48526	-0.14238	0.03200	0.09982	20	0.1250	-1.15034938	-0.1434	-1.3167325
	8.3		27	264	36	0.76	3.2958	5.57595	3.58387	-0.27076	-0.15813	-0.13287	21	0.1314	-1.11974953	-0.1347	-1.2375496

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
4	1.3	SPT-04 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-15 (Sotelo&Asociados)	6	205	6	4.87	1.7918	5.32301	1.84340	1.58313	0.02671	-0.01718	22	0.1378	-1.09016373	-0.1345	-1.2357324
	2.3		13	197	14	2.75	2.5649	5.28320	2.61659	1.01259	-0.18664	-0.22074	23	0.1442	-1.06150263	-0.1240	-1.1391838
	3.3		6	229	7	1.92	1.7918	5.43372	1.90794	0.65158	0.04980	0.07987	24	0.1506	-1.03368799	-0.1235	-1.1339358
	4.3		7	249	8	1.47	1.9459	5.51745	2.12272	0.38688	0.07654	0.11811	25	0.1571	-1.0066509	-0.1227	-1.1265694
	5.3		9	249	11	1.19	2.1972	5.51745	2.37403	0.17779	0.01817	0.06488	26	0.1635	-0.98033035	-0.1149	-1.0556981
	6.3		7	253	9	1.00	1.9459	5.53339	2.23394	0.00495	0.04270	0.11049	27	0.1699	-0.95467201	-0.1102	-1.0118647
	7.3		6	266	8	0.87	1.7918	5.58350	2.07979	-0.14238	0.10580	0.19324	28	0.1763	-0.92962727	-0.1089	-0.9998325
	8.3		17	266	23	0.76	2.8332	5.58350	3.12125	-0.27076	-0.07499	-0.02734	29	0.1827	-0.90515248	-0.1069	-0.9816852
5	1.3	SPT-05 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-20 (Sotelo&Asociados)	11	217	12	4.87	2.3979	5.37990	2.44954	1.58313	-0.01544	-0.08867	30	0.1891	-0.88120823	-0.1066	-0.9790918
	2.3		7	209	7	2.75	1.9459	5.34233	1.99755	1.01259	-0.02636	-0.03050	31	0.1955	-0.85775884	-0.1066	-0.978743
	3.3		12	238	13	1.92	2.4849	5.47227	2.60109	0.65158	-0.02491	-0.02839	32	0.2019	-0.83477189	-0.1045	-0.9599524
	4.3		14	260	17	1.47	2.6391	5.56068	2.81586	0.38688	0.00651	0.01453	33	0.2083	-0.8122178	-0.1011	-0.9284586
	5.3		19	260	23	1.19	2.9444	5.56068	3.12125	0.17779	-0.06069	-0.05015	34	0.2147	-0.7900695	-0.1002	-0.9202973
	6.3		27	275	36	1.00	3.2958	5.61677	3.58387	0.00495	-0.09449	-0.09204	35	0.2212	-0.76830216	-0.0996	-0.9145145
	7.3		26	296	35	0.87	3.2581	5.69036	3.54613	-0.14238	-0.02693	-0.01046	36	0.2276	-0.74689291	-0.0936	-0.8599192
6	1.3	SPT-07 (Sotelo & Asociados) Versus MASW-27 (Sotelo&Asociados)	5	230	5	4.87	1.6094	5.43808	1.66108	1.58313	0.17158	0.13651	37	0.2340	-0.72582066	-0.0916	-0.841331
	2.3		7	231	7	2.75	1.9459	5.44242	1.99755	1.01259	0.07373	0.06958	38	0.2404	-0.70506589	-0.0885	-0.8129289
	3.3		20	233	22	1.92	2.9957	5.45104	3.11191	0.65158	-0.12961	-0.15782	39	0.2468	-0.68461049	-0.0878	-0.8061665
	4.3		19	245	23	1.47	2.9444	5.50126	3.12125	0.38688	-0.10281	-0.10957	40	0.2532	-0.66443763	-0.0868	-0.7975229
	5.3		25	245	30	1.19	3.2189	5.50126	3.39568	0.17779	-0.16496	-0.16770	41	0.2596	-0.64453161	-0.0852	-0.7824205
	6.3		26	276	35	1.00	3.2581	5.62040	3.54613	0.00495	-0.08470	-0.08042	42	0.2660	-0.62487777	-0.0838	-0.7695495
	7.3		29	295	39	0.87	3.3673	5.68698	3.65533	-0.14238	-0.04816	-0.03698	43	0.2724	-0.60546241	-0.0829	-0.7611728

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
7	1.3	SPT-33 (ConstruPeru) Versus MASW-03 (Sotelo&Asociados)	17	223	18	4.87	2.8332	5.40717	2.88486	1.58313	-0.05930	-0.15359	44	0.2788	-0.58627265	-0.0807	-0.7412075
	2.3		20	215	21	2.75	2.9957	5.37064	3.04738	1.01259	-0.16959	-0.22455	45	0.2853	-0.5672964	-0.0807	-0.7411936
	3.3		19	227	21	1.92	2.9444	5.42495	3.06062	0.65158	-0.14732	-0.17304	46	0.2917	-0.54852228	-0.0794	-0.7289762
	4.3		17	264	20	1.47	2.8332	5.57595	3.01002	0.38688	-0.00995	-0.01133	47	0.2981	-0.52993955	-0.0730	-0.6703662
	5.3		21	264	25	1.19	3.0445	5.57595	3.22133	0.17779	-0.06178	-0.05608	48	0.3045	-0.51153804	-0.0718	-0.6593635
	6.3		23	274	31	1.00	3.1355	5.61313	3.42353	0.00495	-0.07194	-0.06173	49	0.3109	-0.49330815	-0.0709	-0.6510857
	7.3		22	267	29	0.87	3.0910	5.58725	3.37907	-0.14238	-0.10274	-0.07819	50	0.3173	-0.47524075	-0.0690	-0.6333279
8	1.3	SPT-07 (ConstruPeru) Versus MASW-09 (ConstruPeru)	15	287	16	4.87	2.7081	5.65948	2.75969	1.58313	0.21347	0.12523	51	0.3237	-0.45732718	-0.0631	-0.579789
	2.3		22	320	23	2.75	3.0910	5.76832	3.14269	1.01259	0.21252	0.15295	52	0.3301	-0.43955918	-0.0529	-0.4861567
	3.3		18	275	20	1.92	2.8904	5.61677	3.00655	0.65158	0.05334	0.03023	53	0.3365	-0.42192889	-0.0523	-0.4805351
	5.3		15	205	18	1.19	2.7081	5.32301	2.88486	0.17779	-0.25974	-0.23775	54	0.3429	-0.40442879	-0.0507	-0.4656862
	6.3		14	245	19	1.00	2.6391	5.50126	2.92709	0.00495	-0.10269	-0.06845	55	0.3494	-0.38705168	-0.0502	-0.4613469
	7.3		17	312	23	0.87	2.8332	5.74300	3.12125	-0.14238	0.09514	0.13217	56	0.3558	-0.36979068	-0.0471	-0.4328721
	8.3		19	312	25	0.76	2.9444	5.74300	3.23247	-0.27076	0.06634	0.10861	57	0.3622	-0.35263916	-0.0435	-0.3991752
	9.3		30	338	40	0.68	3.4012	5.82305	3.68923	-0.38452	0.06234	0.09191	58	0.3686	-0.33559077	-0.0394	-0.3623216
	11.3		35	342	49	0.56	3.5553	5.83481	3.89467	-0.57931	0.02442	0.06017	59	0.3750	-0.31863936	-0.0347	-0.3186716
	12.3		30	342	42	0.51	3.4012	5.83481	3.74052	-0.66410	0.04259	0.09282	60	0.3814	-0.30177904	-0.0340	-0.3127128

