

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

## **ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN**

**ESPECIALISTA RESPONSABLE:**

Jorge Díaz Collantes. CIP: 28467

**FECHA:** ABRIL 2017

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 1 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

**CONTENIDO**

**1. GENERALIDADES**

- 1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.
- 1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.
- 1.3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO.

**2. GEOLOGÍA LOCAL Y SISMICIDAD**

- 2.1. GEOLOGÍA LOCAL.
- 2.2. SISMICIDAD.

**3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

- 3.1. EXCAVACIONES Y SONDAJES.
- 3.2. GEOFÍSICA.

**4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

- 4.1. ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 4.2. ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELO.

**5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

**6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN**

- 6.1. CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA A PARTIR DEL CONO DINÁMICO DE PECK.
- 6.2. CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA A PARTIR DE SONDAJES MASW.
- 6.3. TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN.

**7. PAVIMENTOS**

- 7.1. EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE.
- 7.2. MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 2 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

- 7.3. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.
- 7.4. DISEÑO DEL PAVIMENTO (CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE).

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### REFERENCIAS

### ANEXOS

- 1.0 FIGURAS
- 2.0 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
- 3.0 REGISTROS DE EXCAVACIONES, SONDAJES, SEVS DE CAMPO Y MASW, CURVAS DE DISPERSIÓN Y PERFILES DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE, VS, CON LA PROFUNDIDAD
- 4.0 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS
- 5.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- 6.0 FOTOGRAFÍAS
- 7.0 PLANOS

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 3 de 22

<b>CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV</b>		
CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL	Nombre de Documento:	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- a) Evaluar las características geotécnicas del subsuelo de un terreno con fines de cimentación de edificaciones de 01 a 04 pisos, así como determinar la agresividad de los suelos sobre estructuras de concreto o fierro enterradas.
- b) El estudio contemplaba la realización de 06 calicatas hasta 3.0 metros de profundidad, obtención de muestras alteradas y ejecución de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y químicos. Adicionalmente, se contempló realizar 06 sondajes con cono dinámico de Peck hasta 5.0 metros de profundidad o hasta encontrar rechazo debido a suelo firme o roca, 04 sondajes de refracción sísmica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) unidimensional (1D) hasta 30 metros de profundidad con el objeto de determinar perfiles de velocidad de onda de corte, Vs con la profundidad y 02 sondajes eléctricos verticales (SEVs) hasta 10 metros de profundidad con el objeto de determinar la resistividad eléctrica del subsuelo.
- c) Elaborar un informe de acuerdo a lo estipulado por las normas técnicas : E.050 (Suelos y Cimentaciones) y CE.010 (Pavimentos Urbanos) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### 1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El área en estudio se ubica en Av. Néstor Gambetta s/n, fundo Oquendo, predio N° 18, distrito de Ventanilla, provincia del Callao, departamento de Lima, tal como se puede apreciar en la Figura 01 del Anexo (1.0). El área del terreno en estudio es de aproximadamente 800.00 m<sup>2</sup>, tal como se puede apreciar en el Plano P-01 del Anexo (7.0).

### 1.3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL PROYECTO

- a) Edificaciones de 01 a 04 Pisos : serán estructuras aporticadas, constituidas por columnas, vigas, muros y techos aligerados de concreto armado, con tabiquería de ladrillo, que transmitirán su peso propio y sobrecargas al suelo de cimentación a través de cimientos corridos y zapatas aisladas de concreto. Se trata de edificaciones tipo C con referencia a la norma E.050 del RNE.
- b) Estacionamientos y Vías : serán estructuras de tierra que transmitirán su peso propio más sobrecargas al suelo de cimentación a través de una carpeta de rodadura y capa de base compactada. Previamente, el suelo de cimentación podrá mejorarse mediante compactación, siendo la carpeta de rodadura flexible de concreto asfáltico.

## 2. GEOLOGÍA LOCAL Y SISMICIDAD

### 2.1. GEOLOGÍA LOCAL

Se consultó el Boletín No. 43 editado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1992) correspondiente al cuadrángulo Chancay (Hoja 24-i).

El área en estudio se ubica en una planicie continental al Norte de Lima, distante de la misma en aproximadamente 13 km, y se asienta sobre una llanura constituida por depósitos aluviales y marinos, de más de 5.0 metros de potencia, pertenecientes al cenozoico.

Debe mencionarse que el área en estudio se encuentra aproximadamente a 1.0 Km del Océano Pacífico. En el área en estudio y sus alrededores se pueden apreciar diferentes unidades estratigráficas, las cuales son descritas a continuación :

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 4 de 22

<b>CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV</b>		
CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL	Nombre de Documento:	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

**a) Depósitos Aluviales**

Estos depósitos aluviales están constituidos por materiales acarreados por los ríos, que bajan de la vertiente occidental andina cortando a las rocas terciarias, mesozoicas y Batolito Costanero, tapizando el piso de los valles, habiéndose depositado una parte en el trayecto y gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales. En el área de estudio y sus alrededores se observa la presencia de depósitos aluviales pleistocénicos.

**a.1) Depósitos Aluviales Pleistocénicos (Qp-al)**

Estos depósitos se encuentran formando el cono deyeectivo del río Chillón, ostentando espesores del orden de decenas de metros, sobre los que se asientan los centros urbanos y la agricultura.

La litología de estos depósitos aluviales pleistocénicos comprende conglomerados redondeados, conteniendo cantos de diferentes tipos, gravas subangulosas, cuando se trata de depósitos de cono aluviales desérticos debido al poco transporte, arenas de diferente granulometría y en menor proporción limos y arcillas. Todos estos materiales se encuentran intercalados formando paquetes de espesores considerables.

Los niveles de arena, limo y arcillas se pierden lenticularmente y a veces se interdigitan entre ellos o entre los conglomerados.

**b) Depósitos Marinos**

Se trata de depósitos litorales, caracterizados por materiales clásticos, llevados al mar como carga por los ríos y también como resultado de la acción erosiva de las olas y distribuidos por corrientes marinas de deriva.

Estos depósitos que continúan formándose, se les encuentra a lo largo de la línea de la costa y se clasifican como depósitos marinos pleistocénicos (los más antiguos) y depósitos marinos recientes (los más modernos). Cerca al área de estudio se observa la presencia de depósitos marinos recientes.

**b.1) Depósitos Marinos Recientes (Qr-m)**

Comprende las acumulaciones de arenas, limos y cantos retrabajados y distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral como producto de erosión y disgregación de las rocas de los acantilados, así como de los materiales acarreados por el río Chillón al Océano Pacífico.

