CARACTERIZACION GEOTECNICA ESTACIONES DE ACELEROGRAFOS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

Geotechnical Characterization University of Chile Strong Motion Accelerograph Stations

Rubén L. Boroschek
Fernando Yáñez U.
Iván Bejarano B.
Sheri Molnar
Andrés Torres G.

Abril/April 2012

v.0

Introducción

Como parte de su investigación y participación en el desarrollo sustentable del país, la Universidad de Chile logró medir con éxito el mega terremoto Mw = 8.8 del 27 de febrero de 2010. Un logro importante ya que estos registros fueron los primeros en el mundo en obtenerse en un terremoto de esta magnitud, en áreas de desarrollo de infraestructura moderna y por lo tanto aportan información clave en estudios sísmicos y de diseño de ingeniería.

Parte indispensable para el uso de la información obtenida es el estudio de las características geológicas, geotécnicas y topográficas de los sitios instrumentados.

Este informe forma parte del estudio intensivo de los sitios desarrollado por la Universidad de Chile y presenta el estudio geotécnico y geofísico de las estaciones.

Los estudios geotécnicos y geofísicos fueron desarrollados por IDIEM. Los estudios de vibraciones ambientales fueron desarrollados por el Departamento de Ingeniería Civil.

Estos estudios están disponibles en el sitio web terremotos.ing.uchile.cl

Metodología

Los estudios geotécnicos fueron

Introduction

As part of its research and continue participation on the sustainable development of the country the University of Chile recorded the large Magnitude Mw =8.8 earthquake of Feb 27, 2010. The strong motion records were the first in world for this magnitude and in areas of modern engineering development. For this reason they are extremely important for the future development of earthquake engineering and engineering seismology.

As a key element to use these records is the understanding of the geological, geotechnical and topographic characteristics of the instrumented sites.

This report is part of the intensive studies undertaken by the University of Chile on the recording sites and presents the result of geotechnical and geophysical the studies.

The geotechnical and geophysical studies were developed by IDIEM. The ambient vibration studies were developed by the Civil Engineering Department.

This report is available in terremotos.ing.uchile.cl

Methodology

The geotechnical studies performed in

realizados para las siguientes estaciones acelerográficas: Angol (Hospital), Constitución (Hospital), Curicó (Hospital), Hualañé (Hospital), Maipú (CRS), Matanzas (Escuela Carlos Ibáñez del Campo), Peñalolén (Hospital Santiago Oriente), Talca (Colegio integrado San Pio X), Valparaíso (UTFSM), Cerro El Roble, Concepción (Colegio San Pedro de la Paz), Casablanca (Teatro Municipal), Melipilla (Compañía de Bomberos) y Santiago (cerro Santa Lucía).

Estos estudios incluyen lo siguiente:

- Descripción estratigráfica
- Nivel de napa freática de existir en las profundidades prospectadas
- Perfil de velocidades de onda de corte por medio de ensayos Down Hole
- Perfil de penetración SPT
- Clasificación USCS de los estratos encontrados
- Ensayos de compresión no confinada para suelos finos
- Determinación de RQD en el caso de estratos rocosos

Para las estaciones de Cerro Santa Lucía, Cerro el Roble y Valparaíso UTFSM, se entrega una descripción geológica general del sitio.

Adicionalmente se realizan estudios de vibraciones ambientales en estos sitios para obtener relaciones espectrales de H/V. Estos valores pueden servir como indicador del periodo predominante de

the following strong motion stations: Angol (Hospital), Constitución (Hospital), Curicó (Hospital), Hualañé (Hospital), Maipú (CRS), Matanzas (School Carlos Ibáñez del Campo), Peñalolén (Hospital Santiago Oriente), Talca (School Integrado San Pio X), Valparaíso (UTFSM), Cerro El Roble, Concepción (School San Pedro de la Paz), Casablanca (Municipal Theater), Melipilla (Fire Fighters House) y Santiago (Santa Lucía).

The geotechnical studies include:

- Stratigraphy
- Water Table
- Shear wave velocities from Down Hole studies.
- Standard Penetration Test Profile
- USCS Classification
- Unconfined compression test
- RQD for rock components.

For the Santa Lucia, El Roble and Valparaiso UTFSM station only a geological description is performed.

Additionally in each station ambient vibration derived are obtained and their spectral ratios. Horizontal to vertical (H/V) spectral ratios from ambient vibration records are regarded by the international earthquake engineering community to provide an estimate of the peak frequency of earthquake site response. Ambient vibrations were acquired at 15 strong-motion instrument locations between Santiago and Valdivia, Chile, to provide an estimate

sitio en cada estación.

Los registros fueron obtenidos en terreno y procesados por la Dra. Molnar.

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental se utilizaron sismógrafos triaxiales TROMINO en un rango de 0.1 a 125 Hz. Los instrumentos se ubicaron en las inmediaciones del sondaje de exploración de sitio, del instrumento de movimiento fuerte o en un sector representativo. En la mayoría de los casos se utilizó una duración de medición de aproximadamente 30 minutos. Para el análisis de los registros y la obtención de los valores H/V se utilizó el programa, GRILLA. En estos casos se calculó la razón espectral para la dirección NS y EO y el promedio geométrico de ambos. El procedimiento incluyó: segmentación del registro completo en ventanas no sobrepuestas de 120 segundos, aplicación de ventana y suavizamiento del espectro de Fourier. Posteriormente se busca en forma automática y se reporta la frecuencia para el máximo valor de H/V en una ventana de 0 a 10 Hz (esto quiere decir que no se consideran en la selección valores de frecuencia mayores a 10 Hz).

Resultados

Para todas las estaciones se reportan:

La ubicación del sondaje en

of site response.

The recordings and processing was done by Dr. Molnar

The TROMINO tri-axial seismograph (0.1 – 125 Hz bandwidth) was used to acquire ambient vibrations i.e., background seismic noise. The instrument was generally located near a borehole (if applicable), or strong motion instrument or at a “free-field” location at each site. A standard recording length of ~30 minutes was chosen. The TROMINO software, GRILLA, was used to provide H/V spectral ratios of average NS, average EW, and total average H/V ratios (geometric average). Processing steps include: segmentation of the entire record into non-overlapping 120-s windows, a cosine window taper, and smoothing of the resulting FFT amplitude spectra. The frequency bandwidth over which the search and automatic reporting of the peak frequency is selected as 0-10 Hz (i.e. higher amplitude peaks above 10 Hz are not considered in the selection of peak frequency).

Results

For all stations we present as summary:

Borehole location in WGS84

coordenadas WGS84.

Estratigrafía

Resultados de Ensayos de Standard Penetration Test (SPT).

Resultados Down Hole.

Resultados Bender Element.

Frecuencia Predominante de vibración.

En los reportes detallados adjuntos se presentan otros parámetros geotécnicos y geofísicos.

coordinates.

Stratigraphy

Standard Penetration Test results

Down Hole Shear Wave velocities.

Bender Element results.

Predominant vibration frequency.

In the complementary reports full detail of test are presented.

INFORME DETALLADOS

DETAIL REPORTS

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION ANGOL

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 31**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:**	

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 19
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 19
7.2. PESO UNITARIO 20
7.3. TRIAXIAL CIU 20
7.4. COMPRESIÓN SIMPLE 22
7.5. BENDER ELEMENTS 25
8. RESUMEN DE RESULTADOS 29

ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B – ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EN LA COMUNA DE ANGOL. 5
FIGURA 2. IMAGEN GENERAL CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE. 7
FIGURA 3. IMAGEN EN DETALLE CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE 8
FIGURA 4. MODELO ESTRATIGRÁFICO DEL SONDAJE 10
FIGURA 5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT). 11
FIGURA 6. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 0.00M-12.45M. 15
FIGURA 7. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 12.45M-21.00M. 15
FIGURA 8. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 21.00M-27.00M. 16
FIGURA 9. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 27.00M-31.50M. 16
FIGURA 10. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 31.50M-36.00M. 17
FIGURA 11. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 36.00M-42.00M. 17
FIGURA 12. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 42.00M-46.50M. 18
FIGURA 13. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 64.50M-50.00M. 18
FIGURA 14. CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS. 19
FIGURA 15. PLANO Q-P, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M39 (CL), ESTRATO IV. 20
FIGURA 16. PLANO Q-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M39 (CL), ESTRATO IV. 21
FIGURA 17. PLANO ΔV-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M39 (CL), ESTRATO IV. 21
FIGURA 15. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M20, TOBA. (ESTRATO VII). 22
FIGURA 15. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M13, TOBA. (ESTRATO VII). 23
FIGURA 15. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M15, TOBA. (ESTRATO VIII). 23
FIGURA 15. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M17, ARCILLA MUY CONSOLIDADA. (ESTRATO X). 24
FIGURA 15. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M19, TOBA. (ESTRATO XIII) 24
FIGURA 18. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M6 (ESTRATO IV). LA LÍNEA AZUL CORRESPONDE A LA CARGA Y LA ROSADA A LA DESCARGA. 25
FIGURA 19. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M14 (ESTRATO VII). 26
FIGURA 19. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M20 (ESTRATO VII). 26
FIGURA 19. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M15 (ESTRATO VIII). 27
FIGURA 19. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M17 (ESTRATO X). 28
FIGURA 19. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M19 (ESTRATO XIII). 28
FIGURA 29. LOG DEL SONDAJE. 30

TABLAS

TABLA 1. REGISTRO DE ACELERACIONES MÁXIMAS EN LA ESTACIÓN. 5
TABLA 2. COORDENADAS Y PROFUNDIDADES DEL SONDAJE. 7
TABLA 3. VELOCIDADES DE ONDA DE COMPRESIÓN Y CORTE ESTIMADOS A TRAVÉS DE ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE PARA LOS DISTINTOS ESTRATOS. 12
TABLA 4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN DURANTE EL SONDAJE. 13
TABLA 5. RESUMEN DEL CONTROL DIARIO DE LA NAPA AL INTERIOR DEL SONDAJE. 14
TABLA 6. CLASIFICACIÓN USCS Y PESO ESPECÍFICO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS. 19
TABLA 7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO. 20

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la ciudad de Angol.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Ocubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos para fines de investigación.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la ciudad de Angol, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Angol.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la comuna de Angol se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
NS	0,928
V	0,281
EW	0,681

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 50.00m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple, triaxiales CIU, peso unitario y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la ciudad de Angol se basó en la perforación de un sondaje de 50.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	294836.00 m E	6270355.00 m S	50.00

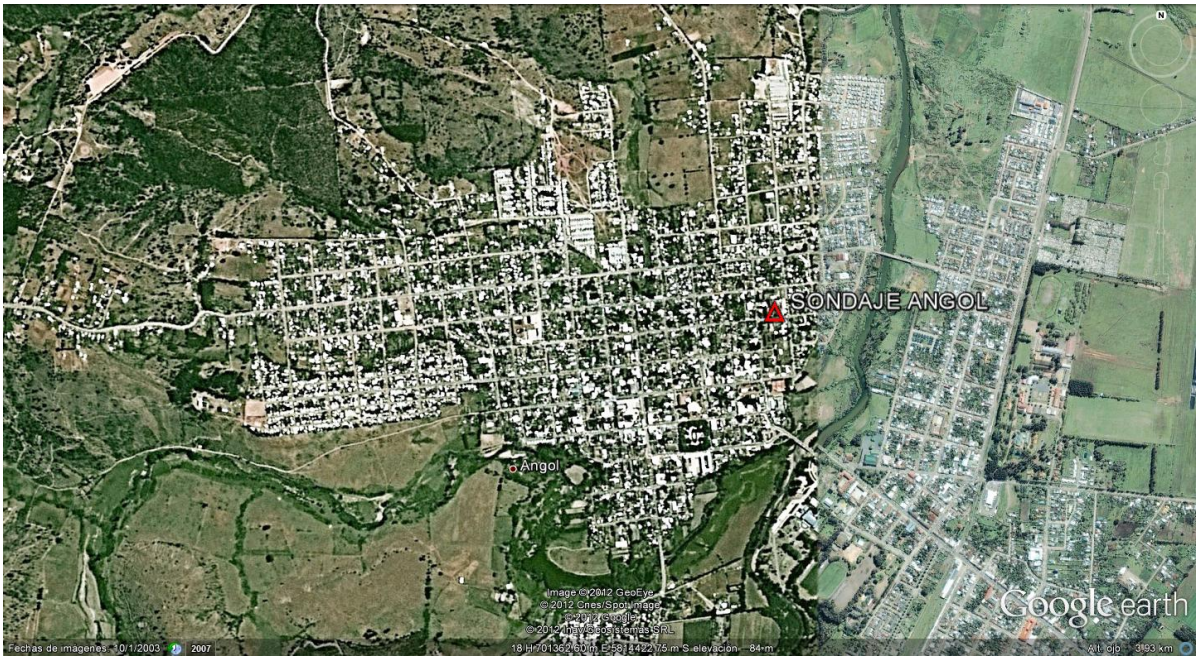


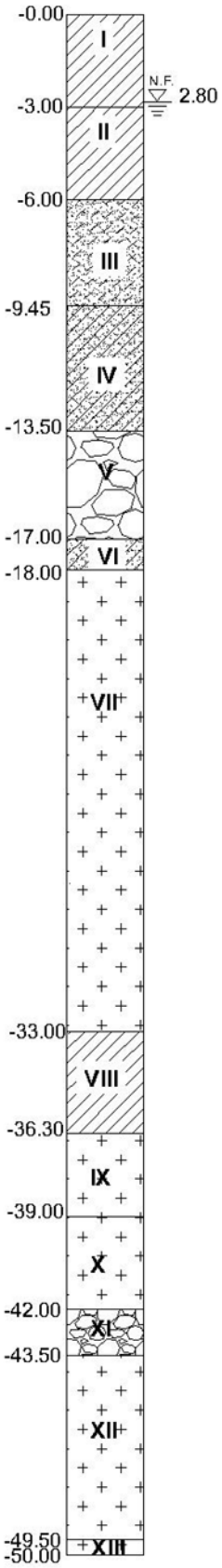
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El suelo en estudio está constituido principalmente por un estrato superficial de 10m de espesor correspondiente a limos y arcillas de baja plasticidad y bajo el yacen intercalaciones de tobas en distintos estados de meteorización y arcillas muy consolidadas.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0.00	3.00	3.00	Arcilla color café, humedad alta, consistencia baja y plasticidad baja. Presencia de gravas dispersas de cantos redondeados y sub-redondeados, tamaño máximo 3''.
II	3.00	6.00	3.00	Arcilla color café, humedad alta, consistencia media y plasticidad baja.
III	6.00	9.45	3.45	Limo y arena limosa color café, humedad alta, consistencia media, y plasticidad baja.
IV	9.45	13.50	4.05	Arcilla y arena arcillosa color café, humedad alta, consistencia media y plasticidad baja.
V	13.50	17.00	3.50	Gravas y bolones de cantos redondeados a sub-redondeados, tamaño máximo 8'' aprox., sin recuperación de matriz. Se observa material fino adherido a la grava.
VI	17.00	18.00	1.00	Arena arcillosa color gris oscuro, muy consolidada, humedad media, consistencia alta y plasticidad media.
VII	18.00	33.00	15.00	Toba color gris con distintos grados de meteorización y presencia de incrustaciones de granitos meteorizados.
VIII	33.00	36.30	3.30	Arcilla color gris verdoso, muy consolidada, humedad media, consistencia alta y plasticidad alta.
IX	36.30	39.00	2.70	Toba color gris muy meteorizada.
X	39.00	42.00	3.00	Toba color gris verdoso con zonas meteorizadas.
XI	42.00	43.50	1.50	Bolones y gravas en matriz de arena color negro, compacidad alta, cantos redondeados a sub-redondeados, tamaño máximo 8'' aprox.
XII	43.50	49.50	6.00	Toba color gris oscuro muy meteorizada con presencia dispersa de incrustaciones de granitos meteorizados.
XIII	49.50	50.00	0.50	Toba sana color rojizo.

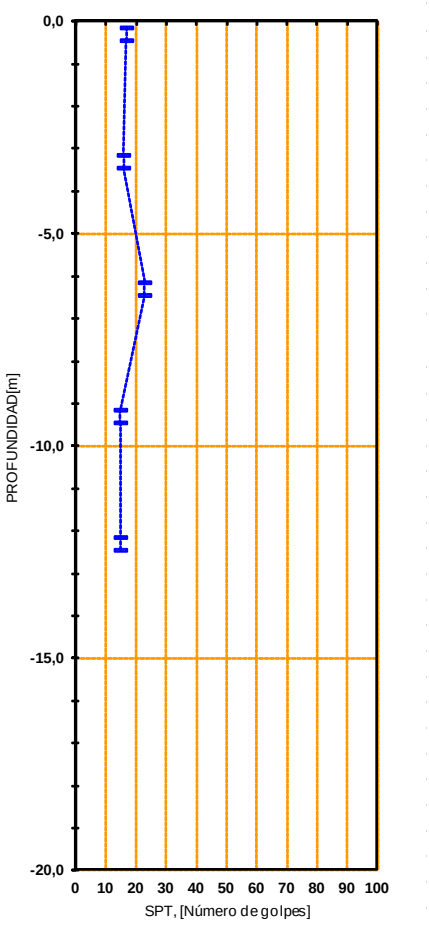
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de penetración estándar realizados en los estratos superficiales correspondientes a limos y arcillas de baja plasticidad.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,00	0,45
3,00	3,45
6,00	6,45
9,00	9,45
12,00	12,45

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
9	10	7	17
4	6	10	16
9	11	12	23
7	7	8	15
4	6	9	15



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	3,00	400	200
II	3,00	6,00	861	110
III	6,00	11,00	861	230
IV	11,00	13,50	517	280
V	13,50	17,00	1500	570
VI	17,00	18,00	1500	-
VII	18,00	33,00	1500	880
VIII	33,00	36,30	2213	400
IX	36,30	39,00	2213	810
X	39,00	42,00	2213	-
XI	42,00	43,50	2213	-
XII	43,50	49,50	-	-
XIII	49,50	50,00	-	-

A partir de los 13.50m la velocidad de ondas de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
SPT	0,00	0,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	0,45	1,50	1,05	0,00	0	N/A
HQ3	1,50	3,00	1,50	0,25	17	N/A
SPT	3,00	3,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	3,45	4,50	1,05	0,00	0	N/A
HQ3	4,50	6,00	1,50	0,45	30	N/A
SPT	6,00	6,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	6,45	7,50	1,05	0,50	48	N/A
HQ3	7,50	9,00	1,50	0,00	0	N/A
SPT	9,00	9,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	9,45	11,00	1,55	0,75	48	N/A
HQ3	11,00	12,00	1,00	0,60	60	N/A
SPT	12,00	12,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	12,45	13,50	1,05	0,60	57	N/A
HQ3	13,50	15,00	1,50	0,00	0	N/A
SPT	15,00	15,45	0,45	0,15	33	N/A
HQ3	15,45	16,50	1,05	0,00	0	N/A
HQ3	16,50	18,00	1,50	1,50	100	N/A
SPT	18,00	18,08	0,08	0,00	0	-
HQ3	18,08	19,50	1,42	1,00	70	-
HQ3	19,50	21,00	1,50	1,50	100	-
HQ3	21,00	22,50	1,50	1,00	67	-
HQ3	22,50	24,00	1,50	1,30	87	-
HQ3	24,00	25,50	1,50	1,50	100	-
HQ3	25,50	27,00	1,50	1,50	100	25
HQ3	27,00	28,50	1,50	1,30	87	-
HQ3	28,50	30,00	1,50	1,35	90	8
HQ3	30,00	31,50	1,50	1,40	93	20
HQ3	31,50	33,00	1,50	1,20	80	34
HQ3	33,00	34,50	1,50	1,25	83	-
HQ3	34,50	36,00	1,50	1,50	100	23
HQ3	36,00	37,50	1,50	1,50	100	-
HQ3	37,50	39,00	1,50	1,50	100	-
HQ3	39,00	40,50	1,50	1,50	100	64
HQ3	40,50	42,00	1,50	1,50	100	-
HQ3	42,00	43,50	1,50	1,50	100	N/A
HQ3	43,50	45,00	1,50	1,20	80	-
HQ3	45,00	46,50	1,50	1,50	100	-
HQ3	46,50	48,00	1,50	1,40	93	38

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
HQ3	48,00	49,00	1,00	0,30	30	-
HQ3	49,00	50,00	1,00	0,50	50	40

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
13-10-2011	20:00	2,0	HQ3	7,5	HW	0,0
14-10-2011	8:00	3,2	HQ3	7,5	HW	0,0
14-10-2011	20:00	2,4	HQ3	15,2	HW	0,0
15-10-2011	8:00	3,5	HQ3	15,2	HW	0,0
15-10-2011	20:00	2,2	HQ3	24,0	HW	15,0
16-10-2011	8:00	3,4	HQ3	24,0	HW	15,0
16-10-2011	20:00	2,3	HQ3	30,0	HW	15,0
17-10-2011	8:00	3,2	HQ3	30,0	HW	15,0
17-10-2011	20:00	2,5	HQ3	36,0	HW	15,0
18-10-2011	8:00	4,0	HQ3	36,0	HW	15,0
18-10-2011	20:00	2,1	HQ3	45,0	HW	15,0
19-10-2011	8:00	3,9	HQ3	45,0	HW	15,0
19-10-2011	20:00	2,2	HQ3	50,0	HW	15,0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-12.45m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 12.45m-21.00m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 19.50m-27.00m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 27.00m-33.00m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 31.50m-37.50m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 36.00m-42.00m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 40.50m-46.50m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 46.50m-50.00m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS.

Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	Gs
M1	3,00-3,45	CL	97,6	30	20	10	2,70
M2	3,45-6,00	CL	92,0	42	18	24	2,74
M3	6,00-6,45	SW-SM	6,3	30	24	6	2,75
M5	9,00-9,45	ML	97,5	37	26	11	2,76
M6	9,45-11,00	CL	96,7	36	21	15	2,76
M8	12,00-12,45	SP-SC	10,9	33	19	14	2,70
M21	17,00-18,00	SC	43,4	29	20	9	2,75
M13	28,50-30,00	SC	41,7	27	16	11	2,65
M15	34,50-36,00	CH	71,6	83	26	57	2,66

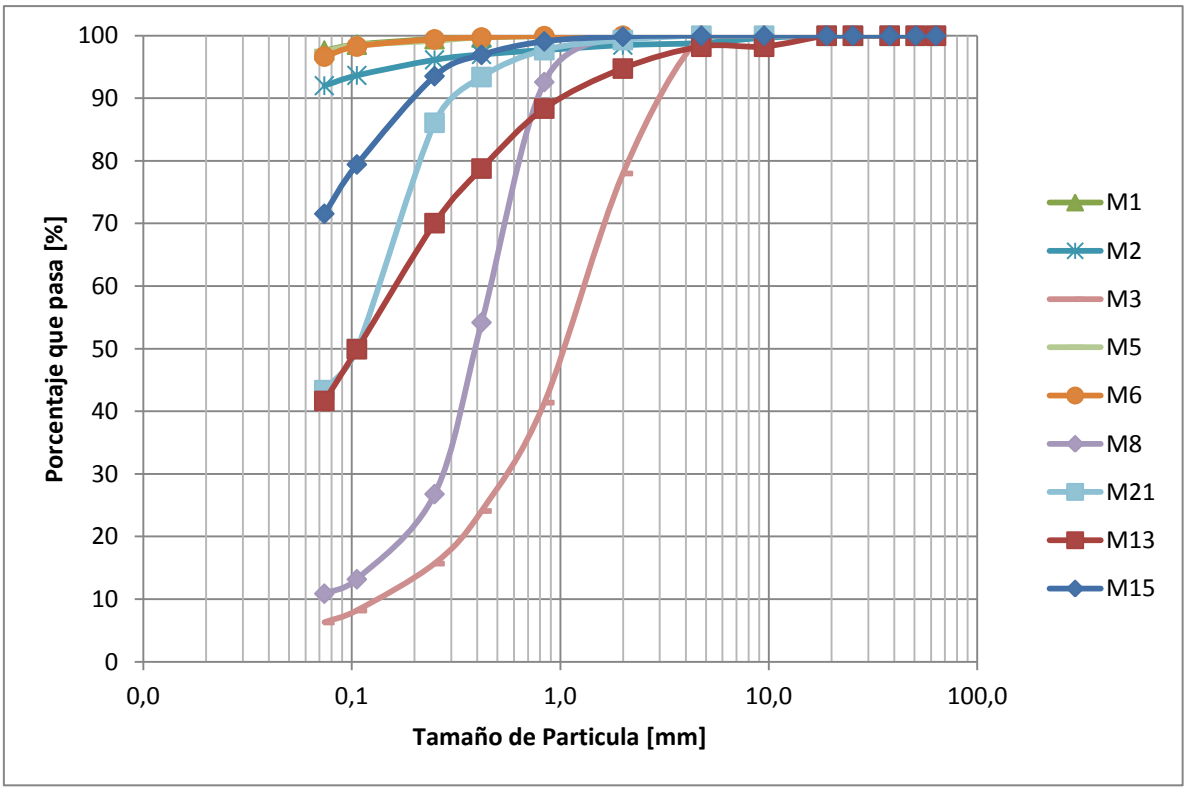


Figura 14. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Peso Unitario

Se llevo a cabo ensayos de peso unitario obteniéndose las siguientes densidades y humedades.

Tabla 7. Resultados de los ensayos de peso unitario.

Muestra	Cotas [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M2	3.45-6.00	1.69	37.37	1.23
M6	9.45-11.00	1.42	10.69	1.28
M13	28.50-30.00	2.16	5.50	2.04
M15	34,50-36,00	1.68	36.71	1.23

7.3. Triaxial CIU

Se realizó una serie de tres ensayos triaxiales CIU sobre muestras de arcillas de baja plasticidad correspondientes al estrato IV. Se confeccionaron las probetas remoldeadas de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de peso unitario, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2.

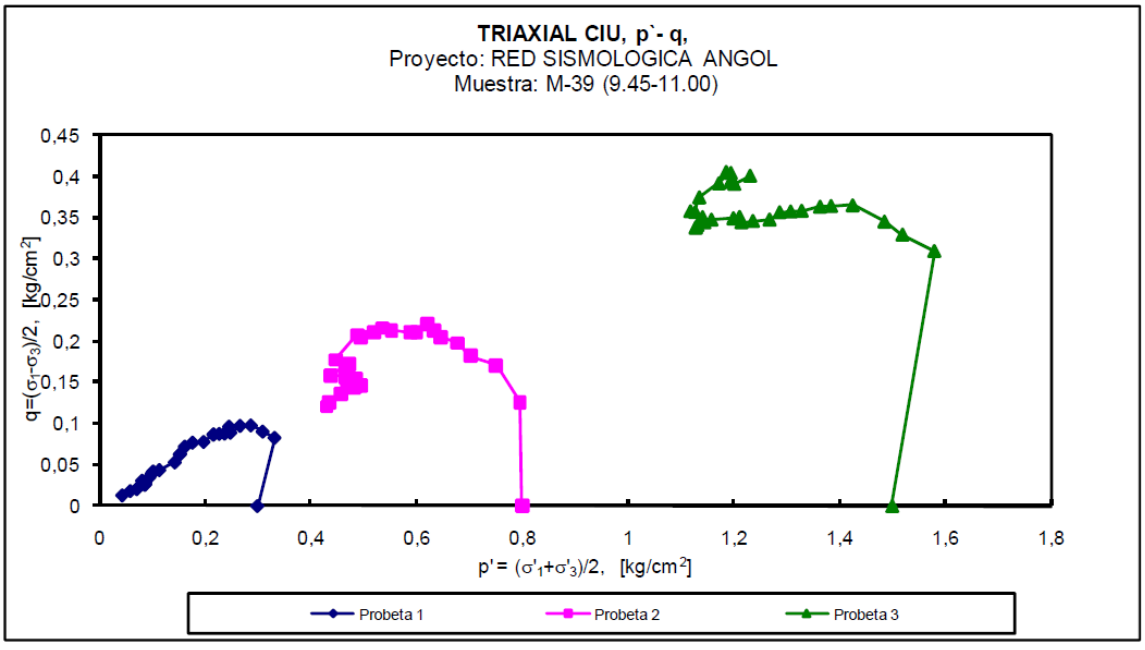


Figura 15. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M39 (CL), estrato IV.

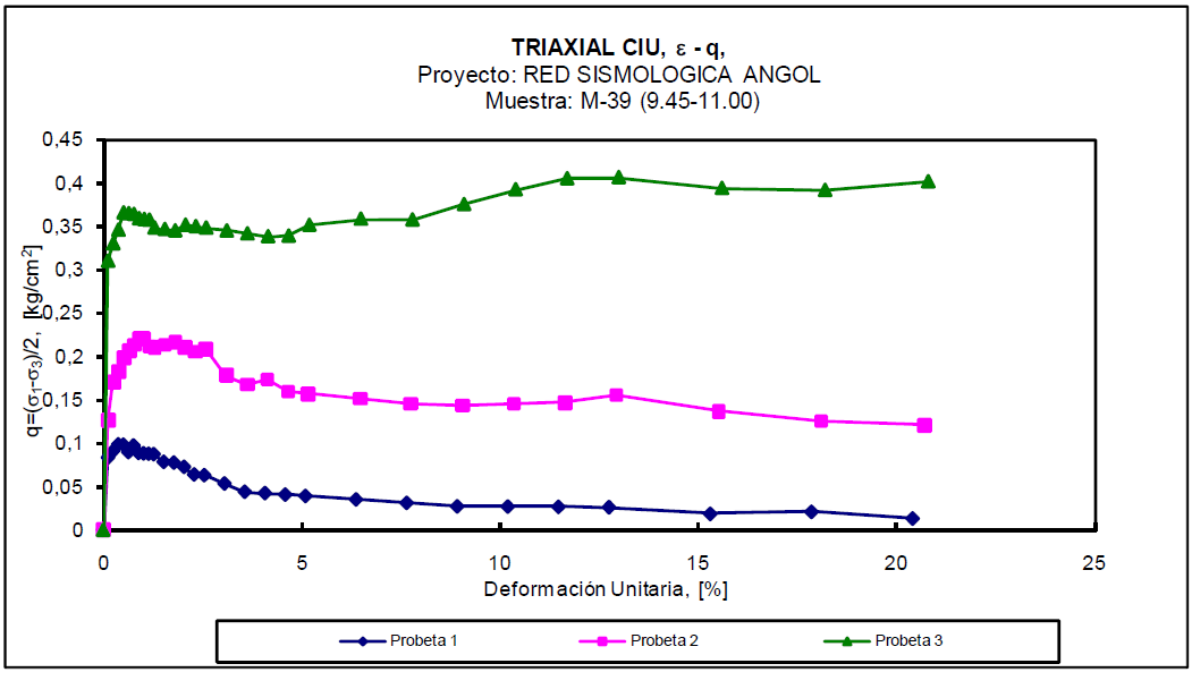


Figura 16. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M39 (CL), estrato IV.

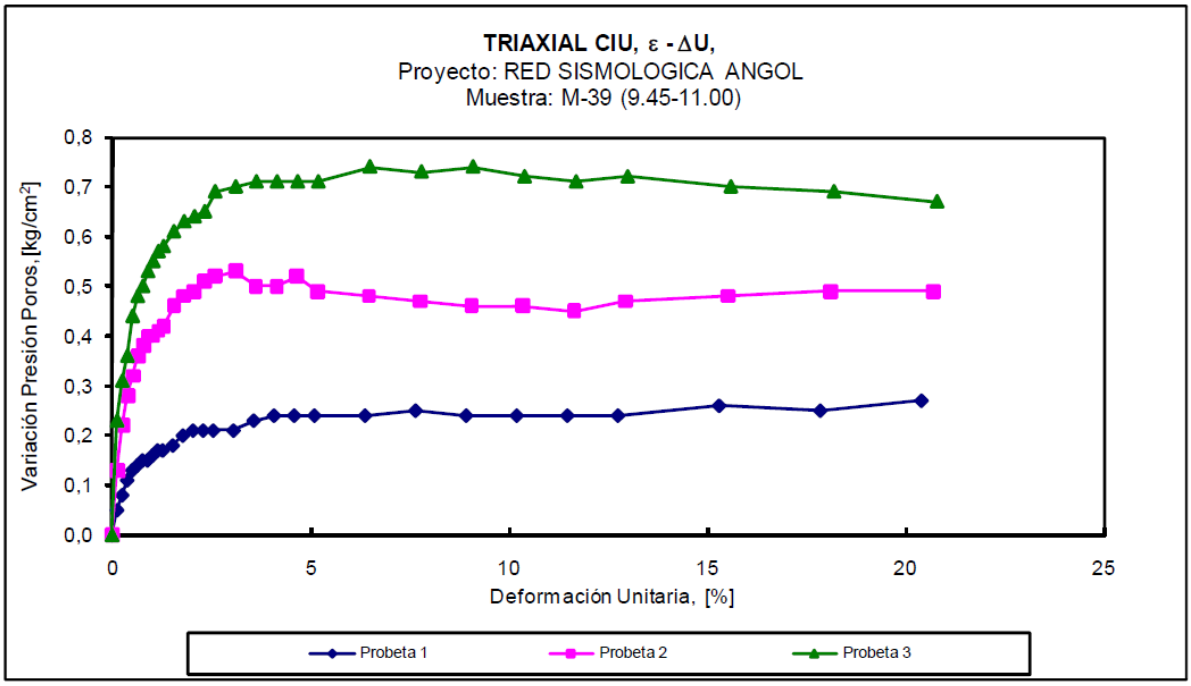


Figura 17. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M39 (CL), estrato IV.

7.4. Compresión Simple

Se realizaron ensayos de compresión simple sobre las muestras de toba (estratos VII, IX, X, y XIII) y arcilla muy consolidada (estrato VIII), obteniéndose los siguientes resultados.

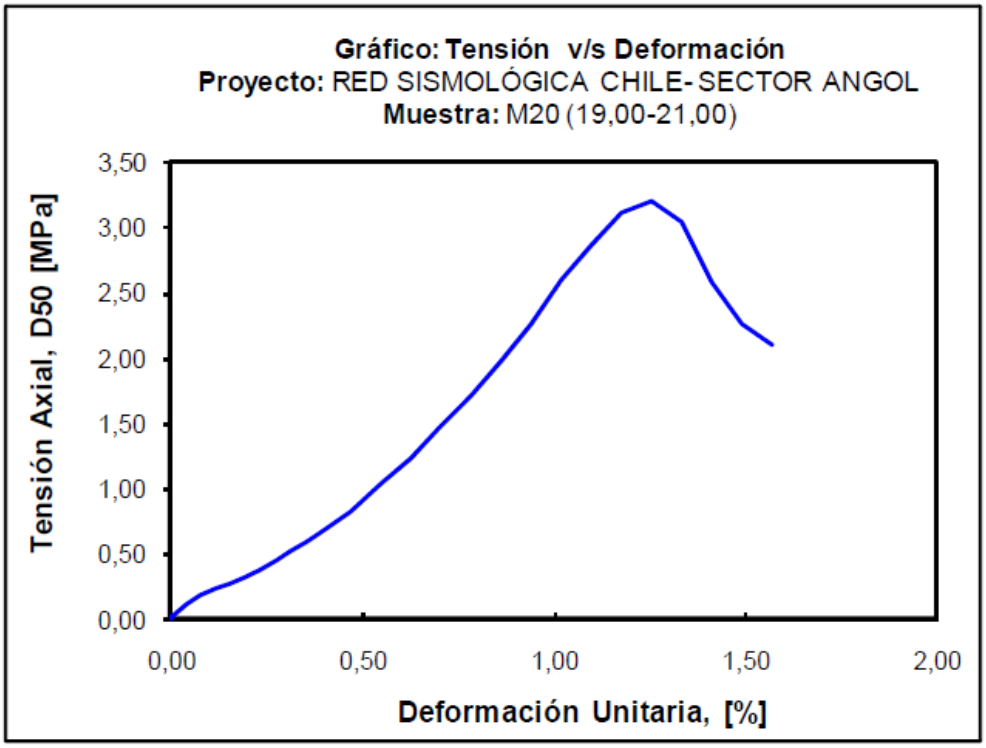


Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M20, Toba. (estrato VII).

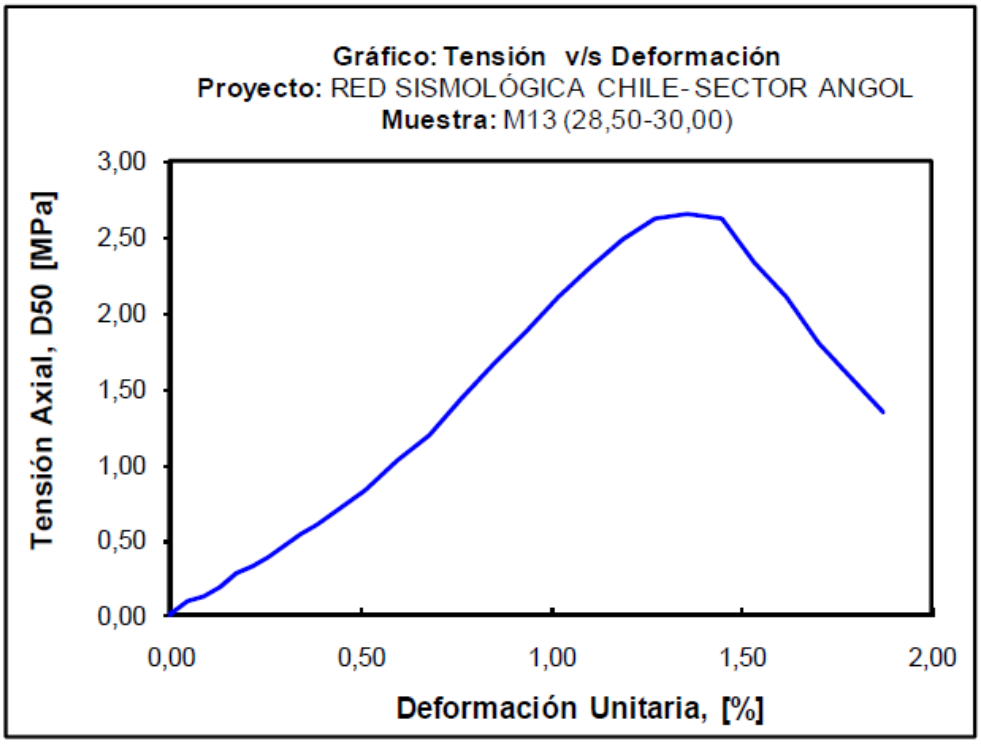


Figura 19. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M13, Toba. (estrato VII).

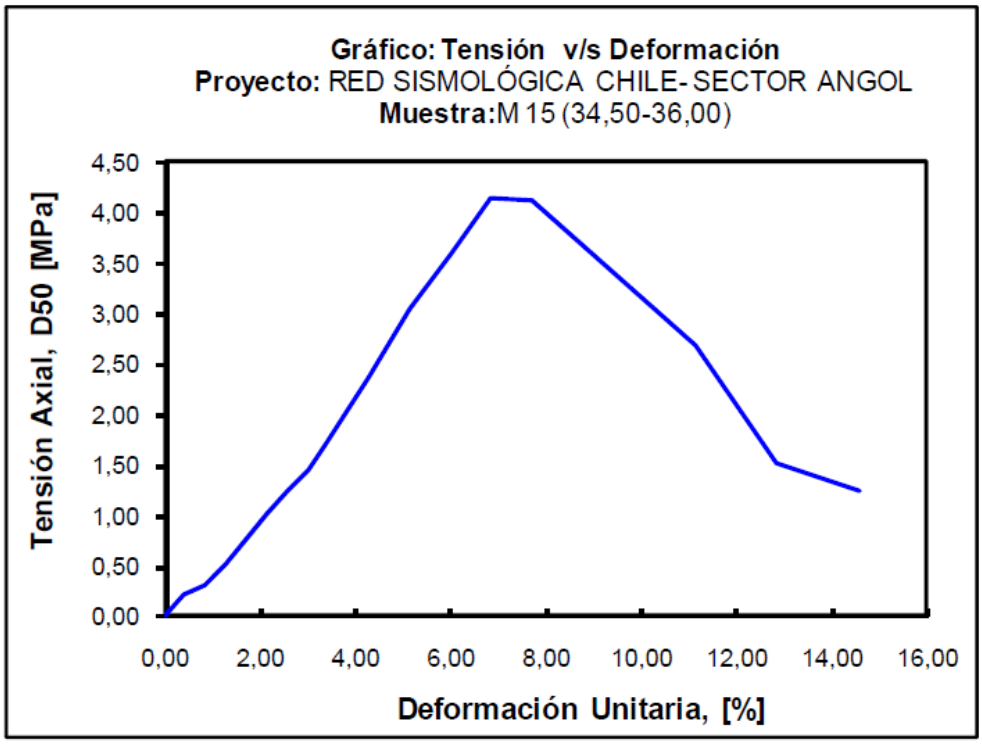


Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M15, Toba. (estrato VIII).