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
9	1.3	SPT-08 (ConstruPeru) Versus MASW-05 (ConstruPeru)	11	200	12	4.87	2.3979	5.29832	2.44954	1.58313	-0.09702	-0.17025	61	0.3878	-0.28500407	-0.0332	-0.305283
	2.3		7	204	7	2.75	1.9459	5.31812	1.99755	1.01259	-0.05057	-0.05471	62	0.3942	-0.26830892	-0.0310	-0.2844398
	4.3		15	270	18	1.47	2.7081	5.59842	2.88486	0.38688	0.03298	0.03766	63	0.4006	-0.25168824	-0.0309	-0.2838104
	5.3		17	270	20	1.19	2.8332	5.59842	3.01002	0.17779	-0.00478	0.01115	64	0.4071	-0.23513679	-0.0295	-0.2706161
	6.3		7	230	9	1.00	1.9459	5.43808	2.23394	0.00495	-0.05261	0.01518	65	0.4135	-0.21864952	-0.0287	-0.263745
	7.3		17	255	23	0.87	2.8332	5.54126	3.12125	-0.14238	-0.10660	-0.06957	66	0.4199	-0.20222147	-0.0283	-0.259485
	8.3		21	255	28	0.76	3.0445	5.54126	3.33255	-0.27076	-0.15175	-0.11432	67	0.4263	-0.18584782	-0.0276	-0.2532185
	9.3		24	260	32	0.68	3.1781	5.56068	3.46609	-0.38452	-0.16356	-0.12319	68	0.4327	-0.16952385	-0.0208	-0.1910698
	10.3		35	387	49	0.61	3.5553	5.95842	3.89467	-0.48665	0.15570	0.18378	69	0.4391	-0.15324493	-0.0198	-0.1817781
	11.3		34	422	48	0.56	3.5264	6.04501	3.86569	-0.57931	0.23935	0.27650	70	0.4455	-0.13700652	-0.0157	-0.1446389
12.3	38	422	53	0.51	3.6376	6.04501	3.97691	-0.66410	0.21416	0.25294	71	0.4519	-0.12080416	-0.0139	-0.1275639		
11	1.3	SPT-19 (ConstruPeru) Versus MASW-05 (ConstruPeru)	4	200	4	4.87	1.3863	5.29832	1.43794	1.58313	0.06827	0.04401	72	0.4583	-0.10463346	-0.0126	-0.1160143
	2.3		6	204	6	2.75	1.7918	5.31812	1.84340	1.01259	-0.02538	-0.02207	73	0.4647	-0.08849007	-0.0112	-0.1026966
	3.3		23	280	26	1.92	3.1355	5.63479	3.25168	0.65158	0.03131	-0.00367	74	0.4712	-0.07236971	-0.0100	-0.0922866
	4.3		12	270	14	1.47	2.4849	5.59842	2.66171	0.38688	0.06944	0.08492	75	0.4776	-0.05626813	-0.0098	-0.0896136
	5.3		19	270	23	1.19	2.9444	5.59842	3.12125	0.17779	-0.02295	-0.01241	76	0.4840	-0.04018113	-0.0091	-0.0837712
	6.3		13	230	17	1.00	2.5649	5.43808	2.85298	0.00495	-0.15376	-0.11593	77	0.4904	-0.02410453	-0.0077	-0.070425
	7.3		21	255	28	0.87	3.0445	5.54126	3.33255	-0.14238	-0.14113	-0.11432	78	0.4968	-0.00803415	-0.0074	-0.068206
	8.3		15	255	20	0.76	2.7081	5.54126	2.99608	-0.27076	-0.09677	-0.04306	79	0.5032	0.008034151	-0.0073	-0.0670661
	9.3		30	387	40	0.68	3.4012	5.95842	3.68923	-0.38452	0.19772	0.22729	80	0.5096	0.024104529	-0.0013	-0.0117752
	10.3		31	387	44	0.61	3.4340	5.95842	3.77331	-0.48665	0.17553	0.20948	81	0.5160	0.040181135	0.0009	0.0081173
	11.3		30	387	42	0.56	3.4012	5.95842	3.74052	-0.57931	0.17322	0.21643	82	0.5224	0.056268133	0.0028	0.02559252
	12.3		39	420	55	0.51	3.6636	6.04025	4.00289	-0.66410	0.20516	0.24269	83	0.5288	0.072369706	0.0059	0.0540071

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
12	1.3	SPT-06 (ConstruPeru) Versus MASW-01* (Sotelo&Asociados)	16	213	17	4.87	2.7726	5.36129	2.82423	1.58313	-0.09527	-0.18663	84	0.5353	0.088490066	0.0079	0.07269494
	2.3		5	217	5	2.75	1.6094	5.37990	1.66108	1.01259	0.06619	0.07833	85	0.5417	0.104633456	0.0111	0.10192704
	3.3		18	235	20	1.92	2.8904	5.45959	3.00655	0.65158	-0.10385	-0.12695	86	0.5481	0.120804162	0.0123	0.11291796
	4.3		8	249	10	1.47	2.0794	5.51745	2.25625	0.38688	0.05472	0.08983	87	0.5545	0.137006521	0.0124	0.11425251
	5.3		20	249	24	1.19	2.9957	5.51745	3.17254	0.17779	-0.11230	-0.10424	88	0.5609	0.153244929	0.0137	0.12616977
	6.3		11	252	15	1.00	2.3979	5.52943	2.68593	0.00495	-0.03511	0.01080	89	0.5673	0.169523849	0.0258	0.2369073
	7.3		10	259	13	0.87	2.3026	5.55683	2.59062	-0.14238	-0.00433	0.05838	90	0.5737	0.18584782	0.0260	0.23903787
	8.3		16	259	21	0.76	2.7726	5.55683	3.06062	-0.27076	-0.09175	-0.04116	91	0.5801	0.202221469	0.0292	0.2677747
	9.3		25	276	33	0.68	3.2189	5.62040	3.50691	-0.38452	-0.11051	-0.07211	92	0.5865	0.218649517	0.0292	0.26798765
	10.3		25	276	35	0.61	3.2189	5.62040	3.55820	-0.48665	-0.12735	-0.08298	93	0.5929	0.235136791	0.0292	0.26847164
	11.3		29	294	41	0.56	3.3673	5.68358	3.70662	-0.57931	-0.09609	-0.05123	94	0.5994	0.251688235	0.0303	0.27816038
	12.3		41	294	58	0.51	3.7136	5.68358	4.05290	-0.66410	-0.15968	-0.12458	95	0.6058	0.268308923	0.0339	0.31126524
13	1.3	SPT-28 (ConstruPeru) Versus MASW-18 (Sotelo&Asociados)	6	217	6	4.87	1.7918	5.37990	1.84340	1.58313	0.08360	0.03971	96	0.6122	0.285004068	0.0415	0.38138037
	2.3		7	213	7	2.75	1.9459	5.36129	1.99755	1.01259	-0.00740	-0.01154	97	0.6186	0.301779036	0.0437	0.40115481
	3.3		9	232	10	1.92	2.1972	5.44674	2.31341	0.65158	-0.00343	0.00701	98	0.6250	0.318639364	0.0437	0.40153414
	4.3		13	249	16	1.47	2.5649	5.51745	2.74176	0.38688	-0.02461	-0.01300	99	0.6314	0.335590767	0.0451	0.41409183
	5.3		25	249	30	1.19	3.2189	5.51745	3.39568	0.17779	-0.14876	-0.15150	100	0.6378	0.352639162	0.0451	0.41409183
	7.3		36	263	48	0.87	3.5835	5.57215	3.87155	-0.14238	-0.19831	-0.19759	101	0.6442	0.369790678	0.0455	0.41812528
14	1.3	SPT-04 (ConstruPeru) Versus MASW-03 (ConstruPeru)	9	192	9	4.87	2.1972	5.25750	2.24887	1.58313	-0.10505	-0.16857	102	0.6506	0.38705168	0.0456	0.41856392
	2.3		4	179	4	2.75	1.3863	5.18739	1.43794	1.01259	-0.08986	-0.06692	103	0.6571	0.404428786	0.0460	0.4227281
	3.3		5	205	6	1.92	1.6094	5.32301	1.72562	0.65158	-0.03112	0.00777	104	0.6635	0.421928889	0.0474	0.43499747
	4.3		9	230	11	1.47	2.1972	5.43808	2.37403	0.38688	-0.04390	-0.01449	105	0.6699	0.439559181	0.0483	0.44394142
	5.3		31	250	37	1.19	3.4340	5.52146	3.61079	0.17779	-0.17990	-0.19306	106	0.6763	0.457327179	0.0490	0.45023609
	6.3		32	254	43	1.00	3.4657	5.53733	3.75377	0.00495	-0.20169	-0.20747	107	0.6827	0.475240751	0.0500	0.45924917
	7.3		31	260	41	0.87	3.4340	5.56068	3.72202	-0.14238	-0.18535	-0.17739	108	0.6891	0.493308148	0.0510	0.46878261
	8.3		33	260	44	0.76	3.4965	5.56068	3.78454	-0.27076	-0.20619	-0.19064	109	0.6955	0.51153804	0.0510	0.46878261