Estos depósitos están constituidos principalmente por arenas de grano fino a medio, color gris amarillento, conteniendo cuarzo, micas, ferromagnesianos; y en menor proporción limos inconsolidados, color gris claro, conteniendo restos de conchas marinas.

**c) Formación Cerro Blanco (Ki-cb)**

Esta unidad litológicamente está constituida por una intercalación de lavas andesíticas, lutitas, areniscas, calizas y grawacas. La parte inferior de esta serie está conformada por una intercalación de bancos de areniscas piroclásticas y feldespáticas de grano fino, color beige grisáceas y algunos niveles de volcánicos afaníticos grises. Estas rocas se encuentran bien estratificadas en paquetes tabulares medianos a delgados. La parte superior de la serie está representada por una intercalación volcánico-sedimentaria, conformadas por volcánicos andesíticos de textura afanítica a microporfirítica, color verde claro a grisáceo.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 5 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

## 2.2. SISMICIDAD

a) Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto en la Norma Técnica de Edificación E.030 para Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016), el área en estudio se encuentra comprendida en la Zona 4, con sismicidad alta, habiendo ocurrido en dicha zona sismos de intensidades de hasta IX en la Escala Mercalli Modificada, según el mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (Alva et al, 1984). Dicho mapa se presenta en la Figura 02 del Anexo (1.0).

b) Por otro lado, según los mapas de isocontornos de aceleración máxima propuesto por Castillo y Alva (1993), correspondiente a un período de retorno de 475 años (10% de probabilidad de excedencia en 50 años de exposición sísmica), para el área en estudio los autores proponen una aceleración máxima de 0.42g. En consecuencia, para el área en estudio se considerará una aceleración máxima esperada de 0.42g. El mapa de isocontornos de aceleración máxima, para el período de retorno anteriormente mencionado, se presenta en la Figura 03 del Anexo (1.0).

## 3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

### 3.1. EXCAVACIONES Y SONDAJES

a) Se ejecutaron 06 calicatas de exploración hasta la profundidad de 3.0 metros. De las calicatas se obtuvieron muestras alteradas para clasificación y determinación de la agresividad de los suelos.

b) En las excavaciones realizadas no se encontró presencia de nivel freático, pero la profundidad del nivel freático en el área en estudio se estima aproximadamente a 15 metros, por observación del nivel de agua en un pozo de abastecimiento de agua subterránea existente en el área de estudio.

c) Adicionalmente, con el objeto de determinar las características de resistencia del subsuelo con la profundidad, así como evaluar el CBR actual (California Bearing Ratio) de la subrasante, se efectuaron 06 sondajes con cono dinámico de 1.25" de diámetro y ángulo de punta de 60 grados hasta la profundidad de 1.60 metros. El cono se abandona en el sitio al terminar la prueba, recuperándose sólo las varillas que se utilizaron para hincarlo. Se realizaron ensayos de penetración con el cono en forma continua, determinando el número de golpes para 0.30 metros de penetración por medio de un martillo de 22.10 kg de peso y 0.50 metros de altura de caída. Se encontró rechazo por presencia de suelo firme a las profundidades de 1.60, 1.60, 1.30, 1.60, 1.60 y 1.00 metros, respectivamente.

d) Debe mencionarse que el número de golpes obtenido con el cono dinámico anteriormente mencionado, se correlacionó con el número de golpes que se obtendría con el cono dinámico de Peck de geometría semejante, aplicando criterios contenidos en la norma ISO 22476-2 (2005), Waschkowski (1982) y Jimenez Salas et. al (1981), dado que este último cono es ampliamente conocido en nuestro medio.

e) La ubicación de las calicatas y sondajes realizados en el terreno se presenta en el Plano P-01 del Anexo (7.0). Los registros de las excavaciones y sondajes se presentan en el Anexo (3.0).

### 3.2. GEOFÍSICA

Adicionalmente, con el objeto de determinar la velocidad de onda de corte, Vs, y resistividad eléctrica del subsuelo con la profundidad, se realizaron 04 sondajes de refracción sísmica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) unidimensional (1D) hasta 30 metros de profundidad y 02 sondajes eléctricos verticales (SEVs) hasta 10 metros de profundidad, respectivamente. La

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 6 de 22

<b>CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV</b>		
CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL	Nombre de Documento:	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

ubicación de los sondajes MASW (1D) y sondajes eléctricos verticales (SEVs) en el terreno se presentan en el Plano P-01 del Anexo (7.0).

### 3.2.1 Sondajes MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

#### a) Fundamentos del Ensayo MASW

a.1) El ensayo MASW es un método de exploración geofísica que permite determinar bajo un punto del terreno el perfil de velocidad de ondas de corte, Vs, con la profundidad, utilizando registros de ondas de superficie generadas por una fuente de energía en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno. Para la adquisición de datos se usa el mismo sismógrafo convencional y geófonos verticales de onda P usado en estudios de refracción sísmica convencionales.

a.2) Las vibraciones son monitoreadas en arreglos predeterminados y mediante el análisis de dispersión de las ondas superficiales se determina el perfil de velocidades de onda de corte, Vs, con la profundidad.

a.3) El análisis de dispersión consiste en obtener a partir de los registros de vibración una curva de velocidad de fase de las ondas superficiales versus la frecuencia (curva de dispersión).

#### b) Equipo y Parámetros de Levantamiento Geofísico

b.1) El equipo consistió de los aparatos siguientes :

- \* Sismógrafo GEODE, digital de 24 canales
- \* Cable sísmico de 24 canales (2.0 metros entre geófonos)
- \* 24 geófonos de 4.5 Hz.
- \* Una batería de 12 voltios
- \* Computadora portátil
- \* Caja de herramientas
- \* Una comba de 24 Libras
- \* Un cable trigger

b.2) Parámetros de levantamiento geofísico :

- \* Configuración de dispositivo : lineal
- \* Longitud de dispositivo : aproximadamente 02 veces la profundidad de interés
- \* Intervalo de geófono : 2.0 metros
- \* Número total de geófonos : 24 unidades
- \* Tipo de geófono : vertical de 4.5 Hz
- \* Localización de punto de tiro : en la prolongación de la línea fuera de ésta, a una distancia de 10% y 20% de la longitud del dispositivo.
- \* Equipo de fuente sísmica : impacto de martillo
- \* Trigger : interruptor de tiro conectado al puerto del sismógrafo
- \* Intervalo de muestreo : 0.5 milésimas de segundo
- \* Longitud de registro : 2.0 segundos
- \* Stacking : de acuerdo a la calidad de la data. Consiste en sumar dos o más señales con el objeto de mejorar la relación señal a ruido (s/n)

#### c) Procesamiento e Interpretación de Resultados

Se utilizó el software comercial Seisimager / SW, el cual se puede comprar por separado o como una opción con la compra de los sismógrafos Geometrics, Geode o Strata Visor NZ.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 7 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

La técnica MASW consiste de 03 etapas : mediciones de campo de la vibración producida por un martillo de impacto (adquisición de datos), análisis de la curva de dispersión y finalmente el proceso de inversión para determinar el perfil de velocidades de onda de corte,  $V_s$ , con la profundidad.