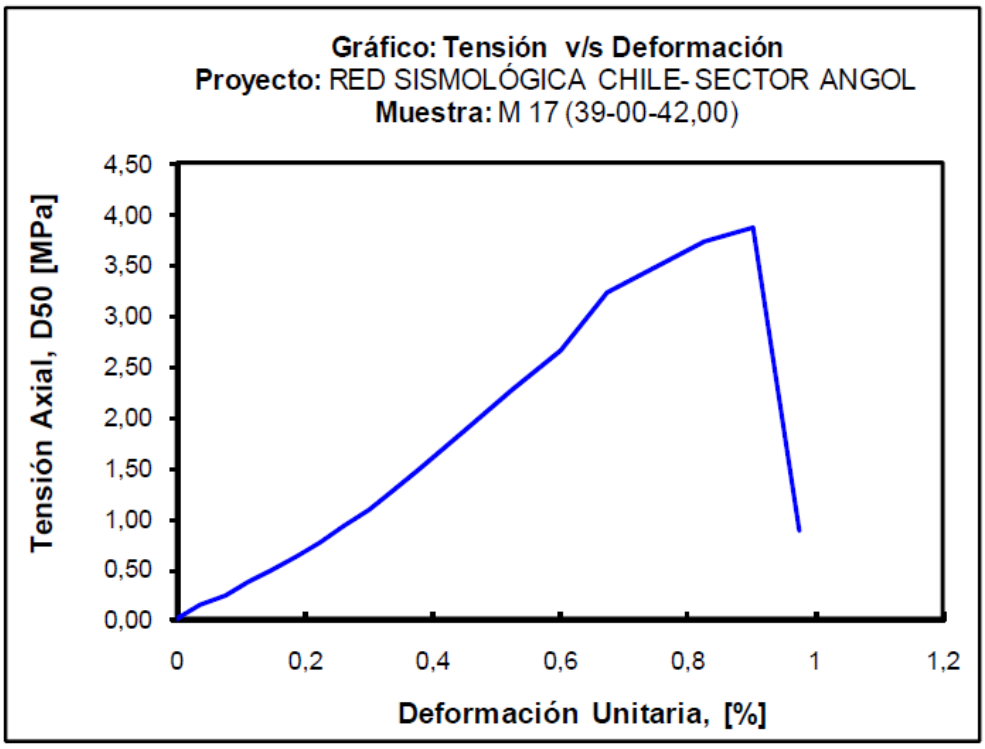


Figura 21. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M17, Arcilla muy consolidada. (estrato X).

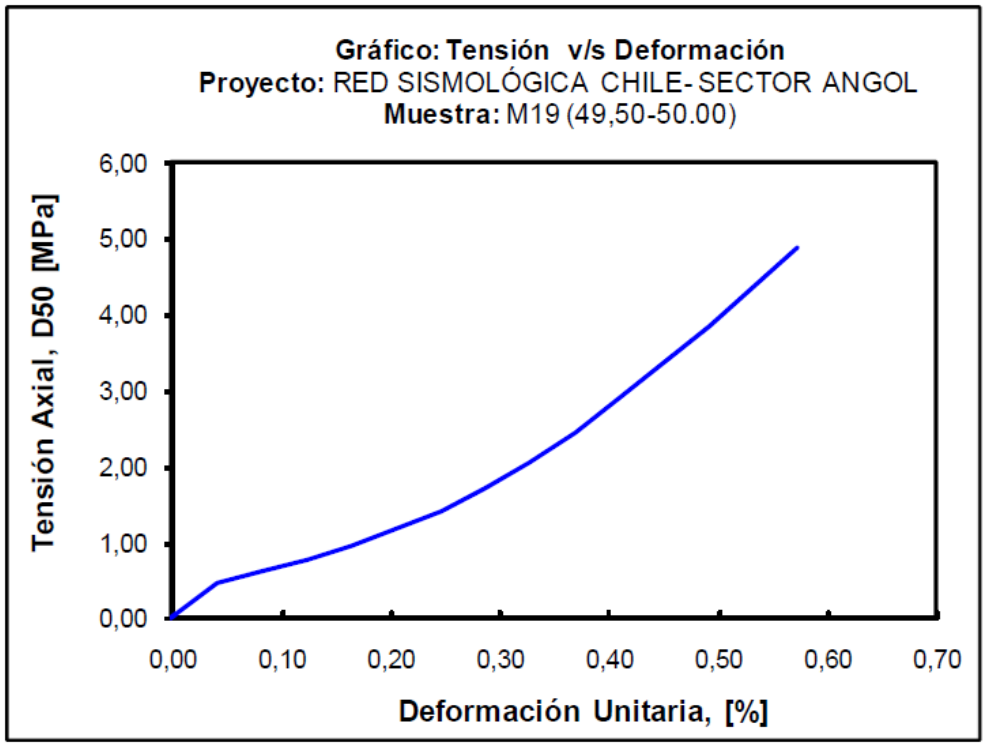


Figura 22. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M19, Toba. (estrato XIII).

7.5. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_S) en muestras de los estratos IV, VII, VIII, X, XIII. En el caso de la muestra M6 (estrato IV) los ensayos se realizaron sobre una probeta remoldeada, diseñada de acuerdo a los resultados de los ensayos de peso unitario, con presiones de confinamiento 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 y drenados al aire.

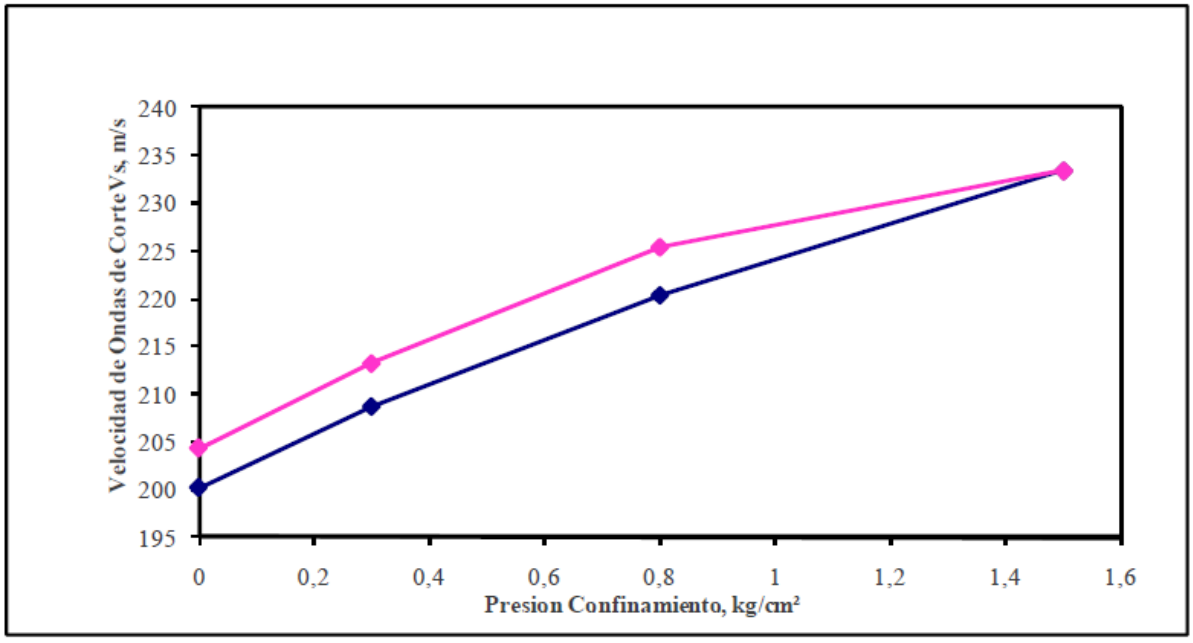


Figura 23. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M6 (estrato IV). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

Para la muestra M14 (estrato VII) los ensayos se realizaron sobre un testigo con presiones de confinamiento efectivas 2.0 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2 – 4.0 kg/cm^2, en condición natural y drenada al aire.

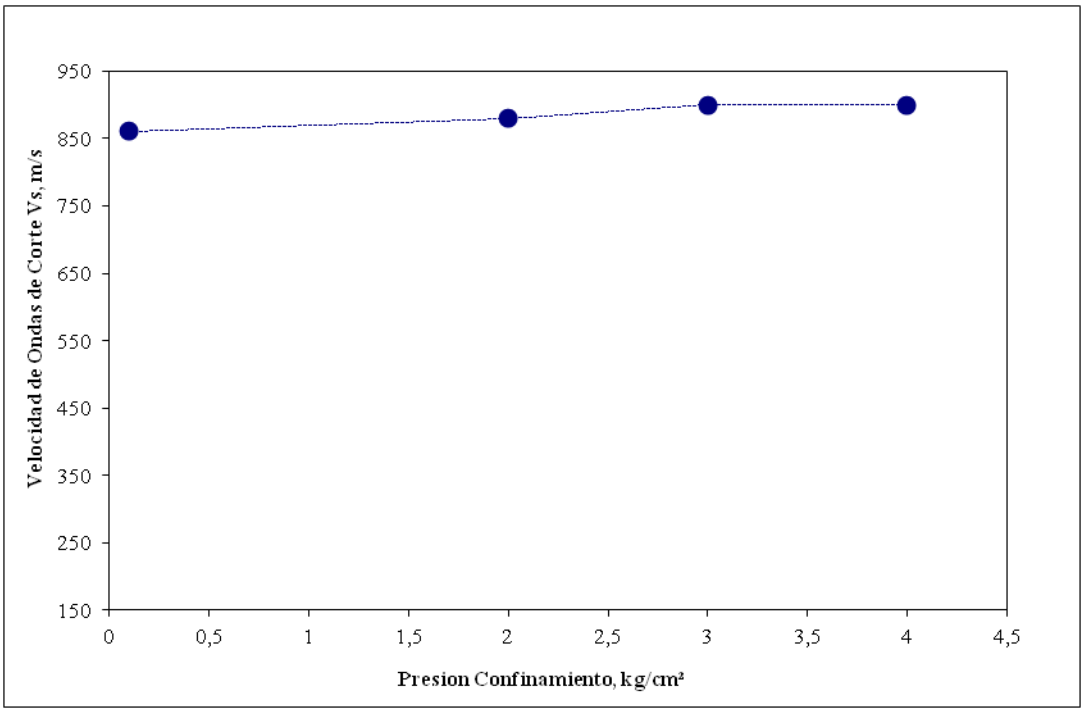


Figura 24. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M14 (estrato VII).

Para la muestra M20 (estrato VII) los ensayos se realizaron sobre un testigo con presiones de confinamiento efectivas 2.0 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2 – 4.0 kg/cm^2, en condición natural y drenada al aire.

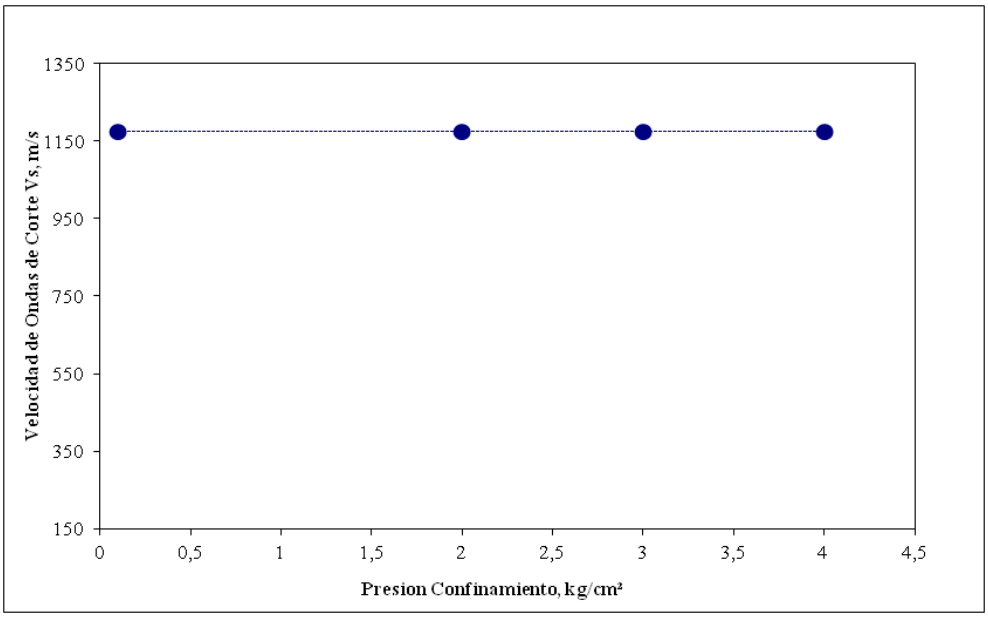


Figura 25. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M20 (estrato VII).

La muestra M15 (estrato VIII) se ensayó con presiones de confinamiento efectivas 2.0 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2 – 4.0 kg/cm^2, en condición natural y drenada al aire.

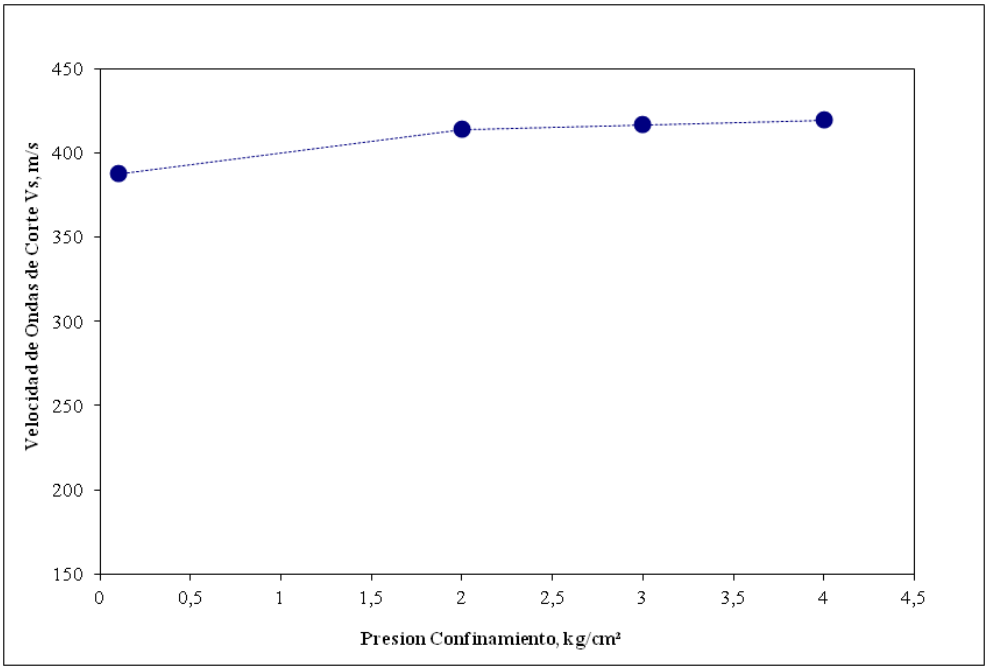


Figura 26. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M15 (estrato VIII).

La muestra M17 (estrato X) se ensayó con presiones de confinamiento efectivas 3.0 kg/cm^2 – 4.0 kg/cm^2 – 5.0 kg/cm^2 – 6.0 kg/cm^2, en condición saturada y back pressure de 2 kg/cm^2

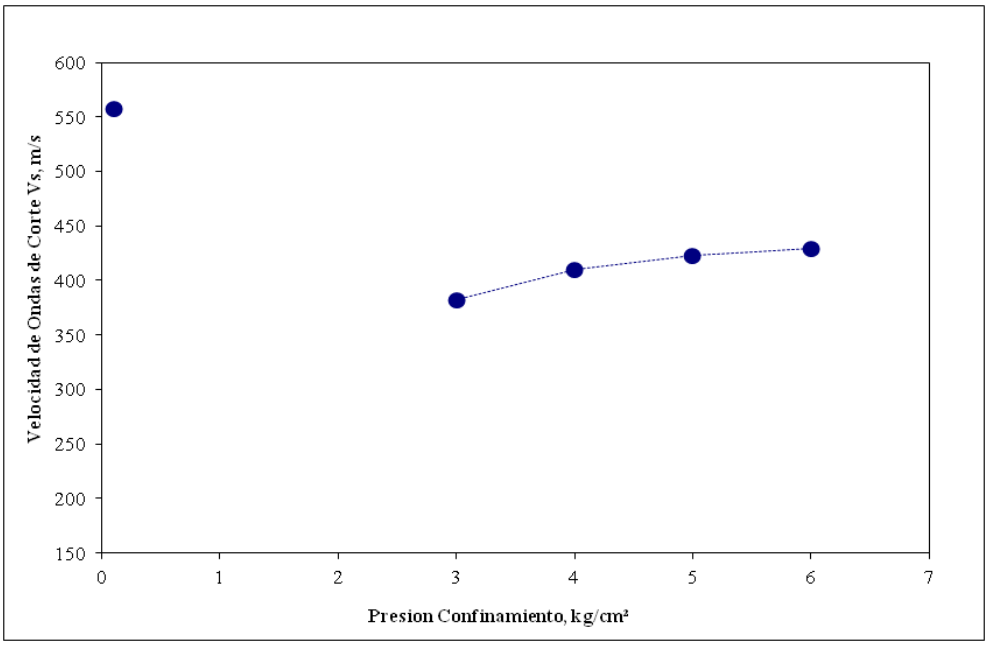


Figura 27. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M17 (estrato X).

La muestra M19 (estrato XIII) se ensayó sin presión de cámara, en condición natural y drenada al aire.

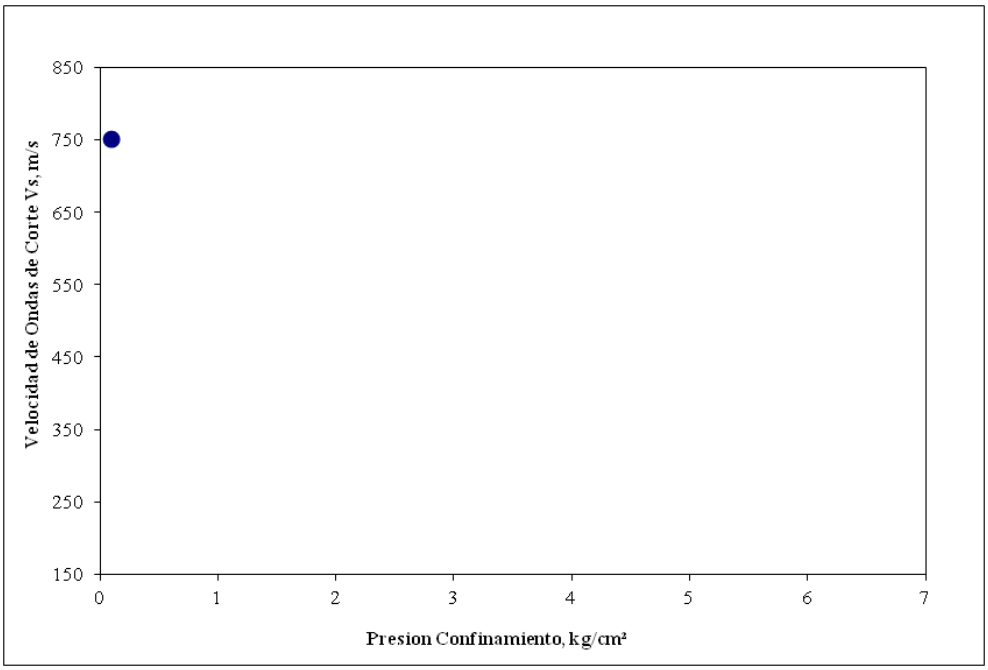


Figura 28. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M19 (estrato XIII).

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

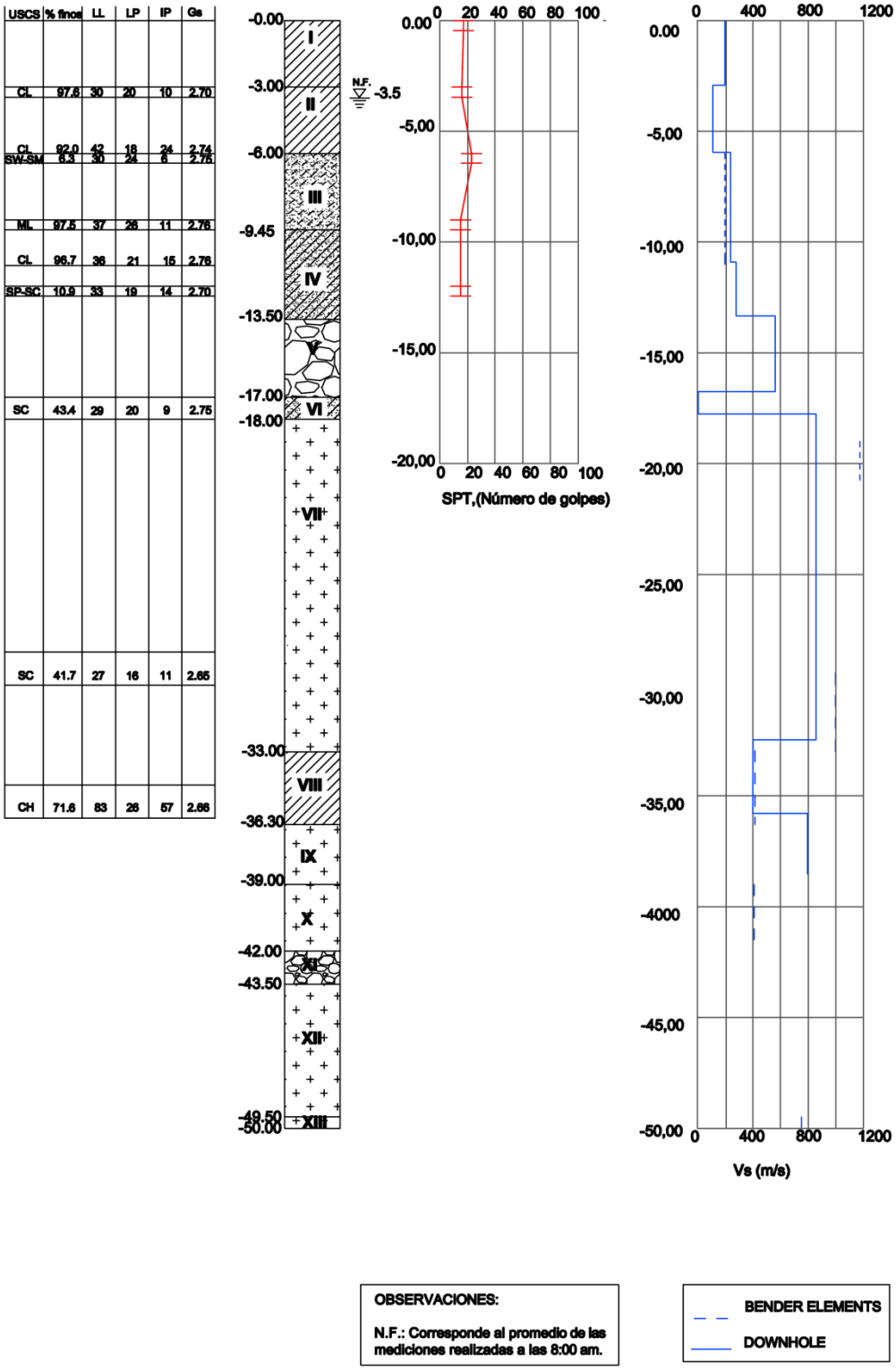


Figura 29. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION ANGOL

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE

Acreditación LE 304
Resolución Exenta 9111 MINVU 21 de diciembre de 2009
Resolución Exenta 5464 MINVU 07 de septiembre de 2011

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-C
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 29
ELABORADO POR: Valeska Barahona O. Priscilla Torres C.	**REVISADO POR:** Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	**APROBADO POR:** Iván Bejarano B.	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE** **Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago** **DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** ANGOL		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 17 / 11/ 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 28/11/2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 14/01/2012	**FECHA DE EMISIÓN :** 24/01/2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-15 Peso Unitario ASTM D423-00 (2006)
- Compresion uniaxial simple
- Bender Element
- Triaxial CIU 5x10

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M1	---	3.00-3.45	SPT	X	X
M2	---	4.50-6.00	HQ3	X	X
M3	---	6.00-6.45	SPT	X	X
M5	---	9.00-9.45	SPT	X	X
M6	---	9.45-11.00	HQ3	X	X
M8	---	12.00-12.45	SPT	X	X
M13	---	28.50-30.00	HQ3	X	X
M14	---	30.00-31.50	HQ3	X	X
M15	---	34.50-36.00	HQ3	X	X
M17	---	39.00-42.00	HQ3	X	X
M19	---	49.50-50.00	HQ3	X	X
M20	---	19.00-21.00	HQ3	X	X
M21	---	17.00-18.00	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.	**Iván Bejarano B.**
Jefe Sección Laboratorio	**Jefe Área Geotecnia y Pavimentación**
Geotecnia –IDIEM	**Geotecnia –IDIEM**

VBO/kra

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	02-12-2011
Fecha Término	17-12-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M15	M13	M1 SPT M-03	M2*
Cota [m]	**(34,50-36,00)**	**(28,50-30,00)**	**(3,00-3,45)**	**(3,45-6,00)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**				
63,500	2 1/2"				-
50,800	2"				-
38,100	1 1/2"				-
25,400	1"				-
19,000	3/4"		100,0		-
9,520	3/8"		98,2		-
4,760	Nº 4	100,0	98,2		-
2,000	Nº 10	99,8	94,8	100,0	-
0,840	Nº 20	99,1	88,4	99,9	-
0,420	Nº 40	96,9	78,8	99,7	-
0,250	Nº 60	93,5	70,1	99,5	-
0,106	Nº 140	79,4	49,9	98,6	-
0,074	Nº 200	71,6	41,7	97,6	-

Límite Líquido	83	27	30	30
Límite Plástico	26	16	20	21
Indice de Plasticidad	57	11	10	9
Clasificación USCS	**CH**	**SC**	**CL**	**-**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Observaciones

*. El ensayo de Limites de Atterberg a traves del metodo humedo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	02-12-2011
Fecha Término	17-12-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M2	M6	M6*	M3 SPT M-5*
Cota [m]	**(3,45-6,00)**	**(9,45-11,00)**	**(9,45-11,00)**	**(6,00-6,45)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**				
63,500	2 1/2"			-	
50,800	2"			-	
38,100	1 1/2"			-	
25,400	1"			-	
19,000	3/4"	100,0		-	
9,520	3/8"	99,7		-	
4,760	Nº 4	98,8		-	100,0
2,000	Nº 10	98,5	100,0	-	78,0
0,840	Nº 20	97,7	99,9	-	41,4
0,420	Nº 40	97,0	99,7	-	24,1
0,250	Nº 60	96,2	99,4	-	15,7
0,106	Nº 140	93,7	98,3	-	8,2
0,074	Nº 200	92,0	96,7	-	6,3

Límite Líquido	42	36	41	30
Límite Plástico	18	21	32	24
Indice de Plasticidad	24	15	9	6
Clasificación USCS	**CL**	**CL**	**-**	**SW-SM**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Observaciones

*. El ensayo de Limites de Atterberg a traves del metodo humedo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	02-12-2011
Fecha Término	17-12-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M5 SPT M-7*	M8 SPT M-10	M21	
Cota [m]	**(9,00-9,45)**	**(12,00-12,45)**	**(17,00-18,00)**	
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**				
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4		100,0	100,0	
2,000	Nº 10		99,9	99,3	
0,840	Nº 20	100,0	92,6	97,7	
0,420	Nº 40	99,7	54,2	93,4	
0,250	Nº 60	99,2	26,8	86,1	
0,106	Nº 140	98,5	13,2	50,0	
0,074	Nº 200	97,5	10,9	43,4	

Límite Líquido	37	33	29	
Límite Plástico	26	19	20	
Indice de Plasticidad	11	14	9	
Clasificación USCS	**ML**	**SP-SC**	**SC**	

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Observaciones

*. El ensayo de Limites de Atterberg a traves del metodo humedo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	30-11-2011
Fecha Término	13-12-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M1	(3,00-3,45)	2,70
M2	(3,45-6,00)	2,74
M3	(6,00-6,45)	2,75
M5	(6,45-7,50)	2,76
M6	(9,45-11,00)	2,76
M8	(12,00-12,45)	2,70
M13	(28,50-30,00)	2,65
M15	(34,50-36,00)	2,66
M21	(17,00-18,00)	2,75

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION PESO UNITARIO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE-SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	05-12-2011
Fecha Término	05-12-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M15	(34,50-36,00)	1,68	36,71	1,23
M13	(28,50-30,00)	2,16	5,50	2,04
M2	(3,45-6,00)	1,69	37,37	1,23
M6	(9,45-11,00)	1,42	10,69	1,28

Referencias

1. Densidad de las muestras determinadas mediante la determinación del volumen por peso sumergido previa cobertura de la muestra con parafina sólida.
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712,152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	01-12-2011
Fecha de Término	01-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

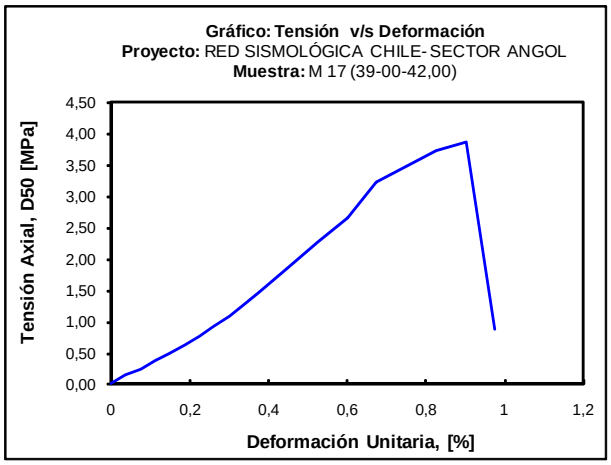
Muestra	M17 (39-00-42,00)
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	-
Alteraciones	-

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,96
Altura Promedio	[cm]	13,30
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,09
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,83
Contenido de Humedad	[%]	13,93

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	0,14	0,15
0,08	0,24	0,25
0,11	0,36	0,37
0,15	0,47	0,49
0,19	0,60	0,62
0,23	0,73	0,75
0,26	0,88	0,92
0,30	1,06	1,09
0,34	1,21	1,26
0,38	1,43	1,48
0,45	1,79	1,85
0,53	2,19	2,26
0,60	2,57	2,66
0,68	3,12	3,23
0,75	3,36	3,48
0,83	3,60	3,73
0,90	3,73	3,87
0,98	0,86	0,89



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE-SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	01-12-2011
Fecha de Término	01-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

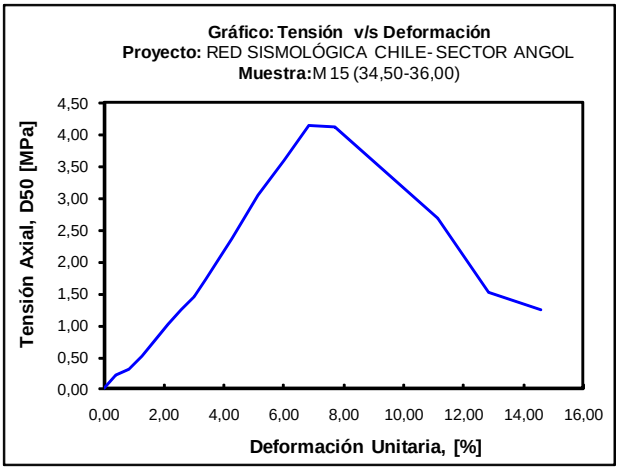
Muestra	M15 (34,50-36,00)
Tipo de Roca	ARCILLA ALTAMENTE CONSOLIDADA
Fracturas / Vetillas	-
Alteraciones	-

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,01
Altura Promedio	[cm]	12,82
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,85
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,47
Contenido de Humedad	[%]	26,04

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,43	0,21	0,22
0,86	0,29	0,30
1,29	0,49	0,51
1,72	0,74	0,77
2,14	0,98	1,02
2,57	1,19	1,23
3,00	1,40	1,45
3,43	1,67	1,73
3,86	1,96	2,03
4,29	2,27	2,35
5,15	2,93	3,04
6,00	3,47	3,60
6,86	3,99	4,14
7,72	3,96	4,11
11,15	2,59	2,69
12,87	1,47	1,52
14,58	1,19	1,23



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	01-12-2011
Fecha de Término	01-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

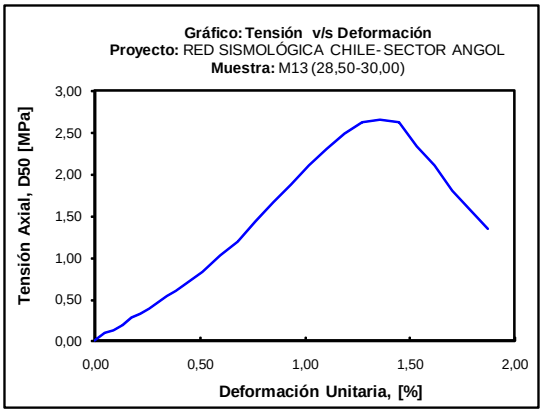
Muestra	M13 (28,50-30,00)
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	-
Alteraciones	-

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,88
Altura Promedio	[cm]	11,76
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,27
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,20
Contenido de Humedad	[%]	3,14

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D59 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	0,10	0,10
0,09	0,13	0,13
0,13	0,19	0,19
0,17	0,27	0,28
0,21	0,32	0,33
0,26	0,38	0,39
0,30	0,45	0,46
0,34	0,52	0,54
0,38	0,58	0,60
0,43	0,65	0,67
0,51	0,80	0,82
0,60	0,99	1,02
0,68	1,16	1,20
0,77	1,40	1,44
0,85	1,61	1,67
0,94	1,82	1,88
1,02	2,04	2,10
1,11	2,23	2,30
1,19	2,40	2,48
1,28	2,55	2,63
1,36	2,58	2,66
1,45	2,55	2,63
1,53	2,26	2,33
1,62	2,04	2,10
1,70	1,75	1,80
1,79	1,53	1,58
1,87	1,31	1,35



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	01-12-2011
Fecha de Término	01-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

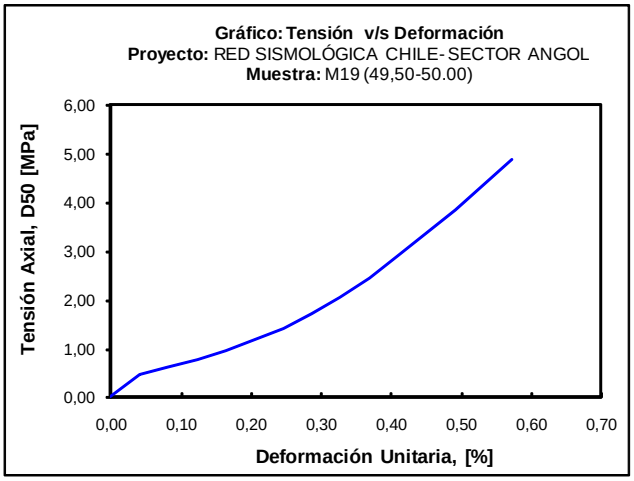
Muestra	M19 (49,50-50)
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	-
Alteraciones	-

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,75
Altura Promedio	[cm]	12,21
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,38
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,27
Contenido de Humedad	[%]	4,69

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D58 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	0,46	0,47
0,08	0,61	0,63
0,12	0,75	0,77
0,16	0,93	0,96
0,25	1,37	1,41
0,29	1,68	1,73
0,33	2,00	2,06
0,37	2,37	2,44
0,41	2,83	2,91
0,49	3,75	3,85
0,57	4,74	4,87



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	01-12-2011
Fecha de Término	01-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

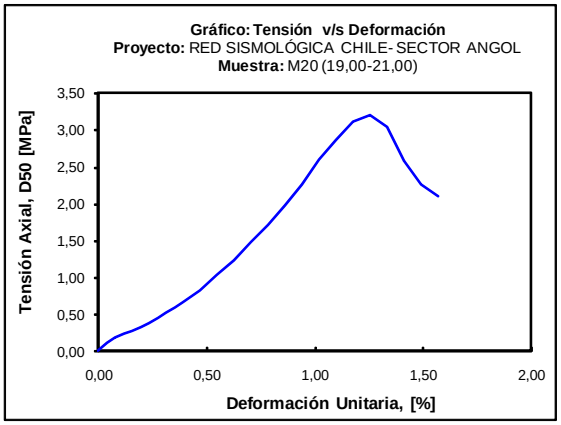
Muestra	M20 (19,00-21,00)
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	-
Alteraciones	-

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,78
Altura Promedio	[cm]	12,74
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,36
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,31
Contenido de Humedad	[%]	2,13

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D58 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	0,12	0,12
0,08	0,18	0,18
0,12	0,23	0,23
0,16	0,27	0,28
0,20	0,32	0,33
0,24	0,38	0,39
0,27	0,44	0,45
0,31	0,51	0,53
0,35	0,57	0,59
0,39	0,65	0,67
0,47	0,80	0,83
0,55	1,02	1,05
0,63	1,20	1,23
0,71	1,44	1,48
0,78	1,67	1,72
0,86	1,93	1,98
0,94	2,20	2,27
1,02	2,52	2,59
1,10	2,78	2,86
1,18	3,02	3,11
1,26	3,11	3,20
1,33	2,96	3,05
1,41	2,50	2,58
1,49	2,20	2,27
1,57	2,05	2,11



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M6 (9,45-11,00)

Datos de Confección:

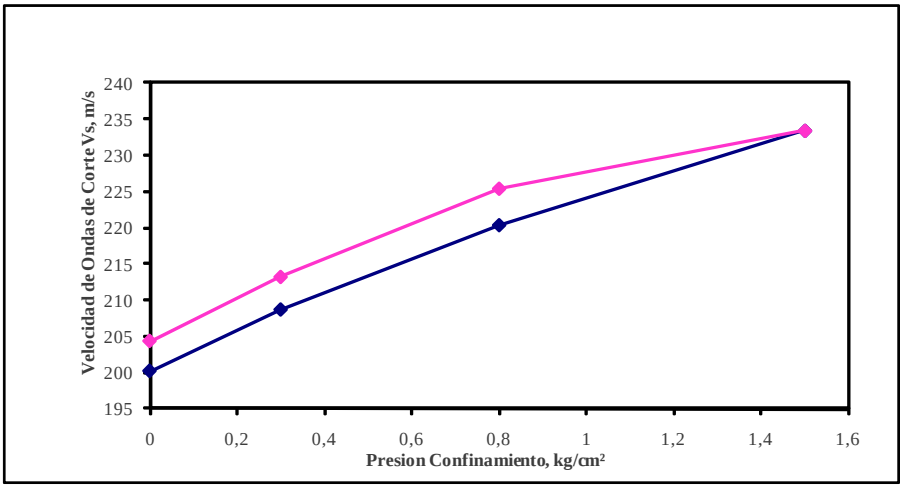
Diametro Superior	cm	4,980
Diametro Medio	cm	4,980
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	284,43
Diámetro Promedio	cm	4,980
Area Promedio	cm²	19,48
Altura Promedio	cm	9,849
Volumen	cm³	191,83
Densidad Humeda	gr/cm³	1,483
Humedad Natural	%	20,54
Densidad Seca	gr/cm³	1,230

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	492	0,000492	**200**	Drenado al aire.
0,3	472	0,000472	**209**	Drenado al aire.
0,8	447	0,000447	**220**	Drenado al aire.
1,5	422	0,000422	**233**	Drenado al aire.
0,8	437	0,000437	**225**	Drenado al aire.
0,3	462	0,000462	**213**	Drenado al aire.
0	482	0,000482	**204**	Drenado al aire.