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
15	1.3	SPT-18 (ConstruPeru) Versus MASW-04 (ConstruPeru)	14	260	15	4.87	2.6391	5.56068	2.69070	1.58313	0.12594	0.04104	110	0.7019	0.529939546	0.0516	0.47416935
	2.3		9	245	9	2.75	2.1972	5.50126	2.24887	1.01259	0.09150	0.07520	111	0.7083	0.548522283	0.0574	0.5271989
	3.3		9	257	10	1.92	2.1972	5.54908	2.31341	0.65158	0.09890	0.10934	112	0.7147	0.567296403	0.0581	0.53324918
	4.3		12	303	14	1.47	2.4849	5.71373	2.66171	0.38688	0.18475	0.20023	113	0.7212	0.586272649	0.0583	0.5358487
	5.3		16	303	19	1.19	2.7726	5.71373	2.94940	0.17779	0.12044	0.13930	114	0.7276	0.605462409	0.0584	0.53664549
	6.3		25	325	33	1.00	3.2189	5.78383	3.50691	0.00495	0.08513	0.09131	115	0.7340	0.624877772	0.0608	0.55862555
	8.3		31	315	41	0.76	3.4340	5.75257	3.72202	-0.27076	-0.00408	0.01450	116	0.7404	0.644531606	0.0633	0.58178237
	9.3		19	300	25	0.68	2.9444	5.70378	3.23247	-0.38452	0.01771	0.06939	117	0.7468	0.664437628	0.0642	0.58972353
	10.3		17	300	24	0.61	2.8332	5.70378	3.17254	-0.48665	0.01905	0.08209	118	0.7532	0.684610493	0.0659	0.60518148
16	1.3	SPT-03 (ConstruPeru) Versus MASW-01 PTAP (Sotelo&Asociados)	24	239	25	4.87	3.1781	5.47646	3.22970	1.58313	-0.04635	-0.15734	119	0.7596	0.705065893	0.0698	0.64130079
	2.3		16	254	17	2.75	2.7726	5.53733	2.82423	1.01259	0.03357	-0.01059	120	0.7660	0.725820663	0.0714	0.65553707
	3.3		22	291	25	1.92	3.0910	5.67332	3.20722	0.65158	0.07710	0.04428	121	0.7724	0.746892911	0.0719	0.66014692
	4.3		33	321	39	1.47	3.4965	5.77144	3.67331	0.38688	0.07716	0.04368	122	0.7788	0.768302159	0.0725	0.66575186
	5.3		41	321	49	1.19	3.7136	5.77144	3.89038	0.17779	0.02439	-0.00229	123	0.7853	0.790069502	0.0736	0.6759496
	6.3		35	334	47	1.00	3.5553	5.81114	3.84338	0.00495	0.05747	0.04736	124	0.7917	0.812217801	0.0737	0.67733863
	7.3		31	337	41	0.87	3.4340	5.82008	3.72202	-0.14238	0.07405	0.08201	125	0.7981	0.834771893	0.0826	0.75841384
	8.3		46	337	61	0.76	3.8286	5.82008	4.11667	-0.27076	-0.00105	-0.00158	126	0.8045	0.857758842	0.0857	0.78742992
17	1.3	SPT-02 (ConstruPeru) Versus MASW-01 (ConstruPeru)	14	245	15	4.87	2.6391	5.50126	2.69070	1.58313	0.06652	-0.01838	127	0.8109	0.881208225	0.0861	0.79079485
	2.3		25	260	26	2.75	3.2189	5.56068	3.27052	1.01259	-0.01601	-0.08177	128	0.8173	0.905152475	0.0889	0.81623313
	3.3		37	325	42	1.92	3.6109	5.78383	3.72710	0.65158	0.10266	0.04467	129	0.8237	0.929627271	0.0916	0.84114513
	4.3		36	385	43	1.47	3.5835	5.95324	3.76033	0.38688	0.24475	0.20705	130	0.8301	0.954672008	0.0947	0.86957195
	5.3		44	385	53	1.19	3.7842	5.95324	3.96100	0.17779	0.19466	0.16455	131	0.8365	0.980330352	0.0968	0.88953657
	6.3		36	380	48	1.00	3.5835	5.94017	3.87155	0.00495	0.18190	0.17042	132	0.8429	1.006650902	0.1006	0.92405348
	7.3		31	380	41	0.87	3.4340	5.94017	3.72202	-0.14238	0.19414	0.20210	133	0.8494	1.033687986	0.1028	0.94445404
	8.3		49	428	65	0.76	3.8918	6.05912	4.17985	-0.27076	0.22766	0.22408	134	0.8558	1.06150263	0.1034	0.94979821