### **c.1) Mediciones de Campo**

MASW utiliza ondas superficiales que son generadas por una fuente de energía, tal como el impacto de un martillo en la superficie del terreno.

La profundidad máxima de la investigación geotécnica que se puede lograr con la prospección suele estar en el rango de 10.0 a 30.0 metros. Ésta profundidad de investigación será determinada por la longitud de onda más larga de las ondas superficiales utilizadas para el análisis. Dicha longitud de onda está gobernada por el poder de impacto de la fuente de energía.

### **c.2) Análisis de la Curva de Dispersión**

Los registros de 2.0 segundos de MASW, presentados en el Anexo (3.0), son transformados a una curva de dispersión utilizando el método SPAC (Spatial Autocorrelation, Aki, 1957). Las curvas de dispersión se presentan en el Anexo (3.0).

### **c.3) Proceso de Inversión**

a) La curva de dispersión resultante medida es utilizada en esta última etapa del análisis para deducir el perfil de velocidades de onda de corte,  $V_s$ , con la profundidad a través de un proceso de inversión iterativo que requiere los datos de dispersión, las estimaciones de la relación de Poisson y la densidad.

b) Se asume un perfil de velocidades de onda de corte,  $V_s$ , con la profundidad y es recalculada para obtener una curva de dispersión teórica. La curva teórica es comparada con la curva medida y se realizan cambios en el perfil asumido iterativamente hasta que las dos curvas se ajusten estrechamente.

c) El análisis de la información de MASW se presenta en del Anexo (3.0), donde se presentan las velocidades de fase dispersiva recogida de la información anterior convertida y el perfil de la velocidad de onda de corte,  $V_s$ , con la profundidad. Esta última calculada a partir de la curva de dispersión. A continuación, en el cuadro No. 1, se presenta un resumen de los resultados obtenidos.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página <b>8</b> de <b>22</b>



**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

**Cuadro No. 1  
Velocidad de Onda de Corte, Vs, con la Profundidad**

Profundidad (m)	MASW-1	MASW-2	MASW-3	MASW-4
	Vs (m/s)	Vs (m/s)	Vs (m/s)	Vs (m/s)
0.00 - 1.10	498.00	496.00	465.00	460.00
1.10 - 2.30	496.00	494.00	463.00	452.00
2.30 - 3.70	492.00	490.00	462.00	439.00
3.70 - 5.30	492.00	489.00	466.00	435.00
5.30 - 7.00	515.00	519.00	498.00	472.00
7.00 - 8.90	589.00	564.00	570.00	590.00
8.90 - 11.00	647.00	620.00	616.00	741.00
11.00 - 13.20	715.00	676.00	684.00	845.00
13.20 - 15.60	781.00	710.00	719.00	889.00

d) En el Anexo (3.0) se presentan los perfiles de velocidad de onda de corte, Vs, con la profundidad, basados en los sondajes MASW-1, MASW-2, MASW-3 y MASW-4.

### 3.2.2 Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs)

#### a) Fundamento Geofísico

a.1) El método geofísico de resistividad eléctrica se basa en determinar resistividades aparentes de cada estrato induciendo un campo eléctrico en el sitio en estudio. Este método tiene ventajas sobre el método geosísmico ya que puede emplearse para determinar nivel freático, localizar cavernas y estratos blandos que no se identifican con el método geosísmico.

a.2) El equipo está integrado por una fuente eléctrica, un voltímetro, un amperímetro, cuatro electrodos y cables conductores. Para el presente estudio se ha utilizado un resistivímetro SYSCAL, fabricado por la empresa francesa IRIS Instruments, el cual comprende un miliamperímetro de precisión con un dispositivo de inversión periódica y automática de la corriente; un milivoltímetro con un amplificador de impedancia de entrada elevada, complementado con un filtro de paso que permite realizar medidas precisas del voltaje. Las medidas de intensidad de corriente y las medidas de caída de potencial se leen directamente en el aparato.

a.3) El campo eléctrico se induce al terreno con dos electrodos denominados de corriente que se hincan y conectan con el cable a la fuente de poder y al amperímetro; entre estos electrodos se hincan dos electrodos de potencial conectados al voltímetro. Con el amperímetro se mide la intensidad de la corriente inducida al terreno y el voltímetro mide la diferencia de potencial entre los electrodos centrales.

a.4) Las distancias entre electrodos pueden variarse, de tal manera que al variarse la separación interelectrónica implicará por una parte abarcar un mayor volumen de tramo entre los electrodos y por otra una mayor profundidad de investigación.

a.5) El sondaje eléctrico vertical (SEV) se realiza manteniendo el centro del arreglo fijo e incrementando la separación entre electrodos (AMNB), dando lugar a diferentes arreglos (Wenner, Schlumberger, etc). La resistividad aparente se expresa mediante la relación siguiente :

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página <b>9</b> de <b>22</b>

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

$$\rho_a = k * V/I$$

Donde :

$\rho_a$  = resistividad aparente, en ohmios-metro

k = factor geométrico, función de la distancia eléctrica

k =  $2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)$

V = caída de potencial, en milivoltios

I = intensidad de la corriente, en miliamperios

### **b) Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs)**

b.1) Después del reconocimiento del área en estudio, se ubicaron los puntos de sondeo eléctrico vertical (SEV) donde se determinarán las características del subsuelo hasta 10 metros de profundidad.

b.2) La exploración geoelectrica se llevó a cabo utilizando el arreglo propuesto por Schlumberger (1930). En este arreglo la distancia MN es pequeña en relación con AB.

b.3) Las separaciones AB/2 empleadas en el presente estudio fueron las siguientes: 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0 y 20.0 metros, mientras que las separaciones de los electrodos MN de caída de potencial fueron de 1.0, 2.0 y 10.0 metros.

b.4) La ubicación de los sondajes eléctricos verticales (SEVs) realizados en el terreno se presenta en el Plano P-01 del Anexo (7.0). En el Anexo (3.0) se presentan los resultados de los SEVs obtenidos en el campo utilizando el arreglo propuesto por Schlumberger (1930).