Observaciones:
Muestra REMOLDEADA a densidad solicitada y ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M14 (30,00-31,50)

Datos de Confección:

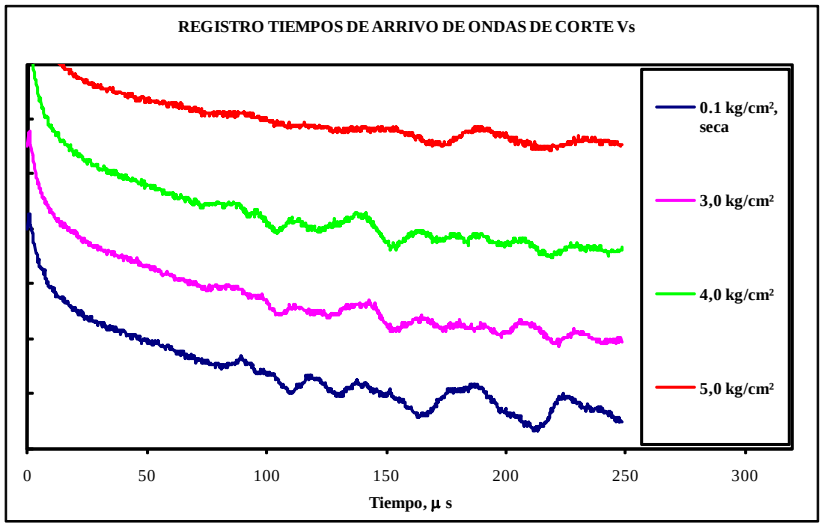
Diametro Superior	cm	5,907
Diametro Medio	cm	5,879
Diametro Inferior	cm	5,907
Peso Natural	g	493,97
Diámetro Promedio	cm	5,898
Area Promedio	cm²	27,32
Altura Promedio	cm	7,825
Volumen	cm³	213,76
Densidad Humeda	gr/cm³	2,311
Densidad Seca	gr/cm³	2,3109

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	91	0,000091	**860**	natural seca
2	89	0,000089	**879**	seca y drenada al aire
3	87	0,000087	**899**	seca y drenada al aire
4	87	0,000087	**899**	seca y drenada al aire

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M15 (34,50-36,00)

Datos de Confección:

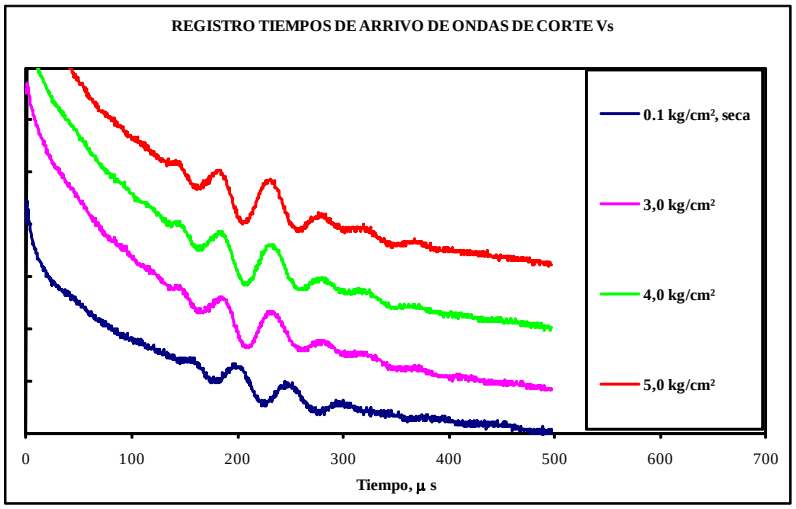
Diametro Superior	cm	6,170
Diametro Medio	cm	6,029
Diametro Inferior	cm	5,995
Peso Natural	g	307,83
Diámetro Promedio	cm	6,065
Area Promedio	cm²	28,89
Altura Promedio	cm	6,122
Volumen	cm³	176,82
Densidad Humeda	gr/cm³	1,741
Humedad Natural	%	37,71
Densidad Seca	gr/cm³	1,2642

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	158	0,000158	**387**	natural seca
2	148	0,000148	**414**	seca y drenada al aire
3	147	0,000147	**416**	seca y drenada al aire
4	146	0,000146	**419**	seca y drenada al aire

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M17 (39,00-42,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	6,047
Diametro Medio	cm	6,031
Diametro Inferior	cm	5,994
Peso Natural	g	657,04
Diámetro Promedio	cm	6,024
Area Promedio	cm²	28,50
Altura Promedio	cm	11,161
Volumen	cm³	318,09
Densidad Humeda	gr/cm³	2,066
Densidad Seca	gr/cm³	2,0656

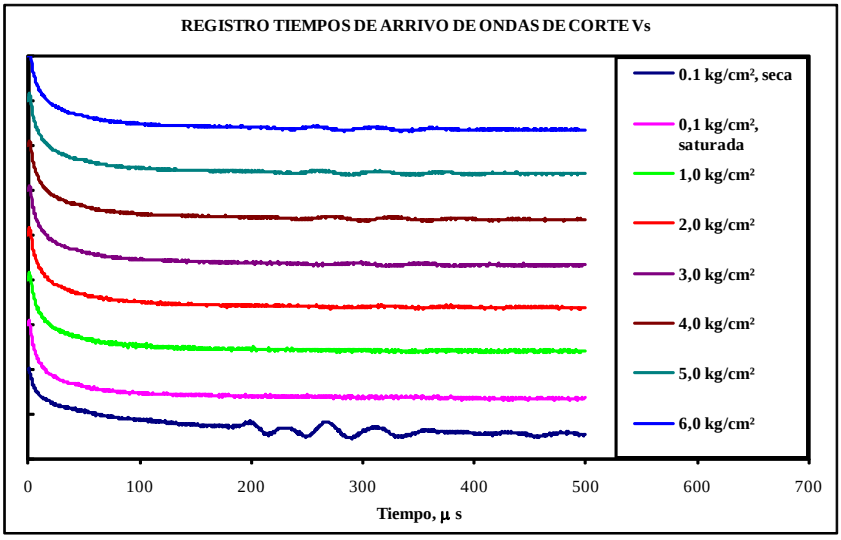
Back-Pressure	kg/cm²	2,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	200	0,000200	**558**	natural seca
0,1	-			saturada
1	-			B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada
2	-			B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada
3	292	0,000292	**382**	B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada
4	272	0,000272	**410**	B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada
5	264	0,000264	**423**	B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada
6	260	0,000260	**429**	B.P.= 2,0 kg/cm² y consolidada

Observaciones:

Muestra NATURAL y ensayada en condicion Saturada con contrapresion de 2 kg/cm²



Nota:

La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.

Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M19 (49,50-50,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,638
Diametro Medio	cm	5,740
Diametro Inferior	cm	5,763
Peso Natural	g	756,80
Area Promedio	cm^2	25,64
Altura Promedio	cm	12,615
Volumen	cm^3	323,40
Densidad Humeda	gr/cm^3	2,340
Humedad Natural	%	
Densidad Seca	gr/cm^3	2,3401

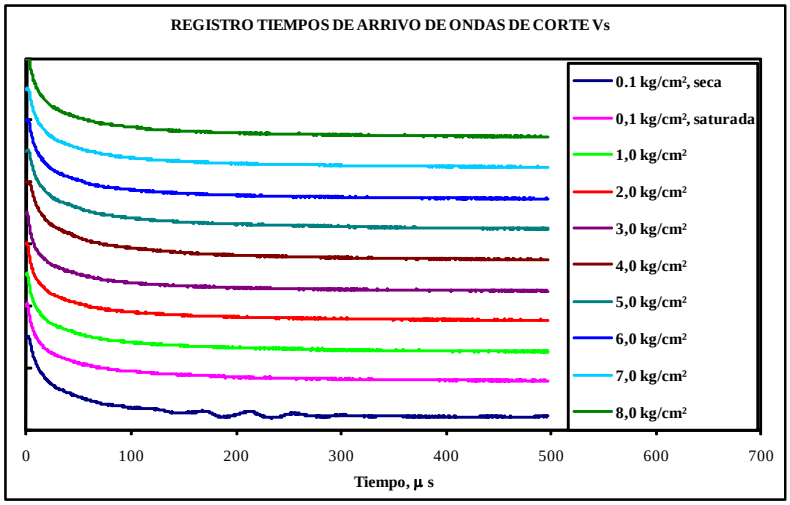
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	168	0,000168	**751**	natural seca
0,1	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
1	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
2	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
3	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
4	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
5	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
6	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
7	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire
8	-	-		saturada sin Back-Pressure y drenada al aire

Observaciones:

1. Muestra NATURAL y ensayada en condicion Saturada con contrapresion de 2 kg/cm^2
2. La muestra absorbe la oscilación alterando la amplitud de la perturbación a lo largo de toda la probeta



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL
Inf. Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M20 (19,00-21,00)

Datos de Confección:

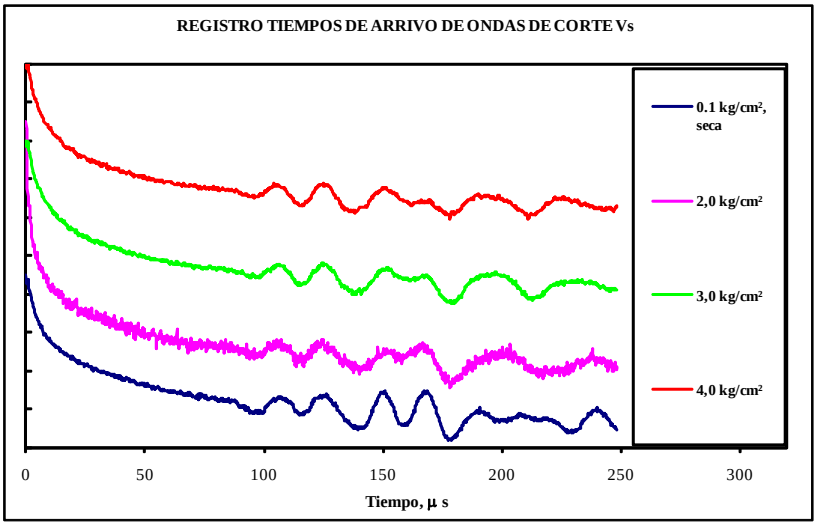
Diametro Superior	cm	5,912
Diametro Medio	cm	5,776
Diametro Inferior	cm	5,834
Peso Natural	g	781,48
Diámetro Promedio	cm	5,841
Area Promedio	cm²	26,79
Altura Promedio	cm	11,504
Volumen	cm³	308,23
Densidad Humeda	gr/cm³	2,535
Densidad Seca	gr/cm³	2,5354

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	98	0,000098	**1174**	natural seca
2	98	0,000098	**1174**	seca y drenada al aire
3	98	0,000098	**1174**	seca y drenada al aire
4	98	0,000098	**1174**	seca y drenada al aire

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- ANGOL
Inf.Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11-01-2012
Fecha de Término	11-01-2012
Muestra	M-39 (9,45-11,0)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	6,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,23
Humedad de Confección	[%]=	20,34
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,30
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,30	0,00
0,13	0,05	0,33	0,08
0,26	0,08	0,31	0,09
0,38	0,11	0,29	0,10
0,51	0,13	0,27	0,10
0,64	0,14	0,25	0,09
0,77	0,15	0,25	0,10
0,89	0,15	0,24	0,09
1,02	0,16	0,23	0,09
1,15	0,17	0,22	0,09
1,28	0,17	0,22	0,09
1,53	0,18	0,20	0,08
1,79	0,20	0,18	0,08
2,04	0,21	0,16	0,07
2,30	0,21	0,15	0,06
2,55	0,21	0,15	0,06
3,06	0,21	0,14	0,05
3,57	0,23	0,11	0,04
4,08	0,24	0,10	0,04
4,59	0,24	0,10	0,04
5,10	0,24	0,10	0,04
6,38	0,24	0,09	0,03
7,66	0,25	0,08	0,03
8,93	0,24	0,09	0,03
10,21	0,24	0,09	0,03
11,49	0,24	0,09	0,03
12,76	0,24	0,09	0,03
15,31	0,26	0,06	0,02
17,87	0,25	0,07	0,02
20,42	0,27	0,04	0,01

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- ANGOL
Inf.Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11-01-2012
Fecha de Término	11-01-2012
Muestra	M-39 (9,45-11,0)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	14,20
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,23
Humedad de Confección	[%]=	20,54
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,80
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,80	0,00
0,13	0,13	0,80	0,13
0,26	0,22	0,75	0,17
0,39	0,28	0,70	0,18
0,52	0,32	0,68	0,20
0,65	0,36	0,65	0,21
0,78	0,38	0,63	0,21
0,91	0,40	0,62	0,22
1,03	0,40	0,62	0,22
1,16	0,41	0,60	0,21
1,29	0,42	0,59	0,21
1,55	0,46	0,55	0,21
1,81	0,48	0,54	0,22
2,07	0,49	0,52	0,21
2,33	0,51	0,50	0,21
2,59	0,52	0,49	0,21
3,10	0,53	0,45	0,18
3,62	0,50	0,47	0,17
4,14	0,50	0,47	0,17
4,66	0,52	0,44	0,16
5,17	0,49	0,47	0,16
6,47	0,48	0,47	0,15
7,76	0,47	0,48	0,15
9,05	0,46	0,48	0,14
10,35	0,46	0,48	0,14
11,64	0,45	0,50	0,15
12,94	0,47	0,49	0,16
15,52	0,48	0,46	0,14
18,11	0,49	0,44	0,13
20,70	0,49	0,43	0,12

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- ANGOL
Inf.Ensaye	Nº 712.152-C
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11-01-2012
Fecha de Término	11-01-2012
Muestra	M-39 (9,45-11,0)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	17,40
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,23
Humedad de Confección	[%]=	20,54
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

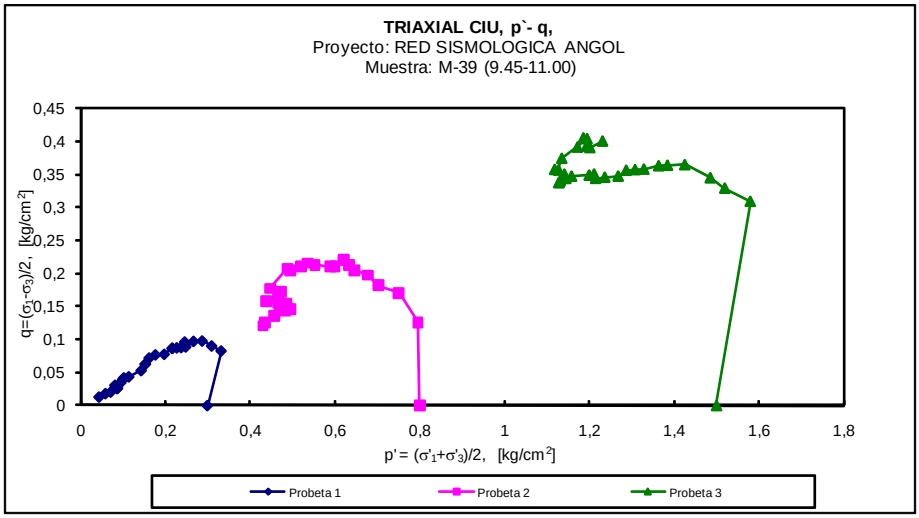
Observaciones:

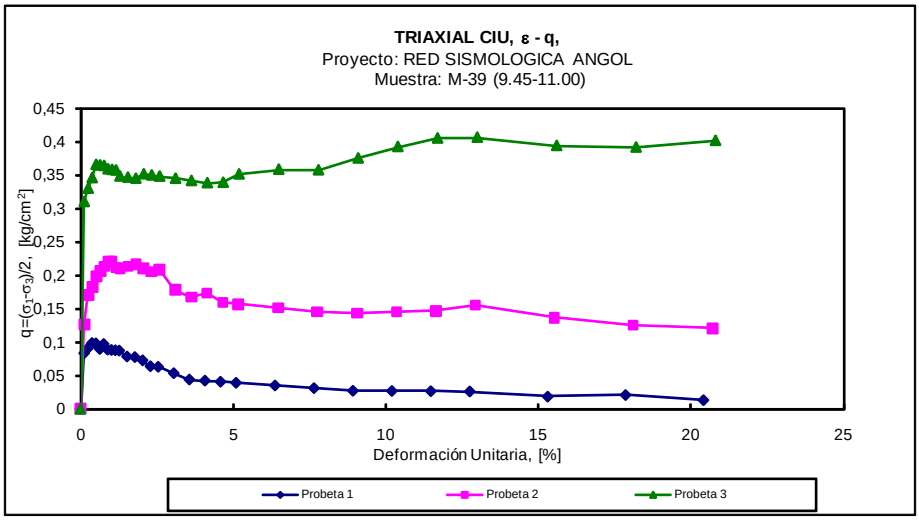
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

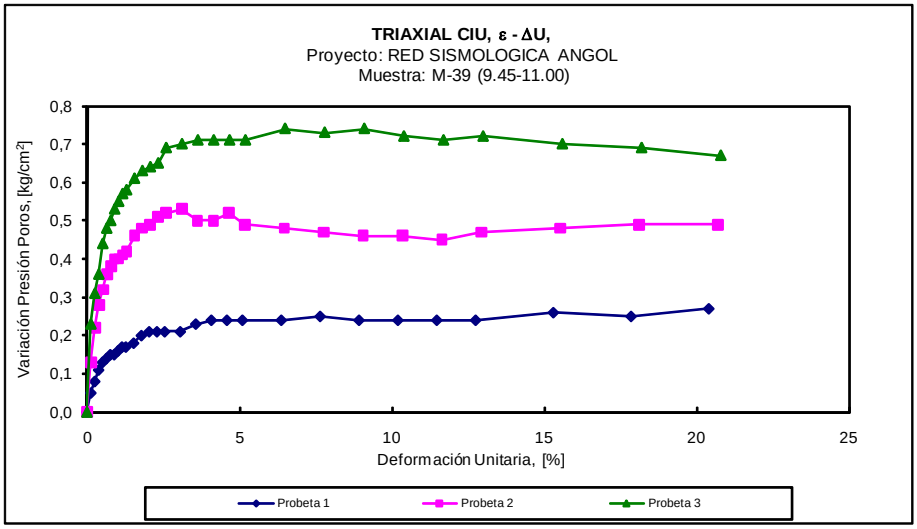
Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,23	1,58	0,31
0,26	0,31	1,52	0,33
0,39	0,36	1,49	0,35
0,52	0,44	1,42	0,36
0,65	0,48	1,38	0,36
0,78	0,50	1,36	0,36
0,91	0,53	1,33	0,36
1,04	0,55	1,31	0,36
1,17	0,57	1,29	0,36
1,30	0,58	1,27	0,35
1,56	0,61	1,24	0,35
1,82	0,63	1,21	0,34
2,08	0,64	1,21	0,35
2,34	0,65	1,20	0,35
2,60	0,69	1,16	0,35
3,12	0,70	1,14	0,34
3,64	0,71	1,13	0,34
4,16	0,71	1,13	0,34
4,68	0,71	1,13	0,34
5,20	0,71	1,14	0,35
6,50	0,74	1,12	0,36
7,80	0,73	1,13	0,36
9,10	0,74	1,13	0,37
10,40	0,72	1,17	0,39
11,70	0,71	1,19	0,40
13,00	0,72	1,19	0,41
15,61	0,70	1,19	0,39
18,21	0,69	1,20	0,39
20,81	0,67	1,23	0,40

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-C RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR ANGOL

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION ANGOL

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION ANGOL**

Profundidad **44m**

Coordenadas **702.014,27m E 5.814.481,05m S**

Fecha Ejecución **14-12-2011**

PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,4	5,6	6,8
4,0	4,2	7,8	22,9
6,0	6,2	10,0	32,0
8,0	8,1	12,3	40,9
10,0	10,1	14,6	48,9
12,0	12,1	18,4	56,1
14,0	14,1	22,1	62,2
16,0	16,0	23,6	65,6
18,0	18,0	25,1	69,1
20,0	20,0	26,4	71,3
22,0	22,0	27,6	73,6
24,0	24,0	28,8	75,8
26,0	26,0	30,1	78,1
28,0	28,0	31,3	80,3
30,0	30,0	32,5	82,5
32,0	32,0	33,3	84,8
34,0	34,0	34,2	87,0
36,0	36,0	35,1	91,6
38,0	38,0	36,0	94,0
40,0	40,0	36,9	96,5
42,0	42,0	37,9	99,0
44,0	44,0	38,8	-

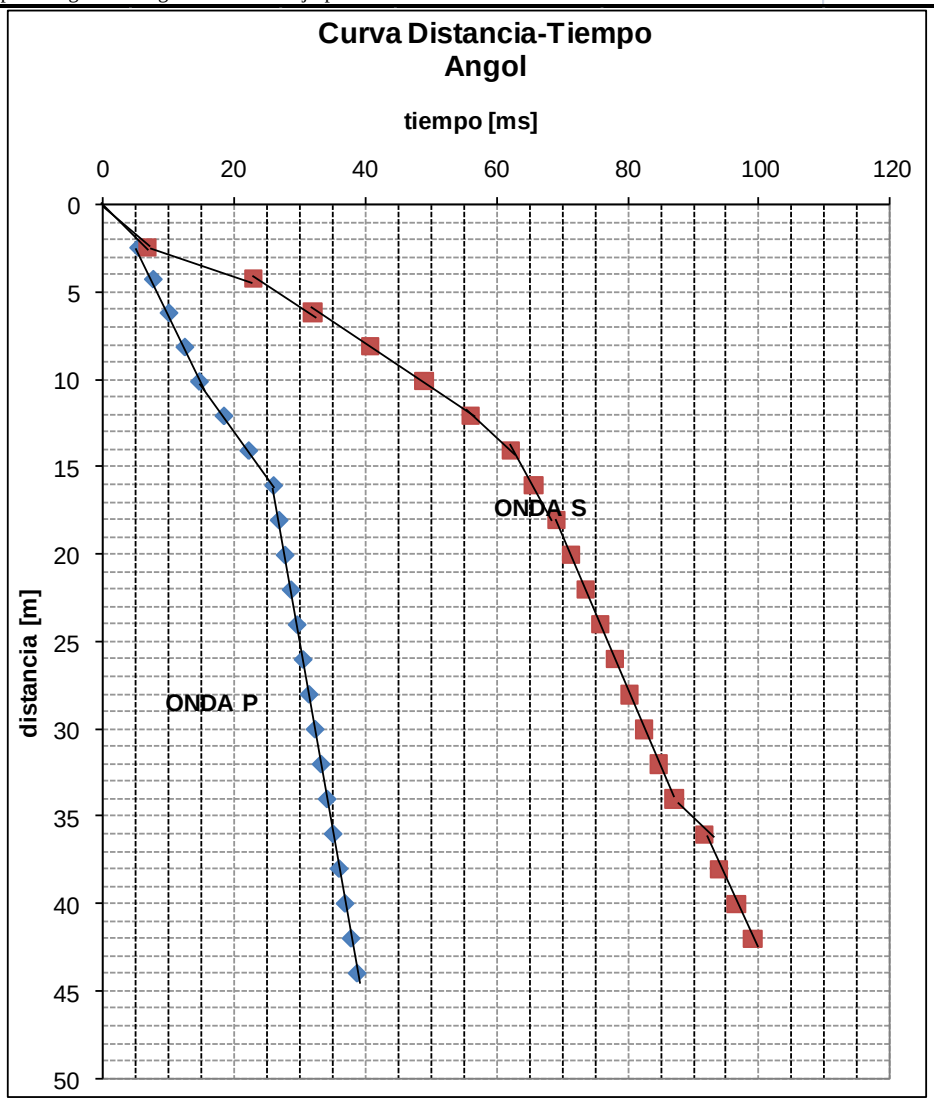
Velocidades

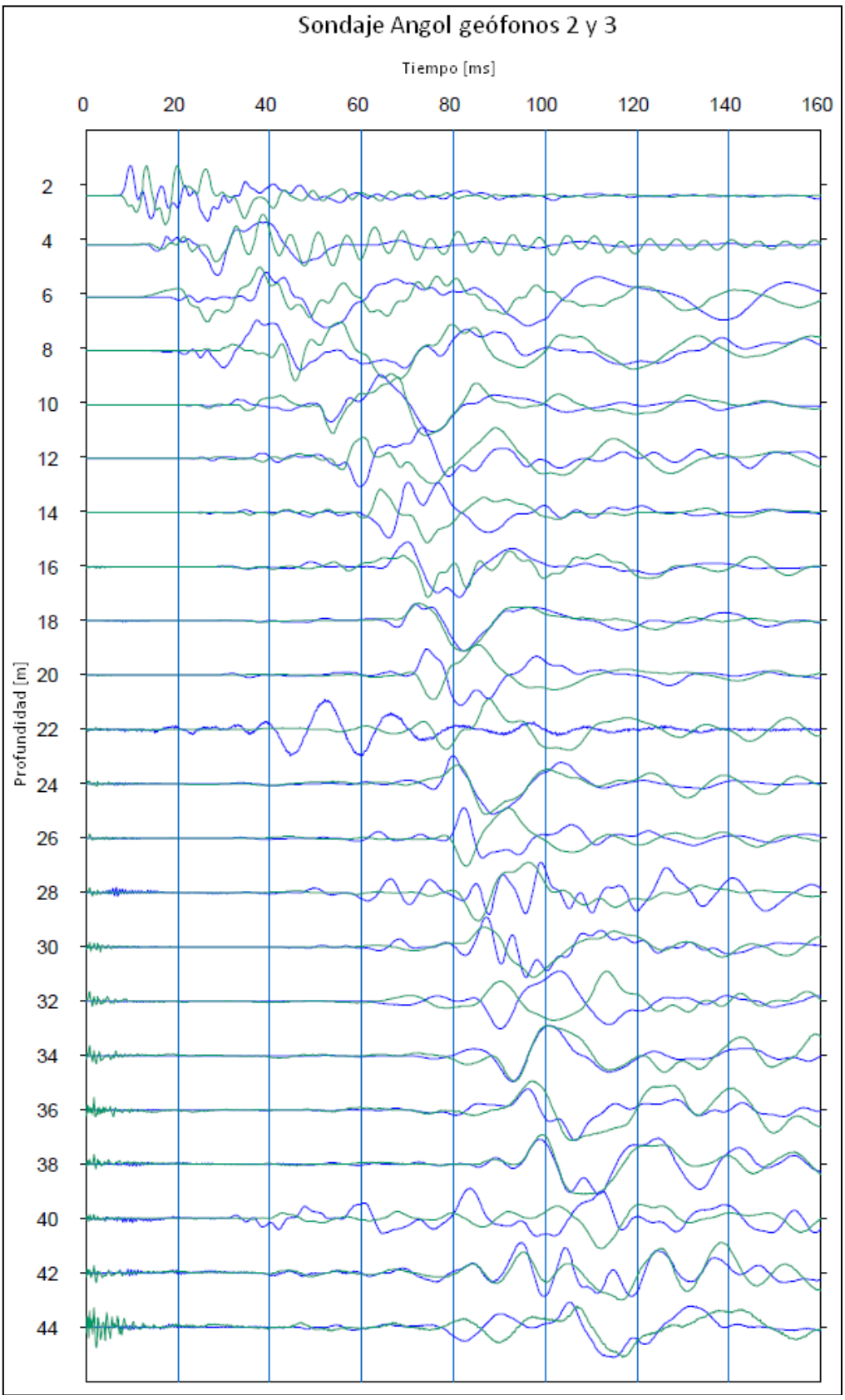
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	400	200
2,00	4,00	861	110
4,00	6,00	861	200
6,00	10,00	861	230
10,00	12,00	517	280
12,00	14,00	517	320
14,00	18,00	1500	570
18,00	28,00	1500	880
28,00	34,00	2213	880
34,00	36,00	2213	400
36,00	44,00	2213	810

Observaciones:

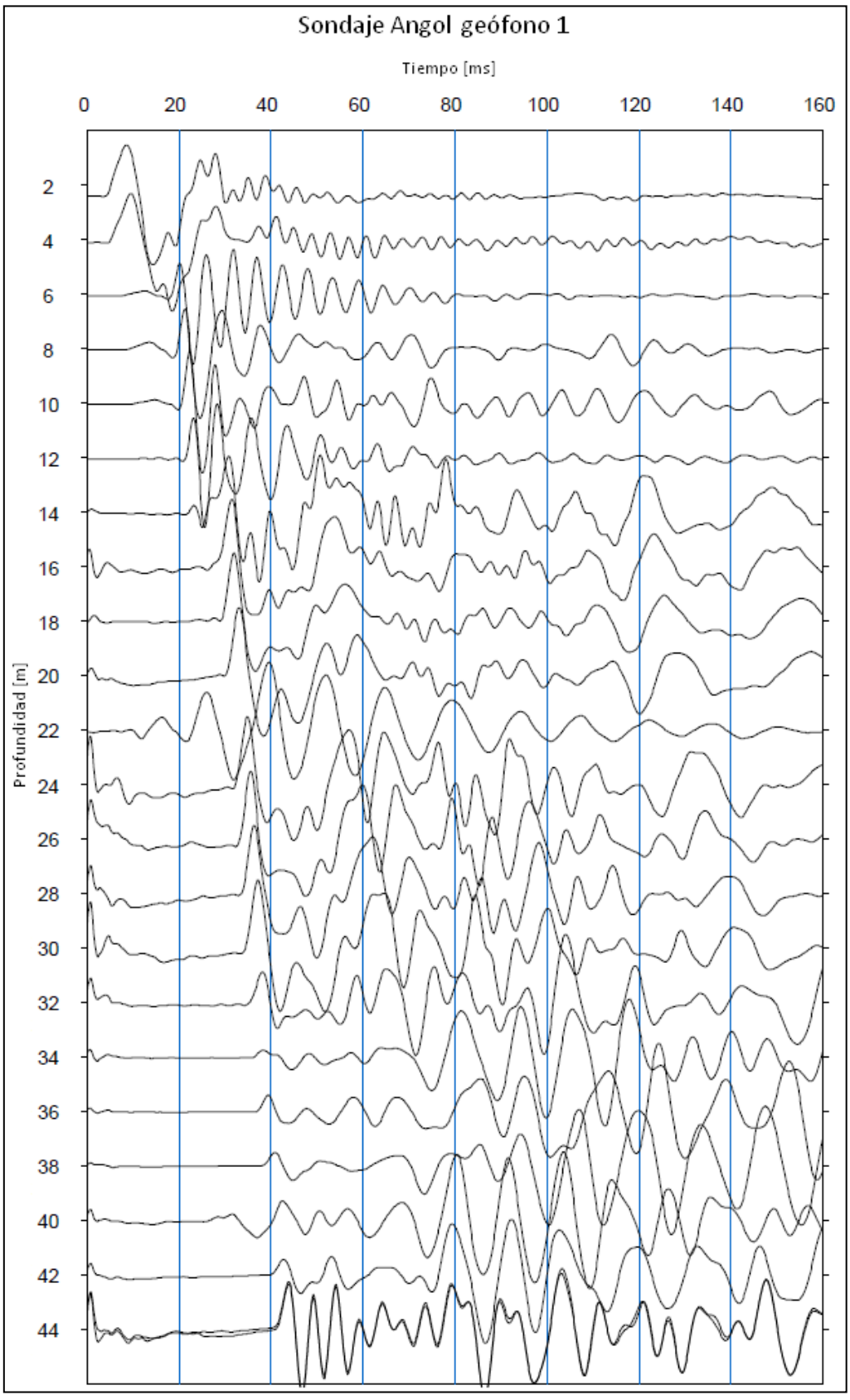
Promedio de las lecturas de napa a 3m de profundidad (mes de octubre).Ensayo downhole realizado el 14-12-2011 lo que podría variar posición de napa, y por consiguiente, una variación en las velocidades de compresión

*No se pudo llegar con el geófono más abajo producto de las condiciones del suelo.





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION CASABLANCA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		REF.:	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 29
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:**	

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 5
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 13
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 19
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 19
7.2. TRIAXIAL CIU 20
7.3. BENDER ELEMENTS 25
8. RESUMEN DE RESULTADOS 27

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EN LA COMUNA DE CASABLANCA. 5
FIGURA 2. IMAGEN GENERAL CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE. 7
FIGURA 3. IMAGEN EN DETALLE CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE 8
FIGURA 4. MODELO ESTRATIGRÁFICO DEL SONDAJE 10
FIGURA 5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT). 11
FIGURA 6. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 0.00M-6.20M. 15
FIGURA 7. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 6.20M-11.75M. 16
FIGURA 8. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 11.75M-18.60M. 16
FIGURA 9. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 18.60M-22.80M. 17
FIGURA 10. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 22.80M-26.15M. 17
FIGURA 11. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 26.15M-31.20M. 18
FIGURA 12. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 31.20M-36.75M. 18
FIGURA 13. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 36.75M-43.60M. 19
FIGURA 14. CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS. 20
FIGURA 15. PLANO Q-P, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M13 (CL), ESTRATO III. 21
FIGURA 16. PLANO Q-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M13 (CL), ESTRATO III. 21
FIGURA 17. PLANO ΔU-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M13 (CL), ESTRATO III. 22
FIGURA 15. PLANO Q-P, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M15 (CL), ESTRATO V. 22
FIGURA 16. PLANO Q-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M15 (CL), ESTRATO V. 23
FIGURA 17. PLANO ΔU-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M15 (CL), ESTRATO V. 23
FIGURA 15. PLANO Q-P, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M14 (CH), ESTRATO VII. 24
FIGURA 16. PLANO Q-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M14 (CH), ESTRATO VII. 24
FIGURA 17. PLANO ΔU-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M14 (CH), ESTRATO VII. 25
FIGURA 22. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M15 (CL) COTAS 21.40M-22.80M. LA LÍNEA AZUL CORRESPONDE A LA CARGA Y LA ROSADA A LA DESCARGA. 26
FIGURA 22. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M14 (CH) COTAS 28.60M-29.70M. LA LÍNEA AZUL CORRESPONDE A LA CARGA Y LA ROSADA A LA DESCARGA. 26
FIGURA 22. LOG DEL SONDAJE. 28

TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS Y PROFUNDIDADES DEL SONDAJE. 7
TABLA 2. VELOCIDADES DE ONDA DE COMPRESIÓN Y CORTE ESTIMADOS A TRAVÉS DE ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE PARA LOS DISTINTOS ESTRATOS. 12
TABLA 3. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN DURANTE EL SONDAJE. 13
TABLA 4. RESUMEN DEL CONTROL DIARIO DE LA NAPA AL INTERIOR DEL SONDAJE. 14
TABLA 5. CLASIFICACIÓN USCS Y PESO ESPECÍFICO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS. 19

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Casablanca.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Ocubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos para fines de investigación.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Casablanca, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Casablanca.

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 50.00m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Casablanca se basó en la perforación de un sondaje de 50.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	275521.46 m E	6310535.16 m S	50.00

Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

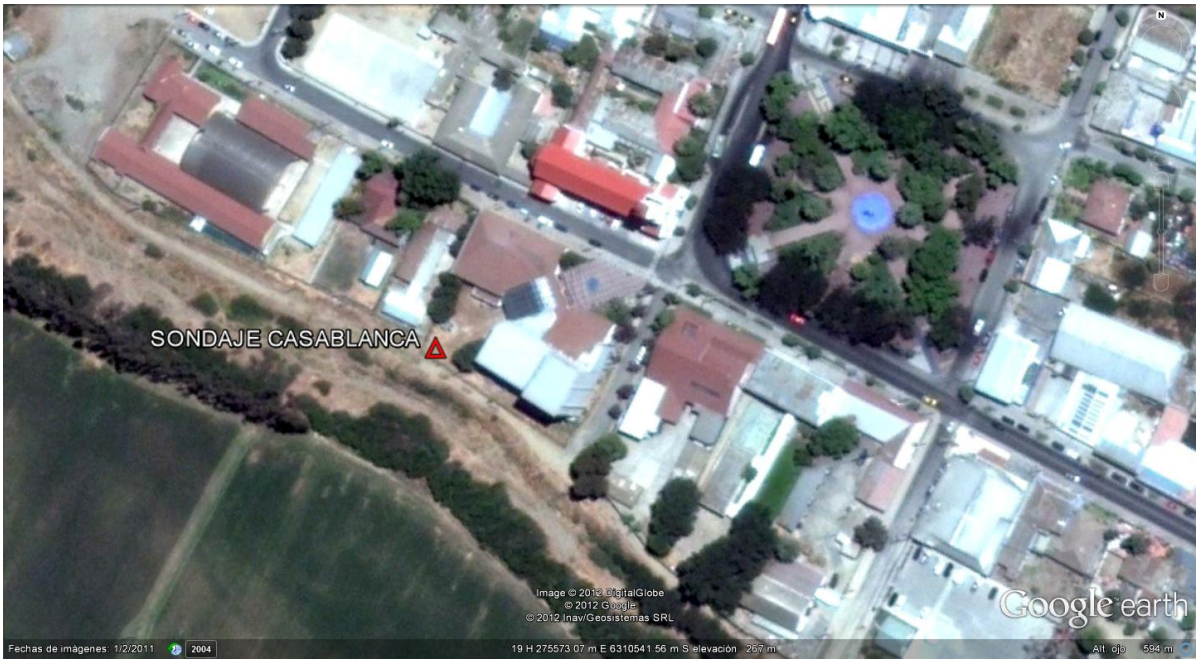
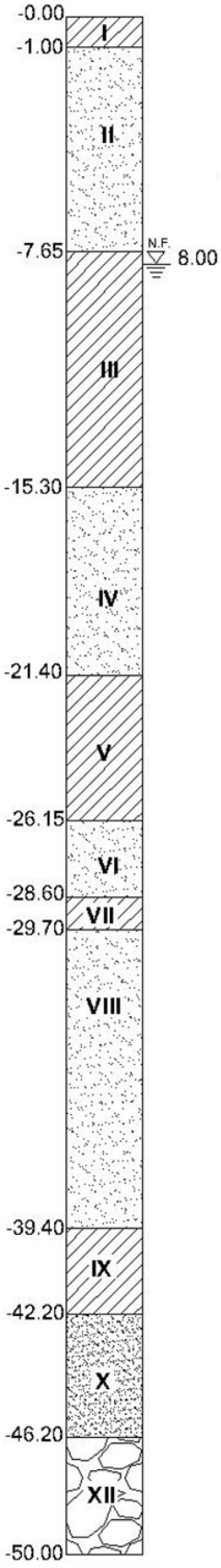


Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El suelo en estudio está constituido principalmente por intercalaciones de estratos de arenas mal graduadas y arcillas de baja plasticidad, sobre un estrato de grava, como se presenta a continuación.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0.00	1.00	1.00	Arcilla color café, humedad alta, consistencia media y plasticidad baja. Presencia de basura.
II	1.00	7.65	6.65	Arena color café mal graduada, humedad alta, compacidad media a alta y contenido variable de finos sin plasticidad.
III	7.65	15.30	8.10	Arcilla color café verdoso, humedad media, consistencia media y plasticidad baja.
IV	15.30	21.40	6.10	Arena arcillosa color café, mal graduada, humedad media, compacidad media y plasticidad baja.
V	21.40	26.15	4.75	Arcilla color café verdoso, humedad media a alta, consistencia media y plasticidad baja.
VI	26.15	28.60	2.45	Arena arcillosa color café, mal graduada, humedad media, compacidad media y plasticidad baja.
VII	28.60	29.70	1.10	Arcilla color café verdoso, consolidada, humedad alta, consistencia alta y plasticidad alta.
VIII	29.70	39.40	9.70	Arena color gris, mal graduada, humedad alta, compacidad media a alta y contenido variable de finos sin plasticidad.
IX	39.40	42.20	2.80	Arcilla gris verdoso, consolidada, humedad alta, consistencia alta y plasticidad baja.
X	42.20	46.20	4.00	Arena color gris, mal graduada, humedad alta, compacidad alta y contenido variable de finos sin plasticidad.
XI	46.20	50.00	3.80	Grava de diversos colores de cantos angulares y sub-angulares, tamaño máximo 2", sin recuperación de matriz. Se observa arena en el retorno de agua.

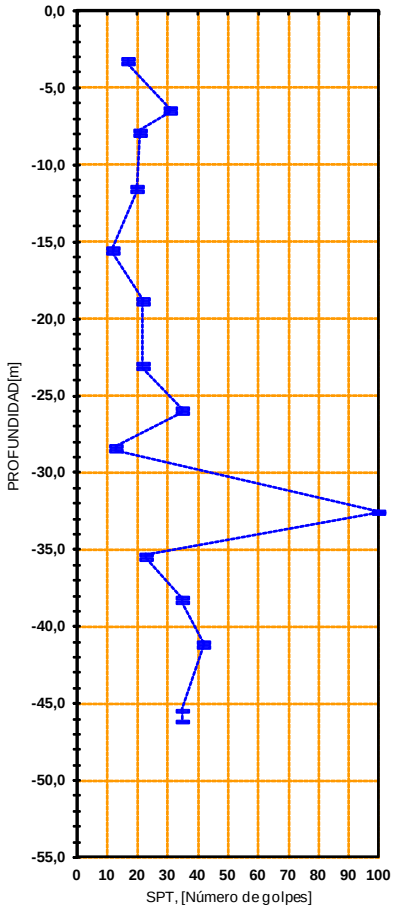
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de penetración estándar realizados en los estratos superficiales correspondientes a arcillas y arenas.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
3,00	3,45
6,20	6,65
7,65	8,10
11,30	11,75
15,30	15,75
18,60	19,05
22,80	23,25
25,70	26,15
28,15	28,60
32,40	32,65
35,20	35,65
38,00	38,45
40,90	41,35
45,35	46,20

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
3	7	10	17
3	16	15	31
5	7	14	21
5	8	12	20
5	5	7	12
6	8	14	22
6	10	12	22
12	15	20	35
15	8	5	13
30	50	R	R
6	9	14	23
11	15	20	35
11	20	22	42
11	15	20	35



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	1,00	350	210
II	1,00	7,65	830	440
III	7,65	15,30	1330	270
IV	15,30	21,40	1590	330
V	21,40	26,15	1590	360
VI	26,15	28,60	1590	360
VII	28,60	29,70	-	-
VIII	29,70	39,40	1590	470
IX	39,40	42,20	1790	360
X	42,20	46,20	2400	450
XI	46,20	50,00	2400	520

A partir de los 7.65m la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	0,00	1,00	1,00	0,40	40
HQ3	1,00	2,00	1,00	0,95	95
HQ3	2,00	3,00	1,00	0,39	39
SPT	3,00	3,45	0,45	0,33	73
HQ3	3,45	4,45	1,00	1,00	100
HQ3	4,45	5,45	1,00	0,49	49
HQ3	5,45	6,20	0,75	0,47	63
SPT	6,20	6,65	0,45	0,32	71
HQ3	6,65	7,65	1,00	0,48	48
SPT	7,65	8,10	0,45	0,45	100
HQ3	8,10	8,80	0,70	0,48	69
HQ3	8,80	9,80	1,00	1,00	100
HQ3	9,80	11,30	1,50	1,49	99
SPT	11,30	11,75	0,45	0,45	100
HQ3	11,75	12,50	0,75	0,70	93
HQ3	12,50	14,00	1,50	1,43	95
HQ3	14,00	15,30	1,30	0,50	38
SPT	15,30	15,75	0,45	0,42	93
HQ3	15,75	16,75	1,00	0,54	54
HQ3	16,75	17,70	0,95	0,36	38
HQ3	17,70	18,60	0,90	0,37	41
SPT	18,60	19,05	0,45	0,45	100
HQ3	19,05	20,10	1,05	1,03	98
HQ3	20,10	21,40	1,30	0,83	64
HQ3	21,40	22,80	1,40	1,34	96
SPT	22,80	23,25	0,45	0,45	100
HQ3	23,25	24,30	1,05	0,92	88
HQ3	24,30	25,70	1,40	0,80	57
SPT	25,70	26,15	0,45	0,45	100
HQ3	26,15	27,00	0,85	0,52	61
HQ3	27,00	28,15	1,15	0,85	74
SPT	28,15	28,60	0,45	0,45	100
HQ3	28,60	29,70	1,10	0,93	85
HQ3	29,70	31,20	1,50	0,96	64

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	31,20	32,40	1,20	0,42	35
SPT	32,40	32,65	0,25	0,20	80
HQ3	32,65	33,70	1,05	0,40	38
HQ3	33,70	35,20	1,50	0,80	53
SPT	35,20	35,65	0,45	0,42	93
HQ3	35,65	36,75	1,10	0,70	64
HQ3	36,75	38,00	1,25	0,78	62
SPT	38,00	38,45	0,45	0,36	80
HQ3	38,45	39,40	0,95	0,60	63
HQ3	39,40	40,90	1,50	0,67	45
SPT	40,90	41,35	0,45	0,32	71
HQ3	41,35	42,20	0,85	0,37	44
HQ3	42,20	43,60	1,40	0,62	44
HQ3	43,60	44,90	1,30	0,52	40
HQ3	44,90	45,35	0,45	0,31	69
SPT	45,35	46,20	0,85	0,40	47
HQ3	46,20	47,20	1,00	0,45	45
HQ3	47,20	48,50	1,30	0,39	30
HQ3	48,50	50,00	1,50	0,52	35

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
18-11-2011	8:00	0,0	HQ3	0,0	HW	0,0
18-11-2011	20:00	2,0	HQ3	2,0	HW	0,0
19-11-2011	8:00	2,0	HQ3	2,0	HW	0,0
19-11-2011	20:00	4,8	HQ3	11,3	HW	0,0
20-11-2011	8:00	5,3	HQ3	11,3	HW	0,0
20-11-2011	20:00	6,4	HQ3	20,1	HW	0,0
21-11-2011	8:00	6,5	HQ3	20,1	HW	0,0
21-11-2011	20:00	7,1	HQ3	28,2	HW	0,0
22-11-2011	8:00	7,0	HQ3	28,2	HW	0,0
22-11-2011	20:00	7,6	HQ3	33,7	HW	0,0
23-11-2011	8:00	7,9	HQ3	33,7	HW	0,0

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
23-11-2011	20:00	8,3	HQ3	38,0	HW	0,0
24-11-2011	8:00	8,0	HQ3	38,0	HW	0,0
24-11-2011	20:00	8,5	HQ3	45,35	HW	0,0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-6.20m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 6.20m-11.75m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 11.75m-18.60m.