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA LA CORRELACIÓN

N°	Prof.	SPT versus MASW	DATOS DE CAMPO		CORRECCIONES		PARÁMETROS ESTADÍSTICOS para el análisis de regresión múltiple				Residuo con sobrecarga	Residuo sin sobrecarga	GRAFICO Q-Q				
			N	Vs	N60	Pa/V'o	LnN	Ln(Vs)	Ln(N60)	Ln(Pa/V'o)			i	f (para: n>10)	Quantil teórico de una normal	residuo con sobrecarga (ordenado)	Quantil de datos normales
18	1.3	SPT-01 (Geoingeniería) Versus MASW-02 (ConstruPeru)	11	250	12	4.87	2.3979	5.52146	2.44954	1.58313	0.12612	0.05290	135	0.8622	1.090163734	0.1095	1.00611939
	2.3		20	240	21	2.75	2.9957	5.48064	3.04738	1.01259	-0.05959	-0.11455	136	0.8686	1.119749528	0.1143	1.05016743
	3.3		22	245	25	1.92	3.0910	5.50126	3.20722	0.65158	-0.09496	-0.12778	137	0.8750	1.15034938	0.1267	1.16407289
	4.3		24	305	29	1.47	3.1781	5.72031	3.35486	0.38688	0.07807	0.06000	138	0.8814	1.182066067	0.1420	1.30422716
	5.3		15	305	18	1.19	2.7081	5.72031	2.88486	0.17779	0.13756	0.15955	139	0.8878	1.21501866	0.1424	1.30840056
	7.3		51	357	68	0.87	3.9318	5.87774	4.21986	-0.14238	0.05036	0.03422	140	0.8942	1.249346242	0.1481	1.36062319
	8.3		50	357	67	0.76	3.9120	5.87774	4.20006	-0.27076	0.04297	0.03841	141	0.9006	1.285212752	0.1558	1.4311883
19	1.3	SPT-01 (Geoingeniería) Versus MASW-02*PTAP (Sotelo&Asociados)	11	226	12	4.87	2.3979	5.42053	2.44954	1.58313	0.02520	-0.04803	142	0.9071	1.322813412	0.1627	1.4945213
	2.3		20	243	21	2.75	2.9957	5.49306	3.04738	1.01259	-0.04717	-0.10212	143	0.9135	1.362383389	0.1681	1.54401246
	3.3		22	285	25	1.92	3.0910	5.65249	3.20722	0.65158	0.05627	0.02345	144	0.9199	1.404209713	0.1812	1.66432946
	4.3		24	314	29	1.47	3.1781	5.74939	3.35486	0.38688	0.10715	0.08908	145	0.9263	1.448648042	0.1825	1.67584288
	5.3		15	314	18	1.19	2.7081	5.74939	2.88486	0.17779	0.16665	0.18863	146	0.9327	1.496146876	0.1826	1.67742326
	7.3		51	338	68	0.87	3.9318	5.82305	4.21986	-0.14238	-0.00433	-0.02047	147	0.9391	1.547283612	0.1854	1.70272439
	8.3		50	338	67	0.76	3.9120	5.82305	4.20006	-0.27076	-0.01172	-0.01628	148	0.9455	1.602820185	0.1888	1.73397117
20	1.3	SPT-01 (ConstruPeru) Versus MASW-02*PTAP (Sotelo&Asociados)	24	226	25	4.87	3.1781	5.42053	3.22970	1.58313	-0.10228	-0.21327	149	0.9519	1.663792786	0.1899	1.74433063
	2.3		24	243	25	2.75	3.1781	5.49306	3.22970	1.01259	-0.07696	-0.14074	150	0.9583	1.731664396	0.1915	1.75904582
	3.3		22	285	25	1.92	3.0910	5.65249	3.20722	0.65158	0.05627	0.02345	151	0.9647	1.808602238	0.2005	1.84193259
	4.3		34	314	41	1.47	3.5264	5.74939	3.70317	0.38688	0.05024	0.01531	152	0.9712	1.898028653	0.2089	1.91859153
	5.3		29	314	35	1.19	3.3673	5.74939	3.54410	0.17779	0.05893	0.04900	153	0.9776	2.005854304	0.2186	2.00786518
	6.3		37	338	49	1.00	3.6109	5.82305	3.89895	0.00495	0.06030	0.04750	154	0.9840	2.143770476	0.2287	2.10064279
	7.3		37	338	49	0.87	3.6109	5.82305	3.89895	-0.14238	0.04811	0.04750	155	0.9904	2.341027138	0.2294	2.1074702
	8.3		56	338	75	0.76	4.0254	5.82305	4.31338	-0.27076	-0.03023	-0.04028	156	0.9968	2.726022831	0.2400	2.20414981
Media			19	260	23	1.19	2.94				0.1088713	0.1162150					
											Desv. Estándar						

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE ENTRE N Y Vs

Estadísticas de la regresión	
Coficiente de correlación múltip	0.756188598
Coficiente de determinación R ²	0.571821195
R ² ajustado	0.569040813
Error típico	0.123789031
Observaciones	156

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3.151520483	3.151520483	205.6628285	3.64688E-30
Residuos	154	2.359853542	0.015323724		
Total	155	5.511374024			

	Coficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	4.959945508	0.044986435	110.2542464	1.9925E-148	4.871075343	5.048815674	4.871075343	5.048815674
Variable X 1	0.222335596	0.015503548	14.34094936	3.64688E-30	0.191708522	0.25296267	0.191708522	0.25296267

$\beta_0 = \text{Intercepción} =$	4.959945508
$\beta_1 = X1 =$	0.222335596

$$Vs = A * N^B$$

$\beta_0 = \ln A =$	4.959945508	-->	A = 142.5860185
$\beta_1 = B =$	0.222335596	-->	B = 0.222335596

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE ENTRE N60 Y Vs

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.787505097
Coeficiente de determinación R ²	0.620164277
R ² ajustado	0.617697811
Error típico	0.11659166
Observaciones	156

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3.417957287	3.417957287	251.4384322	3.45469E-34
Residuos	154	2.093416737	0.013593615		
Total	155	5.511374024			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	4.949779127	0.04139363	119.5782814	8.5542E-154	4.868006505	5.031551748	4.868006505	5.031551748
Variable X 1	0.211842517	0.013359718	15.85681028	3.45469E-34	0.185450553	0.238234481	0.185450553	0.238234481

β_0 = Intercepción =	4.949779127
β_1 = X1 =	0.211842517

$Vs = A * N^B$

$\beta_0 = \ln A = 4.949779127 \quad \rightarrow \quad A = 141.1437783$
 $\beta_1 = B = 0.211842517 \quad \rightarrow \quad B = 0.211842517$

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE ENTRE Pa/σ' Y Vs

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.670310043
Coefficiente de determinación R ²	0.449315554
R ² ajustado	0.445739681
Error típico	0.140385091
Observaciones	156

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2.476346073	2.476346073	125.6519878	1.06504E-21
Residuos	154	3.035027952	0.019707974		
Total	155	5.511374024			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	5.660980993	0.012934116	437.6782459	3.0339E-240	5.635429802	5.686532184	5.635429802	5.686532184
Variable X 1	-0.197428863	0.017612701	-11.20945975	1.06504E-21	-0.232222543	-0.162635182	-0.232222543	-0.162635182

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MULTIPLE

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0.816487132
Coeficiente de determinación R^2	0.666651237
R^2 ajustado	0.662293737
Error típico	0.109580594
Observaciones	156

VIF	=	2.96
-----	---	------

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	3.67416431	1.837082155	152.98938	3.1751E-37
Residuos	153	1.837209714	0.012007907		
Total	155	5.511374024			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	5.126076716	0.054500049	94.05636927	2.78E-137	5.01840695	5.233746485	5.01840695	5.233746485
Variable X 1	0.163398445	0.016360106	9.98761538	2.134E-18	0.13107758	0.195719312	0.13107758	0.195719312
Variable X 2	-0.08274145	0.017912709	-4.619147853	8.119E-06	-0.1181296	-0.047353277	-0.11812963	-0.047353277

$$\ln V_s = \beta_0 + \beta_1 \ln(N_{60}) + \beta_2 \ln\left(\frac{P_a}{\sigma_v}\right) + \varepsilon \quad (6)$$

$\beta_0 =$ Intercepción =	5.1260767
$\beta_1 =$ X1 =	0.1633984
$\beta_2 =$ X2 =	-0.082741

$$Vs = A * N^B$$

$\beta_0 = \ln A = 5.1260767 \rightarrow A = 168.355306$
 $\beta_1 = B = 0.1633984 \rightarrow B = 0.163398445$

ANEXO C
PANEL FOTOGRAFICO



PROYECTO NUEVA CIUDAD DE OLMOS – ENSAYOS SPT



Foto 01. Fotografía del SPT-1



Foto 02. Fotografía del SPT-2



Foto 03. Fotografía del SPT-3



Foto 04. Fotografía del SPT-4



SOTELo & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL PROYECTO NUEVA CIUDAD OLMOS

REV. 00

Fecha Revisión 03/10/2016

HSA-16059



Foto 05. Fotografía del SPT-5



Foto 06. Fotografía del SPT-6



Foto 07. Fotografía del SPT-7

ANEXO E: PANEL FOTOGRÁFICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygiraldo@hsa.net.pe
Tel: 01-7190500

Firma del profesional responsable



SPT-1: PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable)



SPT-1: Donde se llegó a una profundidad de exploración de 8.45m.