### **c) Interpretación de Resultados**

c.1) Las gráficas de interpretación de los SEVs, utilizando el método de la pendiente inversa (Sanker and Ramanuja, 1967) que grafica en escala aritmética  $\{((AB/2) / \rho_a) \text{ vs. } AB/2\}$ , se presentan en el Anexo (3.0).

c.2) Se concluye que en el área en estudio la potencia del conglomerado aluvial es mayor de 10 metros y que hasta dicha profundidad no existe presencia de nivel freático. Adicionalmente, se concluye en base a los valores de resistividad eléctrica obtenidos que los suelos no son agresivos a estructuras de concreto o fierro enterradas.

## **4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

### **4.1 ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS**

a) Con el objeto de clasificar los suelos, se realizaron los siguientes ensayos sobre 04 muestras representativas del subsuelo : 04 ensayos de análisis granulométrico por tamizado, 04 ensayos de límite líquido, 04 ensayos de límite plástico y 04 ensayos de gravedad específica de sólidos.

b) Las muestras ensayadas en el laboratorio han sido clasificadas utilizando los sistemas de clasificación de suelos SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Las muestras no analizadas en el laboratorio han sido clasificadas por apreciación visual manual.

c) Adicionalmente, para el control de compactación de la subrasante, se realizó un ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D 1557) sobre una muestra representativa del subsuelo superficial.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 10 de 22

<b>CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV</b>		
CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL	Nombre de Documento:	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

d) Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos se presentan en el Anexo (2.0).

#### 4.2 ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELO

Para determinar la agresividad de los suelos sobre estructuras de concreto o fierro enterradas, se realizaron 06 ensayos de contenido de sales solubles totales, 02 ensayos de contenido de sulfatos y 02 ensayos de contenido de cloruros. Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las normas : N.T.P 319.152, AASHTO T290 y T291, respectivamente. Los resultados de los ensayos químicos en suelo se presentan en el Anexo (2.0).

### 5. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

a) En base a la exploración de campo, inspección del subsuelo y ensayos de laboratorio efectuados, se han elaborado 02 perfiles estratigráficos representativos del área en estudio : A-A y B-B, cuya ubicación en planta y elevación se presentan en los Planos P-01 y P-02 del Anexo (7.0), respectivamente.

b) El subsuelo está conformado por una capa de relleno superficial de espesor variable, de 0.40 a 0.90 metros, constituido por limo arenoso con grava (ML), suelto, seco, color beige, con presencia de grava y cantos redondeados aislados y desperdicios (materiales de construcción). Subyaciendo la capa anterior aparece un estrato de espesor variable, de 0.30 a 1.40 metros, que clasifica como limo arenoso con grava (ML), medianamente compacto, seco, color beige. Finalmente, subyaciendo el estrato anteriormente mencionado aparece el conglomerado de Lima que clasifica como grava pobremente graduada con arena y cantos (GP), compacta, ligeramente húmeda, color gris, con contenido de cantos redondeados de 0.10 a 0.30 metros en un 30.0 %, mayor de 10.0 metros de espesor, basado en la exploración geofísica mediante sondajes MASW y sondajes eléctricos verticales (SEVs) y por encontrarse dentro del cono de deyección del río Rímac.

c) En las excavaciones realizadas no se encontró presencia de nivel freático, pero la profundidad del nivel freático en el área en estudio se estima aproximadamente a 15 metros, por observación del nivel de agua en un pozo de abastecimiento de agua subterránea existente en el área de estudio.

### 6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

El análisis de la cimentación para las edificaciones de 01 y 04 pisos, se ha realizado en base al proyecto arquitectónico y a la determinación de la resistencia del subsuelo con la profundidad mediante cono dinámico de Peck y sondajes MASW, limitando la capacidad de carga admisible por asentamiento.

#### 6.1 CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA A PARTIR DEL CONO DINÁMICO DE PECK

a) La capacidad admisible de carga del subsuelo se ha determinado calculando la compresibilidad del subsuelo a largo plazo, para un tipo de cimentación y sobrecarga especificada, con utilización de las relaciones siguientes :

$$q_d = (W \cdot H) / A \cdot e \cdot M / (M + M') \quad (1) \quad (\text{ISO 22476-2: 2005})$$

$$q_d (\text{cono dinámico}) / q_c (\text{cono holandés}) = 1.0 \quad (2) \quad (\text{Waschkowski, 1982})$$

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 11 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL

Nombre de Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

Donde:

$q_d$  = resistencia dinámica unitaria a la penetración del cono dinámico, en tn/m<sup>2</sup>

$q_c$  = resistencia unitaria a la penetración del cono holandés, en tn/m<sup>2</sup>

$W$  = peso del martillo

$H$  = altura de caída

$A$  = área de la proyección del cono

$e$  = penetración promedio por golpe

$M$  = masa del martillo

$M'$  = masa total de varillas de extensión, yunque y varilla de guía

$$\varphi' = 17.6 + 11.0 \cdot \log\left\{\frac{(q_c/p_a)}{(p_o/p_a)^{0.5}}\right\} \quad (3) \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde:

$\varphi'$  = ángulo de fricción, en grados

$q_c$  = resistencia unitaria que ofrece el suelo a la penetración del cono

$p_o$  = esfuerzo vertical efectivo

$p_a$  = presión atmosférica

$$\Delta H = \sum H \cdot \Delta \sigma / (q_c \cdot \alpha) \quad (4) \quad (\text{Sanglerat, 1972; Ciloglu et al, 2014})$$

Donde:

$\Delta H$  = asentamiento total (en metros)

$H$  = espesor de capa (en metros)

$\Delta \sigma$  = incremento de esfuerzo en la capa (en tn/m<sup>2</sup>)

$$M_v = 1/D = 1 / (q_c \cdot \alpha) \quad (5) \quad (\text{Sanglerat, 1972; Ciloglu et al, 2014})$$

Donde:

$M_v$  = coeficiente de compresibilidad volumétrica

$D$  = módulo de deformación confinado

$q_c$  = resistencia unitaria que ofrece el suelo a la penetración del cono (en tn/m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = coeficiente adimensional que depende del tipo de suelo, contenido de finos, índice plástico y valor de  $q_c$

$$\gamma / \gamma_w = [0.27 \cdot (\log R_f) + 0.36 \cdot \log (q_c/p_a)] + 1.236 \cdot G_s / 2.65 \quad (6) \quad (\text{Robertson and Cabal, 2010})$$

Donde:

$\gamma / \gamma_w$  = densidad del suelo in situ / densidad del agua

$R_f$  = relación de fricción, en %

$q_c$  = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en ton / m<sup>2</sup>

$p_a$  = presión atmosférica, en ton / m<sup>2</sup>

$G_s$  = gravedad específica de sólidos del suelo

$$\text{Finalmente: } E = D(1 + \mu)(1 - 2\mu) / (1 - \mu) = (q_c \cdot \alpha)(1 + \mu)(1 - 2\mu) / (1 - \mu) \quad (7)$$

Donde:  $E$  = módulo de deformación y  $\mu$  = relación de Poisson

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 12 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

b) A partir de los sondajes realizados con el cono dinámico de Peck, se adopta para el subsuelo que clasifica como grava pobremente graduada con arena y cantos (GP), un módulo de deformación secante promedio,  $E_s$  (promedio) = 700 kg/cm<sup>2</sup> y una relación de Poisson  $\mu = 0.30$ . Los cálculos justificativos para la adopción anterior se presentan en el Anexo (4.0).