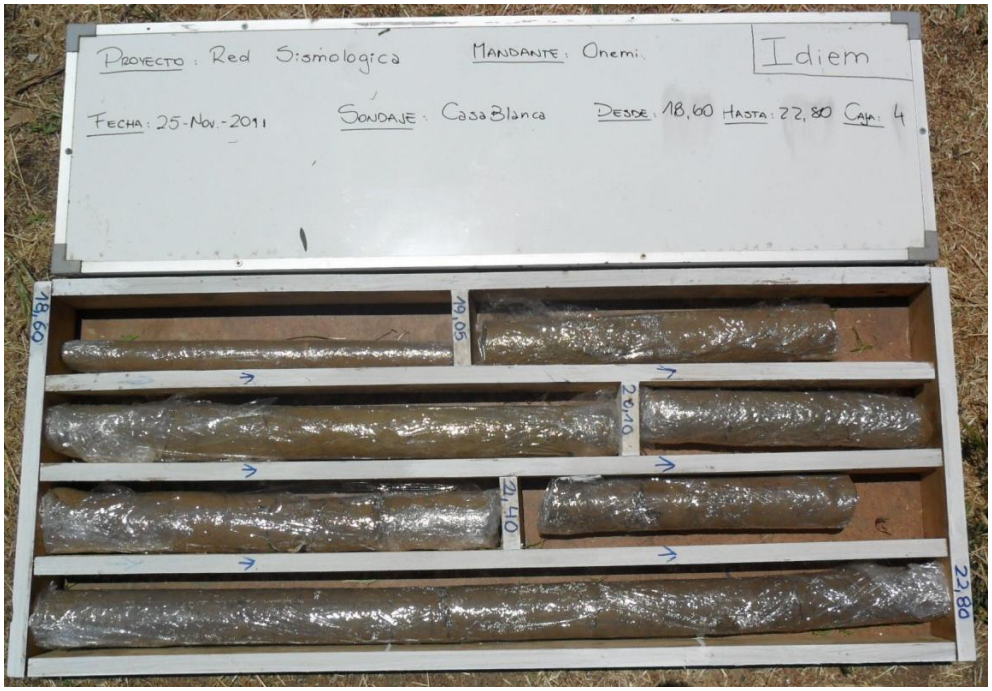


Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 18.60m-22.80m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 22.80m-26.15m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 26.15m-31.20m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 31.20m-36.75m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 36.75m-43.60m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras estudiadas corresponden, en general, a arenas mal graduadas con contenido variable de finos y arcillas de baja plasticidad.

Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
S1	3,00-3,45	SP	3,6	-	-	NP	2,71
S2	6,20-6,65	SM	20,5	-	-	NP	2,69
S3	7,65-8,10	CL	73,6	38	13	25	2,69
S4	11,30-11,75	CL	53,1	39	17	22	2,70
S5	15,30-15,75	SC	34,4	28	10	18	2,70
S6	18,20-19,05	SC	34,9	25	12	13	2,73
S7	22,80-23,25	CL	75,0	44	15	29	2,74
S8	25,70-26,15	CL	78,8	44	12	32	2,64

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
S9	28,15-28,60	SM	33,6	36	16	20	2,64
S10	35,20-35,65	SM	23,1	-	-	NP	2,74
S11	38,00-38,45	SP-SM	6,4	-	-	NP	2,69
S12	40,90-41,35	CL	70,9	36	11	25	2,74
M13	8,10-11,75	CL	64,7	37	11	26	2,70
M14	28,60-29,70	CH	88,7	50	23	27	2,72
M15	21,40-22,80	CL	72,5	34	19	15	2,72

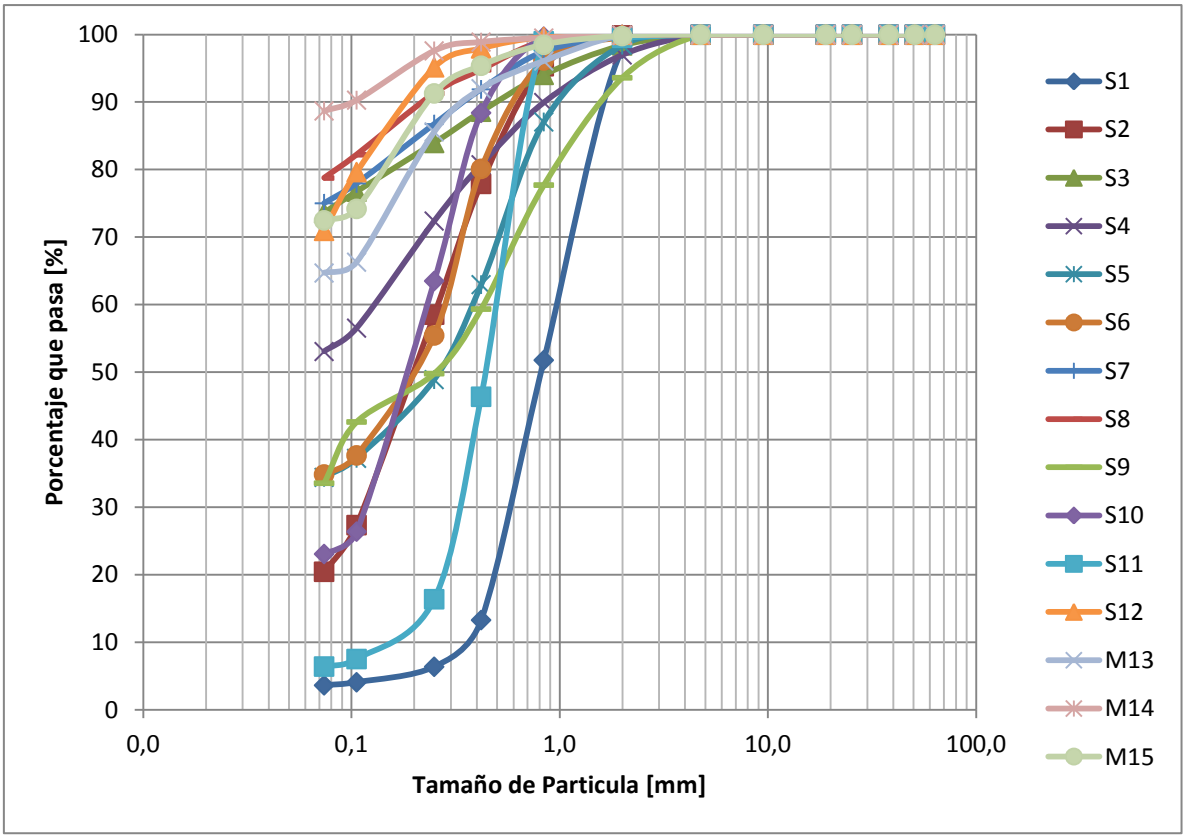


Figura 14. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Triaxial CIU

A continuación se presentan los resultados obtenidos para los ensayos triaxiales CIU realizados sobre muestras naturales correspondientes a los estratos III, V y VII.

En el caso de la muestra M13 (estrato III) se realizó una serie de dos ensayos con confinamientos 0.5 kg/cm^2 – 1.0 kg/cm^2.

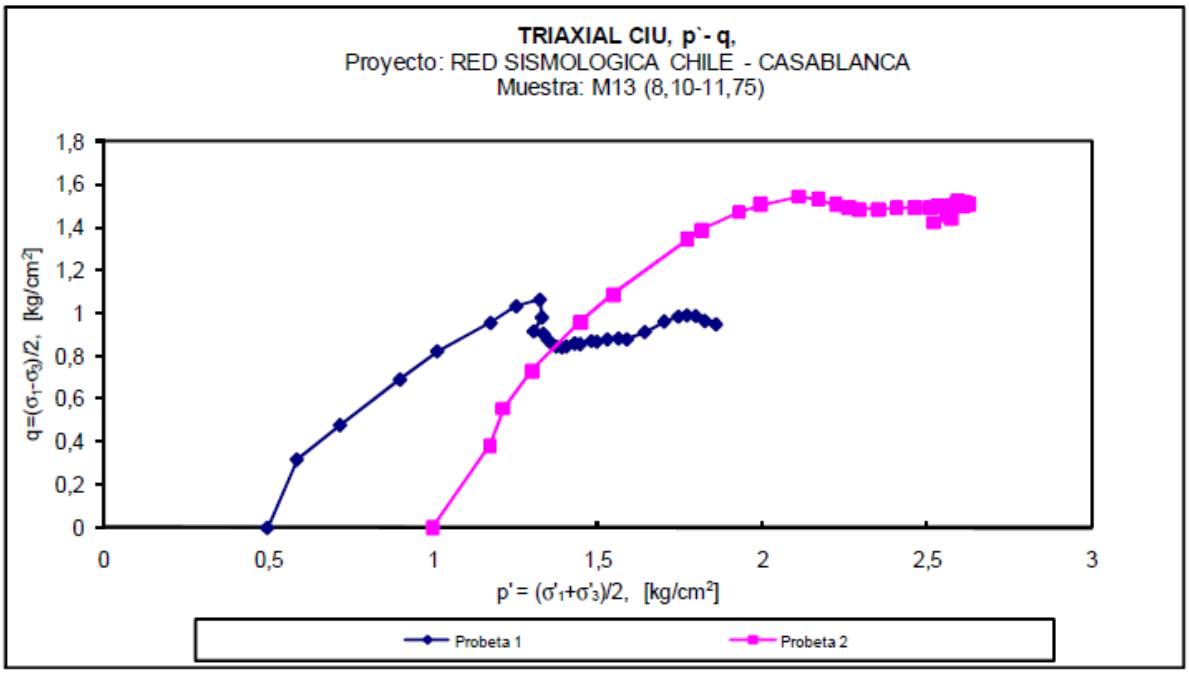


Figura 15. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (CL), estrato III.

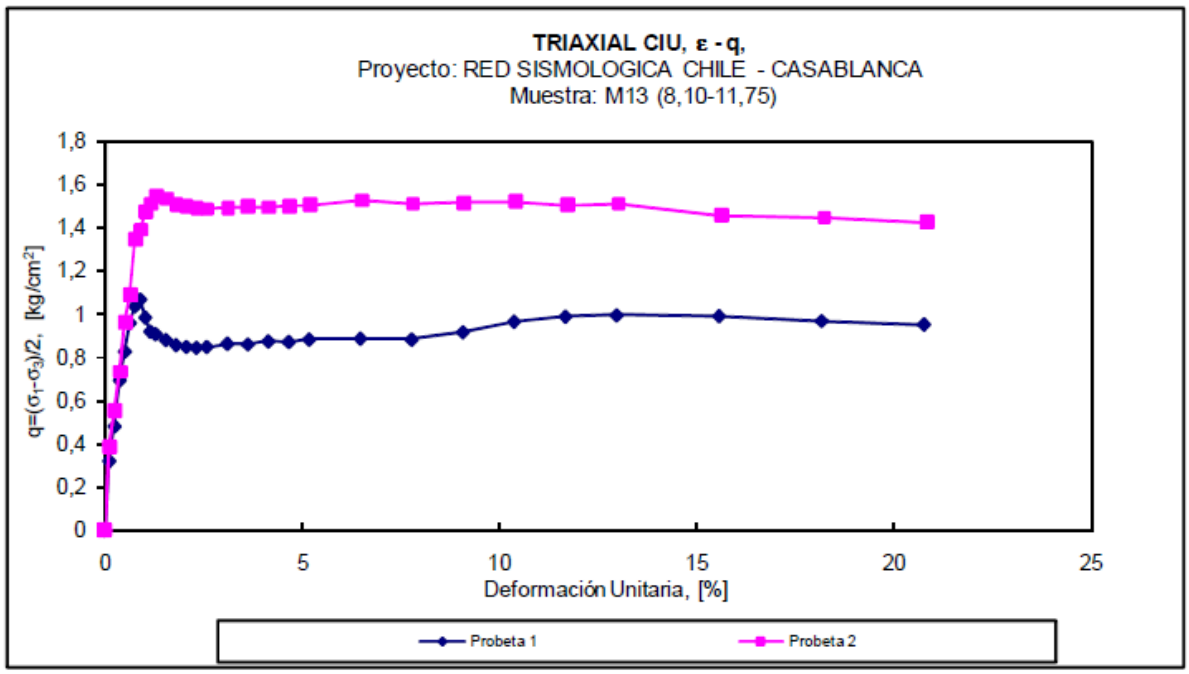


Figura 16. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (CL), estrato III.

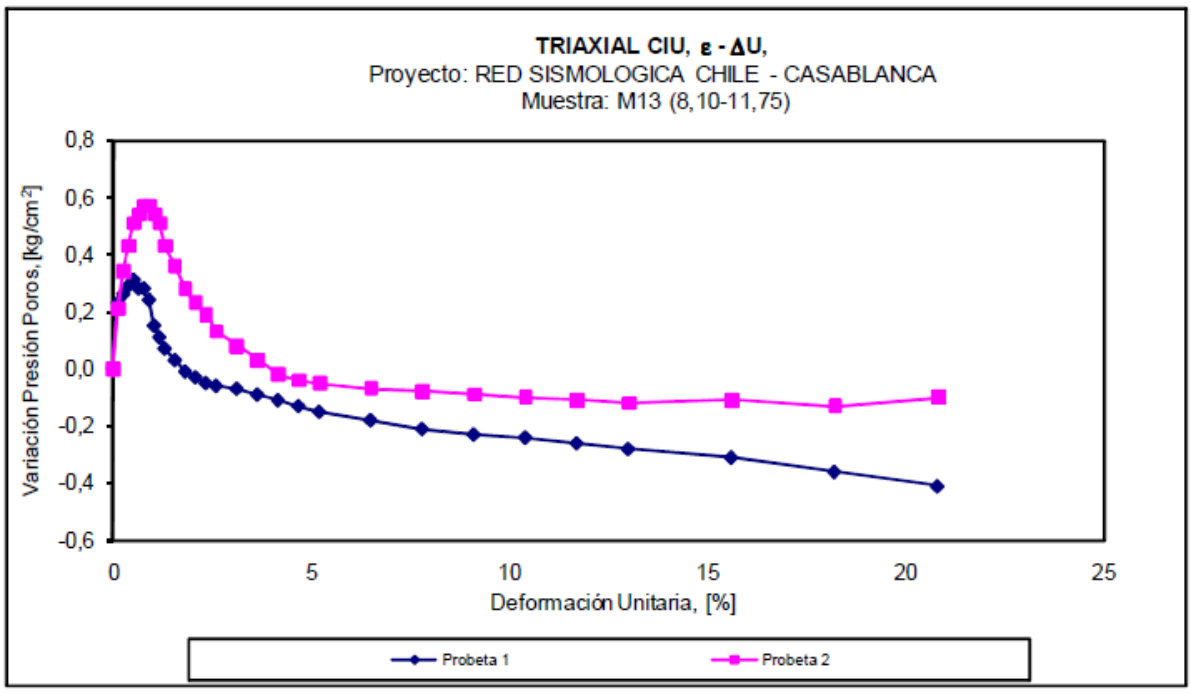


Figura 17. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (CL), estrato III.

En la muestra M15 (estrato V) se realizó una serie de tres ensayos con confinamientos 1.0 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 2.5 kg/cm^2.

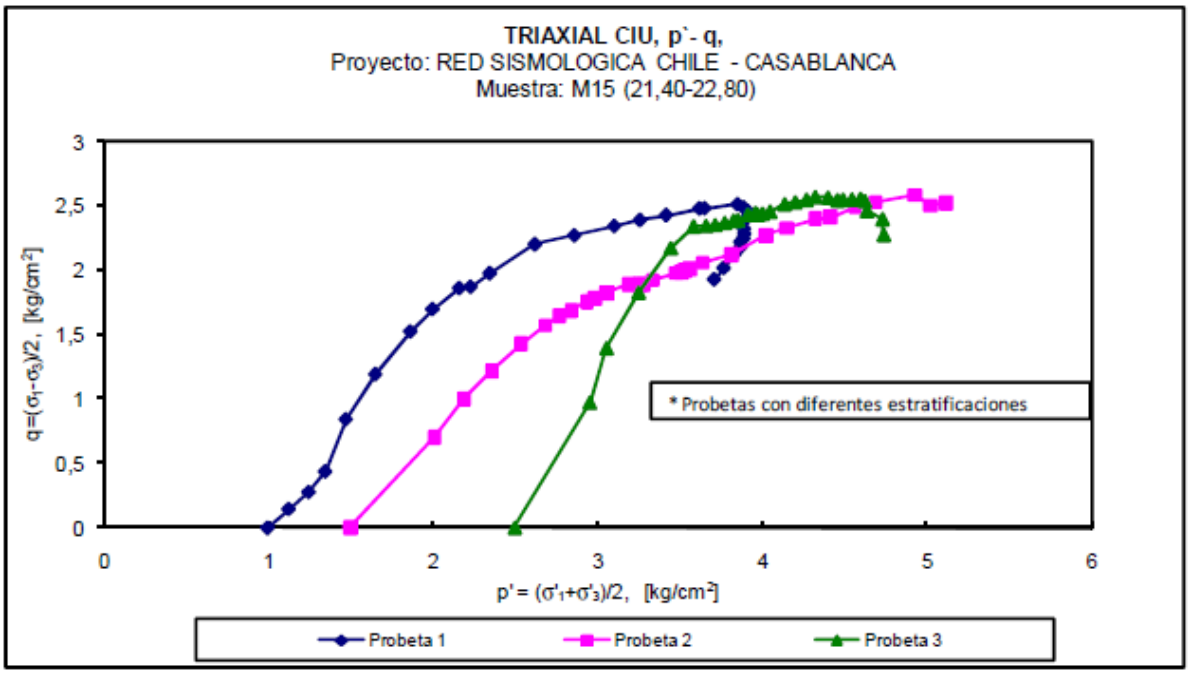


Figura 18. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M15 (CL), estrato V.

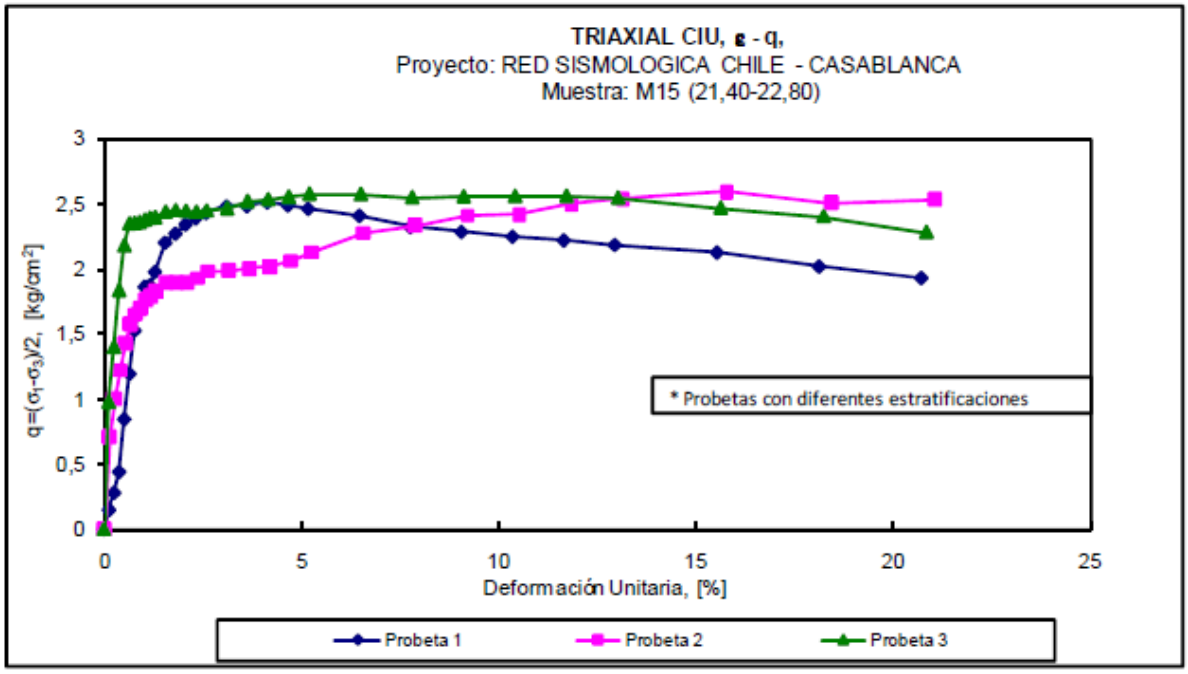


Figura 19. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M15 (CL), estrato V.

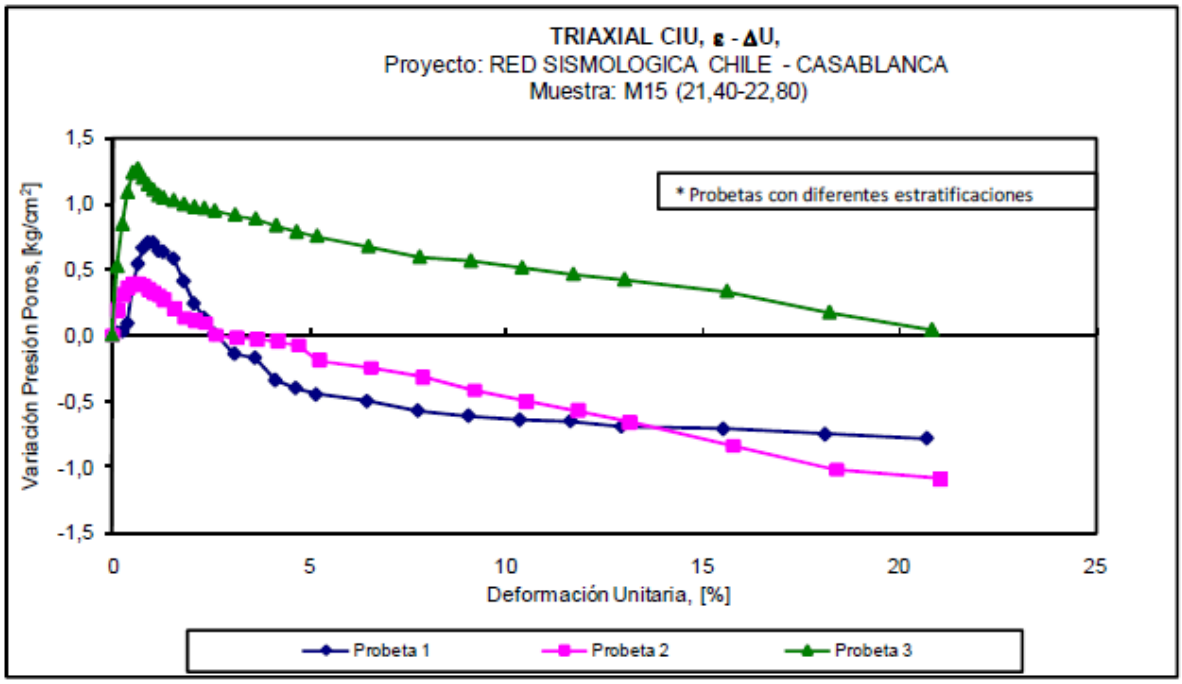


Figura 20. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M15 (CL), estrato V.

Finalmente en el caso de la muestra M14 (estrato VII) se realizó una serie de tres ensayos con confinamientos 1.0 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 2.5 kg/cm^2.

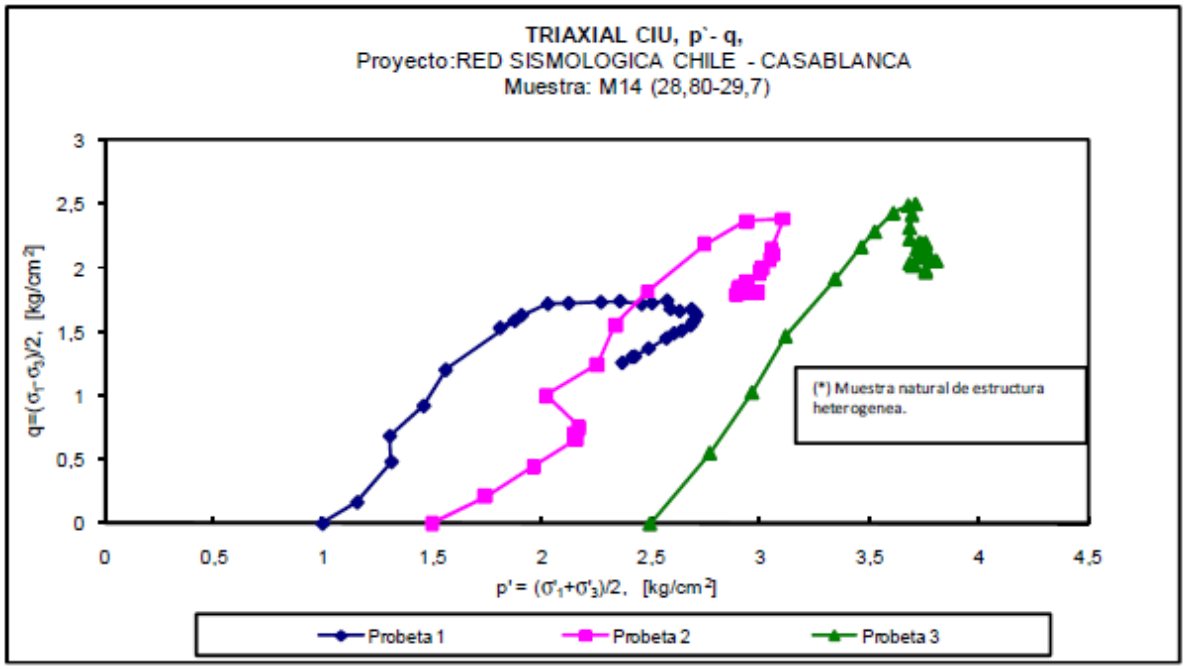


Figura 21. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M14 (CH), estrato VII.

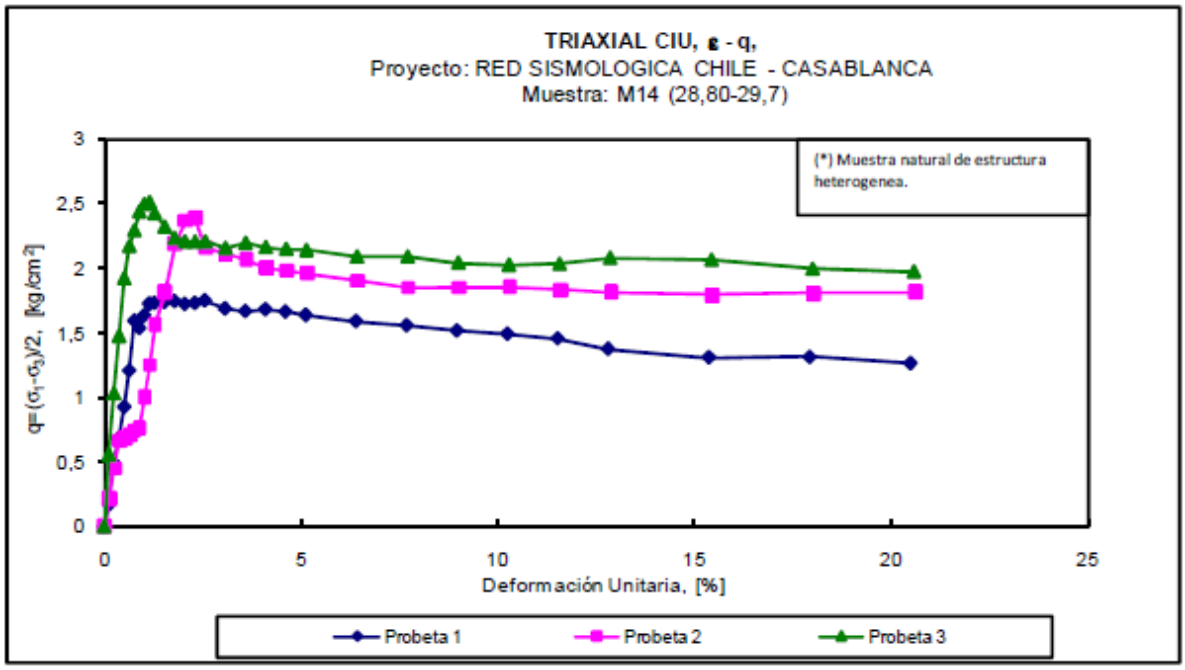


Figura 22. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M14 (CH), estrato VII.

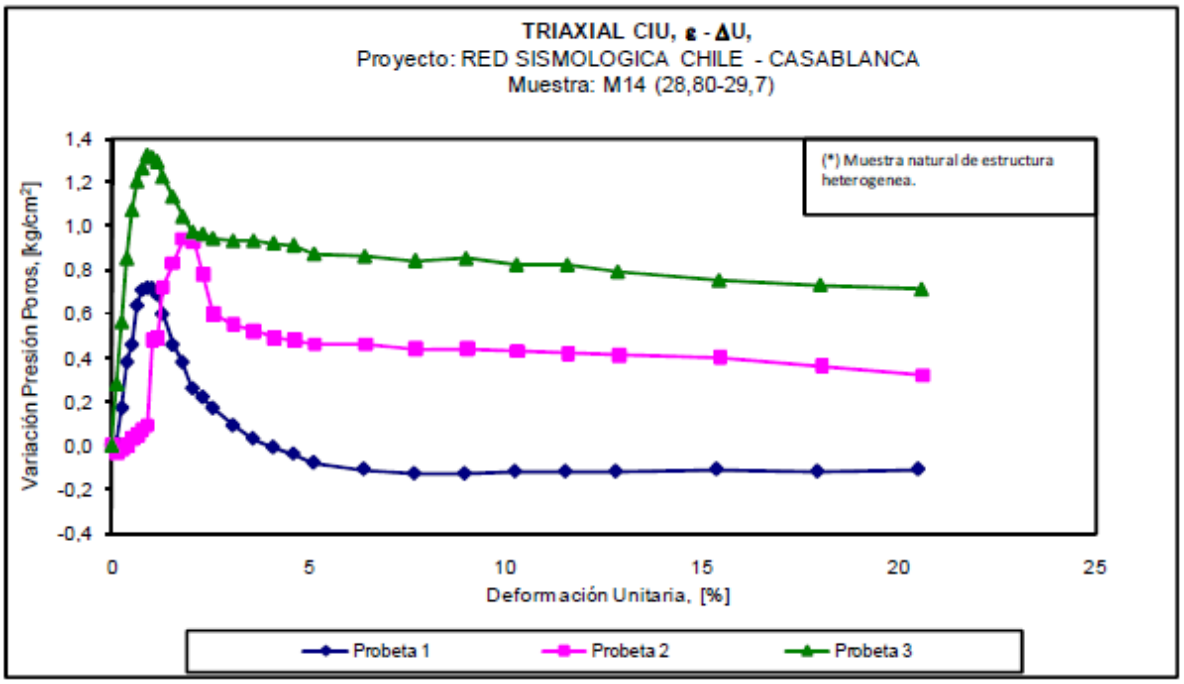


Figura 23. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M14 (CH), estrato VII.

7.3. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en los estratos de suelo V y VII, correspondientes a arcillas de baja y alta plasticidad. Los ensayos se realizaron sobre probetas naturales, con presiones de confinamiento 1.0 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 2.5 kg/cm^2 y drenados al aire.

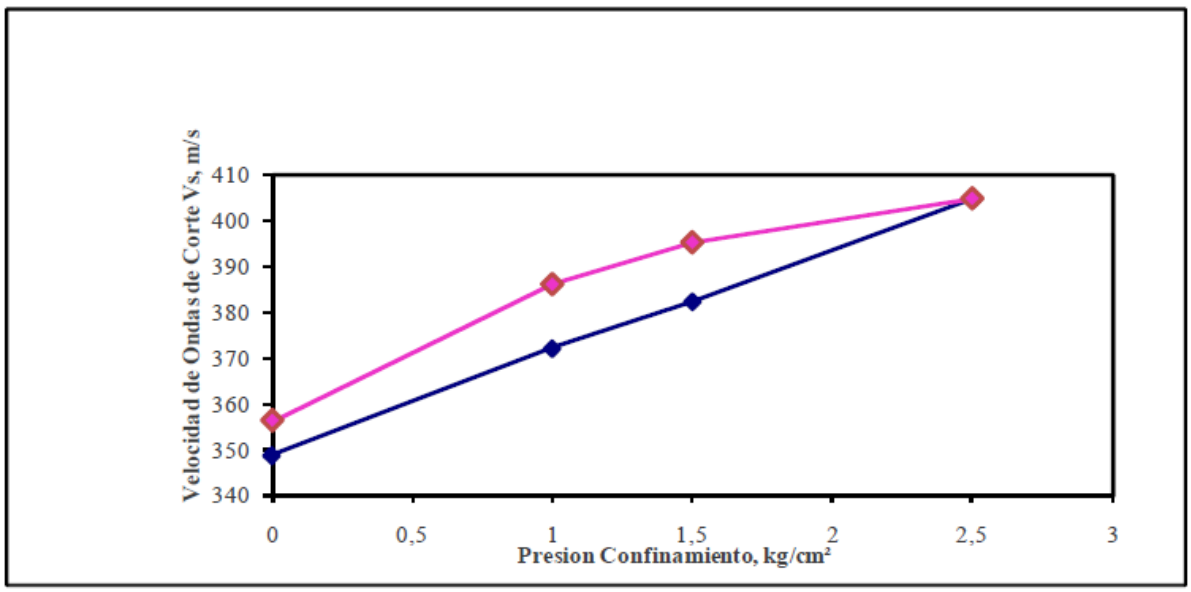
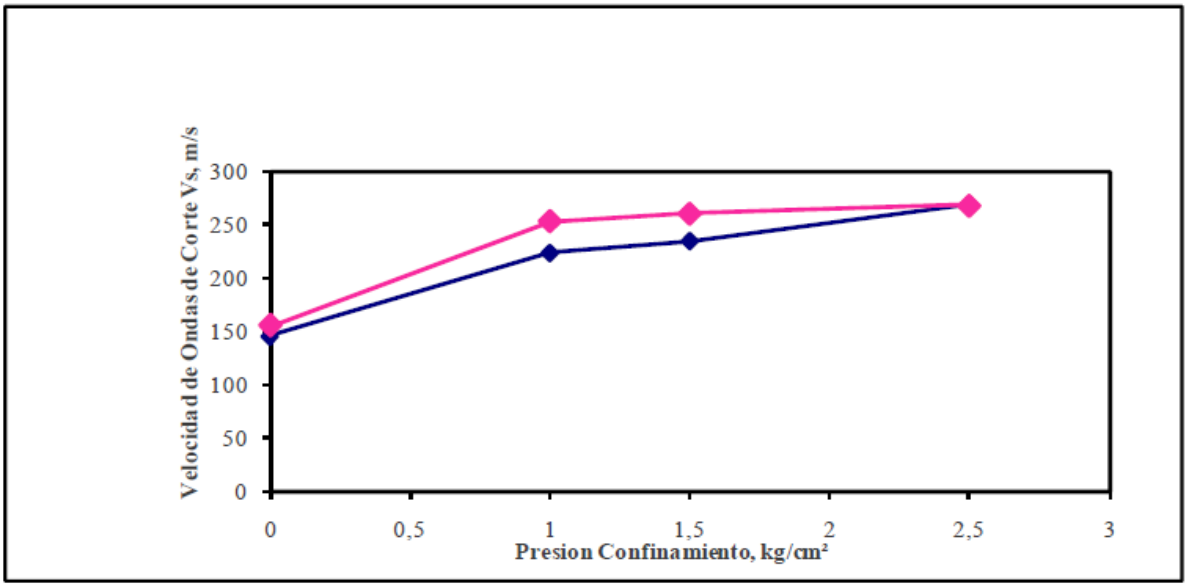


Figura 24. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M15 (CL) cotas 21.40m-22.80m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.



.