Otra vista panorámica del Ensayo de Penetración Estándar SPT-2/PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable).



Muestra extraída del Ensayo de Penetración Estándar SPT-2/PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable).



Otra vista panorámica del Ensayo de Penetración Estándar SPT-3/PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable).



Muestra extraída del Ensayo de Penetración Estándar SPT-3/PTAP (Planta de Tratamiento de Agua Potable).



Otra vista panorámica del Ensayo de Penetración Estándar SPT-28/Eje B2 - Eje D5.



Muestra extraída del Ensayo de Penetración Estándar SPT-28/Eje B2 - Eje D5.



Otra vista panorámica del Ensayo de Penetración Estándar SPT-32/Eje B2 - Vía Expresa.



Muestra extraída del Ensayo de Penetración Estándar SPT-32/Eje B2 - Vía Expresa.



VISTA FOTOGRAFICA DONDE SE
OBSERVA EL ENSAYO DE SPT 01




ROBERTO NARVAEZ LOPEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 71929



VISTA FOTOGRAFICA DONDE SE
OBSERVA EL ENSAYO DE SPT 01



ROBERTO NARVÁEZ LOPEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. Colegio de Ingenieros N° 71929





PROYECTO NUEVA CIUDAD DE OLMOS – ENSAYOS MASW



Foto 07. Fotografía del MASW-7



Foto 02. Fotografía del MASW-2



Foto 03. Fotografía del MASW-3



Foto 13. Fotografía del MASW-13



Foto 15. Fotografía del MASW-15



Foto 18. Fotografía del MASW-18



Foto20. Fotografía del MASW-20



Foto 27. Fotografía del MASW-27

GEOFISICA SANEAMIENTO



Foto 1. Ensayo MASW – 01 en planta de tratamiento de agua potable PTAP.



Foto 2. Ensayo MASW - 02 en planta de tratamiento de agua potable PTAP.

GEOFISICA SANEAMIENTO



Foto 3. Ensayo MASW – 03 en reservorio REP -01

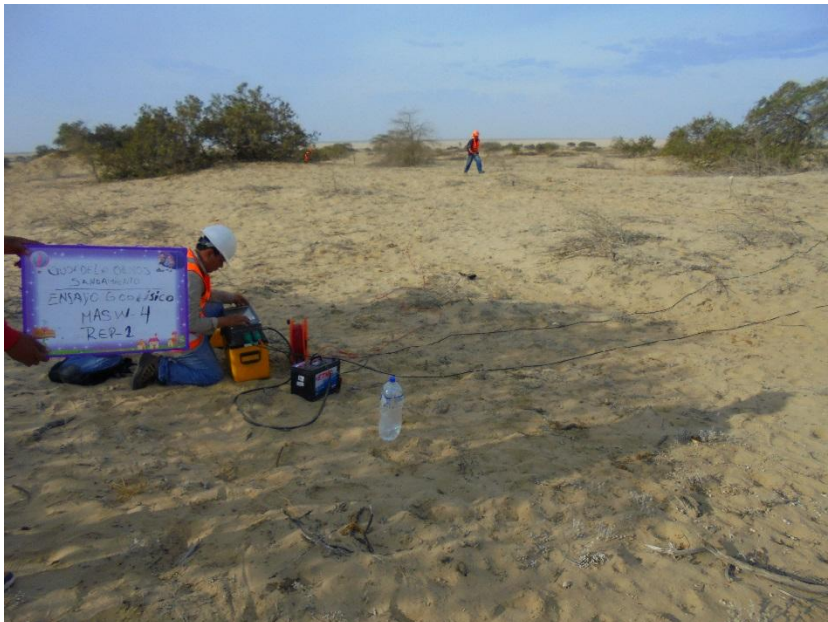


Foto 4. Ensayo MASW 04 en reservorio REP - 02

GEOFISICA SANEAMIENTO

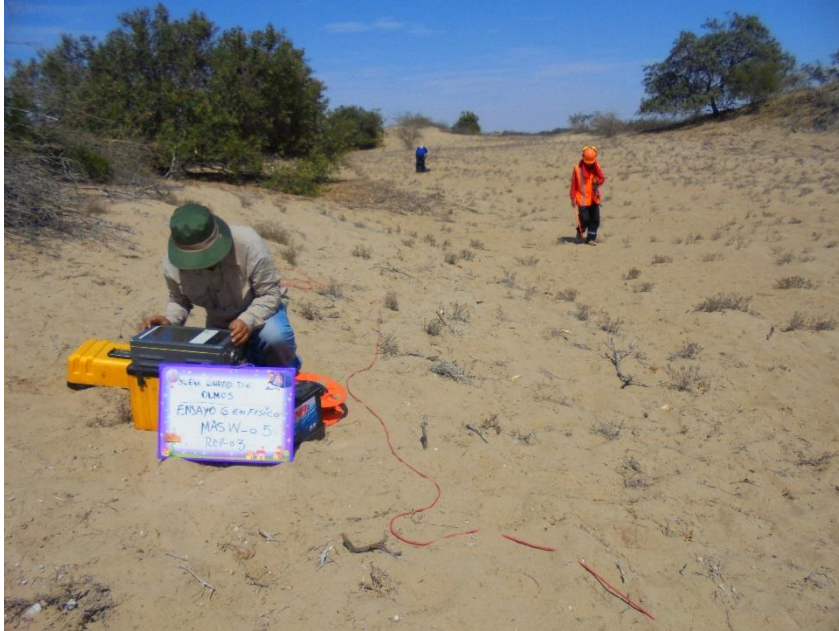


Foto 5. Ensayo MASW 05 en reservorio REP - 03

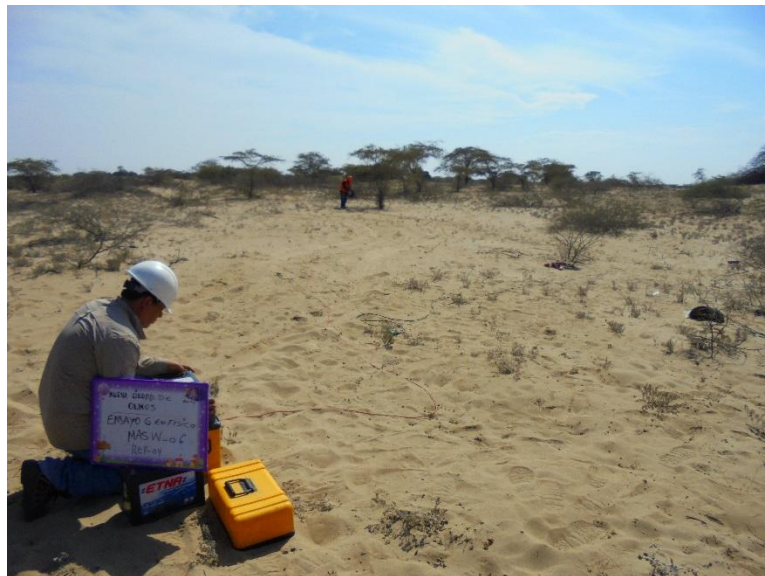


Foto 6. Ensayo MASW 06 en reservorio REP - 04

GEOFISICA SANEAMIENTO



Foto 5. Ensayo MASW 07 en cámara de bombeo CBD - 01

GEOFISICA SANEAMIENTO



Foto 7. Ensayo MASW 08 en cámara de bombeo CBD – 02.