## 6.2 CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA A PARTIR DE SONDAJES MASW

a) Se ha determinado calculando la compresibilidad del subsuelo a largo plazo, para un tipo de cimentación y sobrecarga especificada, con utilización de parámetros mecánicos obtenidos a partir de los perfiles de velocidad de onda de corte,  $V_s$ , con la profundidad de los sondajes MASW y tomando en cuenta las relaciones siguientes :

$$G_{\text{máx}} = \rho(V_s)^2 \quad (8)$$

$$G_{\text{máx}} = E_{\text{máx}} / 2(1 + \mu) \quad (9) \quad (\text{Lambe y Whitman, 1969})$$

Donde :

$G_{\text{máx}}$  = módulo de corte dinámico máximo (a niveles de deformación muy pequeños)

$\rho$  = densidad de masa (peso unitario / aceleración de la gravedad)

$V_s$  = velocidad de onda de corte, en m/s

$$E / E_{\text{máx}} = 1 - f (q/\text{qult})^g \quad (10) \quad (\text{Fahey and Carter, 1993})$$

Donde :

$f$  y  $g$  = parámetros de ajuste que dependen del tipo de suelo e historia de esfuerzos

$q / \text{qult}$  = factor de movilización =  $1 / FS$ ;  $FS$  = factor de seguridad

b) Se adopta, conservadoramente, una velocidad de onda de corte para el nivel de cimentación,  $V_s = 450$  m / seg, peso unitario del subsuelo,  $\gamma = 2.00$  ton / m<sup>3</sup> y relación de Poisson,  $\mu = 0.30$ . Se obtiene para el nivel de cimentación de las edificaciones de 01 y 04 pisos, un módulo cortante dinámico máximo,  $G_{\text{máx}} = 4,132$  kg / cm<sup>2</sup> y  $E_{\text{máx}} = 10,743$  kg / cm<sup>2</sup>.

c) Finalmente, con  $f = 1$ ,  $g = 0.20$  y un factor de movilización igual a  $q / \text{qult} = 0.50$ , Se obtiene para el nivel de cimentación de las edificaciones de 01 y 04 pisos, sobre grava pobremente graduada con arena y cantos (GP), un módulo de deformación secante promedio,  $E_s$  (promedio) =  $0.13 * E_{\text{máx}} = 1,396$  kg / cm<sup>2</sup>.

## 6.3 TIPO Y PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

a) Antes de realizar las excavaciones para las cimentaciones, se deberá eliminar el relleno superficial y se conformará el terreno de acuerdo al proyecto. Posteriormente, se compactará la subrasante y se colocará una capa superficial de afirmado compactado (GM) de 0.20 metros de espesor. La compactación se realizará con rodillo vibratorio de 10 toneladas de peso. El grado de compactación mínimo requerido para los suelos será del 95.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D 1557).

b) El material de afirmado compactado constituido por grava areno limosa (GM) deberá cumplir, adicionalmente, lo siguiente :

b.1) Porcentaje de finos (menor que la malla No. 200) : menor de 15.0 %

b.2) Límite líquido (menor que la malla No. 40) : menor de 25.0 %

b.3) Índice plástico (menor que la malla No. 40) : menor de 6.0 %

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 13 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

- c) Después de realizar los trabajos anteriormente mencionados, se realizarán las excavaciones para las cimentaciones de las diferentes estructuras del proyecto.
- d) En base a las características del perfil estratigráfico, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como cimientos corridos y zapatas aisladas de concreto armado.
- e) Cimentar los cimientos corridos, zapatas aisladas y vigas de cimentación 1.00 metros debajo del nivel del terreno actual, sobre grava pobremente graduada con arena y cantos (GP). Se podrán utilizar falsas zapatas de concreto ciclópeo con el objeto de transmitir la carga en profundidad al conglomerado (GP) y disminuir la profundidad de cimentación.
- f) Con el objeto de asimilar asentamientos diferenciales debido a carga sísmica severa, se recomienda conectar las zapatas aisladas mediante vigas de cimentación armadas.
- g) Diseñar los cimientos corridos, zapatas aisladas y vigas de cimentación adoptando una capacidad admisible de carga del subsuelo, con limitación del asentamiento total en 2.50 centímetros,  $q_{ad} = 4.00 \text{ kg/cm}^2$ . Los cálculos justificativos para la adopción anterior se presentan en el Anexo (4.0).
- h) A partir de los sondajes geofísicos MASW realizados, para el diseño sismorresistente, de acuerdo a la norma E.030 del RNE, considerar el subsuelo debajo del nivel de cimentación como un perfil tipo S1, con  $T_p (s) = 0.4 \text{ seg}$  y  $T_L (s) = 2.5 \text{ seg}$ , y un factor de amplificación del mismo,  $S = 1.0$ . Los cálculos justificativos para la consideración anterior se presentan en el Anexo (4.0).
- i) Para el cálculo de empujes, adoptar para el subsuelo constituido por limo arenoso con grava (ML), lo siguiente :
- \* Peso unitario seco promedio,  $\gamma = 1.70 \text{ tn/m}^3$
  - \* Coeficiente de empuje activo,  $K_a = 0.36$
  - \* Coeficiente de empuje pasivo,  $K_p = 2.76$  (para diseño tomar sólo el 50%)
  - \* Coeficiente de presión de tierras en reposo,  $K_o = 0.53$
- j) Para el diseño de veredas o pavimentos, adoptar para el subsuelo superficial constituido por limo arenoso con grava (ML), lo siguiente :
- \* Coeficiente de reacción de la subrasante,  $k = 5.0 \text{ kg/cm}^3$
  - \* California Bearing Ratio (CBR) = 8.0 %

Con el objeto de mejorar la subrasante, se recomienda compactarla y colocar una capa superior de afirmado compactado (GM) de 0.20 metros de espesor.