Figura 25. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M14 (CH) cotas 28.60m-29.70m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

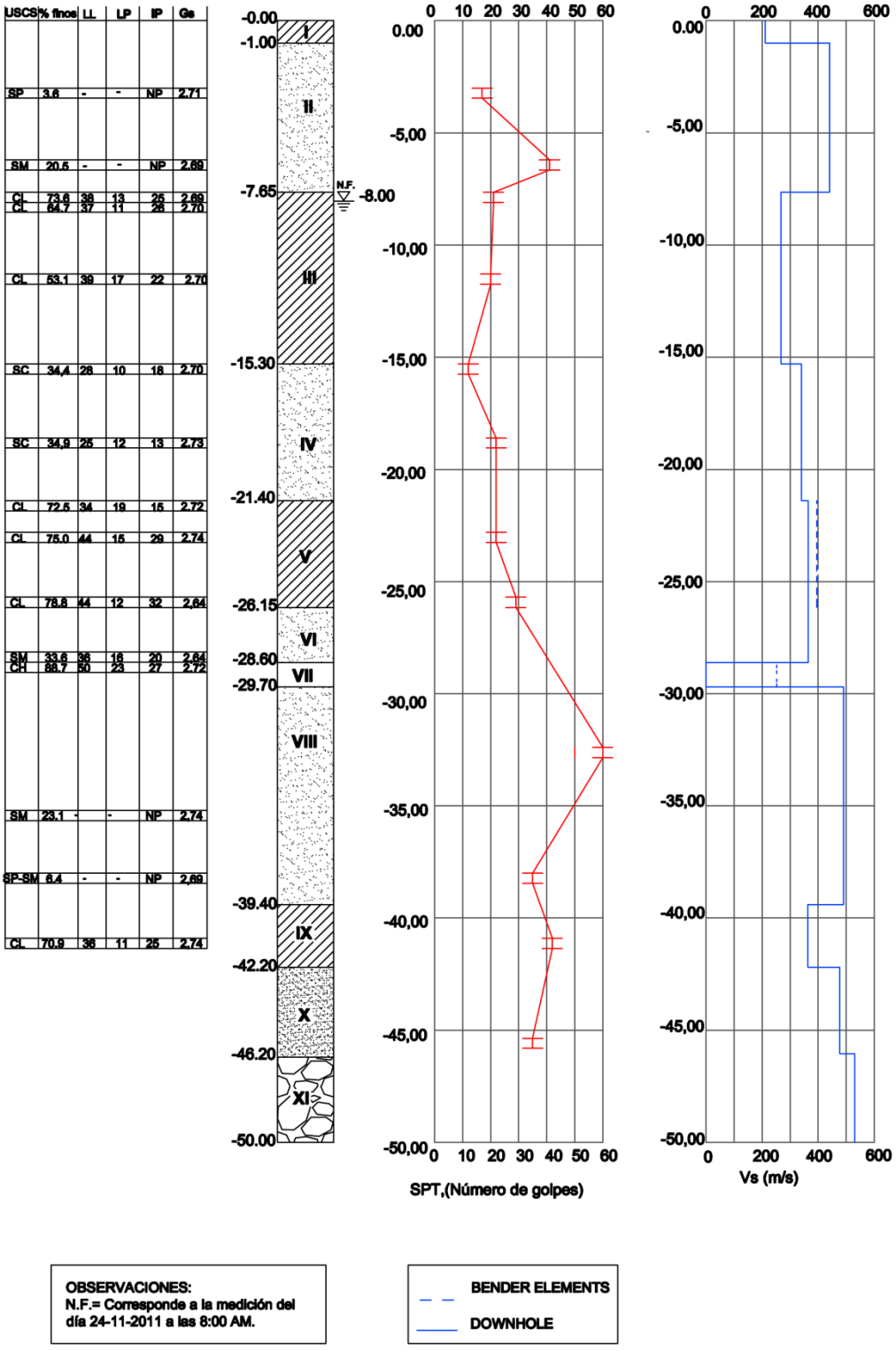


Figura 26. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOLOGICA – ESTACION CASABLANCA

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-F
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE - CASABLANCA

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N°DE PÁGINAS: 25
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** CASABLANCA		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 16 **/** 12 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 20 / 12 / 2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 21 / 01 / 2012	**FECHA DE EMISIÓN** : 25 / 01 / 2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Bender Element
- Triaxial CIU (probeta 5x10cm) basado Según ASTM D4767-04

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
S1	---	(3,00-3,45)	STP	X	X
S2	---	(6,20-6,65)	STP	X	X
S3	---	(7,65-8,10)	STP	X	X
S4	---	(11,30-11,75)	STP	X	X
S5	---	(15,30-15,75)	STP	X	X
S6	---	(18,60-19,05)	STP	X	X
S7	---	(22,80-23,25)	STP	X	X
S8	---	(25,70-26,15)	STP	X	X
S9	---	(28,15-28,60)	STP	X	X
S10	---	(35,20-35,65)	STP	X	X
S11	---	(38,00-38,45)	STP	X	X
S12	---	(40,90-41,35)	STP	X	X
Muestra 13	---	(8,10-11,75)	HQ3	X	X
Muestra 14	---	(28,60-29,70)	HQ3	X	X
Muestra 15	---	(21,40-22,80)	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.	**Iván Bejarano B.**
Jefe Sección Laboratorio	**Jefe Área Geotecnia y Pavimentación**
Geotecnia –IDIEM	**Geotecnia –IDIEM**

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	20/12/2011
Fecha Término	21/12/2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	S1	S2	S3	S4
Cota [m]	**(3,00-3,45)**	**(6,20-6,65)**	**(7,65-8,10)**	**(11,30-11,75)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	97,9	99,9	98,4	97,0
0,840	Nº 20	51,8	95,3	94,1	90,0
0,420	Nº 40	13,3	77,9	88,6	80,7
0,250	Nº 60	6,4	58,5	84,0	72,4
0,106	Nº 140	4,1	27,4	76,8	56,5
0,074	Nº 200	3,6	20,5	73,6	53,1
Límite Líquido		-	-	38	39
Límite Plástico		-	-	13	17
Indice de Plasticidad		NP	NP	25	22
Clasificación USCS		**SP**	**SM**	**CL**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	20/12/2011
Fecha Término	10/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	S5	S6	S7	S8
Cota [m]	**(15,30-15,75)**	**(18,20-19,05)**	**(22,80-23,25)**	**(25,70-26,15)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	98,4	99,6	99,7	99,9
0,840	Nº 20	87,1	96,2	97,5	99,0
0,420	Nº 40	63,0	80,1	91,9	94,8
0,250	Nº 60	48,9	55,4	86,8	91,3
0,106	Nº 140	37,2	37,7	78,0	82,2
0,074	Nº 200	34,4	34,9	75,0	78,8
Límite Líquido		28	25	44	44
Límite Plástico		10	12	15	12
Indice de Plasticidad		18	13	29	32
Clasificación USCS		**SC**	**SC**	**CL**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	20/12/2011
Fecha Término	20/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	S9	S10	S11	S12
Cota [m]	**(28,15-28,60)**	**(35,20-35,65)**	**(38,00-38,45)**	**(40,90-41,35)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	93,6	100,0	99,5	100,0
0,840	Nº 20	77,7	99,7	99,0	99,7
0,420	Nº 40	59,4	88,4	46,4	98,0
0,250	Nº 60	49,8	63,5	16,4	95,2
0,106	Nº 140	42,6	26,4	7,5	79,6
0,074	Nº 200	33,6	23,1	6,4	70,9
Límite Líquido		36	-	-	36
Límite Plástico		16	-	-	11
Indice de Plasticidad		20	NP	NP	25
Clasificación USCS		**SM**	**SM**	**SP-SM**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12/01/2012
Fecha Término	24/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M13	M14	M15	
Cota [m]	**(8,10-11,75)**	**(28,60-29,70)**	**(21,40-22,80)**	
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	
2,000	Nº 10	99,3	99,9	99,8	
0,840	Nº 20	96,1	99,5	98,5	
0,420	Nº 40	92,0	98,9	95,4	
0,250	Nº 60	85,6	97,6	91,3	
0,106	Nº 140	66,3	90,3	74,2	
0,074	Nº 200	64,7	88,7	72,5	

Límite Líquido	37	50	34	
Límite Plástico	11	23	19	
Indice de Plasticidad	26	27	15	
Clasificación USCS	**CL**	**CH**	**CL**	

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	20/12/2011
Fecha Término	22/12/2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
S1	(3,00-3,45)	2,71
S2	(6,20-6,65)	2,69
S3	(7,65-8,10)	2,69
S4	(11,30-11,75)	2,70
S5	(15,30-15,75)	2,70
S6	(18,60-19,05)	2,73
S7	(22,80-23,25)	2,74
S8	(25,70-26,15)	2,64
S9	(28,15-28,60)	2,64
S10	(35,20-35,65)	2,74

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	20/12/2011
Fecha Término	19/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
S11	(38,00-38,45)	2,69
S12	(40,90-41,35)	2,74
Muestra 13	(8,10-11,75)	2,70
Muestra 14	(28,60-29,70)	2,72
Muestra 15	(21,40-22,80)	2,72

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	17/01/2012
Muestra	Muestra 13 (8,10-11,75)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,010
Diametro Medio	cm	5,000
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	423,34
Diámetro Promedio	cm	4,997
Area Promedio	cm^2	19,61
Altura Promedio	cm	10,315
Volumen	cm^3	202,26
Densidad Humeda	gr/cm^3	2,093
Humedad Natural	%	12,98
Densidad Seca	gr/cm^3	1,821

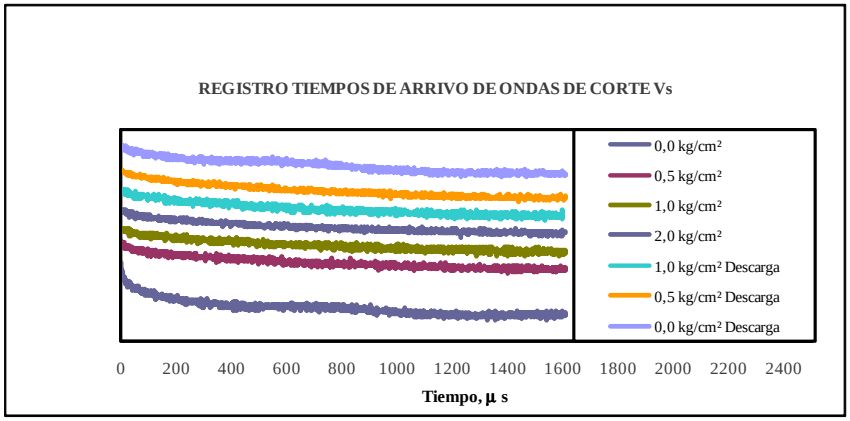
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	-	-	-	Drenado al aire.
0,5	-	-	-	Drenado al aire.
1	-	-	-	Drenado al aire.
2	-	-	-	Drenado al aire.
1	-	-	-	Drenado al aire.
0,5	-	-	-	Drenado al aire.
0	-	-	-	Drenado al aire.

Observaciones:

1. Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.
2.La muestra absorve la oscilación alterando la amplitud de la perturbación a lo largo de toda la probeta.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	17/01/2012
Muestra	Muestra 14 (28,60-29,70)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,060
Diametro Medio	cm	5,060
Diametro Inferior	cm	5,090
Peso Natural	g	329,54
Diámetro Promedio	cm	5,070
Area Promedio	cm²	20,19
Altura Promedio	cm	9,360
Volumen	cm³	188,97
Densidad Humeda	gr/cm³	1,744
Humedad Natural	%	17,53
Densidad Seca	gr/cm³	1,438

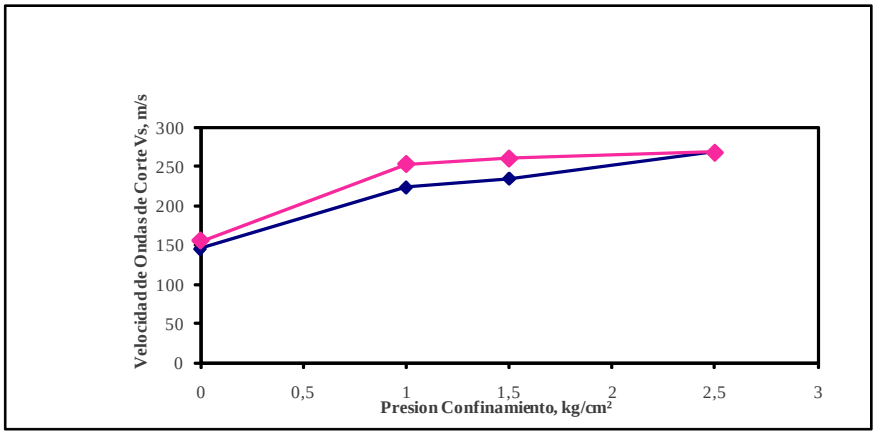
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	645	0,000645	**145**	Drenado al aire.
1	420	0,000420	**223**	Drenado al aire.
1,5	400	0,000400	**234**	Drenado al aire.
2,5	350	0,000350	**267**	Drenado al aire.
1,5	360	0,000360	**260**	Drenado al aire.
1	370	0,000370	**253**	Drenado al aire.
0	605	0,000605	**155**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	17/01/2012
Muestra	Muestra 15 (21,40-22,80)

Datos de Confección:

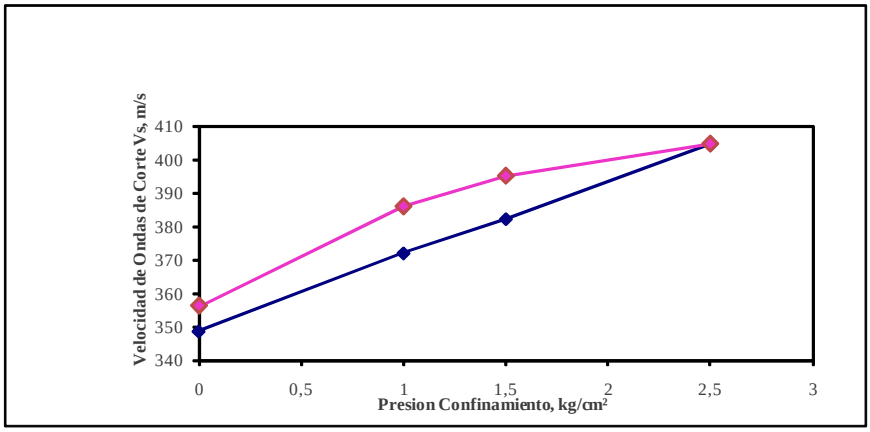
Diametro Superior	cm	5,960
Diametro Medio	cm	6,000
Diametro Inferior	cm	5,931
Peso Natural	g	444,85
Diámetro Promedio	cm	5,964
Area Promedio	cm^2	27,93
Altura Promedio	cm	8,332
Volumen	cm^3	232,74
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,911
Humedad Natural	%	11,28
Densidad Seca	gr/cm^3	1,696

Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	239	0,000239	**349**	Drenado al aire.
1	224	0,000224	**372**	Drenado al aire.
1,5	218	0,000218	**382**	Drenado al aire.
2,5	206	0,000206	**404**	Drenado al aire.
1,5	211	0,000211	**395**	Drenado al aire.
1	216	0,000216	**386**	Drenado al aire.
0	234	0,000234	**356**	Drenado al aire.

Observaciones:
Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	09/01/2012
Fecha de Término	10/01/2012
Muestra	M13 (8,10-11,75)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,81
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,00
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	1,80
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,80
Humedad de Confección	[%]=	12,98
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm^2]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,50	0,00
0,13	0,23	0,59	0,32
0,26	0,26	0,72	0,48
0,39	0,29	0,90	0,69
0,52	0,31	1,02	0,83
0,65	0,28	1,18	0,96
0,78	0,28	1,26	1,04
0,91	0,24	1,33	1,07
1,04	0,15	1,33	0,98
1,17	0,11	1,31	0,92
1,30	0,07	1,34	0,91
1,56	0,03	1,35	0,88
1,82	-0,01	1,37	0,86
2,08	-0,03	1,38	0,85
2,34	-0,05	1,39	0,84
2,60	-0,06	1,41	0,85
3,12	-0,07	1,43	0,86
3,64	-0,09	1,45	0,86
4,16	-0,11	1,48	0,87
4,68	-0,13	1,50	0,87
5,19	-0,15	1,53	0,88
6,49	-0,18	1,57	0,89
7,79	-0,21	1,59	0,88
9,09	-0,23	1,65	0,92
10,39	-0,24	1,70	0,96
11,69	-0,26	1,75	0,99
12,99	-0,28	1,77	0,99
15,58	-0,31	1,80	0,99
18,18	-0,36	1,83	0,97
20,78	-0,41	1,86	0,95

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	10,-01-2012
Fecha de Término	11/01/2012
Muestra	M13 (8,10-11,75)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,80
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,01
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	2,80
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,84
Humedad de Confección	[%]=	13,02
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,00
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

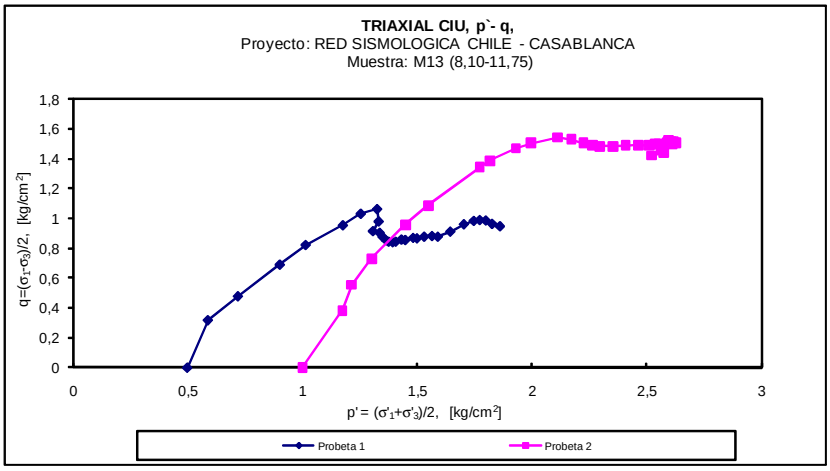
Observaciones:

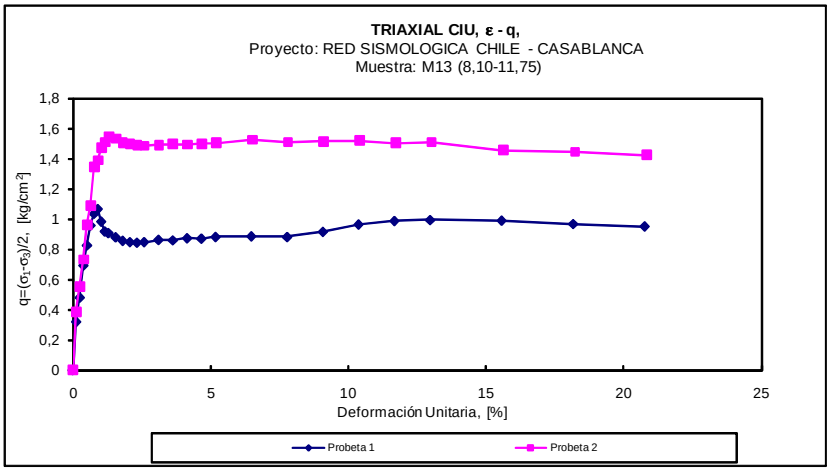
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

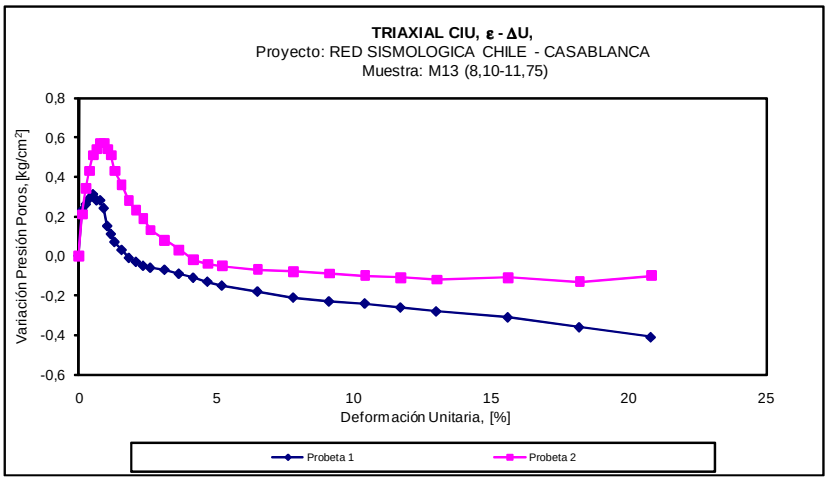
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm^2]	p' [kg/cm^2]	q [kg/cm^2]
0,00	0,00	1,00	0,00
0,13	0,21	1,17	0,38
0,26	0,34	1,21	0,55
0,39	0,43	1,30	0,73
0,52	0,51	1,45	0,96
0,65	0,54	1,55	1,09
0,78	0,57	1,77	1,34
0,91	0,57	1,82	1,39
1,04	0,54	1,93	1,47
1,17	0,51	2,00	1,51
1,30	0,43	2,11	1,54
1,56	0,36	2,17	1,53
1,82	0,28	2,23	1,51
2,08	0,23	2,26	1,49
2,34	0,19	2,30	1,49
2,60	0,13	2,35	1,48
3,13	0,08	2,41	1,49
3,65	0,03	2,46	1,49
4,17	-0,02	2,51	1,49
4,69	-0,04	2,54	1,50
5,21	-0,05	2,55	1,50
6,51	-0,07	2,60	1,53
7,81	-0,08	2,59	1,51
9,12	-0,09	2,60	1,51
10,42	-0,10	2,62	1,52
11,72	-0,11	2,61	1,50
13,02	-0,12	2,63	1,51
15,63	-0,11	2,57	1,46
18,23	-0,13	2,57	1,44
20,84	-0,10	2,52	1,42

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-F RED SISMOLÓGICA CHILE – CASABLANCA

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	13/01/2012
Fecha de Término	14/01/2012
Muestra	M14 (28,80-29,7)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,98
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,02
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	3,50
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,50
Humedad de Confección	[%]=	24,53
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,00
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,00	0,00
0,13	0,20	0,94	0,14
0,26	0,36	1,04	0,40
0,38	0,57	0,99	0,56
0,51	0,65	1,10	0,75
0,64	0,83	1,15	0,98
0,77	0,90	1,39	1,29
0,90	0,91	1,34	1,25
1,02	0,91	1,42	1,33
1,15	0,88	1,52	1,40
1,28	0,79	1,61	1,40
1,54	0,65	1,76	1,41
1,79	0,57	1,84	1,41
2,05	0,45	1,95	1,40
2,30	0,41	1,99	1,40
2,56	0,36	2,06	1,42
3,07	0,28	2,09	1,37
3,59	0,22	2,13	1,35
4,10	0,18	2,18	1,36
4,61	0,15	2,20	1,35
5,12	0,11	2,21	1,32
6,40	0,08	2,21	1,29
7,68	0,06	2,20	1,26
8,96	0,06	2,17	1,23
10,24	0,07	2,14	1,21
11,52	0,07	2,11	1,18
12,80	0,07	2,04	1,11
15,36	0,08	1,98	1,06
17,93	0,07	1,99	1,06
20,49	0,08	1,94	1,02

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14/01/2012
Fecha de Término	14/01/2012
Muestra	M14 (28,80-29,7)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,93
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,97
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	4,30
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,56
Humedad de Confección	[%]=	25,31
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	-0,03	1,72	0,19
0,26	-0,02	1,91	0,39
0,39	0,00	2,08	0,58
0,52	0,03	2,07	0,60
0,64	0,05	2,07	0,62
0,77	0,07	2,08	0,65
0,90	0,09	2,08	0,67
1,03	0,48	1,90	0,88
1,16	0,49	2,10	1,09
1,29	0,72	2,14	1,36
1,55	0,83	2,26	1,59
1,80	0,94	2,47	1,91
2,06	0,93	2,64	2,07
2,32	0,78	2,81	2,09
2,58	0,60	2,79	1,89
3,09	0,55	2,79	1,84
3,61	0,52	2,79	1,81
4,12	0,49	2,76	1,75
4,64	0,48	2,75	1,73
5,16	0,46	2,75	1,71
6,44	0,46	2,70	1,66
7,73	0,44	2,67	1,61
9,02	0,44	2,67	1,61
10,31	0,43	2,69	1,62
11,60	0,42	2,68	1,60
12,89	0,41	2,67	1,58
15,47	0,40	2,66	1,56
18,05	0,36	2,71	1,57
20,62	0,32	2,76	1,58

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	13/01/2012
Fecha de Término	14/01/2012
Muestra	M14 (28,80-29,7)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,00
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,02
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	7,40
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,53
Humedad de Confección	[%]=	24,82
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

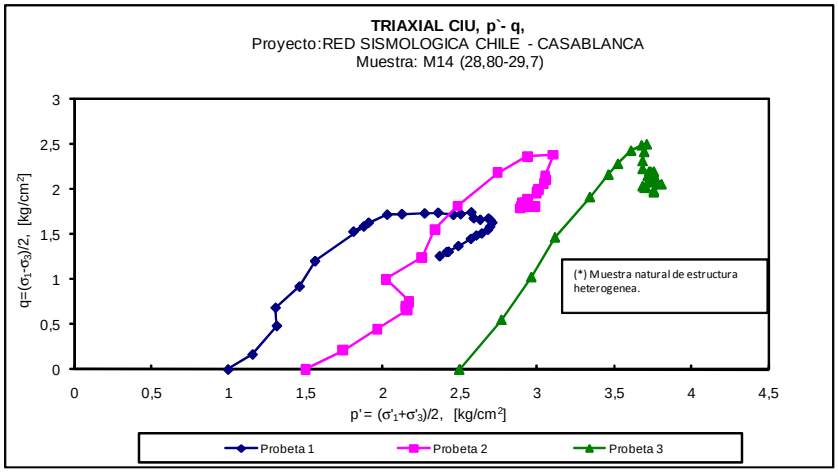
Observaciones:

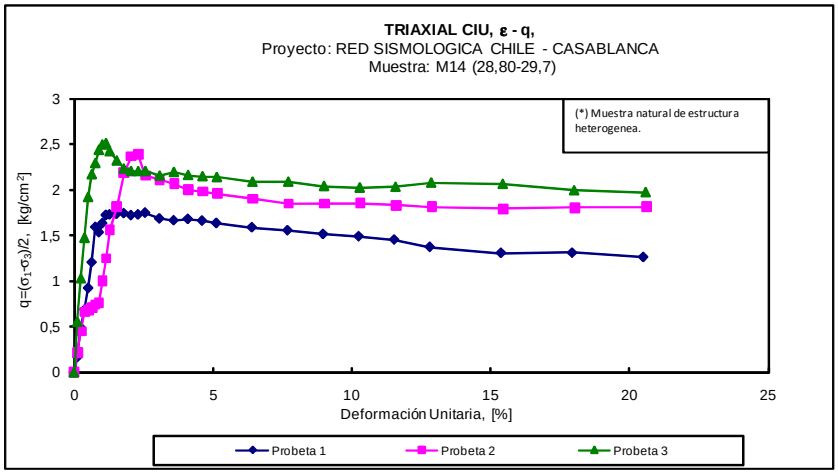
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

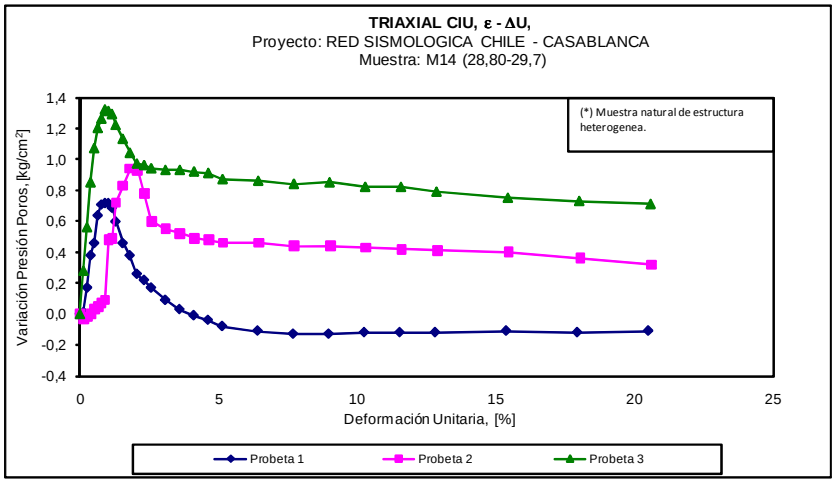
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	2,50	0,00
0,13	0,39	2,80	0,69
0,26	0,67	3,11	1,28
0,39	0,96	3,38	1,84
0,51	1,18	3,71	2,39
0,64	1,31	3,90	2,71
0,77	1,37	3,99	2,86
0,90	1,43	4,11	3,04
1,03	1,42	4,19	3,11
1,16	1,40	4,23	3,13
1,29	1,33	4,19	3,02
1,54	1,24	4,16	2,90
1,80	1,15	4,13	2,78
2,06	1,08	4,17	2,75
2,32	1,07	4,18	2,75
2,57	1,05	4,20	2,75
3,09	1,04	4,15	2,69
3,60	1,04	4,20	2,74
4,12	1,03	4,17	2,70
4,63	1,02	4,16	2,68
5,14	0,98	4,19	2,67
6,43	0,97	4,14	2,61
7,72	0,95	4,16	2,61
9,00	0,96	4,09	2,55
10,29	0,93	4,10	2,53
11,58	0,93	4,11	2,54
12,86	0,90	4,20	2,60
15,43	0,86	4,22	2,58
18,01	0,84	4,16	2,50
20,58	0,82	4,15	2,47

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-F RED SISMOLÓGICA CHILE – CASABLANCA

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	M15 (21,40-22,80)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,89
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,94
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	4,90
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,76
Humedad de Confección	[%]=	10,90
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,00
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,00	0,00
0,13	0,02	1,13	0,15
0,26	0,03	1,25	0,28
0,39	0,09	1,35	0,44
0,52	0,37	1,48	0,85
0,65	0,54	1,65	1,19
0,78	0,66	1,87	1,53
0,91	0,70	2,00	1,70
1,04	0,70	2,16	1,86
1,17	0,64	2,23	1,87
1,30	0,63	2,35	1,98
1,55	0,58	2,62	2,20
1,81	0,41	2,86	2,27
2,07	0,24	3,11	2,35
2,33	0,13	3,26	2,39
2,59	0,01	3,42	2,43
3,11	-0,14	3,62	2,48
3,63	-0,17	3,65	2,48
4,15	-0,34	3,85	2,51
4,66	-0,40	3,89	2,49
5,18	-0,45	3,91	2,46
6,48	-0,50	3,91	2,41
7,77	-0,57	3,89	2,32
9,07	-0,61	3,90	2,29
10,36	-0,64	3,89	2,25
11,66	-0,65	3,87	2,22
12,95	-0,69	3,88	2,19
15,54	-0,71	3,84	2,13
18,13	-0,75	3,77	2,02
20,73	-0,78	3,71	1,93

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	M15 (21,40-22,80)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,76
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,99
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	6,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,81
Humedad de Confección	[%]=	12,15
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,19	2,01	0,70
0,26	0,31	2,19	1,00
0,39	0,36	2,36	1,22
0,53	0,39	2,54	1,43
0,66	0,39	2,69	1,58
0,79	0,38	2,77	1,65
0,92	0,35	2,84	1,69
1,05	0,32	2,94	1,76
1,18	0,30	2,98	1,78
1,32	0,27	3,06	1,83
1,58	0,20	3,20	1,90
1,84	0,13	3,26	1,89
2,11	0,11	3,28	1,89
2,37	0,09	3,33	1,92
2,63	0,00	3,48	1,98
3,16	-0,02	3,51	1,99
3,68	-0,03	3,53	2,00
4,21	-0,05	3,56	2,01
4,74	-0,08	3,64	2,06
5,26	-0,19	3,82	2,13
6,58	-0,25	4,02	2,27
7,89	-0,32	4,15	2,33
9,21	-0,42	4,33	2,41
10,53	-0,50	4,42	2,42
11,84	-0,57	4,57	2,50
13,16	-0,66	4,69	2,53
15,79	-0,84	4,93	2,59
18,42	-1,02	5,02	2,50
21,05	-1,09	5,12	2,53

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CASABLANCA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-F
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	M15 (21,40-22,80)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,94
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,91
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	10,60
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,81
Humedad de Confección	[%]=	11,25
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	6,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

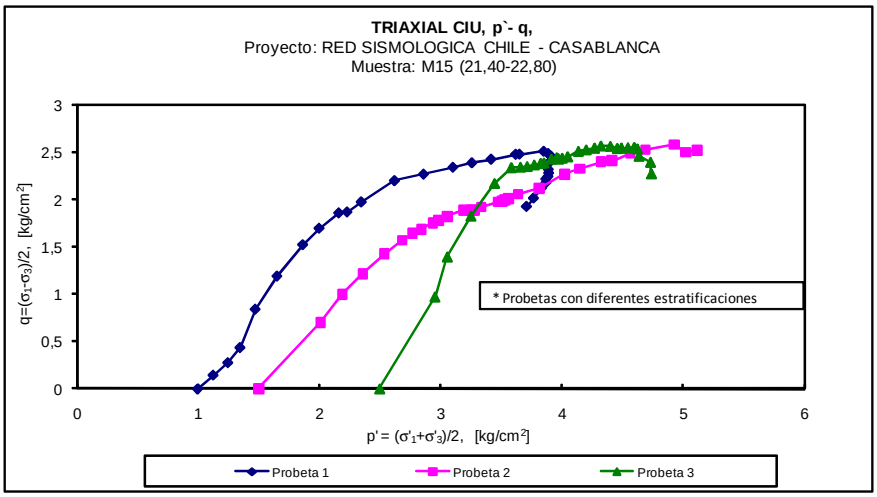
Observaciones:

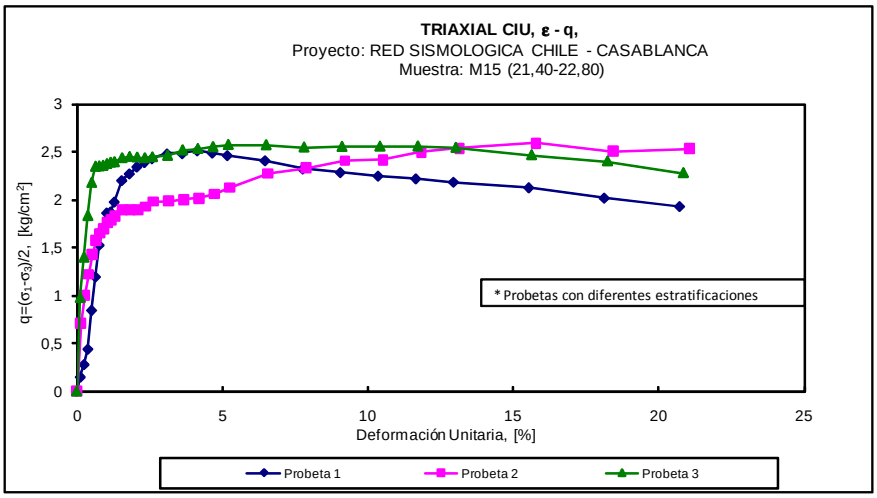
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

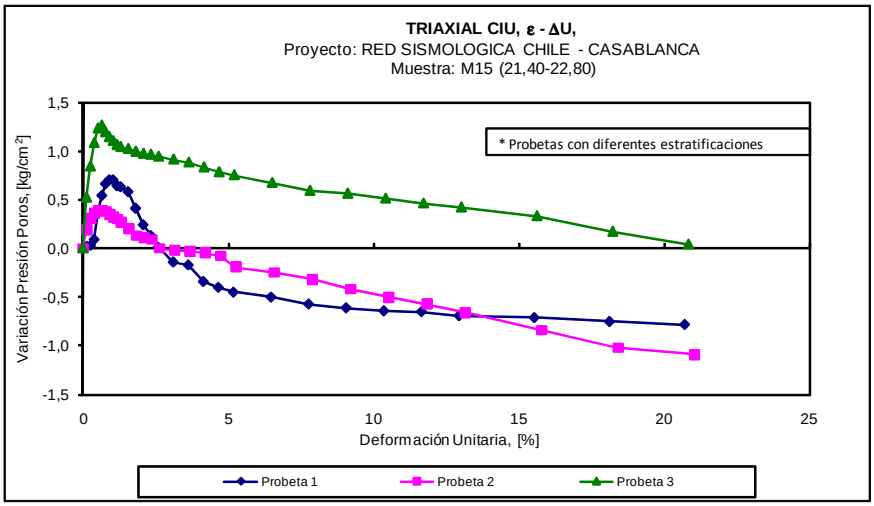
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	2,50	0,00
0,13	0,52	2,95	0,97
0,26	0,84	3,06	1,40
0,39	1,08	3,25	1,83
0,52	1,23	3,45	2,18
0,65	1,26	3,58	2,34
0,78	1,19	3,66	2,35
0,91	1,14	3,71	2,35
1,04	1,10	3,77	2,37
1,17	1,06	3,83	2,39
1,30	1,04	3,85	2,39
1,56	1,02	3,91	2,43
1,82	0,99	3,96	2,45
2,08	0,97	3,97	2,44
2,34	0,96	3,97	2,43
2,60	0,94	4,00	2,44
3,13	0,91	4,05	2,46
3,65	0,88	4,14	2,52
4,17	0,83	4,20	2,53
4,69	0,78	4,27	2,55
5,21	0,75	4,32	2,57
6,51	0,67	4,40	2,57
7,81	0,59	4,46	2,55
9,12	0,56	4,49	2,55
10,42	0,51	4,54	2,55
11,72	0,46	4,60	2,56
13,02	0,42	4,62	2,54
15,63	0,33	4,64	2,47
18,23	0,17	4,73	2,40
20,84	0,04	4,74	2,28

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-F RED SISMOLÓGICA CHILE – CASABLANCA

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOGRAFICA – ESTACION CASABLANCA

DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION CASABLANCA**
Profundidad **50m**
Coordenadas **275.521,46m E 6.310.535,16m S**

Fecha Ejecución **6-12-2012**

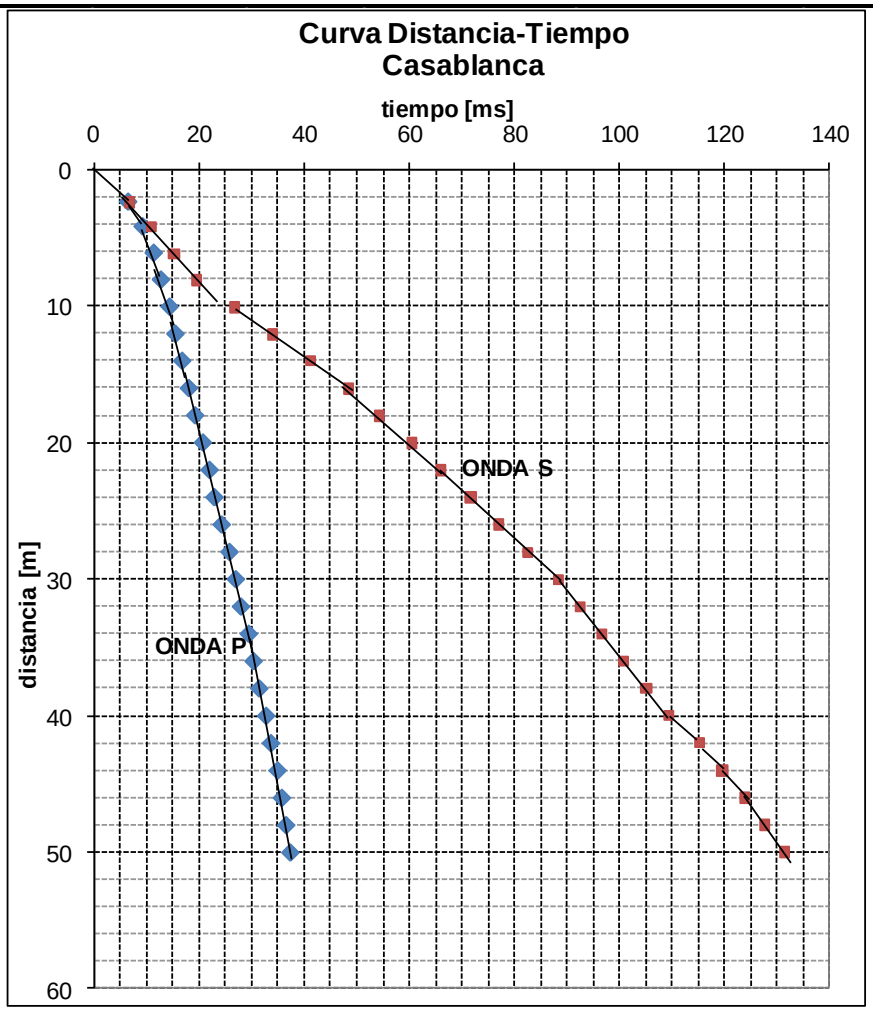
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,4	6,4	6,8
4,0	4,2	9,2	10,9
6,0	6,2	11,3	15,2
8,0	8,1	12,7	19,6
10,0	10,1	14,3	26,8
12,0	12,1	15,4	34,0
14,0	14,1	16,7	41,2
16,0	16,0	18,0	48,4
18,0	18,0	19,2	54,4
20,0	20,0	20,7	60,4
22,0	22,0	21,9	66,0
24,0	24,0	22,8	71,7
26,0	26,0	24,2	77,1
28,0	28,0	25,7	82,5
30,0	30,0	26,9	88,3
32,0	32,0	27,9	92,5
34,0	34,0	29,4	96,7
36,0	36,0	30,3	100,8
38,0	38,0	31,4	105,0
40,0	40,0	32,7	109,3
42,0	42,0	33,6	115,2
44,0	44,0	34,9	119,5
46,0	46,0	35,7	123,8
48,0	48,0	36,5	127,7
50,0	50,0	37,3	131,5

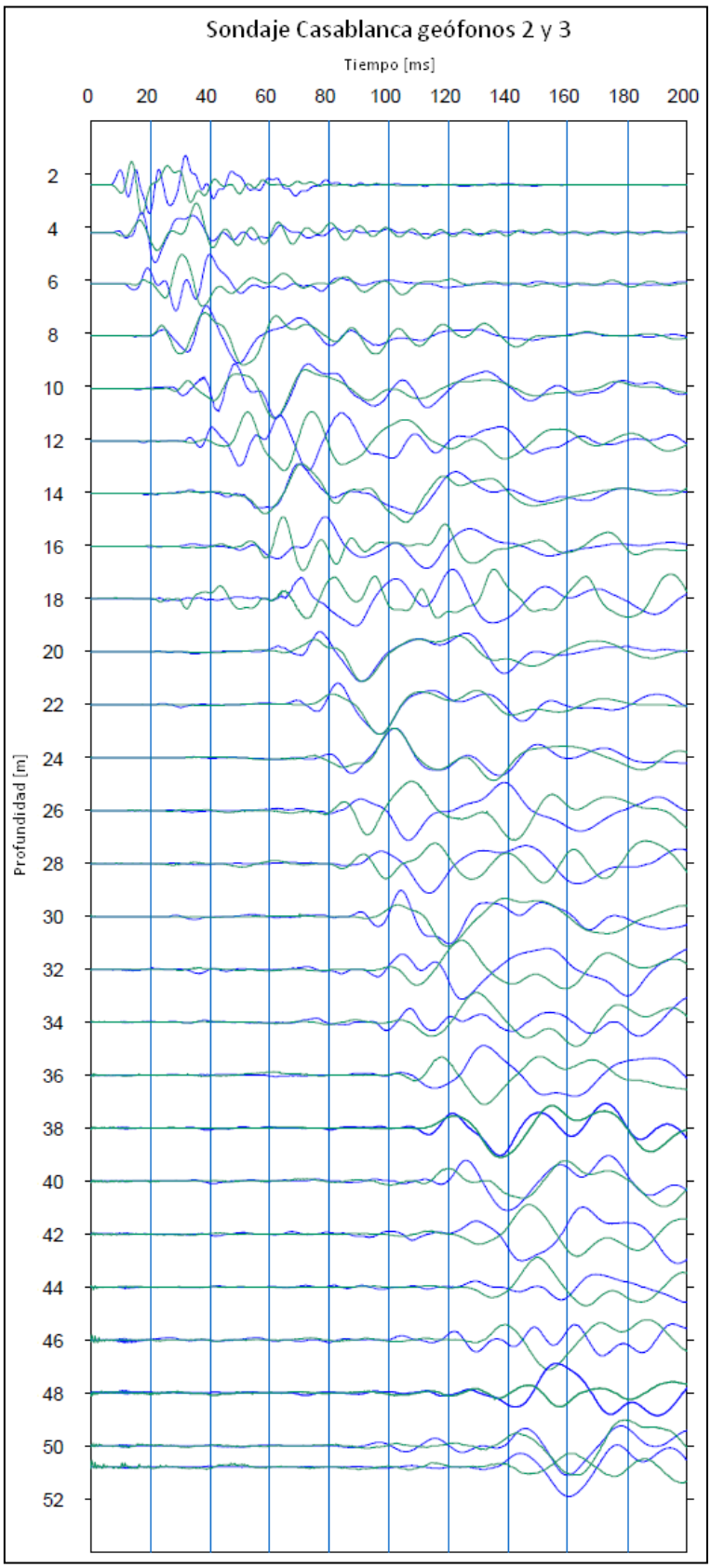
Velocidades

Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	350	210
2,00	6,00	830	440
6,00	8,00	1330	440
8,00	10,00	1330	270
10,00	16,00	1590	270
16,00	22,00	1590	330
22,00	30,00	1590	360
30,00	34,00	1590	470
34,00	40,00	1790	470
40,00	42,00	1790	360
42,00	44,00	1790	450
44,00	46,00	2400	450
46,00	50,00	2400	520

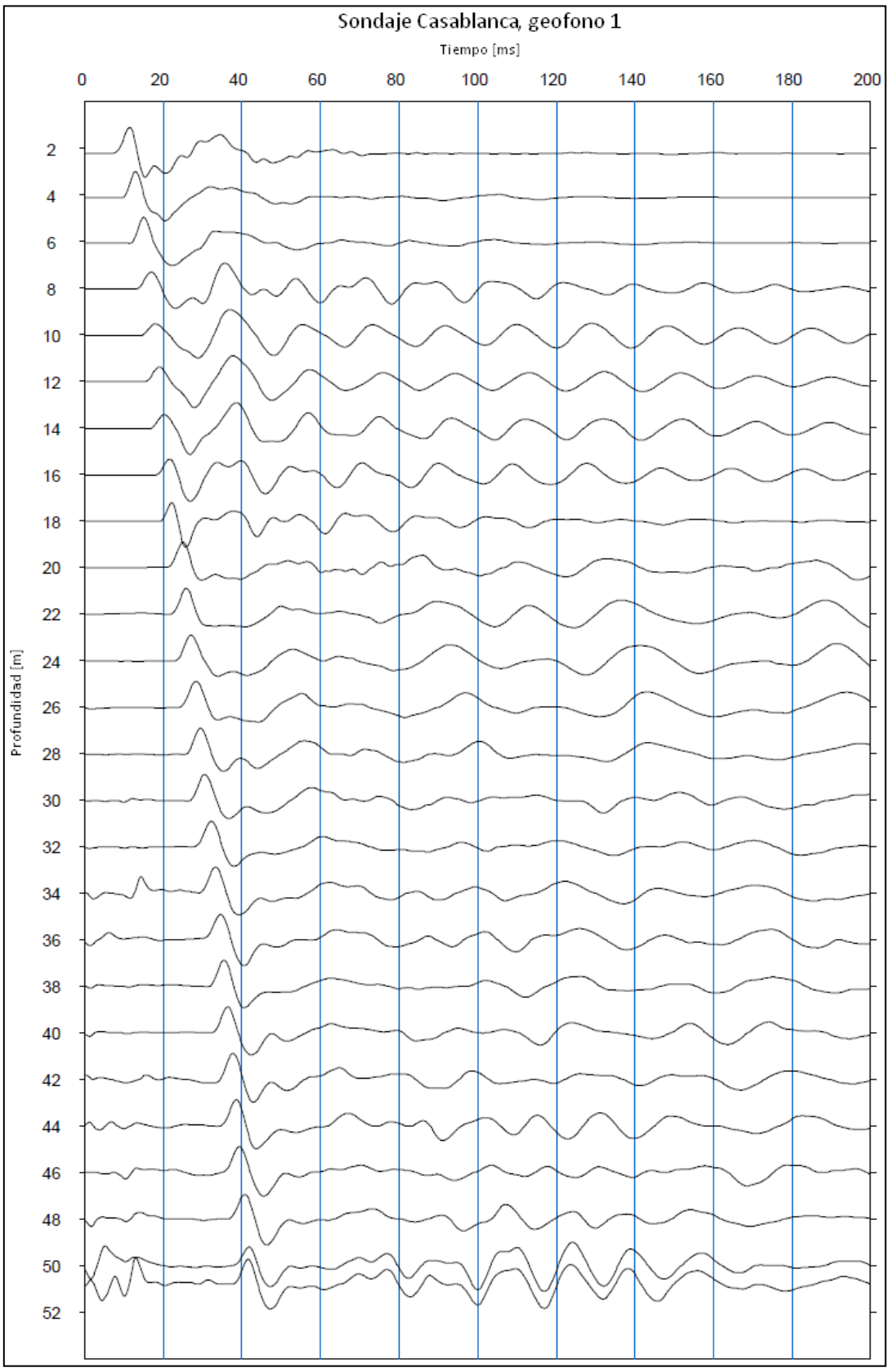
Observaciones:

*No se pudo llegar con el geófono más abajo producto de las condiciones del suelo.