Foto 8. Ensayo MASW 09 en cámara de bombeo CBD – 03.

GEOFISICA VIAL



Foto 9. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-01



Foto 10. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-02

GEOFISICA VIAL



Foto 11. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-03



Foto 12. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-04

GEOFISICA VIAL

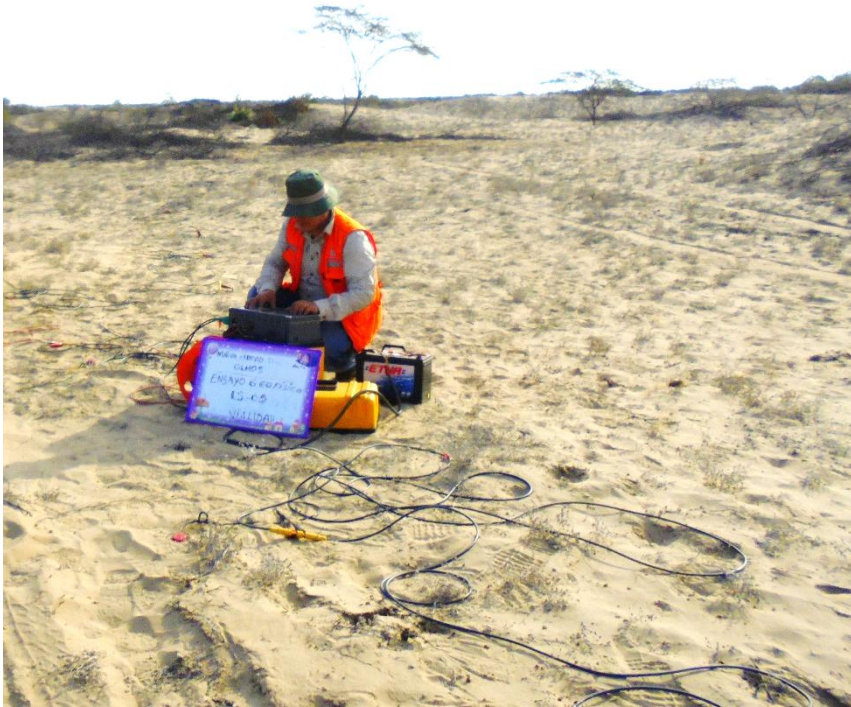


Foto 13. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-05



Foto 14. Ensayo de refracción sísmica vialidad LS-06



PANEL DE FOTOGRÁFICO

EXCAVACIÓN DE CALICATAS



Foto 1. Calicata C-01 de 7.00 m de profundidad, ubicado en el PTAP



Foto 2. Calicata C-02 de 7.00 m de profundidad, ubicado en el PTAP



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

Instalación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Nueva Ciudad de Olmos, Distrito de Olmos - Provincia de Lambayeque - Región Lambayeque

REV. 00

Fecha Revisión 01/10/2015

HSA-15107



Foto 3. Calicata C-01 de 4.00 m. de profundidad, ubicado en el Reservorio 1. Las paredes de la calicata se colapsan, e impiden seguir excavando.



Foto 4. Calicata C-01 de 4.00 m. de profundidad, ubicado en el Reservorio 4. Las paredes de la calicata se colapsan e impiden seguir excavando.

INFORME GEOTÉCNICO	hsotelo@hsa.net.pe ygirardo@hsa.net.pe Tel: 4617030	Firma del profesional responsable
--------------------	--	-----------------------------------



ENSAYOS DE DPL



Foto 5. DPL-2 de 1.40 m. de penetración, realizado en un calicata de 2.00 m de profundidad, ubicado en PTAP



Foto 6. DPL-3 de 3.00 m. de penetración, ubicado en PTAP



Foto 6. DPL-4 de 1.60 m. de penetración, ubicado en PTAP



Foto 7. DPL-5 de 0.50 m. de penetración, realizado en un calicata de 2.50 m de profundidad, ubicado en PTAP



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

Instalación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Nueva Ciudad de Olmos, Distrito de Olmos - Provincia de Lambayeque - Región Lambayeque

REV. 00

Fecha Revisión 01/10/2015

HSA-15107



Foto 8. DPL-1 de 3.70 m. de penetración, ubicado en el REP 1



Foto 9. DPL-2 de 2.00 m. de penetración, realizado en un calicata de 1.00 m de profundidad, ubicado en REP 1



Foto 10. DPL-1 de 5.20 m. de penetración, ubicado en el REP 4



Foto 11. DPL-2 de 6.00 m. de penetración, realizado en un calicata de 1.00 m de profundidad, ubicado en REP 4

INFORME GEOTÉCNICO

hsotelo@hsa.net.pe
ygirardo@hsa.net.pe
Tel: 4617030

Firma del profesional responsable



SOTELO & ASOCIADOS
INGENIERÍA Y GERENCIA DE PROYECTOS

Instalación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Nueva Ciudad de Olmos, Distrito de Olmos - Provincia de Lambayeque - Región Lambayeque