## 7. PAVIMENTO

### 7.1 EVALUACIÓN DE LA SUBRASANTE

a) Los valores actuales de CBR de la subrasante se han determinado tomando en cuenta la resistencia del subsuelo con la profundidad, obtenida mediante cono dinámico de Peck hasta la profundidad de 1.00 metros, y con utilización de las relaciones siguientes :

$$CBR = 249.0 / (DN)^{1.128} \quad , \quad \text{con } DN > 2 \quad (\text{Tupia y Alva, 2001})$$

Donde :

CBR = California Bearing Ratio, en %

DN =  $\Delta h$  (mm) / Nk = índice de penetración, en mm / golpe

Nk = Número de golpes con el cono para un avance determinado

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 14 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

$$\text{CBR (promedio)} = (h_1 \cdot \text{CBR}_1^{1/3} + h_2 \cdot \text{CBR}_2^{1/3} + \dots + h_n \cdot \text{CBR}_n^{1/3} / 100)^3 \quad (\text{JHPC, 1985})$$

Donde :

$h_1, h_2, \dots, h_n$  = espesor de los estratos de suelo debajo de la subrasante, en centímetros.

$h_1 + h_2 + \dots + h_n = 100$  cm.

$\text{CBR}_1, \text{CBR}_2, \dots, \text{CBR}_n$  = valores de CBR de los estratos 1,2,...,n, en %

b) A partir de los sondajes realizados se obtuvieron los valores siguientes :

b.1) En el sondaje S-1, presentado en el Anexo (4.0) y relaciones anteriores, se obtuvieron los valores siguientes :

Estrato	Espesor (centímetros)	DN (milímetros / golpe)	CBR (%)
1	30	13.64	13.07
2	30	13.64	13.07
3	30	11.54	15.78
4	10	6.67	29.30

Se obtiene un CBR promedio = 15.14 %.

b.2) En el sondaje S-2, presentado en el Anexo (3.0) y relaciones anteriores, se obtuvieron los valores siguientes :

Estrato	Espesor (centímetros)	DN (milímetros / golpe)	CBR (%)
1	30	21.43	7.85
2	30	21.43	7.85
3	30	10.00	18.54
4	10	11.11	16.47

Se obtiene un CBR promedio = 11.25 %.

c) De igual manera, se obtiene mediante los sondajes S-3 a S-6, los valores de CBR promedio. Los cálculos sustentatorios de la obtención de los valores de CBR promedio de la subrasante a partir de los sondajes con cono dinámico de Peck en un espesor de 1.00 metros se presentan en el Anexo (4.0).

d) Un orden de valores típicos de CBR en suelos para un grado de compactación del 95.0 % del ensayo Proctor Modificado se presenta a continuación en el Cuadro No. 2 :

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 15 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

**Cuadro No. 2**  
**Valores Típicos de CBR en Suelos (WSDOT, 2003)**

Tipo de Suelo	Clasificación SUCS	CBR (%)	Módulo de Resiliencia (Mr)	
			libras / pulg <sup>2</sup>	kg / cm <sup>2</sup>
Suelos de Grano Grueso	GW	40 – 80	20,000 – 40,000	1,400 – 2,800
	GP	30 – 60		
	GM	20 – 60		
	GC	20 – 40	7,000 – 30,000	490 – 2,100
	SW	20 – 40		
	SP	10 – 40		
	SM	10 – 40		
SC	5 – 20			
Suelos de Grano Fino	ML	15 o menos	5,000 – 20,000	350 – 1,400
	CL (LL < 50 %)	15 o menos	5,000 – 15,000	350 – 1,000
	OL	5 o menos	< 5,000	< 350
	MH	10 o menos	5,000 – 20,000	350 – 1,400
	CH (LL > 50 %)	15 o menos	5,000 – 15,000	350 – 1,000
	OH	5 o menos	< 5,000	< 350

## 7.2 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

a) A partir del ítem 7.1, se concluye que el subsuelo de la subrasante actual constituida por limo arenoso con grava (ML) posee un CBR (California Bearing Ratio), del orden de 12.0 %. Este valor podrá mejorarse mediante las recomendaciones descritas en el ítem 6.3 (a) y (b). Lo anterior permitirá elevar el CBR de la subrasante hasta los valores de aproximadamente 17.0 % ó más.

b) Finalmente, después de las operaciones anteriores se procederá a colocar la capa de base y carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente.

## 7.3 ANÁLISIS DE TRÁNSITO

Se asume para las vías del proyecto, tráfico ligero.

## 7.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO (CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE)

El diseño del pavimento flexible de concreto asfáltico se ha realizado mediante el procedimiento contenido en la Norma CE.010 (Pavimentos Urbanos) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), basado en la metodología propuesta por el Instituto del Asfalto.

### a) Cálculo del Espesor Total del Pavimento

a.1) Utilizando la Tabla B2 (Sección A) del Anexo B de la Norma CE.010 del RNE, se obtiene con un CBR de la subrasante mejorada de 17.0 % o más, un valor  $T_B = 4.00$  pulgadas, que representa el espesor total del pavimento si éste fuera sólo de concreto asfáltico en caliente.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 16 de 22



**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

a.2) Para el área en estudio, la estructura del pavimento con carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente, tendrá la sección siguiente :

Carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente	= 5.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 100 % o más)	= 20.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

a.3) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

a.4) El material para la capa de base granular, deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

**b) Bermas**

Para las áreas de bermas se aplicará también lo especificado en el ítem 6.3 (a) y (b).

b.1) La estructura de la berma con carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente, tendrá la sección siguiente :

Carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente	= 4.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 100 % o más)	= 20.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

b.2) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

b.3) El material para la capa de base, deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

**c) Veredas**

Para las áreas de veredas se aplicará también lo especificado en el ítem 6.3 (a) y (b).

c.1) La estructura de la vereda con losa superficial de concreto portland, tendrá la sección siguiente :

Losa de concreto de cemento portland ( $f'c = 175.0 \text{ kg/cm}^2$ o más)	= 10.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 30 % o más)	= 10.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

c.2) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

c.3) El material para la capa de base deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 17 de 22

<b>CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV</b>		
CONSORCIO UNIVERSITARIO VILLAREAL	Nombre de Documento:	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados de exploración de campo, ensayos de laboratorio, así como los análisis efectuados, se puede concluir y recomendar para el subsuelo del terreno ubicado en Av. Néstor Gambetta s/n, fundo Oquendo, predio N° 18, distrito de Ventanilla, provincia del Callao, departamento de Lima, lo siguiente :

**a)** El subsuelo está conformado por una capa de relleno superficial de espesor variable, de 0.40 a 0.90 metros, constituido por limo arenoso con grava (ML), suelto, seco, color beige, con presencia de grava y cantos redondeados aislados y desperdicios (materiales de construcción). Subyaciendo la capa anterior aparece un estrato de espesor variable, de 0.30 a 1.40 metros, que clasifica como limo arenoso con grava (ML), medianamente compacto, seco, color beige. Finalmente, subyaciendo el estrato anteriormente mencionado aparece el conglomerado de Lima que clasifica como grava pobremente graduada con arena y cantos (GP), compacta, ligeramente húmeda, color gris, con contenido de cantos redondeados de 0.10 a 0.30 metros en un 30.0 %, mayor de 10.0 metros de espesor, basado en la exploración geofísica mediante sondajes MASW y sondajes eléctricos verticales (SEVs) y por encontrarse dentro del cono de deyección del río Rímac.