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION CERRO EL ROBLE

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 11**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**		**DESTINATARIO:**
Viviana González D.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA :28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES **3**
2. ANTECEDENTES **3**
3. INTRODUCCION **4**
4. METODOLOGIA **5**
5. GEOLOGÍA **6**
6. GEOLOGIA LOCAL **7**

ANEXO – TABLAS Y FIGURAS PARA LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EN EL CERRO EL ROBLE. 5
FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). IMAGEN OBTENIDA DE GOOGLE EARTH. 6
FIGURA 3. MAPA GEOLÓGICO DEL PLUTÓN CALEU (PARADA ET A., 2005). LA ESTRELLA ROJA MUESTRA LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN SISMOLÓGICA EN LA CIMA DEL CERRO EL ROBLE. 8
FIGURA 4. AFLORAMIENTO DE TONALITAS EN LA CIMA DEL CERRO EL ROBLE. SE OBSERVAN LOS BLOQUES PRODUCTO DE LOS PROCESOS DE HIELO/DESHIELO. 9
FIGURA 5. TONALITA MUY METEORIZADA PRODUCTO DE LA INTEMPERIZACIÓN. LAS VETILLAS DE CUARZO, POR TENER MAYOR RESISTENCIA, PUEDEN OBSERVASE MENOR AFECTADAS. 10

TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS UTM UBICACIÓN ESTACIÓN CERRO EL ROBLE. 4

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en el cerro El Roble ubicado en la provincia de Quillota en la región de Valparaíso.

En particular para esta estación, puesto que se encuentra situada directamente sobre roca, se realizó un estudio geológico del sector.

2. ANTECEDENTES

- Alfaro, A. 2011. Peligro Sísmico en el Segmento Norte de la Región del Maule, Chile. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 141p.

- Gana, P., Wall, R., Gutiérrez, A., 1996. Geología del área Valparaíso-Curacaví: Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Mapa geológico N°1).

- Parada, M. A., Roperch, P., Guiresse, C., Ramírez, E. 2005. Magnetic fabrics and compositional evidence for the construction of the Caleu pluton by multiple injections, Coastal Range of central Chile. Tectonophysics N°399, pp399–420.

- Rivano, S., Sepúlveda, H., Boric, R., Espiñeira, F. 1993. Hojas Quillota-Portillo. Regiones de Valparaíso y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica, N°73

- Sabaj Romina. 2008. Identificación y caracterización de estructuras potencialmente activas en la cordillera de la costa entre los 33° y 33°45'S.

Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 91p.

- SERNAGEOMIN, 2003, Carta Geológica de Chile (escala 1:1.000.000). Servicio Nacional de Geología y Minería, v. Publicación Geológica Digital 4.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente esta estación se encuentra situada directamente sobre roca, por lo que se realizó un estudio del macizo rocoso del sector.

La Tabla 1 presenta las coordenadas UTM de la ubicación de la estación Cerro El Roble.

Tabla 1. Coordenadas UTM ubicación estación Cerro El Roble.

COORDENADAS [WGS84]		
ZONA	**E**	**N**
19 H	311643.92 m E	6349581.07 m S

La Figura 1 presenta la ubicación de la estación en el Cerro Santa Lucía.

Figura 1. Ubicación de la estación en el Cerro El Roble.

4. METODOLOGIA

El estudio se basó en antecedentes geológicos existentes como los mapas geológicos de Chile (SERNAGEOMIN, 2003), mapa geológico del área de Valparaíso-Curacaví (Gana et al., 1996) y área Til-Til – Santiago (Wall et al., 1999), la Hoja Quillota y Portillo (Rivano, 1993), así como trabajos de detalle realizados en las distintas zonas. Esta información se complementó con campañas de terreno.

5. GEOLOGÍA

A escala regional, 1:1.000.000, el mapa geológico de Chile (SERNAGEOMIN 2003), revela que la estación sismológica se ubica en rocas intrusiva (Figura 2).

El Cerro El Roble, situado en la Cordillera de la Costa, comprende dioritas y monzodioritas de piroxeno y hornblenda, granodioritas, monzogranitos de hornblenda y biotita del Cretácico inferior alto a Cretácico Superior bajo (123-85 Ma) (Kiag).

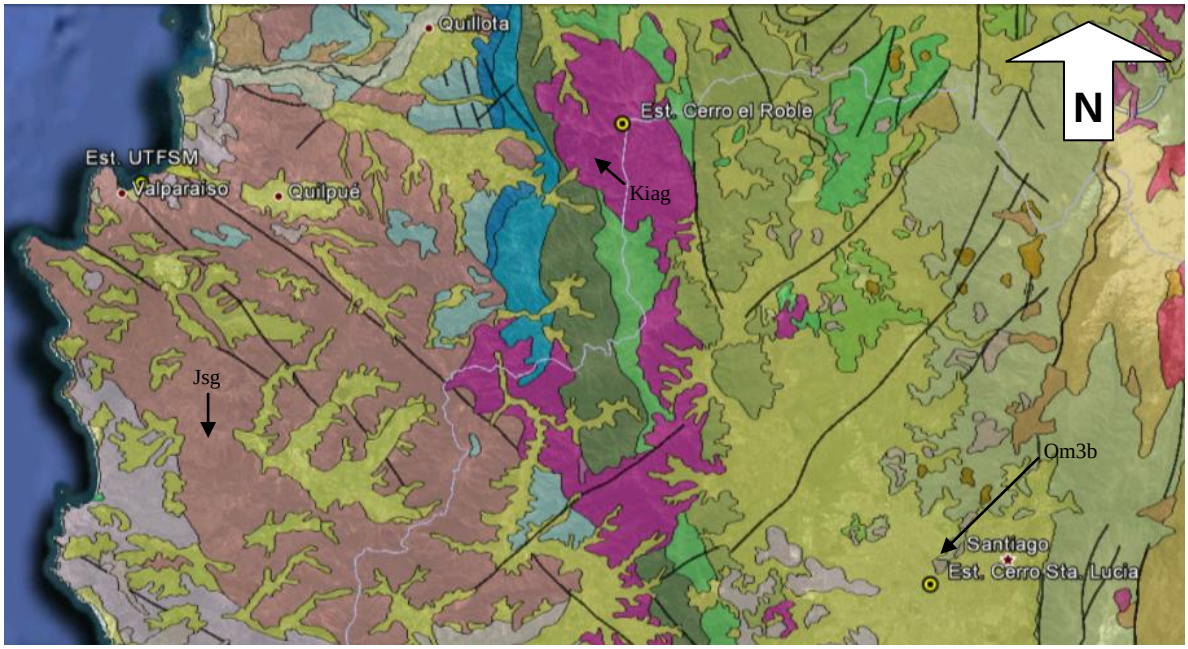


Figura 2. Mapa geológico escala 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). Imagen obtenida de Google Earth.

Desde el punto de vista estructural, en el margen occidental de la Cordillera de la Costa se observan estructuras mayores con orientación preferencial NW-SE, en tanto hacia el margen oriental de esta unidad, las estructuras se disponen NE-SW a NS. En el margen entre la Depresión Central y la Cordillera Principal, las estructuras que controlan este borde tectónico son de orientación NS y la estructura de mayor importancia es la Falla Pucuro-San Ramón.

6. GEOLOGIA LOCAL

El Cerro el Roble, cuya cima alcanza los 2200 m s.n.m, forma parte de la unidad intrusiva Plutón Caleu de elongación aproximadamente NS en el sector centro-oriental de la Cordillera de la Costa, ca. de 40 km al noroeste de Santiago.

Rivano et al. (1993) describen estas rocas como granodioritas y dioritas cuarcíferas (monzogranitos) color gris claro a oscuro, de grano medio a grueso. De igual forma, pero a mayor detalle, Gana et al., (1996) asocian al cerro el Roble litologías de color gris claro de grano medio a fino principalmente granodioríticas de anfíbol-biotita-piroxeno y tonalitas con monzodioritas subordinadas y poseen un 55-65% de SiO2.

Esta unidad se encuentra intruyendo estratos de secuencias volcánicas con intercalaciones sedimentarias del Jurásico, pertenecientes a la Formación Horqueta. Intruye además rocas del Cretácico Inferior correspondientes a las formaciones Lo Prado, Veta Negra, Las Chilcas y a plutones del Jurásico, formando zonas de enclaves magmáticos y alteración hidrotermal.

En el Cerro el Roble, la estación sismológica se encuentra emplazada sobre la zona de tonalitas y cuarzo dioritas que ocupan la parte central del Plutón y forman un cuerpo de elongación N-S cercano a 70 km^2 (Parada et al., 2005) (Figura 3). Este Plutón presenta una marcada deformación plástica denotada en una foliación que en la cima del cerro El Roble muestra una orientación desde ~NS/75W a ~EW/55N (Parada et al., 2005). Otra característica relevante es la presencia de enclaves microdioríticos/microgábricos de 5 a 40 cm.

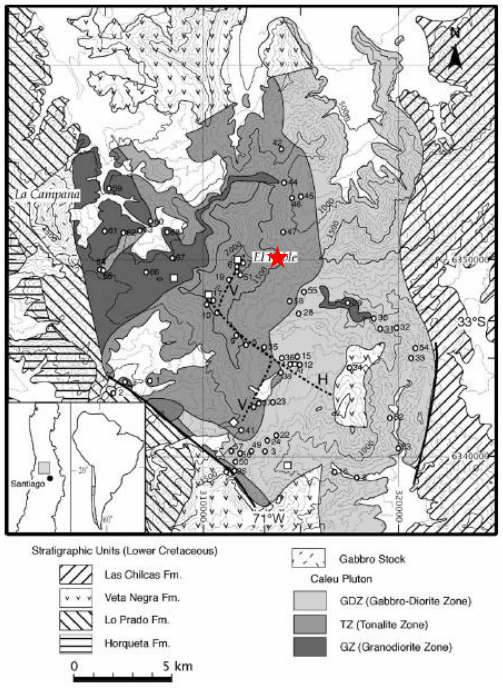


Figura 3. Mapa geológico del Plutón Caleu (Parada et a., 2005). La estrella roja muestra la ubicación de la estación sismológica en la cima del cerro El Roble.

La visita a terreno permitió distinguir que el tipo de litología que aflora el punto de la estación sismológica y en todo el trayecto recorrido por la ladera oriente y sur-oriente del cerro El Roble corresponde a una tonalita de anfíbol y biotita, color gris claro, de textura fanerítica equigranular de grano fino a medio (1-3mm) con pátina de óxidos de hierro en discontinuidades (Figura 4). La meteorización de la roca corresponde a grado I, aun cuando se reconoce un intenso fracturamiento producto de procesos de hielo/deshielo que genera bloques de hasta 1,5 m de arista. La resistencia de la roca está en el rango R6 y el RQD se estima entre 60 y 90%.

Esta roca presenta enclaves máficos de 5 a 30 cm de diámetro (Figura 4) y vetillas de cuarzo de espesores variables entre 0,5 a 4 cm, las cuales aumenta en cantidad por metro cúbico y espesor a medida que se desciende en cota. En la cima del cerro se reconoció una veta de cuarzo con espesor de 0,5m y dirección 50/240.

Figura 4. Afloramiento de tonalitas en la cima del cerro El Roble. Se observan los bloques producto de los procesos de hielo/deshielo.

Una característica importante es la variación en el grado de meteorización que muestra la roca. En sectores de pendientes suaves y cortes de caminos, la roca se observa con meteorización grado VI a V, con resistencia R1-R2 (Figura 5). Sin embargo esta característica sería producto de la intemperización y no debería afectar la roca en profundidad.

Figura 5. Tonalita muy meteorizada producto de la intemperización. Las vetillas de cuarzo, por tener mayor resistencia, pueden observase menor afectadas.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

ANEXOS

Tablas y figuras para levantamiento geológico.

Tabla 1. Criterios para la Estimación de la Resistencia del Material

Grado	Descripción	Identificación de terreno	Rango aproximado de resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)
S1	Arcilla Muy Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el puño.	<0,025
S2	Arcilla Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el pulgar.	0,025-0,05
S3	Arcilla Firme	Puede ser penetrada varias pulgadas con el pulgar, con esfuerzo moderado.	0,05-0,10
S4	Arcilla Rígida	Fácilmente marcada por el pulgar, solamente puede ser penetrada con gran esfuerzo.	0,10-0,25
S5	Arcilla Muy rígida	Fácilmente marcada por la uña.	0,25-0,50
S6	Arcilla Dura	Marcada con dificultad por la uña.	>0,50
R0	Roca Extremadamente Débil	Marcada por la uña.	0,25-1,0
R1	Roca Muy Débil	Se disgrega por un golpe fuerte de la punta del martillo geológico, puede ser escarbada por el cortaplumas.	1,0-5,0
R2	Roca Débil	Puede ser escarbada por el cortaplumas con dificultad, se deforma o disgrega por un fuerte golpe de la punta del martillo.	5,0-25
R3	Roca Medianamente Fuerte	No puede ser escarbada o disgregada por una cortapluma, la muestra se fractura con un solo golpe firme del martillo geológico.	25-50
R4	Roca Fuerte	La muestra requiere más de un golpe del martillo geológico para ser fracturada.	50-100
R5	Roca Muy Fuerte	La muestra requiere de muchos golpes del martillo geológico para ser fracturada.	100-250
R6	Roca Extremadamente Fuerte	La muestra solo puede ser astillada con el martillo geológico.	>250

Tabla 2. Grado de Meteorización ISRM (1891)

Termino	Descripción	Grado
Roca Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca: tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca es su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil, que en su condición fresca	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos continuos	III
Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida en suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, son embargo el suelo no ha sido transportado significativamente	VI

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION CERRO SANTA LUCÍA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 11**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**		**DESTINATARIO:**
Viviana González D.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES **3**
2. ANTECEDENTES **3**
3. INTRODUCCION **4**
4. METODOLOGIA **5**
5. GEOLOGÍA **6**
6. GEOLOGIA LOCAL **7**

ANEXO – TABLAS Y FIGURAS PARA LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN CERRO SANTA LUCÍA. 5
FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). IMAGEN OBTENIDA DE GOOGLE EARTH. 6
FIGURA 3. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA TIL-TIL – SANTIAGO, ESCALA 1:100.000 (WALL ET AL., 1999). LA FLECHA AZUL INDICA LA UBICACIÓN DEL CERRO SANTA LUCIA. 7
FIGURA 4. AFLORAMIENTO ROCOSO EN LADERA PONIENTE DEL CERRO SANTA LUCIA. SE OBSERVA LA APARIENCIA DE LA ROCA EN MUESTRA DE MANO Y EL SET PRINCIPAL 45/145. 8
FIGURA 5. ZONAS DE CIZALLE RELLENAS CON CATACLASITAS ARCILLAS. (A) ZONA MAYOR CON METEORIZACIÓN ALTA AFECTANDO ROCAS EN UN ANCHO DE 1M, TAMBIÉN SE OBSERVAN RELLENOS DE ROCA PULVERIZADA. 9
FIGURA 6. DIACLASAMIENTO COLUMNAR EN PARTE ALTA DEL CERRO SANTA LUCIA. DESTACA LA FORMA HEXAGONAL QUE PRESENTAN LAS ESTRUCTURAS COLUMNARES. 10

TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS UTM UBICACIÓN ESTACIÓN CERRO SANTA LUCÍA. 4

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en el cerro Santa Lucía ubicado en la ciudad de Santiago.

En particular para esta estación, puesto que se encuentra situada directamente sobre roca, se realizó un estudio geológico del sector.

2. ANTECEDENTES

- Alfaro, A. 2011. Peligro Sísmico en el Segmento Norte de la Región del Maule, Chile. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 141p.

- Gana, P., Wall, R., Gutiérrez, A., 1996. Geología del área Valparaíso-Curacaví: Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Mapa geológico N°1).

- Rivano, S., Sepúlveda, H., Boric, R., Espiñeira, F. 1993. Hojas Quillota-Portillo. Regiones de Valparaíso y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica, N°73

- Sabaj Romina. 2008. Identificación y caracterización de estructuras potencialmente activas en la cordillera de la costa entre los 33° y 33°45'S. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 91p.

- SERNAGEOMIN, 2003, Carta Geológica de Chile (escala 1:1.000.000). Servicio Nacional de Geología y Minería, v. Publicación Geológica Digital 4.

- Wall, R., Sellés, D., Gana, P. 1999. Mapa Geológico Área Tiltil-Santiago, Región Metropolitana. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos, N° 11.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente esta estación se encuentra situada directamente sobre roca, por lo que se realizó un estudio del macizo rocoso del sector.

La Tabla 1 presenta las coordenadas UTM de la ubicación de la estación Cerro Santa Lucía.

Tabla 1. Coordenadas UTM ubicación estación Cerro Santa Lucía.

COORDENADAS [WGS84]		
ZONA	**E**	**N**
19 H	347291.07 m E	6298674.34 m S

La Figura 1 presenta la ubicación de la estación en el Cerro Santa Lucía.

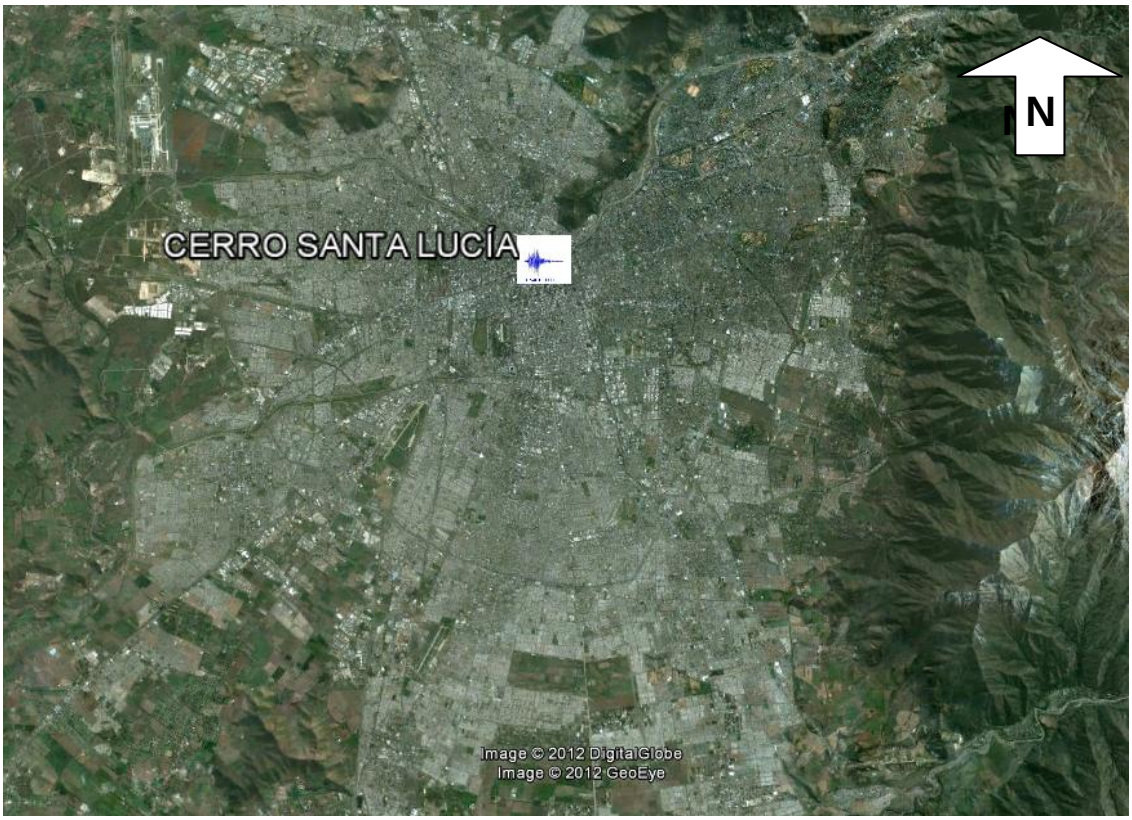


Figura 1. Ubicación de la estación Cerro Santa Lucía.

4. METODOLOGIA

El estudio se basó en antecedentes geológicos existentes como los mapas geológicos de Chile (SERNAGEOMIN, 2003), mapa geológico del área de Valparaíso-Curacaví (Gana et al., 1996) y área Til-Til – Santiago (Wall et al., 1999), la Hoja Quillota y Portillo (Rivano, 1993), así como trabajos de detalle realizados en las distintas zonas. Esta información se complementó con campañas de terreno.

5. GEOLOGÍA

A escala regional, 1:1.000.000, el mapa geológico de Chile (SERNAGEOMIN 2003), revela que la estación sismológica se ubica en rocas ígneas hipabisales (Figura 1).

Cerro Santa Lucia, ubicado en la Depresión Central, comprende secuencias y centros volcánicos básicos; lavas, brechas y rocas piroclásticas del Oligoceno-Mioceno (Om3b).

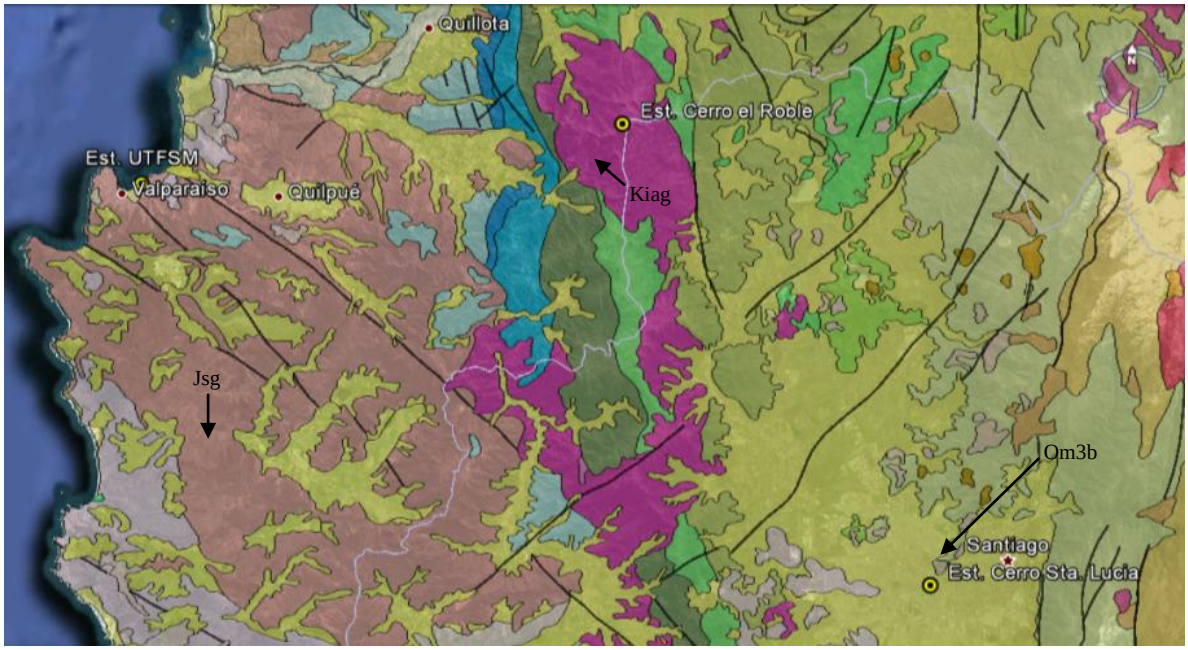


Figura 2. Mapa geológico escala 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). Imagen obtenida de Google Earth.

Desde el punto de vista estructural, en el margen occidental de la Cordillera de la Costa se observan estructuras mayores con orientación preferencial NW-SE, en tanto hacia el margen oriental de esta unidad, las estructuras se disponen NE-SW a NS. En el margen entre la Depresión Central y la Cordillera Principal, las estructuras que controlan este borde tectónico son de orientación NS y la estructura de mayor importancia es la Falla Pucuro-San Ramón.

6. GEOLOGIA LOCAL

El Cerro Santa Lucia, ubicado en la localidad de Santiago, ha sido descrito por Wall et al. (1999) como una prolongación hacia el SW de la unidad asociada al cordón del Cerro San Cristóbal el cual comprende intrusivos hipabisales de tipo Stocks, filones manto, cuellos volcánicos y diques de composición variable entre gabros y andesitas de piroxeno, formando cuerpos de tamaño inferior a 8 Km^2 (Figura 3). En este cordón de “cerros isla” afloran rocas porfídicas de color gris azulado, compuestas por plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino y anfíbola. La masa fundamental es, generalmente, intergranular con plagioclasa, opacos y gránulos de piroxeno. Para ellos se conocen edades que en promedio se sitúan en los 21 Ma (Eoceno – Mioceno).

Estas unidades intruyen secuencias volcánicas principalmente andesitas y basaltos, con intercalaciones de tobas brechosas, tobas soldadas y rocas sedimentarias continentales, pertenecientes a la Formación Abanico. Particularmente, el nivel volcánico que aflora en el área se define como tobas vítreas soldadas de San Cristóbal – Chicureo.

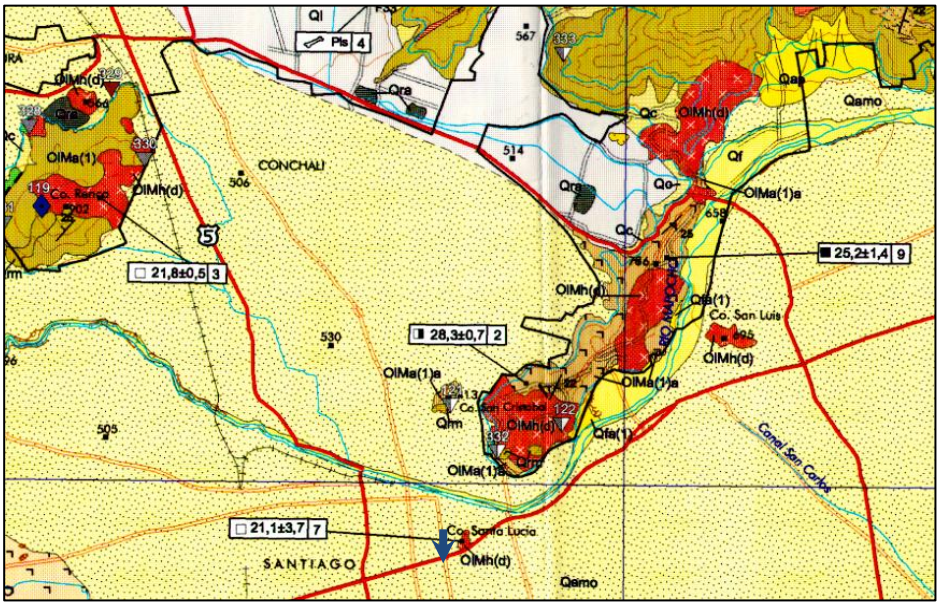


Figura 3. Mapa geológico del área Til-Til – Santiago, escala 1:100.000 (Wall et al., 1999). La flecha azul indica la ubicación del cerro Santa Lucia.

Las observaciones de terreno ratifican lo expuesto por Wall et al. (1999), puesto que se distinguieron principalmente rocas ígneas hipabisales de color gris azulado a pardo negruzco de composición basáltica de grano fino, textura porfídica con cristales de plagioclasa menores a 1 mm insertos en una matriz microcristalina a afanítica. En muestra de mano se reconocen minerales de piroxeno, anfíbol y aparentemente olivino. Además en sectores con mayor meteorización se encuentra alteración de clorita y epidota.

En general la roca es de buena calidad con una resistencia R6 correspondiente a una roca extremadamente resistente (UCS>250Mpa), salvo en sectores muy aislados al pie del cerro con resistencias R4. La cantidad de fracturas por metro cúbico (Jv) oscila entre 5 y 15, luego el RQD calculado como RQD = 115-3,3·Jv estaría entre 65% - 95%. La meteorización corresponde a una roca fresca, grado I según escala ISRM (1891); no se observa alteración significativa salvo algunas pátinas menores de óxidos de hierro y arcilla.

Figura 4. Afloramiento rocoso en ladera poniente del cerro Santa Lucia. Se observa la apariencia de la roca en muestra de mano y el set principal 45/145.

En cuanto a estructuras se distingue un set principal 45/145 en todos los sectores, el cual además está asociado con algunas zonas de cizalle de espesores promedio entre 10-50cm, con continuidad de hasta 10 m y relleno de arcillas y cataclasitas (Figura 5). Dentro de las estructuras destacables se encuentra una zona de cizalle mayor, donde la roca se encuentra muy meteorizada en un ancho cercano a 1 m, bajo el Castillo Hidalgo (Figura 5(a)).

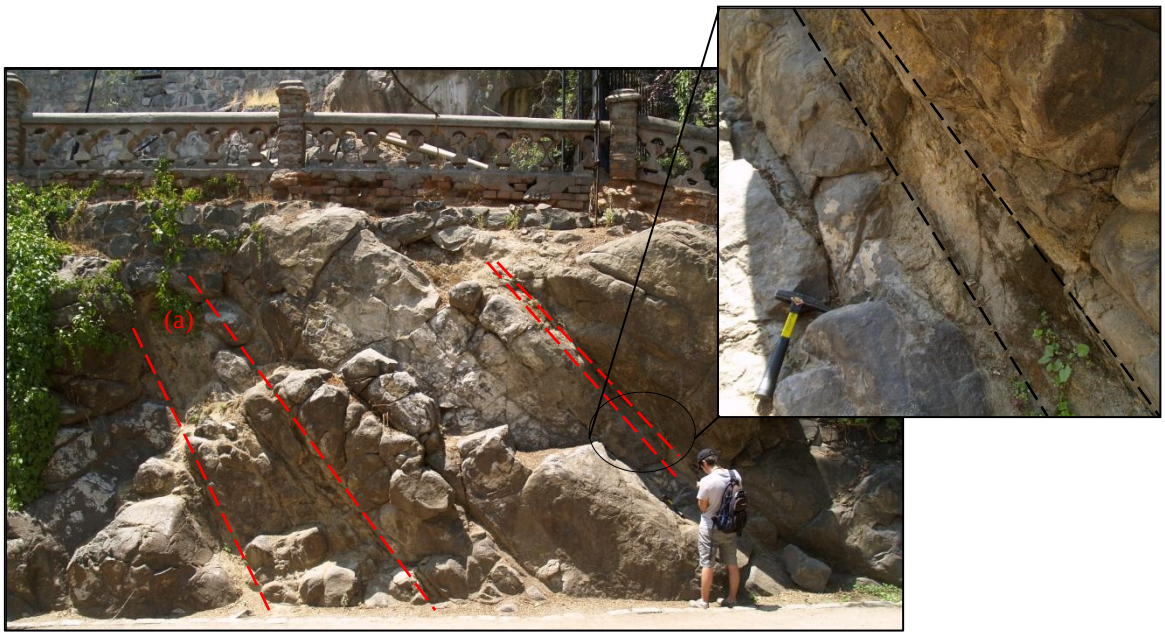


Figura 5. Zonas de cizalle rellenas con cataclasitas arcillas. (a) zona mayor con meteorización alta afectando rocas en un ancho de 1m, también se observan rellenos de roca pulverizada.

Finalmente en la cima del cerro Santa Lucia destaca la presencia de un notorio diaclasamiento columnar característico de rocas intrusivas tipo filones. El rumbo del eje de estas estructuras es cercano a N30W -N10W y el buzamiento entre 50-60° al SE. Cabe destacar que a unos 35 m bajo la cumbre la disposición del diaclasamiento cambia a subhorizontal de rumbo N60W y buzamiento 5-10NW.

Figura 6. Diaclasamiento columnar en parte alta del cerro Santa Lucia. Destaca la forma hexagonal que presentan las estructuras columnares.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

ANEXO

Tablas y figuras para levantamiento geológico.

Tabla 1. Criterios para la Estimación de la Resistencia del Material

Grado	Descripción	Identificación de terreno	Rango aproximado de resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)
S1	Arcilla Muy Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el puño.	<0,025
S2	Arcilla Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el pulgar.	0,025-0,05
S3	Arcilla Firme	Puede ser penetrada varias pulgadas con el pulgar, con esfuerzo moderado.	0,05-0,10
S4	Arcilla Rígida	Fácilmente marcada por el pulgar, solamente puede ser penetrada con gran esfuerzo.	0,10-0,25
S5	Arcilla Muy rígida	Fácilmente marcada por la uña.	0,25-0,50
S6	Arcilla Dura	Marcada con dificultad por la uña.	>0,50
R0	Roca Extremadamente Débil	Marcada por la uña.	0,25-1,0
R1	Roca Muy Débil	Se disgrega por un golpe fuerte de la punta del martillo geológico, puede ser escarbada por el cortaplumas.	1,0-5,0
R2	Roca Débil	Puede ser escarbada por el cortaplumas con dificultad, se deforma o disgrega por un fuerte golpe de la punta del martillo.	5,0-25
R3	Roca Medianamente Fuerte	No puede ser escarbada o disgregada por una cortapluma, la muestra se fractura con un solo golpe firme del martillo geológico.	25-50
R4	Roca Fuerte	La muestra requiere más de un golpe del martillo geológico para ser fracturada.	50-100
R5	Roca Muy Fuerte	La muestra requiere de muchos golpes del martillo geológico para ser fracturada.	100-250
R6	Roca Extremadamente Fuerte	La muestra solo puede ser astillada con el martillo geológico.	>250

Tabla 2. Grado de Meteorización ISRM (1891)

Termino	Descripción	Grado
Roca Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca: tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca es su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil, que en su condición fresca	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos continuos	III
Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida en suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, son embargo el suelo no ha sido transportado significativamente	VI

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION CONSTITUCION

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		REF.:	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 26
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**		**DESTINATARIO:**
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFÍA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 21
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 21
7.2. COMPRESIÓN SIMPLE 22
7.3. BENDER ELEMENTS 24
8. RESUMEN DE RESULTADOS 25

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la localidad de Matanzas, comuna de Constitución. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje. 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje. 10
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 11
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-6.45m. 15
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 6.45m-12.45m. 15
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 12.45m-16.50m. 16
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 16.50m-21.00m. 16
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 21.00m-25.50m. 17
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 25.50m-30.00m. 17
Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 30.00m-34.50m. 18
Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 34.50m-39.00m. 18
Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-43.50m. 19
Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 43.50m-49.50m. 19
Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 49.50m-50.40m. 20
Figura 17. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 21
Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-5. Estrato V, cotas 12.45m-15.00m... 22
Figura 19. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-6. Estrato VI, cotas 31.00m-33.00m.. 23
Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-8. Estrato VIII, ... 23
Figura 21. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-7. Estrato VII, cotas 40.80m-43.50m. 24
Figura 22. Log del sondaje, presenta estratigrafía y ensayo SPT. 25

TABLAS

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación. 5
Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos. 12
Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 12
Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 14
Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 21
Tabla 7. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos correspondientes a los estratos V, VI y VIII. 24

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Constitución, VII Región.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Constitución, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la localidad de Matanzas, comuna de Constitución.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la comuna de Constitución se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
Longitudinal	0,552
Vertical	0,352
Transversal	0,640

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 50.40m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Constitución se basó en la perforación de un sondaje de 39.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, además en la Tabla 2 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
18 H	736130.21 m E	6086221.88 m S	50.40

Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

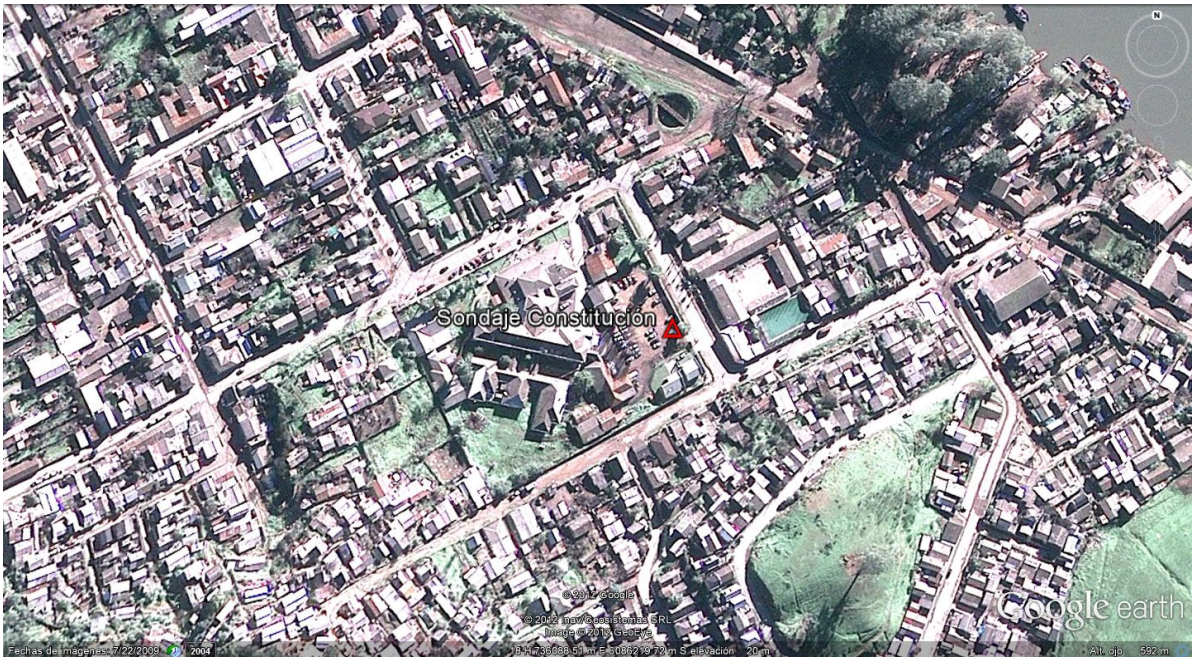
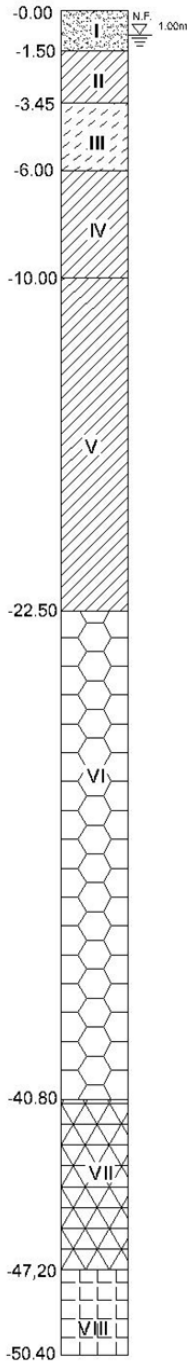


Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. Estratigrafía

El suelo en estudio está constituido principalmente por estratos superficiales de suelos finos, bajo los cuales subyacen estratos de arcillas cementadas, areniscas y conglomerado de origen sedimentario.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	1,50	1,50	Arena limosa color café anaranjado, consistencia media, humedad alta y plasticidad baja.
II	1,50	3,45	1,95	Arcilla color café oscuro, consistencia baja, humedad alta y plasticidad baja.
III	3,45	6,00	2,55	Limo color negro, compacidad baja, humedad alta y plasticidad alta. Presencia de materia orgánica.
IV	6,00	10,00	4,00	Arcilla color gris oscuro, consistencia media, humedad alta y plasticidad alta. Presencia de materia orgánica.
V	10,00	22,50	12,50	Arcilla color café, cementación alta, humedad media y plasticidad alta. Presencia de gravas aisladas de cantos sub-redondeados de tamaño máximo 1/2".
VI	22,50	40,80	18,30	Arenisca color gris oscuro de grano fino, fracturada, humedad alta.
VII	40,80	47,20	6,40	Conglomerado color gris de matriz arenosa y clastos de cantos subangulares de tamaño máximo 4".
VIII	47,20	50,40	3,20	Arcillolita color gris, fracturada.