REV. 00

Fecha Revisión 01/10/2015

HSA-15107

ENSAYOS DE REFRACCIÓN SÍSMICA Y MASW



Foto N°01. LS/MASW01 - PTAP



Foto N°02. LS/MASW02 - PTAP



Foto N°03. LS/MASW01 - REP 01



Foto N°04. LS/MASW01 - REP 04



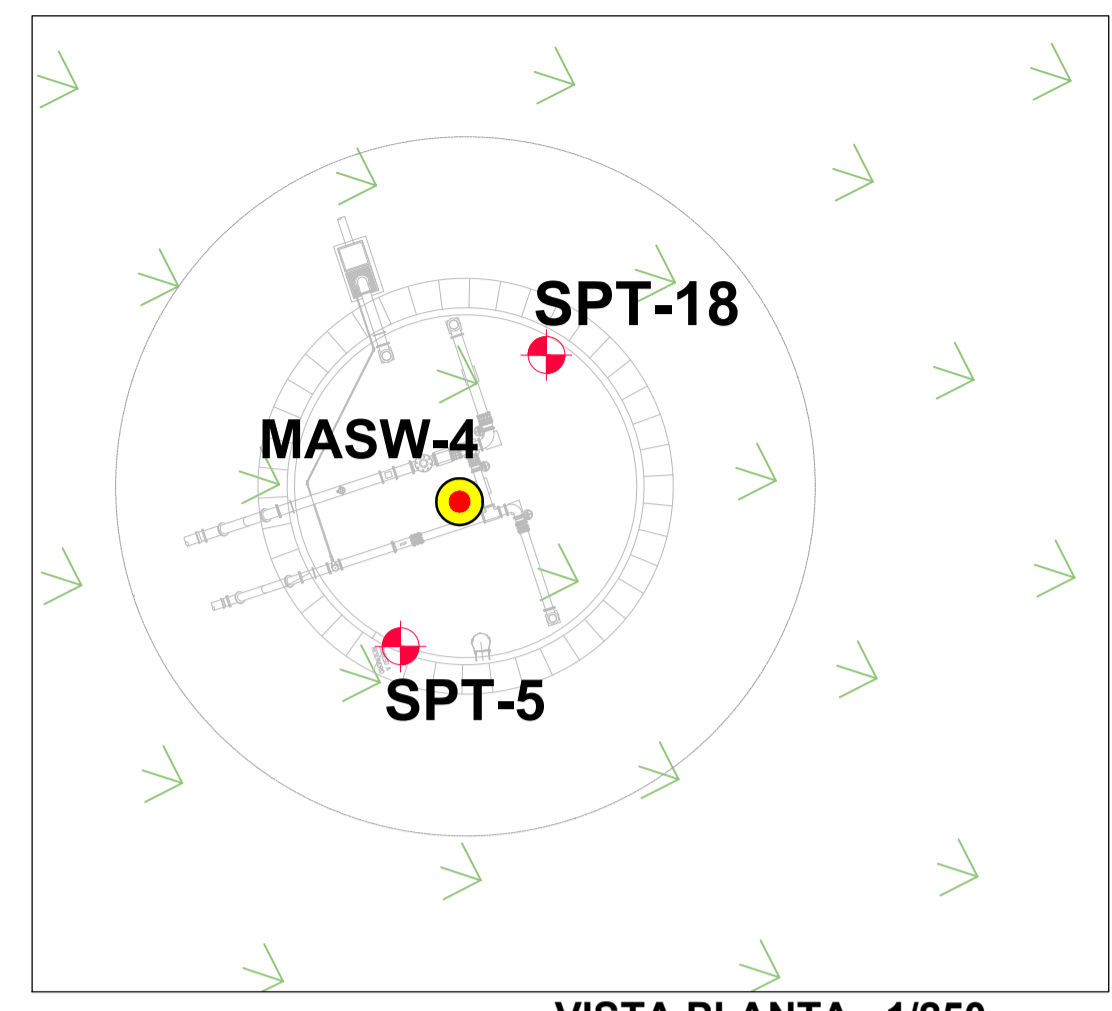
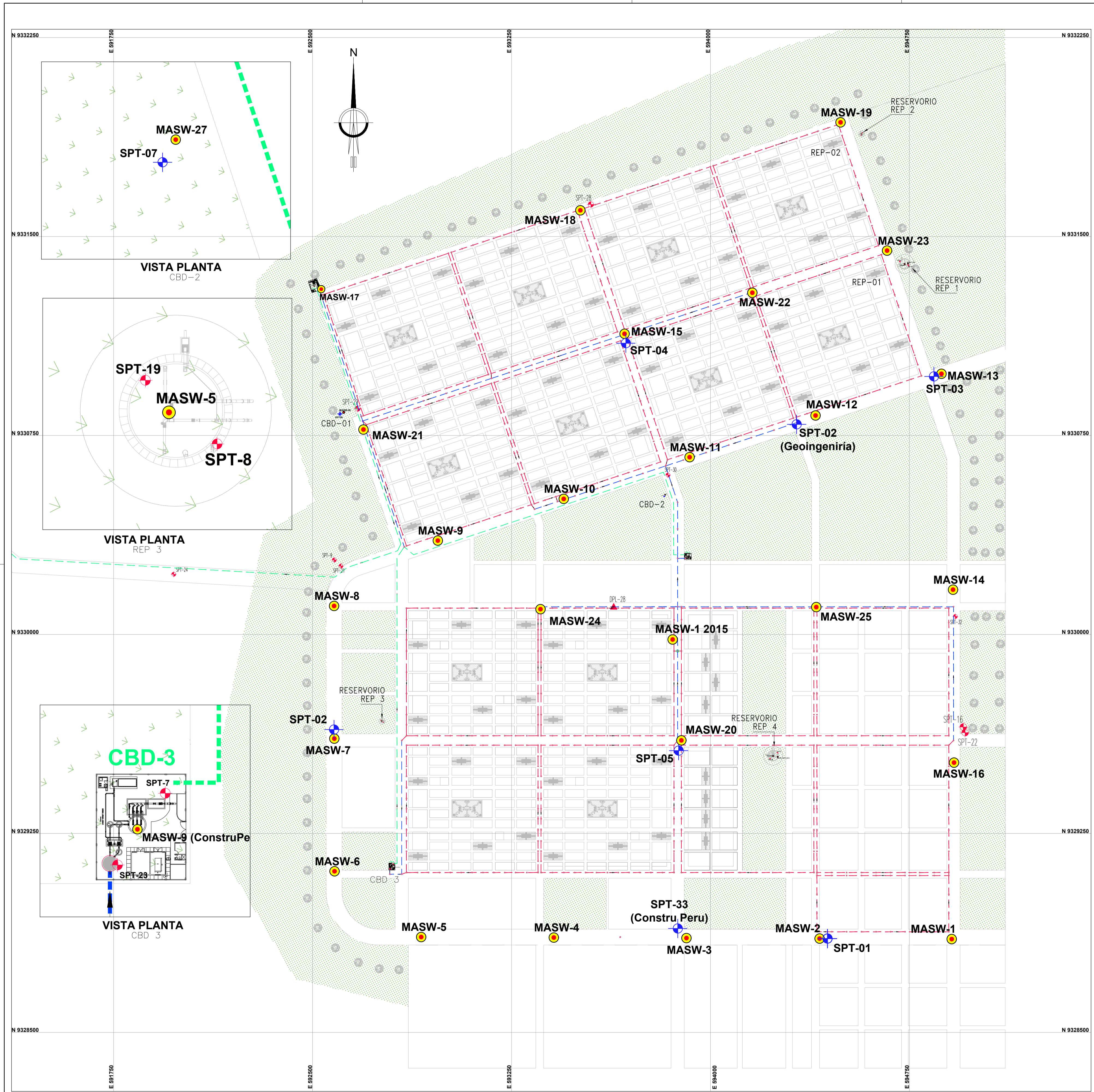
Foto N°05. LS/MASW01 - ADICIONAL

INFORME GEOTÉCNICO

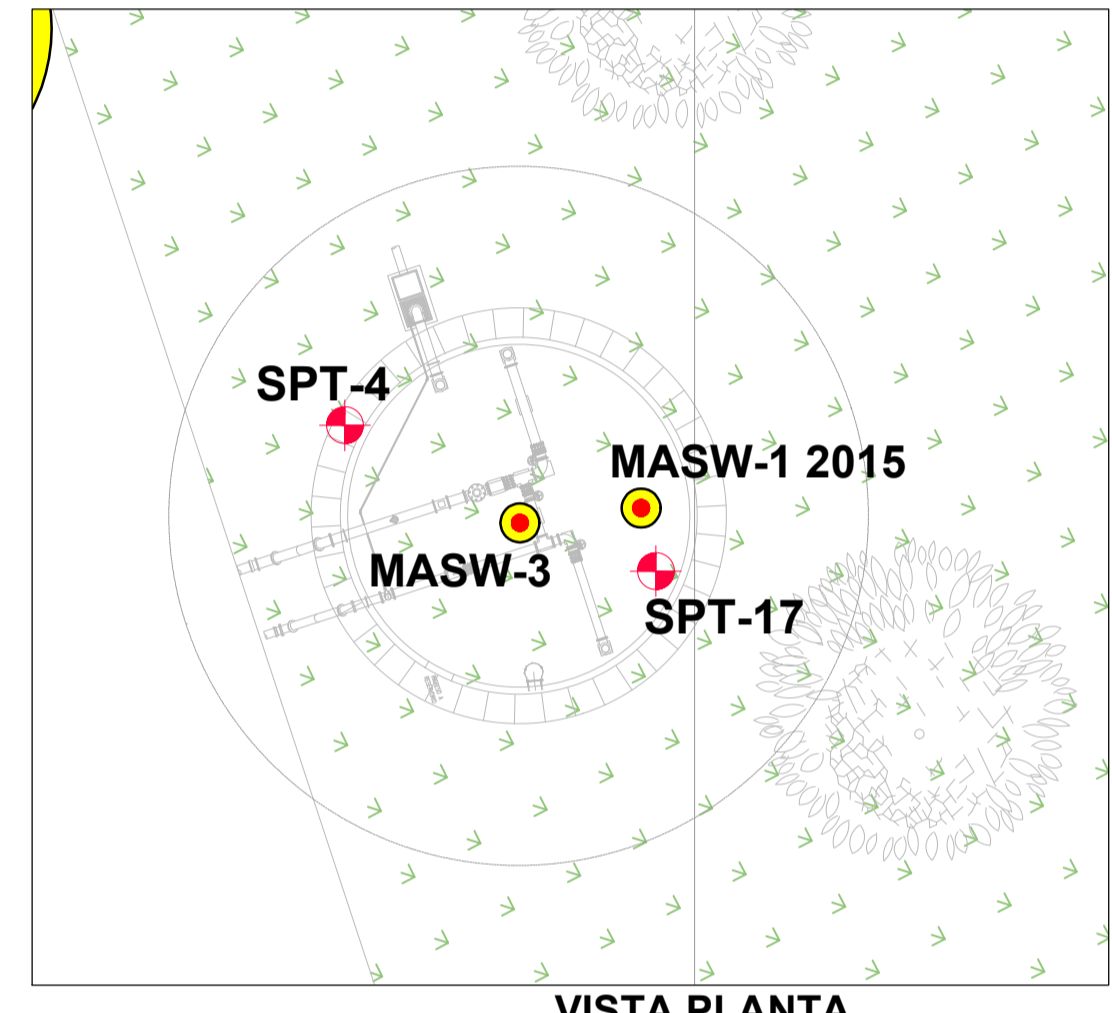
hsotelo@hsa.net.pe
ygirald@hsa.net.pe
Tel: 4617030