**b)** En los Planos P-01 y P-02 del Anexo (7.0) se presentan la ubicación en planta y elevación de 02 perfiles estratigráficos representativos del área en estudio : A-A y B-B.

**c)** En las excavaciones realizadas no se encontró presencia de nivel freático, pero la profundidad del nivel freático en el área en estudio se estima aproximadamente a 15 metros, por observación del nivel de agua en un pozo de abastecimiento de agua subterránea existente en el área de estudio.

**d)** A partir de ensayos químicos efectuados y sondajes eléctricos verticales (SEVs) realizados en el área de estudio, se concluye que los suelos no serán agresivos a estructuras de concreto o fierro enterradas. Se recomienda utilizar cemento portland normal en el concreto de las cimentaciones. Igualmente, a partir de los sondajes eléctricos verticales (SEVs) se obtiene para la grava pobremente graduada con arena y cantos (GP) valores de resistividad eléctrica del orden de 350  $\Omega$ -m (ohmios metro).

**e)** Debe mencionarse que en el área en estudio existe un pozo de agua subterránea, pero cuya agua no es apta para el consumo humano debido a la presencia de materia orgánica. Se descarta la utilización de dicha agua para la preparación de concreto en obra. Frente al área en estudio existe un grifo contra incendios, tal como se muestra en la Fotografía 16 del Anexo (6.0). Se concluye que por el predio pasa la trocal de abastecimiento de agua potable.

**f)** Finalmente, se recomienda realizar los trámites para el servicio de abastecimiento de agua potable de la red con el objeto de preparar concreto durante la construcción de la obra o en su defecto, comprar agua de la red de vecinos cercanos y trasladar el agua potable mediante camiones cisterna.

**g)** Las conclusiones y recomendaciones de este estudio son sólo aplicables al área estudiada, no se pueden aplicar a otros sectores.

### 8.1 ANÁLISIS DE LAS CIMENTACIONES

a) A partir de los sondajes realizados con el cono dinámico de Peck y sondajes MASW, se adopta para el subsuelo que clasifica como grava pobremente graduada con arena y cantos (GP), un módulo de deformación secante promedio,  $E_s$  (promedio) = 700 kg/cm<sup>2</sup> y una relación de Poisson  $\mu = 0.30$ . Los cálculos justificativos para la adopción anterior se presentan en el Anexo (4.0).

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 18 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

b) Antes de realizar las excavaciones para las cimentaciones, se deberá eliminar el relleno superficial y se conformará el terreno de acuerdo al proyecto. Posteriormente, se compactará la subrasante y se colocará una capa superficial de afirmado compactado (GM) de 0.20 metros de espesor. La compactación se realizará con rodillo vibratorio de 10 toneladas de peso. El grado de compactación mínimo requerido para los suelos será del 95.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D 1557).

c) El material de afirmado compactado constituido por grava areno limosa (GM) deberá cumplir, adicionalmente, lo siguiente :

c.1) Porcentaje de finos (menor que la malla No. 200) : menor de 15.0 %

c.2) Límite líquido (menor que la malla No. 40) : menor de 25.0 %

c.3) Índice plástico (menor que la malla No. 40) : menor de 6.0 %

d) Después de realizar los trabajos anteriormente mencionados, se realizarán las excavaciones para las cimentaciones de las diferentes estructuras del proyecto.

e) En base a las características del perfil estratigráfico, se recomienda utilizar una cimentación superficial, tal como cimientos corridos y zapatas aisladas de concreto armado.

f) Cimentar los cimientos corridos, zapatas aisladas y vigas de cimentación 1.00 metros debajo del nivel del terreno actual, sobre grava pobremente graduada con arena y cantos (GP). Se podrán utilizar falsas zapatas de concreto ciclópeo con el objeto de transmitir la carga en profundidad al conglomerado (GP) y disminuir la profundidad de cimentación.

g) Con el objeto de asimilar asentamientos diferenciales debido a carga sísmica severa, se recomienda conectar las zapatas aisladas mediante vigas de cimentación armadas.

h) Diseñar los cimientos corridos, zapatas aisladas y vigas de cimentación adoptando una capacidad admisible de carga del subsuelo, con limitación del asentamiento total en 2.50 centímetros,  $q_{ad} = 4.00 \text{ kg/cm}^2$ . Los cálculos justificativos para la adopción anterior se presentan en el Anexo (4.0).

i) A partir de los sondajes geofísicos MASW realizados, para el diseño sismorresistente, de acuerdo a la norma E.030 del RNE, considerar el subsuelo debajo del nivel de cimentación como un perfil tipo S1, con  $T_p (s) = 0.4 \text{ seg}$  y  $T_L (s) = 2.5 \text{ seg}$ , y un factor de amplificación del mismo,  $S = 1.0$ . Los cálculos justificativos para la consideración anterior se presentan en el Anexo (4.0).

## **8.2 PAVIMENTOS**

### **8.2.1 Mejoramiento de la Subrasante**

a) A partir del ítem 7.1, se concluye que el subsuelo de la subrasante actual constituida por limo arenoso con grava (ML) posee un CBR (California Bearing Ratio), del orden de 12.0 %. Este valor podrá mejorarse mediante las recomendaciones descritas en el ítem 6.3 (a) y (b). Lo anterior permitirá elevar el CBR de la subrasante hasta los valores de aproximadamente 17.0 % ó más.

b) Finalmente, después de las operaciones anteriores se procederá a colocar la capa de base y carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente.

### **8.2.2 Análisis de Tránsito**

Se asume para las vías del proyecto, tráfico ligero.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 19 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

### 8.2.3 Diseño del Pavimento (Concreto Asfáltico en Caliente)

El diseño del pavimento flexible de concreto asfáltico se ha realizado mediante el procedimiento contenido en la Norma CE.010 (Pavimentos Urbanos) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), basado en la metodología propuesta por el Instituto del Asfalto.