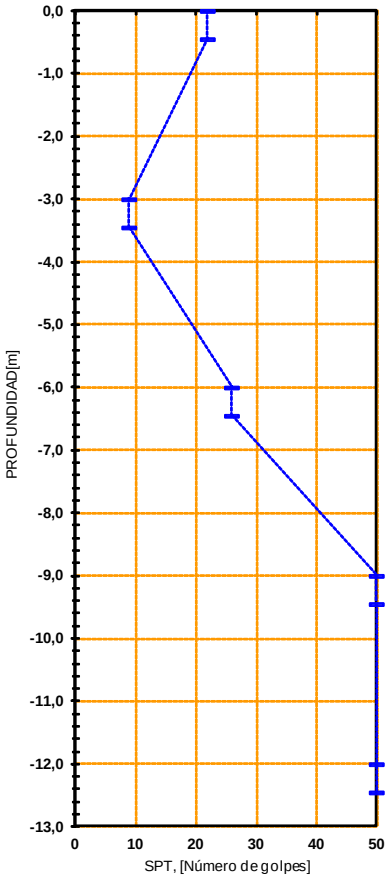
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los superficiales de arcillas y limos. A partir de los 9m se obtiene rechazo durante el ensayo debido a la aparición del estrato V correspondiente a la arcilla cementada.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,00	0,45
3,00	3,45
6,00	6,45
9,00	9,45
12,00	12,45

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
6	8	14	22
5	5	4	9
6	11	15	26
41	50	R	R
29	43	R	R



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

ESTRATO	COTA [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	1,50	470	120
II	1,50	3,45	470	180
III	3,45	6,00	1700	180
IV	6,00	10,00	1700	290
V	10,00	22,50	1700	490
VI	22,50	40,80	1700	700
VII	40,80	47,20	2240	700
VIII	47,20	50,40	2240	700

A partir del estrato III la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática, lo cual concuerda con las mediciones realizadas dentro del pozo. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD
	Inferior	Superior				
SPT	0,00	0,45	0,45	0,32	71	N/A
HQ3	0,45	1,50	1,05	0,55	52	N/A
HQ3	1,50	3,00	1,50	0,95	63	N/A

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD
	Inferior	Superior				
SPT	3,00	3,45	0,45	0,35	78	N/A
HQ3	3,45	4,50	1,05	0,50	48	N/A
HQ3	4,50	6,00	1,50	0,85	57	N/A
SPT	6,00	6,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	6,45	7,50	1,05	0,80	76	N/A
HQ3	7,50	9,00	1,50	1,00	67	N/A
SPT	9,00	9,45	0,45	0,15	33	N/A
HQ3	9,45	10,50	1,05	0,80	76	N/A
HQ3	10,50	12,00	1,50	1,00	67	N/A
SPT	12,00	12,45	0,45	0,40	89	N/A
HQ3	12,45	13,50	1,05	1,05	100	84
HQ3	13,50	15,00	1,50	1,38	92	84
HQ3	15,00	16,50	1,50	1,33	89	72
HQ3	16,50	18,00	1,50	1,42	95	75
HQ3	18,00	19,50	1,50	1,33	89	80
HQ3	19,50	21,00	1,50	1,43	95	74
HQ3	21,00	22,50	1,50	1,42	95	91
HQ3	22,50	24,00	1,50	1,50	100	94
HQ3	24,00	25,50	1,50	1,33	89	84
HQ3	25,50	27,00	1,50	1,42	95	84
HQ3	27,00	28,50	1,50	1,47	98	78
HQ3	28,50	30,00	1,50	1,42	95	91
HQ3	30,00	31,50	1,50	1,50	100	69
HQ3	31,50	33,00	1,50	1,25	83	32
HQ3	33,00	34,50	1,50	1,35	90	40
HQ3	34,50	36,00	1,50	1,50	100	76
HQ3	36,00	37,50	1,50	1,40	93	30
HQ3	37,50	39,00	1,50	1,30	87	18
HQ3	39,00	40,50	1,50	1,34	89	47
HQ3	40,50	42,00	1,50	1,24	83	91
HQ3	42,00	43,50	1,50	1,50	100	77
HQ3	43,50	45,00	1,50	1,00	67	48
HQ3	45,00	46,50	1,50	1,00	67	10
HQ3	46,50	48,00	1,50	1,00	67	-
HQ3	48,00	49,50	1,50	1,50	100	56
HQ3	49,50	50,40	0,90	0,90	100	71

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
05-11-2011	20:00	0,00	HQ3	0,45	HW	0,00
06-11-2011	8:00	0,00	HQ3	0,45	HW	0,00
06-11-2011	20:00	1,00	HQ3	3,45	HW	3,00
07-11-2011	8:00	1,00	HQ3	3,45	HW	3,00
07-11-2011	20:00	1,00	HQ3	9,45	HW	4,00
08-11-2011	8:00	1,00	HQ3	9,45	HW	4,00
08-11-2011	20:00	1,00	HQ3	12,45	HW	4,00
10-11-2011	8:00	1,00	HQ3	12,45	HW	4,00
10-11-2011	20:00	1,00	HQ3	21,00	HW	4,00
11-11-2011	8:00	1,00	HQ3	21,00	HW	4,00
11-11-2011	20:00	1,00	HQ3	27,00	HW	4,00
12-11-2011	8:00	1,00	HQ3	27,00	HW	4,00
12-11-2011	20:00	1,00	HQ3	33,00	HW	4,00
13-11-2011	8:00	1,00	HQ3	33,00	HW	4,00
13-11-2011	20:00	1,00	HQ3	39,00	HW	4,00
15-11-2011	8:00	1,00	HQ3	39,00	HW	4,00
15-11-2011	20:00	1,00	HQ3	45,00	HW	4,00
16-11-2011	8:00	1,00	HQ3	45,00	HW	4,00
16-11-2011	20:00	1,00	HQ3	50,40	HW	4,00

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-6.45m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 6.45m-12.45m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 12.45m-16.50m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 16.50m-21.00m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 21.00m-25.50m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 25.50m-30.00m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 30.00m-34.50m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 34.50m-39.00m.

Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-43.50m.

Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 43.50m-49.50m.

Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 49.50m-50.40m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras estudiadas corresponden, en general, a arcillas y limos de baja y alta plasticidad.

Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	0,00-0,45	SM	16,1	34	25	9	2,68
M2	3,00-3,45	CL	86,4	37	14	23	2,64
M3	3,45-6,00	MH	67,8	60	32	28	2,61
M4	6,00-6,45	CH	79,5	52	29	23	2,69

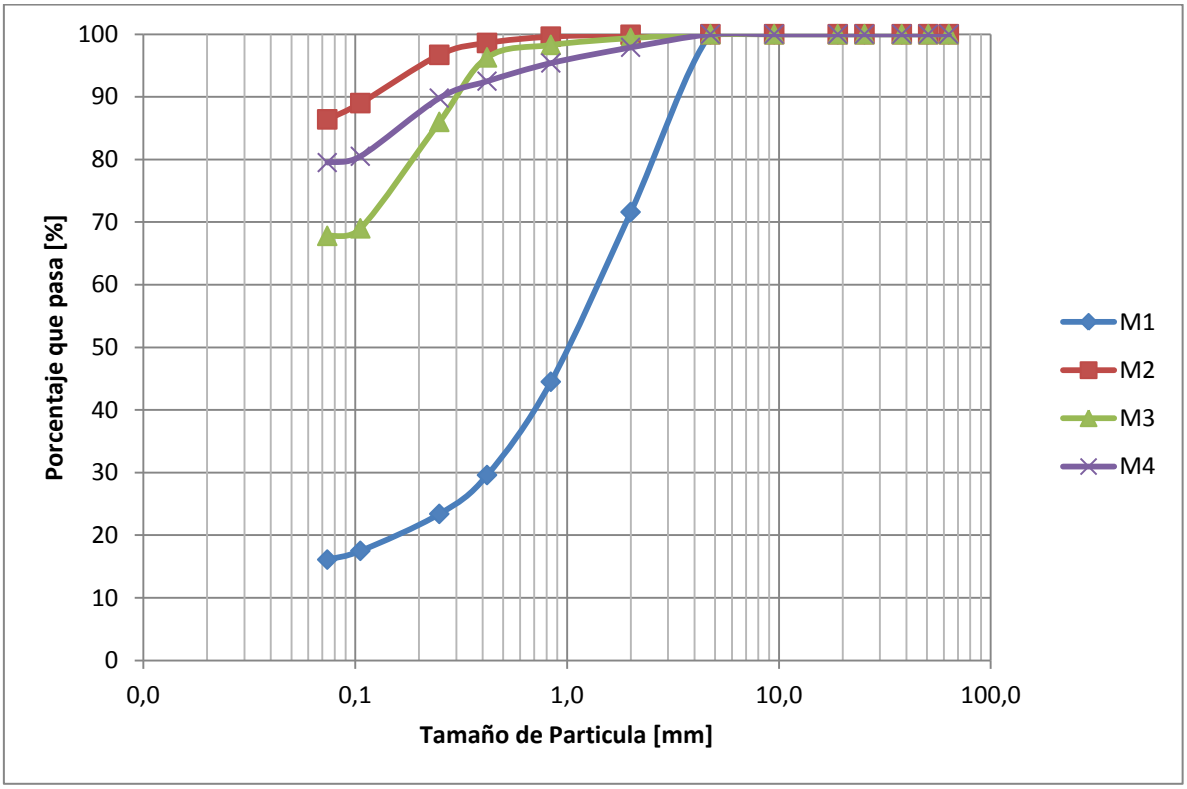


Figura 17. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Compresión Simple

Se realizaron ensayos de compresión simple sobre testigos de suelo cementado correspondientes a los estratos V, VI y VIII, y también a un testigo de conglomerado (sedimentario) del estrato VII, obteniéndose los siguientes resultados.

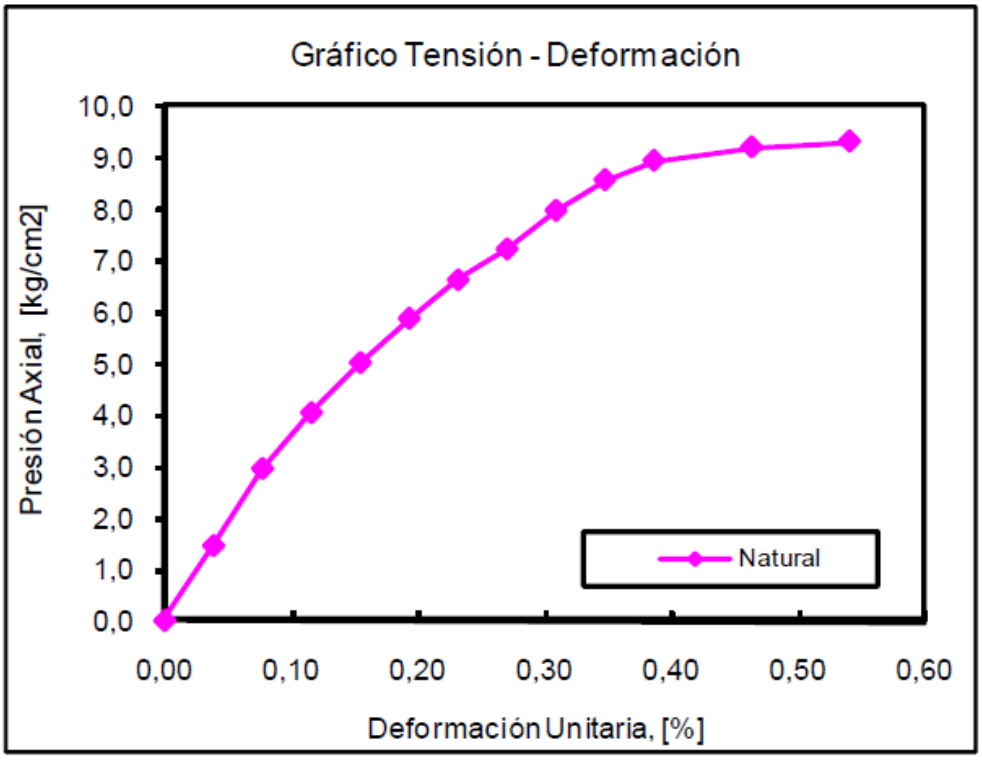


Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-5. Estrato V, cotas 12.45m-15.00m.

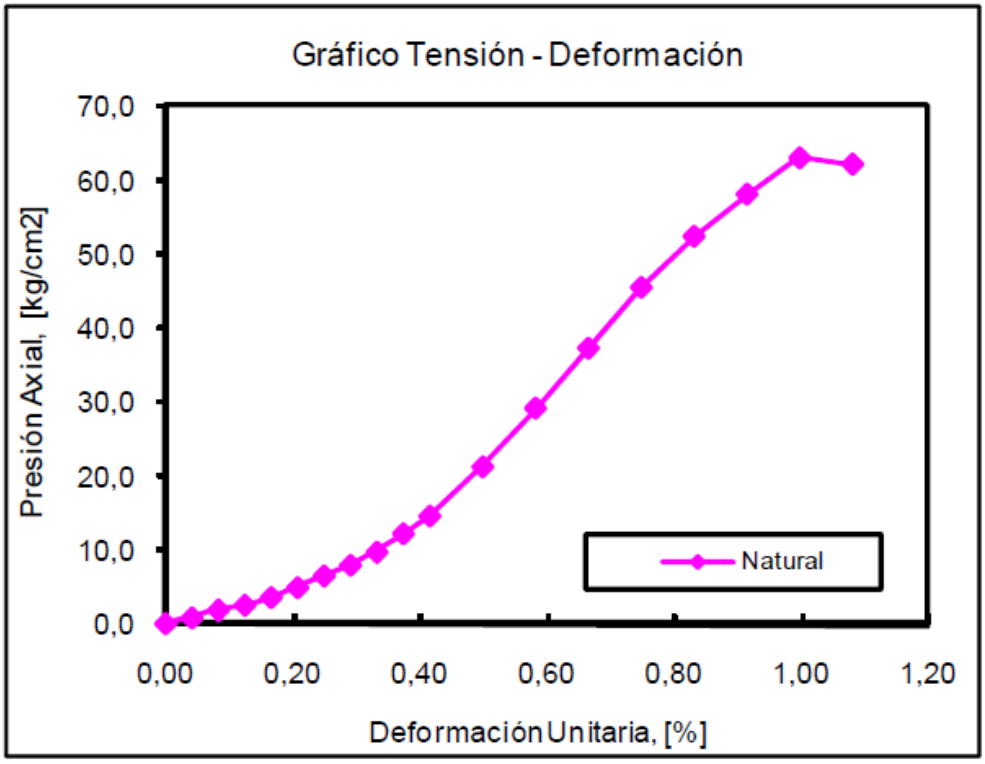


Figura 19. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-6. Estrato VI, cotas 31.00m-33.00m.

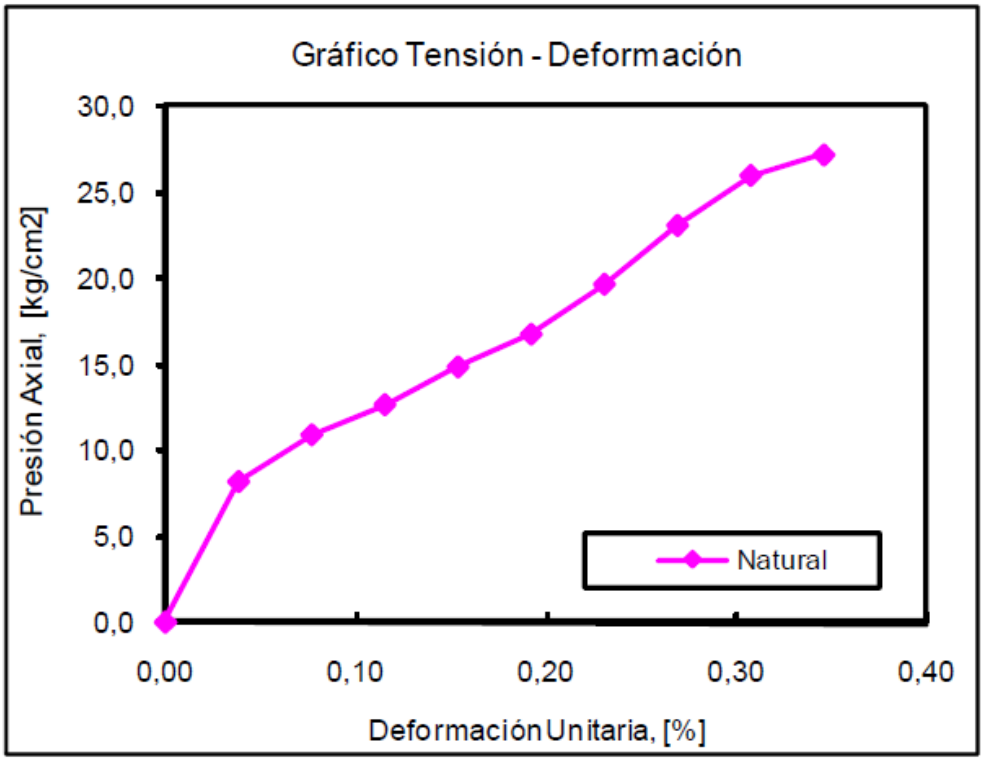


Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-8. Estrato VIII, cotas 49.50m-50.40m.

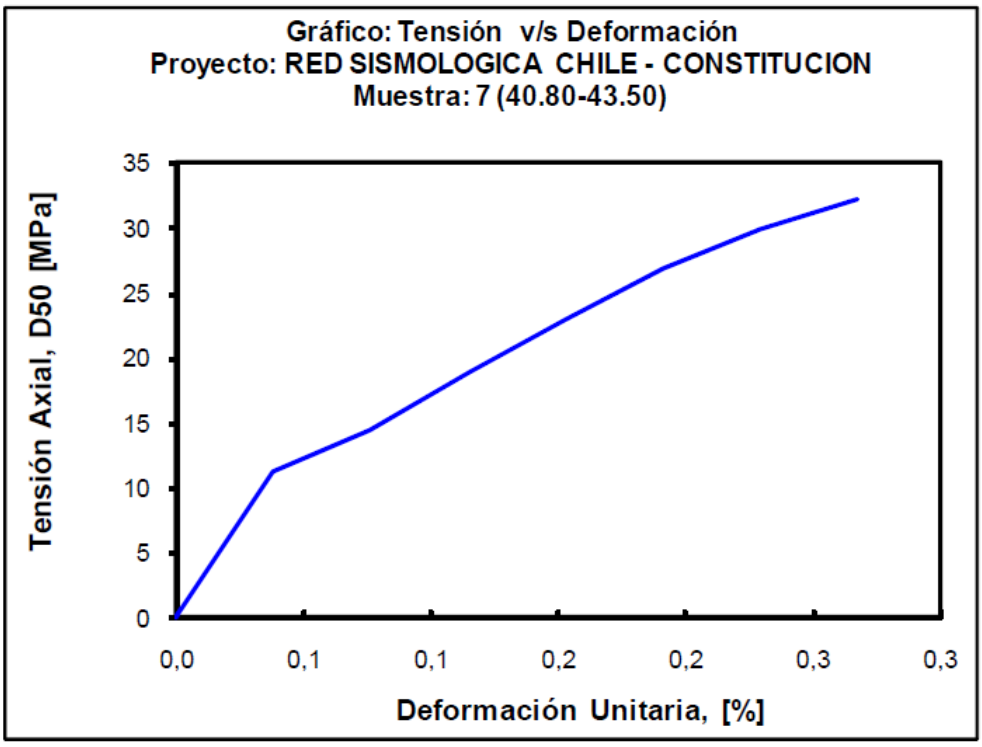


Figura 21. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-7. Estrato VII, cotas 40.80m-43.50m.

7.3. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en los estratos de suelo cementado V, VI y VIII. Las muestras fueron ensayadas en condición natural, drenados al aire y sin presión de cámara.

Tabla 7. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos correspondientes a los estratos V, VI y VIII.

Muestra	Cotas [m]	Tiempo de Arribo [µs]	Vs [m/s]
M5	12.45-15.00	226	452
M6	31.00-33.00	122	603
M8	49.50-50.40	302	331

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

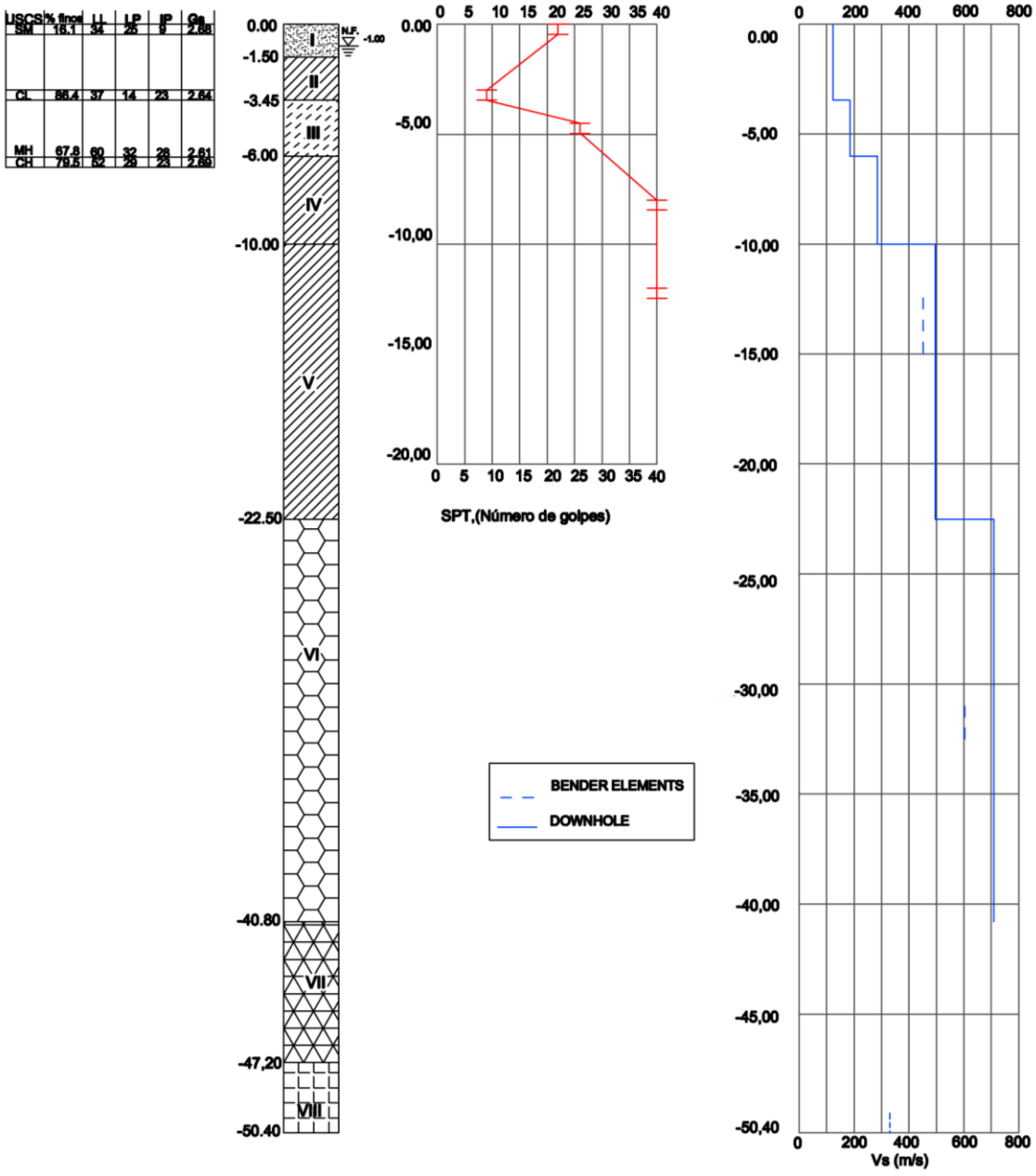


Figura 22. Log del sondaje, presenta estratigrafía y ensayo SPT.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOLOGICA – ESTACION CONSTITUCION

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-J
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – CONSTITUCION

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 14
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** CONSTITUCION		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 06 **/** 01 / 2012	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 11 / 01 / 2012	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 20 / 01 / 2012	**FECHA DE EMISIÓN** : 24 / 01 / 2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-J RED SISMOLÓGICA CHILE – CONSTITUCION

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Bender Element
- Compresión No Confinada
- Compresión Uniaxial Simple

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
1	---	(0,00-0,45)	SPT	X	X
2	---	(3,00-3,45)	HQ3	X	X
3	---	(3,45-6,00)	HQ3	X	X
4	---	(6,00-6,45)	SPT	X	X
5	---	(12,45-15,00)	HQ3	X	X
6	---	(31,00-33,00)	HQ3	X	X
7	---	(40,80-43,50)	HQ4	X	X
8	---	(49,50-50,40)	HQ5	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13/01/2012
Fecha Término	23/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	1	2	3	4
Cota [m]	**(0,00-0,45)**	**(3,00-3,45)**	**(3,45-6,00)**	**(6,00-6,45)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	71,6	99,9	99,4	97,9
0,840	Nº 20	44,5	99,6	98,3	95,4
0,420	Nº 40	29,6	98,6	96,3	92,5
0,250	Nº 60	23,4	96,7	86,0	89,8
0,106	Nº 140	17,5	89,0	69,0	80,5
0,074	Nº 200	16,1	86,4	67,8	79,5
Límite Líquido		34	37	60	52
Límite Plástico		25	14	32	29
Indice de Plasticidad		9	23	28	23
Clasificación USCS		**SM**	**CL**	**MH**	**CH**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14/01/2012
Fecha Término	20/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
1	(0,00-0,45)	2,68
2	(3,00-3,45)	2,64
3	(3,45-6,00)	2,61
4	(6,00-6,45)	2,69

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14/01/2012
Fecha Término	20/01/2012
Muestra	5 (12,45-15,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,451
Diametro Medio	cm	5,622
Diametro Inferior	cm	5,599
Peso Natural	g	448,57
Diámetro Promedio	cm	5,557
Area Promedio	cm²	24,26
Altura Promedio	cm	10,212
Volumen	cm³	247,70
Densidad Humeda	gr/cm³	1,811
Humedad Natural	%	17,63
Densidad Seca	gr/cm³	1,492

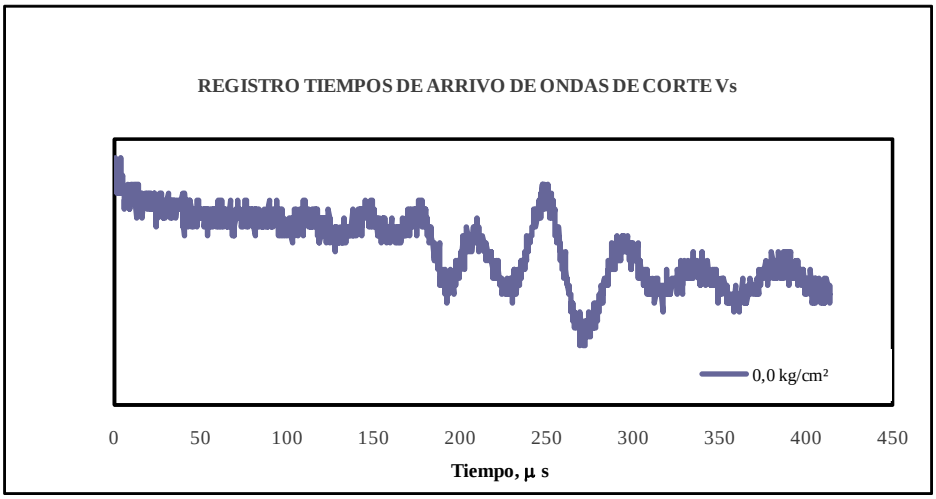
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	226	0,000226	**452**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14/01/2012
Fecha Término	20/01/2012
Muestra	6 (31,00-33,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,452
Diametro Medio	cm	5,570
Diametro Inferior	cm	5,480
Peso Natural	g	290,05
Diámetro Promedio	cm	5,501
Area Promedio	cm^2	23,76
Altura Promedio	cm	7,354
Volumen	cm^3	174,76
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,660
Humedad Natural	%	6,51
Densidad Seca	gr/cm^3	1,552

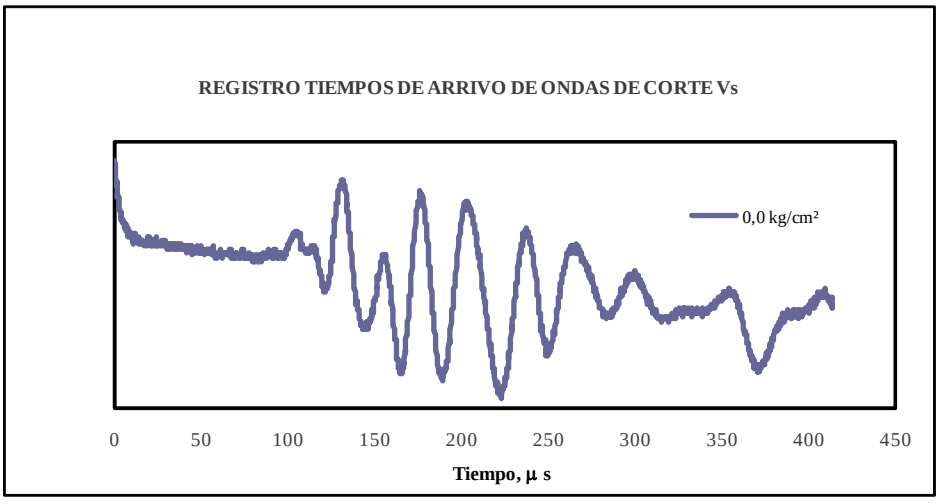
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	122	0,000122	**603**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14/01/2012
Fecha Término	20/01/2012
Muestra	8 (49,50-50,40)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,911
Diametro Medio	cm	5,959
Diametro Inferior	cm	5,957
Peso Natural	g	483,66
Diámetro Promedio	cm	5,942
Area Promedio	cm^2	27,73
Altura Promedio	cm	10,011
Volumen	cm^3	277,64
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,742
Humedad Natural	%	6,15
Densidad Seca	gr/cm^3	1,635

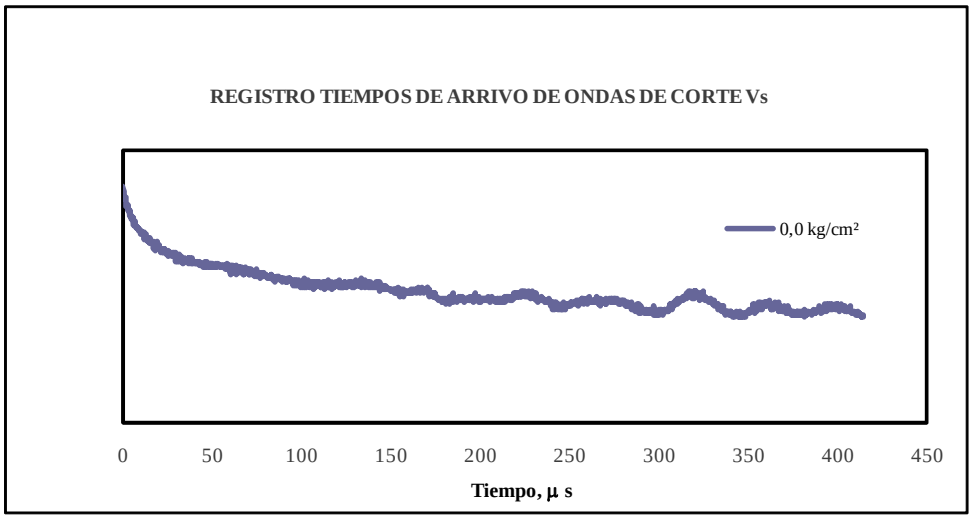
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	302	0,000302	**331**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

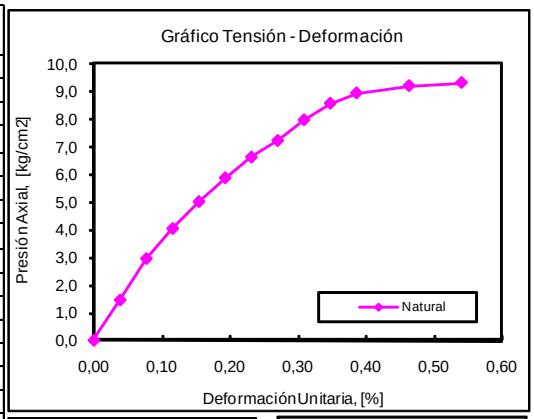
INFORME ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	5 (12,45-15,00)

DATOS DE CONFECCION	MUESTRA NATURAL		DATOS DE CONFECCION	MUESTRA REMOLDEADA	
Diámetro promedio	[cm]	5,95	Diámetro promedio	[cm]	-
Altura promedio	[cm]	12,94	Altura promedio	[cm]	-
Relación de aspecto		2,18	Relación de aspecto		-
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,50	Densidad Húmeda	[g/cm^3]	-
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,33	Densidad Seca	[g/cm^3]	-
Contenido de Humedad	[%]	13,04	Contenido de Humedad	[%]	-

RESULTADOS	MUESTRA NATURAL		RESULTADOS	MUESTRA REMOLDEADA	
Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	9,30	Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	-
Def. Unitaria	[%]	0,54	Def. Unitaria	[%]	-
			Sensitividad		-

PROBETA NATURAL		PROBETA REMOLDEADA	
Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]	Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]
0,00	0,00	-	-
0,04	1,46	-	-
0,08	2,95	-	-
0,12	4,04	-	-
0,15	5,01	-	-
0,19	5,87	-	-
0,23	6,61	-	-
0,27	7,21	-	-
0,31	7,96	-	-
0,35	8,56	-	-
0,39	8,93	-	-
0,46	9,19	-	-
0,54	9,30	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-



ANTES

DESPUES

Referencias

1. Compresión no confinada realizada según recomendaciones de ASTM D 2166-06
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D 2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

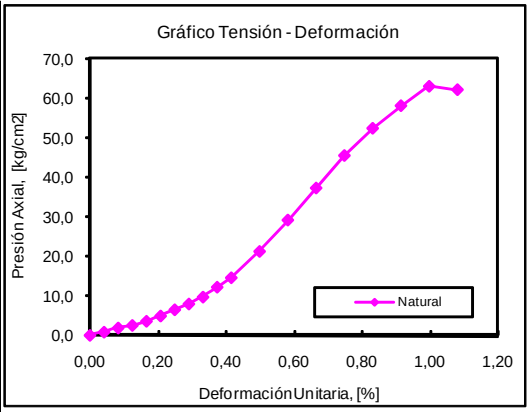
INFORME ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	6 (31,00-33,00)

DATOS DE CONFECCION	MUESTRA NATURAL		DATOS DE CONFECCION	MUESTRA REMOLDEADA	
Diámetro promedio	[cm]	5,70	Diámetro promedio	[cm]	-
Altura promedio	[cm]	12,02	Altura promedio	[cm]	-
Relación de aspecto		2,11	Relación de aspecto		-
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,66	Densidad Húmeda	[g/cm^3]	-
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,61	Densidad Seca	[g/cm^3]	-
Contenido de Humedad	[%]	3,03	Contenido de Humedad	[%]	-

RESULTADOS	MUESTRA NATURAL		RESULTADOS	MUESTRA REMOLDEADA	
Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	63,01	Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	-
Def. Unitaria	[%]	1,00	Def. Unitaria	[%]	-
			Sensitividad		-

PROBETA NATURAL		PROBETA REMOLDEADA	
Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]	Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]
0,00	0,00	-	-
0,04	0,81	-	-
0,08	1,86	-	-
0,12	2,51	-	-
0,17	3,57	-	-
0,21	4,90	-	-
0,25	6,48	-	-
0,29	7,94	-	-
0,33	9,68	-	-
0,37	12,20	-	-
0,42	14,59	-	-
0,50	21,23	-	-
0,58	29,17	-	-
0,67	37,28	-	-
0,75	45,50	-	-
0,83	52,39	-	-
0,92	58,11	-	-
1,00	63,01	-	-
1,08	62,16	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-



ANTES

DESPUES

Referencias

1. Compresión no confinada realizada según recomendaciones de ASTM D 2166-06
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D 2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

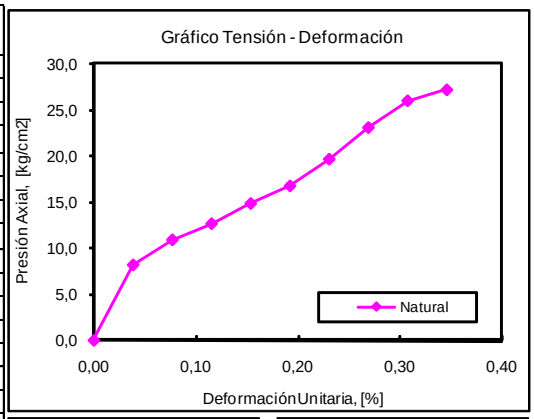
INFORME ENSAYO COMPRESION NO CONFINADA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012
Muestra	8 (49,50-50,40)

DATOS DE CONFECCION	MUESTRA NATURAL		DATOS DE CONFECCION	MUESTRA REMOLDEADA	
Diámetro promedio	[cm]	5,96	Diámetro promedio	[cm]	-
Altura promedio	[cm]	13,01	Altura promedio	[cm]	-
Relación de aspecto		2,18	Relación de aspecto		-
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,94	Densidad Húmeda	[g/cm^3]	-
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,77	Densidad Seca	[g/cm^3]	-
Contenido de Humedad	[%]	9,50	Contenido de Humedad	[%]	-

RESULTADOS	MUESTRA NATURAL		RESULTADOS	MUESTRA REMOLDEADA	
Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	27,19	Presión axial Máxima	[kg/cm^2]	-
Def. Unitaria	[%]	0,35	Def. Unitaria	[%]	-
			Sensitividad		-

PROBETA NATURAL		PROBETA REMOLDEADA	
Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]	Def. Unitaria [%]	Presión Axial [kg/cm^2]
0,00	0,00	-	-
0,04	8,19	-	-
0,08	10,91	-	-
0,12	12,66	-	-
0,15	14,86	-	-
0,19	16,76	-	-
0,23	19,66	-	-
0,27	23,09	-	-
0,31	26,00	-	-
0,35	27,19	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-



ANTES

DESPUES

Referencias

1. Compresión no confinada realizada según recomendaciones de ASTM D 2166-06
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D 2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONSTITUCION
Inf. Ensaye	Nº 712.152-J
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11/01/2012
Fecha de Término	11/01/2012

DESCRIPCION PROBETA

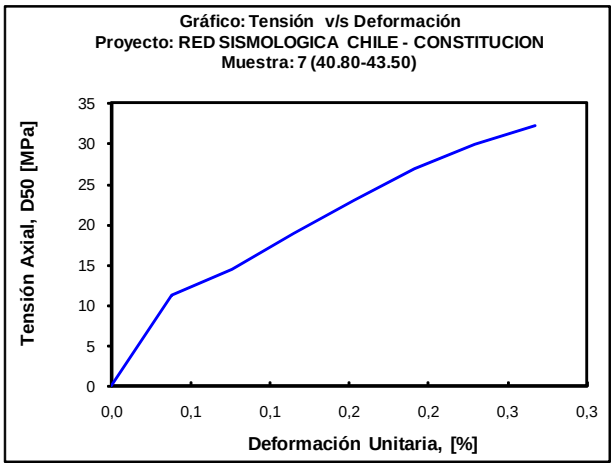
Muestra	7 (40,80-43,50)
Tipo de Roca	SEDIMENTARIA (CONGLOMERADO)
Fracturas / Vetillas	NO TIENE
Alteraciones	CALCITA

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,04
Altura Promedio	[cm]	13,06
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,54
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,52
Contenido de Humedad	[%]	1,08

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	10,78	11,20
0,08	13,97	14,51
0,11	18,12	18,82
0,15	22,16	23,02
0,19	25,82	26,81
0,23	28,76	29,87
0,27	31,03	32,23



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,2Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-J RED SISMOLÓGICA CHILE – CONSTITUCION

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-J RED SISMOLÓGICA CHILE – CONSTITUCION