Firma del profesional responsable

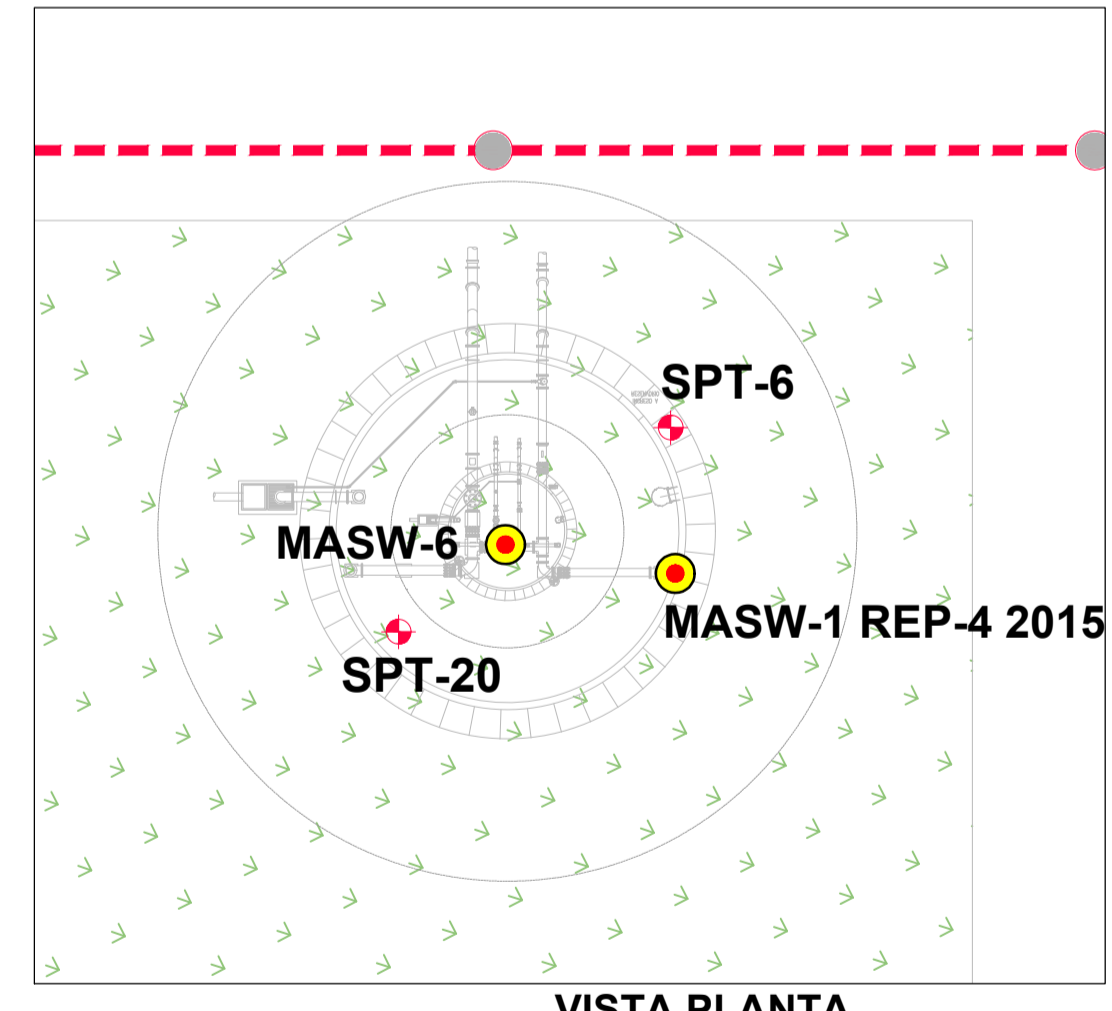
ANEXO D
PLANO DE UBICACIÓN DE
EXPLORACIONES GEOTECNICAS



VISTA PLANTA 1/250
REP 2



VISTA PLANTA
REP 1



VISTA PLANTA
REP 4

SPT	COORDENADAS UTM WGS 84	
	ESTE	NORTE
SPT-1*	817872	8518198
SPT-2*	592581	9329644
SPT-3*	594842	9330972
SPT-4*	593681	9331097
SPT-5*	593860	9329562
SPT-6	594950	9330998
SPT-7*	593826	9330520
SPT-1**	618931	9329068
SPT-2**	618948	9329119
SPT-3**	618910	9329118
SPT-4**	597414	9331406
SPT-6**	594253	9329554
SPT-7**	592805	9329134
SPT-8**	592766	9329668
SPT-15**	590464	9330627
SPT-18**	594573	9331890
SPT-19**	592758	9329676
SPT-28**	593549	9331620
SPT-33**	593876	9328891
SPT-1***	618923	9329082

MASW	COORDENADAS UTM WGS 84	
	ESTE	NORTE
MASW-2*	594411	9328853
MASW-7*	592582	9329607
MASW-13*	594870	9330982
MASW-15*	593676	9331135
MASW-20*	593890	9329600
MASW-27*	593897	9330542
MASW-3*	593909	9328855
MASW-18*	593509	9331598
MASW-9**	592798	9329124
MASW-5**	592761	9329673
MASW-3**	594732	9331396
MASW-4**	594570	9331886
MASW-1**	598929	9329117
MASW-2**	598929	9329097
MASW-1 REP4***	594252	9329536
MASW-1 PTAT***	618915	9329131
MASW-2 PTAT***	618913	9329063

LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	MASW
	SPT

TESIS DE INVESTIGACIÓN:
CORRELACIÓN ENTRE VELOCIDADES DE ONDAS DE CORTE Y NUMERO DE GOLPES DEL SPT EN ARENAS DE LA NUEVA CIUDAD DE OLMOS

TITULO: **UBICACIÓN DE ENSAYOS SPT Y MASW** PLANO N°: **GT-01**

DIBUJO : CRISTIAN ALHUAY FECHA : DICIEMBRE 2018 CODIGO : CAL-2018-GT-01
 REVISADO : Dr. ZENON AGUILAR APROBADO : Dr. ZENON AGUILAR ESCALA : INDICADA

VISTA PLANTA
CIUDAD DE OLMOS