#### a) Cálculo del Espesor Total del Pavimento

a.1) Utilizando la Tabla B2 (Sección A) del Anexo B de la Norma CE.010 del RNE, se obtiene con un CBR de la subrasante mejorada de 17.0 % o más, un valor  $T_B = 4.00$  pulgadas, que representa el espesor total del pavimento si éste fuera sólo de concreto asfáltico en caliente.

a.2) Para el área en estudio, la estructura del pavimento con carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente, tendrá la sección siguiente :

Carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente	= 5.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 100 % o más)	= 20.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

a.3) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

a.4) El material para la capa de base granular, deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

#### b) Bermas

Para las áreas de bermas se aplicará también lo especificado en el ítem 6.3 (a) y (b).

b.1) La estructura de la berma con carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente, tendrá la sección siguiente :

Carpeta de rodadura de concreto asfáltico en caliente	= 4.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 100 % o más)	= 20.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

b.2) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

b.3) El material para la capa de base, deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

#### c) Veredas

Para las áreas de veredas se aplicará también lo especificado en el ítem 6.3 (a) y (b).

c.1) La estructura de la vereda con losa superficial de concreto portland, tendrá la sección siguiente :

Losa de concreto de cemento portland ( $f'c = 175.0$ kg/cm <sup>2</sup> o más)	= 10.00 cm.
Capa de Base Granular compactada (CBR 30 % o más)	= 10.00 cm.
Subrasante mejorada compactada (CBR 17.00 % o más)	= 20.00 cm.

c.2) El grado de compactación requerido para la capa de base será del 100.0 % del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM - D 1557).

c.3) El material para la capa de base deberá cumplir, adicionalmente, los requisitos presentados en el Anexo (5.0).

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 20 de 22

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

**REFERENCIAS**

- 1) Aki K. (1957), "Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves with Special Reference to Microtremors, Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 35, 415-457.
- 2) ASOCEM (1993), "Cemento-Boletines Técnicos- Nos. 1 al 58", Lima.
- 3) Bowles J.E. (1977), "Foundation Analysis and Design", Mc Graw-Hill Company, New York.
- 4) Castillo J. y Alva J. (1993), "Peligro Sísmico en el Perú", VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Lima, Perú.
- 5) Ciloglu F., Cetin K.O. & Erol A.O. (2014), "CPT Based Compressibility Assessment of Soils", 3<sup>rd</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing, Las Vegas, Nevada, USA.
- 6) Earth Manual (1968), United States Department of The Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, USA.
- 7) Fahey M. and Carter J.P. (1993), "A Finite Element Study of the Pressuremeter Test in Sand Using a Nonlinear Elastic Plastic Model", Canadian Geotechnical Journal, 30(2) : 348-362.
- 8) Foti Sebastiano (2012), "Combined use of Geophysical Methods for Geotechnical Site Characterization", 4th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization (ISC-4), Recife, Brasil.
- 9) INGEMMET (1992), "Geología de los Cuadrángulos de Lima (25-i), Lurín (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j)", Boletín No. 43, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima, Perú.
- 10) ISO 22476-2:2005, Geotechnical Investigation and Testing-Field Testing - Part 2: Dynamic Probing.
- 11) JHPC (1985), Japan Highway Public Corporation, "National Expressway Practices in Japan, Pavement", Tokyo, Japan.
- 12) Jimenez Salas J.A., De Justo Alpañes J.L., Serrano Gonzalez Alcibádes A. (1981), "Geotecnia y Cimientos II", 2da Edición, Editorial Rueda, Madrid, España.
- 13) Kruizinga J. (1982), "SPT-CPT Correlations", Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Vol.1, pages 91-94.
- 14) Kulhawy F.H. and Mayne P.W. (1990), "Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design", Report EL-6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, 306 pp.
- 15) Lambe T.W. and Whitman R.V. (1969), "Soil Mechanics", John Wiley, New York.
- 16) Muromachi T. (1981), "Cone Penetration Testing in Japan", Proc ASCE Nat. Convention: Penetration Testing and Experience, St. Louis, 49-75.
- 17) RNE (2010), "Reglamento Nacional de Edificaciones", Norma Técnica de Edificación CE.010 : Pavimentos Urbanos.
- 18) RNE (2012), "Reglamento Nacional de Edificaciones", Norma Técnica de Edificación E.050 : Suelos y Cimentaciones.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página <b>21</b> de <b>22</b>

**CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA, EQUIPAMIENTO Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN ACADÉMICA ADMINISTRATIVA DE LAS FACULTADES DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CIENCIAS FINANCIERAS Y CONTABLES DE LA UNFV**

CONSORCIO UNIVERSITARIO  
VILLAREAL

Nombre de  
Documento:

ESTUDIO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN

- 19) RNE (2016), "Reglamento Nacional de Edificaciones", Norma Técnica de Edificación E.030 : Diseño Sismorresistente.
- 20) Roberge P.R. (2006), "Corrosion Basics: An Introduction", NACE (National Association of Corrosion Engineers) Press Book, Houston, Texas, U.S.A.
- 21) Robertson P.K. and Cabal K.L. (2010), "Estimating Soil Unit Weight from CPT", 2nd International Symposium on Cone Penetration Testing, Huntington Beach, CA, USA.
- 22) Sanglerat G. (1972), "The Penetrometer and Soil Exploration", Elsevier Scientific Publishing Company Inc., New York.
- 23) Sanker Narayan P.V. and Ramanuja Chary K.R. (1967), "An Inverse Slope Method for Determining Absolute Resistivity", Indian Geophysical Journal, pp 1036-1040.
- 24) Schlumberger Conrad and Marcel (1930), "Electrical Estudios of the Earth's Crust at Great Depths", Amer. Inst. Mining and Metallurg. Eng., Techn. Publ., Nr. 315, Littleton, Colorado, U.S.A.
- 25) Stokoe K.H, Joh Sung-Ho and Woods R.D. (2004), "Some Contributions of In Situ Geophysical Measurements to Solving Geotechnical Engineering Problems", 2th International Conference on Site Characterization (ISC-2), Porto, Portugal.
- 26) Terzaghi K. and Peck R.B. (1967), "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley, New York.
- 27) Tupia C.A. y Alva J.E. (2001), "Evaluación de la Capacidad Soporte del Terreno por Medio de un Equipo de Penetración Dinámica", XI Congreso Ibero – Latinoamericano del Asfalto, Lima, Perú.
- 28) Waschkowski E. (1982), "Dynamic Probing and Site Investigation", Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, Vol. 1, pages 363-368.
- 29) WSDOT (2003), "Pavement Guide", Washington State Department of Transportation.

Profesional Responsable	Código Documento:	Fecha de elaboración	Revisión:	Página
Jorge Díaz Collantes	<b>G-01</b>	<b>ABRIL 2017</b>	01	Página 22 de 22