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION CONSTITUCION

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION CONSTITUCION**

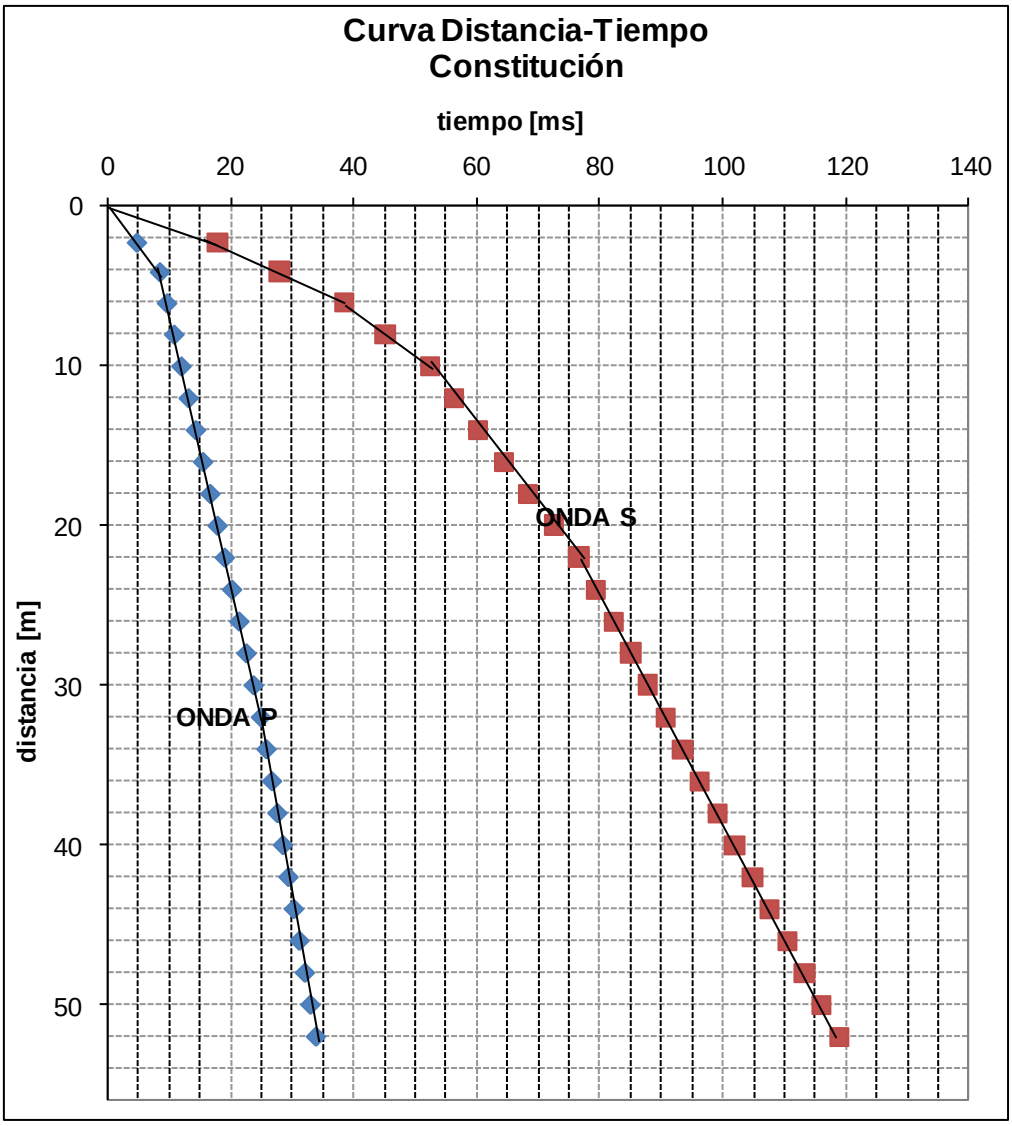
Profundidad **52m**

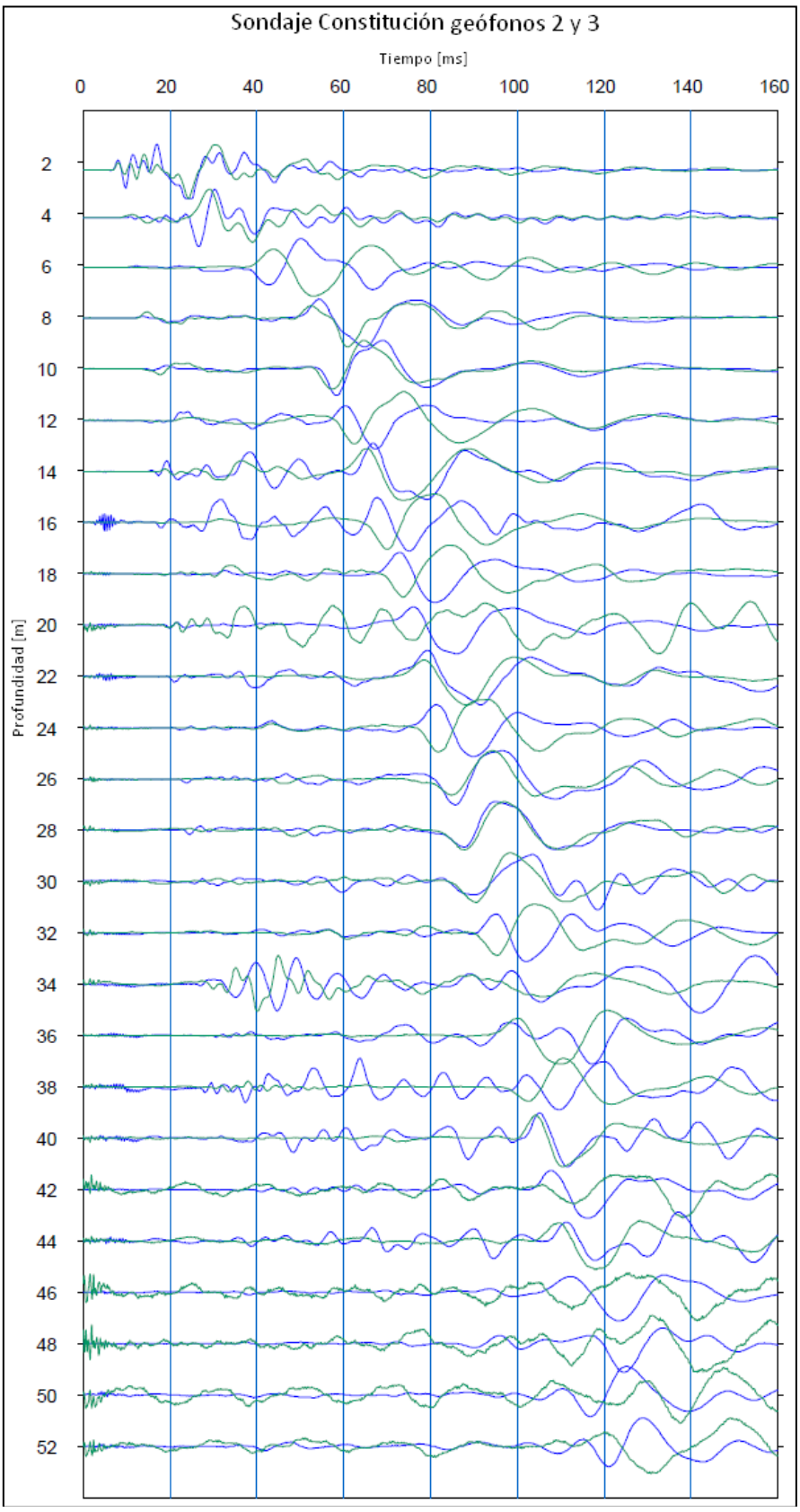
Coordenadas **736.130,21m E 6.086.221,88m S**

Fecha Ejecución **3-01-2012**

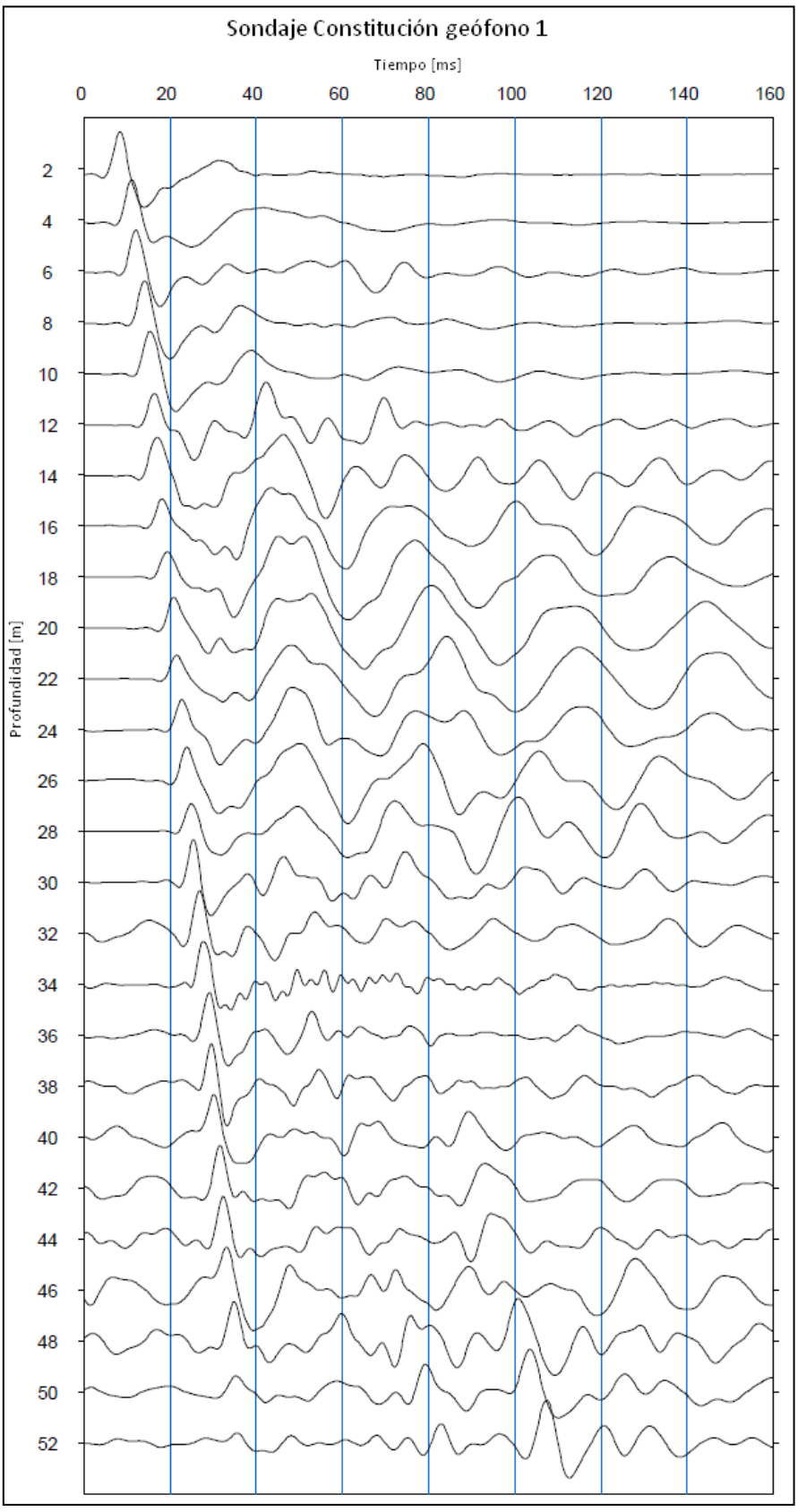
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,3	4,6	17,8
4,0	4,2	8,4	27,9
6,0	6,1	9,5	38,5
8,0	8,1	10,7	45,1
10,0	10,1	11,9	52,3
12,0	12,1	13,0	56,2
14,0	14,1	14,2	60,3
16,0	16,0	15,4	64,3
18,0	18,0	16,6	68,4
20,0	20,0	17,7	72,5
22,0	22,0	18,9	76,6
24,0	24,0	20,1	79,4
26,0	26,0	21,3	82,3
28,0	28,0	22,4	85,1
30,0	30,0	23,6	87,9
32,0	32,0	24,8	90,7
34,0	34,0	25,7	93,5
36,0	36,0	26,6	96,3
38,0	38,0	27,5	99,1
40,0	40,0	28,4	102,0
42,0	42,0	29,3	104,8
44,0	44,0	30,2	107,6
46,0	46,0	31,1	110,4
48,0	48,0	31,9	113,2
50,0	50,0	32,8	116,0
52,0	52,0	33,7	118,9

Velocidades			
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	470	120
2,00	4,00	470	180
4,00	6,00	1700	180
6,00	10,00	1700	290
10,00	22,00	1700	490
22,00	34,00	1700	700
34,00	52,00	2240	700
Observaciones: La napa se encuentra a los 4m			





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION CURICÓ

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 18**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Viviana González D.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES ... 3
2. ANTECEDENTES ... 3
3. INTRODUCCION ... 5
4. METODOLOGIA ... 6
4.1. REVISIÓN DE ANTECEDENTES ... 6
4.2. TRABAJO DE GABINETE ... 6
5. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL SECTOR ... 7
5.1. MARCO GEOLÓGICO ... 7
5.1.1. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS ... 10
5.1.2. ESTRATIGRAFÍA EN BASE A ANTECEDENTES ... 10
1.1. DISCUSIÓN ANTECEDENTES. ... 11
2. EXPLORACION GEOTECNICA ... 12
3. SONDAJE GEOTECNICO ... 14
3.1. ESTRATIGRAFÍA ... 14
3.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) ... 15
3.3. ENSAYOS SÍSMICO DOWNHOLE. ... 16
3.4. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. ... 16
4. RESUMEN DE RESULTADOS ... 17

ANEXO – ESTRATIGRAFÍA Y ENSAYOS DE TERRENO

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Curicó. ... 5
Figura 2. Mapa geológico de Curicó. (Tomado de Araneda et al, 1995). ... 8
Figura 3. Mapa Geológico Curicó. (Tomado de Hauser, 1990) ... 9
Figura 4. Imagen general con la ubicación del sondaje. ... 12
Figura 5. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje ... 13
Figura 6. Modelo estratigráfico del sondaje ... 14
Figura 7. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). ... 15
Figura 8. Log del sondaje. ... 17

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje. ... 12
Tabla 2. Velocidad de onda corte para los estratos I, II y III. ... 16

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Curicó.

En particular para esta estación, IDIEM cuenta con un estudio realizado en Julio de 2003, sobre la vulnerabilidad sísmica en el Hospital San Juan de Dios de Curicó, para el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile En base a las prospecciones realizadas en este estudio, se obtiene la mecánica de suelos solicitada. Cabe mencionar que aquel informe fue complementado con otras campañas de caracterización geotécnica que serán detalladas en la sección de antecedentes.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.
- Estudio de vulnerabilidad sísmica Hospital San Juan de Dios de Curicó. Preparado por IDIEM. Julio 2003.
- Estudio de Mecánica de Suelos del proyecto: “Desarrollo Cálculo Estructural y Especialidades Centro de Referencia de Salud Hospital Curicó”. Preparado por E. C. Rowe & asociados. Julio de 2000.
- Memorandum Nº 124/2001. Antecedentes Geotécnicos Complementarios Hospital Curicó. Abril de 2001.
- Hauser, A. 1990. Hoja Rancagua, VI Región. Carta hidrogeológica de Chile Nº1. Escala 1: 250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- Hauser, A. 1996. Hoja Talca, VII Región. Carta Hidrogeológica de Chile Nº 2, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería.

- Marangunic, C., Moreno, H., Varela, J. 1979. Observaciones sobre los depósitos de relleno de la Depresión Longitudinal de Chile entre los ríos Tinguiririca y Maule. II Congreso Geológico.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones, con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente en este informe se presentará los resultados obtenidos en la estación de la comuna de Curicó, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Curicó.

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en dos etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Revisión de Antecedentes

En Mayo 2003, IDIEM elaboró un estudio de vulnerabilidad sísmica para el Hospital San Juan de Dios para el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile. En aquella campaña se ejecutó la perforación de un sondaje de 15.00m de profundidad. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT.

4.2. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para la revisión de antecedentes, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL SECTOR

5.1. Marco Geológico

Chile, al sur de los 33ºS, está caracterizado por la existencia de 3 unidades morfoestructurales, paralelas entre sí, orientadas norte sur. Estas unidades son, de este a oeste, la Cordillera Principal, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa. Los depósitos que rellenan esta depresión, entre los 34º30´y 36º Latitud Sur están constituidos por materiales de baja compacidad, principalmente volcánicos y aluviales, de edad pleistocénica a reciente (Marangunic et. al., 1979).

La ciudad de Curicó se ubica en la Depresión Intermedia o Valle Central, donde Marangunic (op.cit) reconoce depósitos fluviales asociados al río Lontué. El autor describe estos materiales como gravas de clastos redondeados a subredondeados en una matriz arenosa-arcillosa, bien consolidada en la parte inferior, con predominancia de clastos volcánicos. El espesor mínimo observado para estos depósitos es de 20m.

Araneda et. al. (1995), confecciona un mapa geológico de Curicó (Figura. 4), en el cual reconoce que la ciudad se desarrolla principalmente sobre gravas antiguas asociadas a abanicos aluviales. En el mapa señalado, se puede observar que al sur y sur-este de la ciudad, en dirección paralela a la Ruta 5 Sur, se desarrollan terrazas fluviales antiguas asociadas al curso del estero Guaiquillo, afluente del río Lontué. Se reconoce además, que los depósitos de abanicos aluviales constituyen una planicie, con una ligera inclinación hacia el oeste y que en el fondo de los valles de los esteros y ríos principales se encuentran depósitos fluviales actuales. El único rasgo topográfico que sobresale de esta planicie corresponde a un cerro isla ubicado al norte del hospital de Curicó, denominado Cerro Condell, el cual estaría constituido por rocas volcánicas.

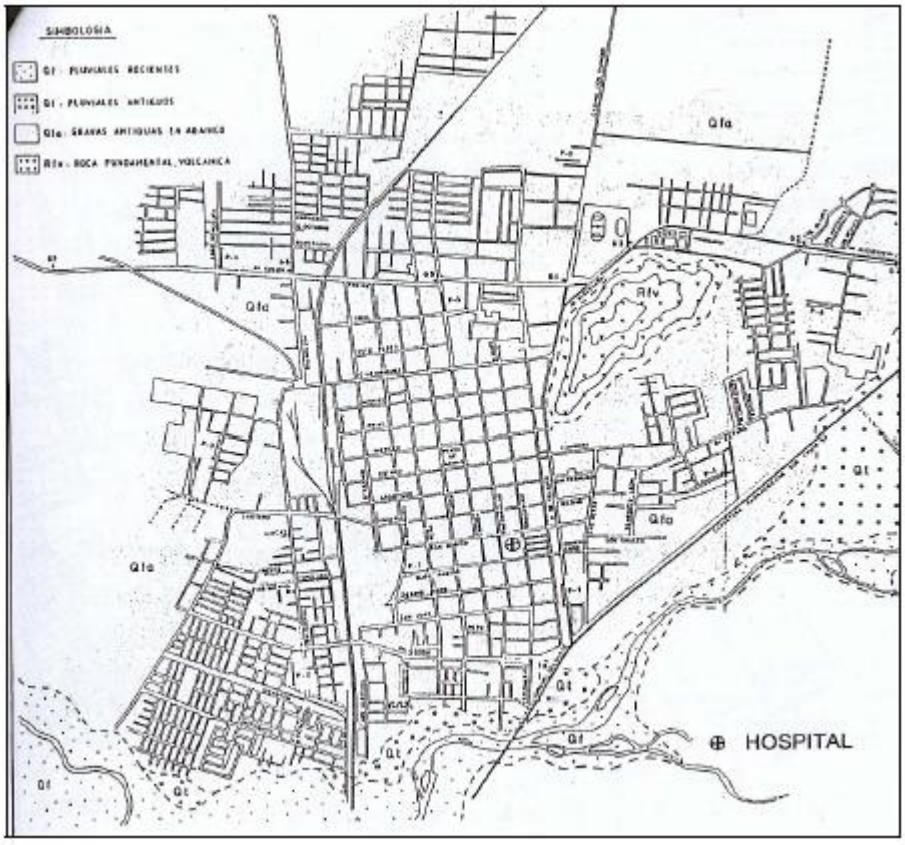
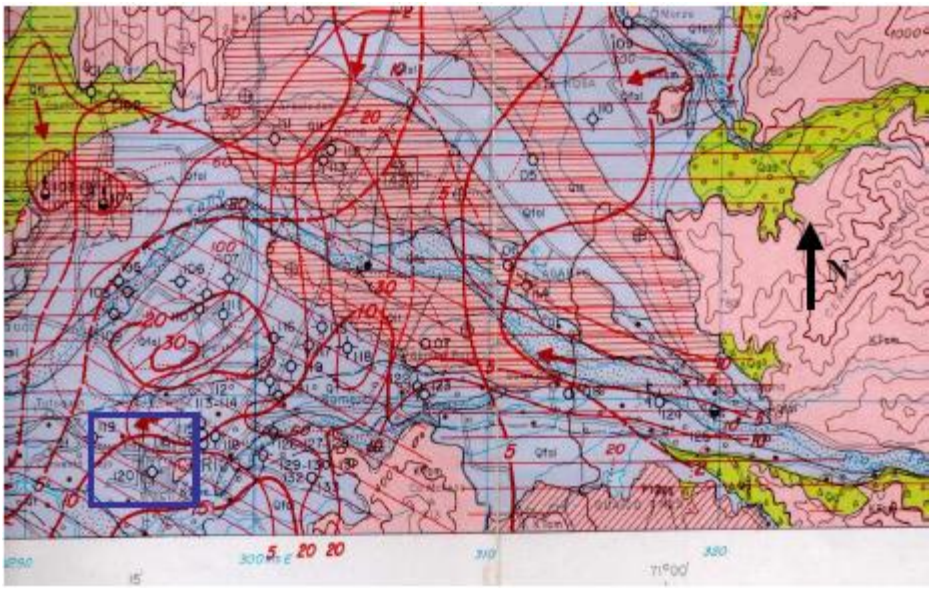


Figura 2. Mapa geológico de Curicó. (Tomado de Araneda et al, 1995).

En la Hoja Rancagua (Hauser,1990), Curicó se ubica sobre depósitos aluviales y fluvio-aluvionales, constituidos por una alternancia de bolones, ripios y gravas, con frecuentes niveles lenticulares de arenas (Figura.5). El autor supone que en el pasado geológico los cauces ocupaban su posición actual y que por lo tanto, en profundidad, se ubicarían las facies más granulares de la unidad, con dominio de bolones, ripios, gravas y gravas arenosas. Esta secuencia habría alcanzado gran espesor; en una serie de pozos, el espesor del relleno es superior a 130 m, y ocasionalmente sobre los 200 m, sin alcanzar el basamento rocoso (Hauser, op.cit.). El pozo más profundo, cercano al área de estudio, es el de Romeral con 215.3 m de profundidad.



	Qfal	Depósitos Aluviales - Fluvio Aluvionales: Alternancia de bolones, ripios y gravas, con frecuentes niveles lenticulares de arenas.
	Qlt	Lahar del Río Teno: Depósito macizo, cementado, matriz cinerítca.
	Qfi	Arenas y gravas arenosas tipo 'maicillo'
	KTcm	Formación Coya-Machalí: Rocas volcánicas, especialmente andésiticas, riolíticas y basalticas, con frecuentes intercalaciones sedimentarias terrígenas.

Figura 3. Mapa Geológico Curicó. (Tomado de Hauser, 1990)

Proyectando la información de la Hoja Talca (Hauser,1995), ubicada inmediatamente al sur de la ciudad de Curicó, se puede sugerir que esta última estaría desarrollada sobre materiales asignados a una unidad denominada Depósitos de Abanico Fluvial de los ríos Claro y Lontué. Esta unidad está constituida por un grueso espesor de sedimentos de origen fluvial en que participan predominantemente ripios, gravas, gravas arenosas y arenas en menor proporción (Hauser, 1995). Petrográficamente los clastos son muy variados con predominio del tipo volcánico: andesitas, basaltos y brechas volcánicas y, en menor proporción, rocas graníticas. La edad de estos depósitos sería pleistocena superior a holocena.

Hauser (1995), de acuerdo a la información obtenida de un pozo realizado por Endesa, propone un espesor mínimo de relleno de 250 m en la localidad de El Colorado, en el valle del río Maule, al sur de Curicó.

5.1.1. Estructuras geológicas

No hay evidencias de fallas en el sector, sin embargo, existen lineamientos que controlan la orientación del Valle Central donde se encuentra la ciudad de Curicó. Este tiene una orientación N20-30ºE.

Al respecto, Hauser (1990) reconoce que el borde occidental del relieve preandino de la zona coincide con una traza cercanamente rectilínea, concordante con una típica morfología de falla y señala que se dispone en continuidad morfoestructural y geográfica con la falla Pocuro, definida en el margen preandino de la Región Metropolitana.

5.1.2. Estratigrafía en base a antecedentes

Localmente, calicatas realizadas en el hospital de Curicó (Rowe y Asociados, 2000), muestran un suelo constituido, desde la superficie, por una capa vegetal de 10 cm que sobreyace a aproximadamente 0,5 m de relleno artificial con restos de ladrillos y vegetales. Los próximos 50 cm están constituidos por arcilla limosa que sobreyace a un nivel de limo arcilloso de 60 cm de espesor. El estrato inferior corresponde a una arena asociada a "tosca"; el espesor de este nivel no fue determinado debido a que las calicatas no alcanzaron el contacto inferior. La profundidad máxima alcanzada por estas calicatas fue cercana a los 3 m.

Calicatas realizadas en el mismo sector por Rowe y Asociados en el año 2001 muestran que desde los 3,30 m hasta los aproximadamente 5,60 m de profundidad el suelo es fino, con predominancia de arcillas limosas y arcillas limo-arenosas.

Bajo los 5 m y hasta el fondo de las calicatas, que alcanzan cerca de los 6 m de profundidad comienza a ser reconocida grava areno-arcillosa. El nivel freático se encontró a los 5 m.

1.1. Discusión Antecedentes.

De los datos anteriores es posible sugerir que el espesor del relleno en la ciudad de Curicó es cercano a los 200 m. En las cercanías del hospital, pozos de hasta 65 m de profundidad no alcanzan basamento rocoso. En base a la información obtenida de pozos, Hauser (1990) indica que el relleno corresponde principalmente a depósitos fluvio-aluvionales, constituidos por gravas y bolones con intercalaciones arenosas.

Las calicatas y sondajes indican que en el sector del hospital el relleno sedimentario está constituido por aproximadamente 6 m de un suelo fino, principalmente arcillo-limoso y limo-arcilloso que sobreyace un nivel de aproximadamente 2 m de una arena limosa de compacidad alta, cementada (tosca para Rowe y Asociados, 2000). Bajo este estrato comienza a predominar un suelo grueso, principalmente gravas con intercalaciones arenosas. Hauser (1996) describe en el sector de Palquibudi, al suroeste de Curicó, una capa de arena media a gruesa constituida por cuarzo y abundante ceniza, de 12 a 15 m de espesor, sobre los depósitos fluviales gruesos. Estos corresponderían a material volcánico retrabajado y depositado por la acción aluvial. Estos se pueden relacionar con los depósitos finos que se encuentran en las calicatas realizadas en el sector del hospita.

l.

2. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica de mayo 2003, realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Curicó se basó en la perforación de un sondaje de 15.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT, (*Standard Penetration Test*) ensayo sísmico *Downhole* para medición de ondas de corte.

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	295955.00 m E	6125759.00 m S	15.00

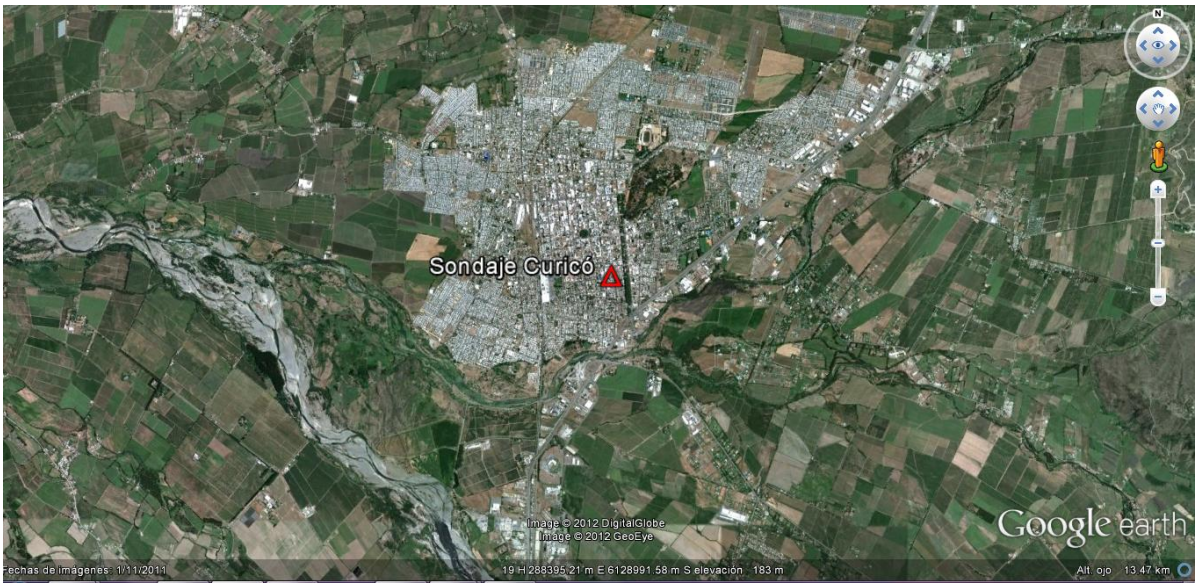


Figura 4. Imagen general con la ubicación del sondaje.

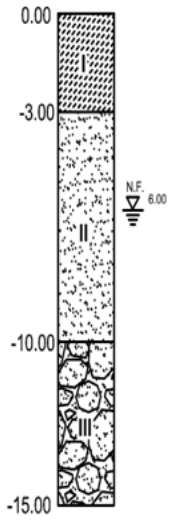
La Figura 3 presenta la ubicación en detalle del sondaje.

Figura 5. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

3. SONDAJE GEOTECNICO

3.1. Estratigrafía

Del sondaje realizado por IDIEM en mayo de 2003, se desprende que el suelo en estudio está constituido por un estrato superficial de relleno artificial compuesto por limos arcillosos de consistencia media a alta de 0.5m hasta 3.00m de espesor. Lo subyace un horizonte estratificado de arena y limos arcillosos de 7 m de espesor. Finalmente, después de los 10m de profundidad, se observa gravas arenosas de compacidad densa a muy densa.



Estrato	Cota		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0	3	3	Corresponde a la primera capa vegetal y a un relleno artificial constituido por limos arcillosos con distintos contenidos de arenas, de consistencia media y estructura heterogénea. Se observan contenidos variables de raíces y escasos contenidos de escombros.
II	3	10	7	Horizonte de estructura fuertemente estratificada de arena y limos arcillosos, de consistencia media a alta y de compresibilidad media a baja, respectivamente, intercalada con estratos de arenas finas a medias de alta compacidad.
III	10	15	5	Gravas arenosas con distintos contenidos de finos limosos, según la profundidad, de compacidad densa a muy densa, con tamaño de gravas de 1", de cantos angulares a subredondeados. Bajo los 12 m de profundidad este estrato presenta un mayor tamaño de partículas (31/2") e intercalaciones de arena medias a finas de estructura homogénea y compacidad muy firme, indicando una mayor calidad geotécnica.

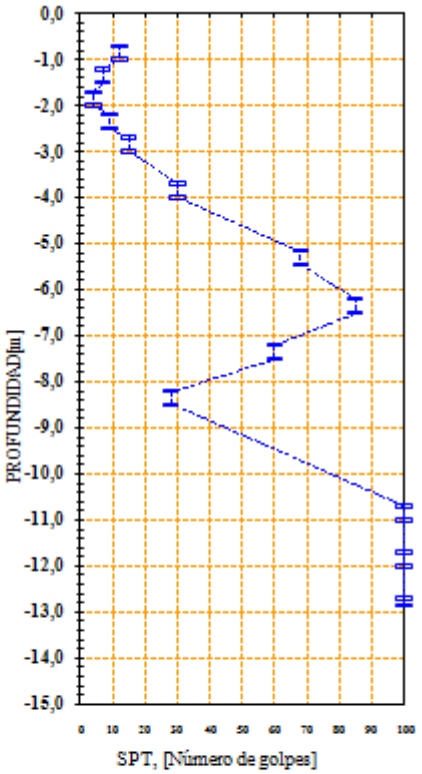
Figura 6. Modelo estratigráfico del sondaje.

3.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos correspondientes a limos arcillosas, arenas limosas y gravas arenosas.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,55	1
1,05	1,5
1,55	2
2,05	2,5
2,55	3
3,55	4
5	5,45
6,05	6,5
7,05	7,5
8,05	8,5
10,55	11
11,55	12
12,55	12,85

PENETRACIÓN-N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
2	6	6	12
4	4	3	7
1	2	2	4
2	3	6	9
6	7	8	15
6	15	15	30
15	33	35	68
15	40	45	85
21	33	27	60
14	6	22	28
60	58	65	>100
60	65	85	>100
65	80	R	>100



Observaciones:

N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.

N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.

N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.

Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).

R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 7. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

En la Figura 7 se presenta el resultado de los ensayos SPT. En este gráfico se observa que sólo en los dos primeros metros del sondaje los valores de N son menores a 20 golpes/pie, que corresponde al relleno superficial presente en el suelo de fundación. Bajo los 2 m comienza a aumentar hasta los 8 y 9 m de profundidad donde disminuye a valores de 28 golpes/pie. Desde los 10 m de profundidad aumenta nuevamente llegando a niveles de rechazo en el SPT.

3.3. Ensayos Sísmico Downhole.

Los ensayos sísmicos Down-Hole realizados en el sector, han cubierto un espesor de prospección de 15 metros. De los resultados de los ensayos, es posible indicar que en el sitio de ubicación del sondaje IDIEM, se tiene la siguiente distribución de velocidades de propagación de ondas de corte en profundidad:

Tabla 2. Velocidad de onda corte para los estratos I, II y III.

Estrato	Cota [m]		Vs [m/s]
	Inicial	Final	
I	0,00	3,00	320
II	3,00	10,00	450
III	10,00	15,00	700

Al comparar el perfil de velocidades de onda de corte obtenido del ensayo Down Hole con el SPT se observan en ambos los cambios de estrato, aunque se presenta un desfase entre los ensayos a los 8 y 10 metros de profundidad, pero hay que considerar que no hay mediciones de SPT entre los 8.5 y 10.55 metros.

3.4. Control de napa interior sondaje.

El nivel freático en mayo de 2003 fue detectado a una profundidad de 6 m.

4. RESUMEN DE RESULTADOS

En la Figura 10 se presenta un log que contiene estratigrafía, velocidad de ondas de corte y SPT.

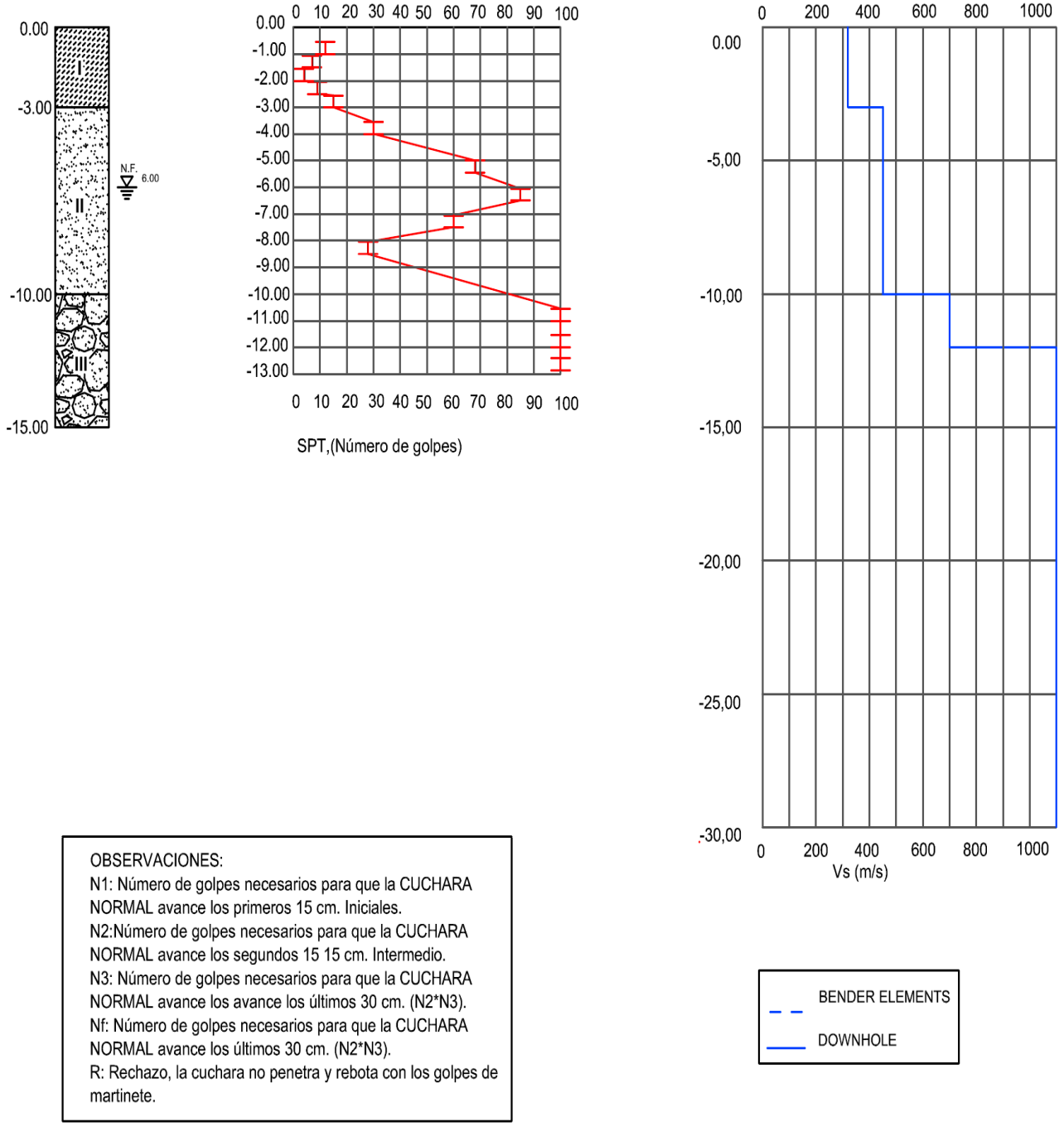


Figura 8. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION HUALAÑE

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		REF.:	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 28
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**		**DESTINATARIO:**
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 5
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 21
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 21
7.2. COMPRESIÓN SIMPLE 22
7.3. BENDER ELEMENTS 25
8. RESUMEN DE RESULTADOS 26

ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B – ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Hualañé 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje 10
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 11
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-7.45m. 15
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 7.45m-15.50m. 15
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 15.50m-23.70m. 16
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.00m-28.85m. 16
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 28.85m-34.00m. 17
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 34.00m-39.00m. 17
Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-44.00m. 18
Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 44.00m-49.00m. 18
Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 49.00m-54.00m. 19
Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 54.00m-59.00m. 19
Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 59.00m-61.45m. 20
Figura 17. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 21
Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la arcillolita del Estrato VI. 22
Figura 19. Fotografías del testigo de arcillolita (Estrato VI) antes y después del ensayo de compresión simple. 23
Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado del Estrato VII. 23
Figura 21. Fotografías del testigo de conglomerado (Estrato VII) antes y después del ensayo de compresión simple. 24
Figura 22. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado del Estrato VII. 24
Figura 23. Fotografías del testigo de conglomerado (Estrato VII) antes y después del ensayo de compresión simple. 25
Figura 24. Log del sondaje. 27

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 2. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos 12
Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 12
Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 14
Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 21
Tabla 6. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos correspondientes a los estratos VI y VII. 25

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Hualañé.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones, con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Hualañé, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Hualañé.

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 61.45m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Hualañé se basó en la perforación de un sondaje de 61.45m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	243876.00 m E	6125957.00 m S	61.45

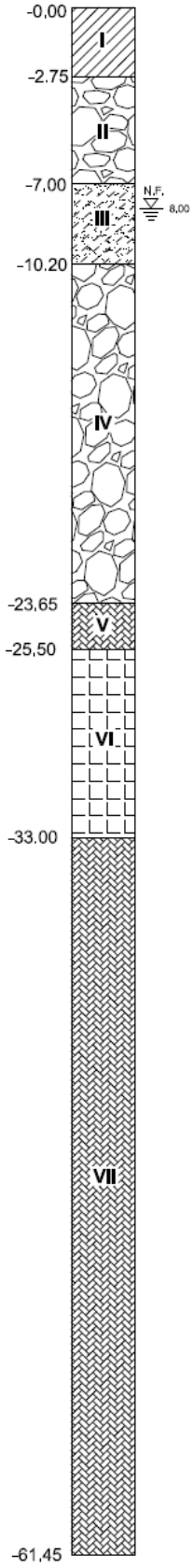
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El suelo en estudio presenta diversos estratos dentro de los cuales predominan conglomerados, gravas de matriz arenosa y arcillolitas.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	2,75	2,75	Arcilla color café oscuro, consistencia baja, humedad media y plasticidad baja. Presencia de gravas dispersas de cantos sub-angulares de tamaño máximo 2".
II	2,75	7,00	4,25	Grava pobremente graduada de cantos sub-angulares y tamaño máximo 1". Con matriz de arena limosa color café oscuro, humedad media, compacidad alta y plasticidad baja.
III	7,00	10,20	3,20	Arena limosa color negro, compacidad media y humedad alta. Presencia de lente de arcilla de baja plasticidad.
IV	10,20	23,65	13,45	Grava mal graduada de cantos sub-angulares y sub-redondeados, tamaño máximo 3". Con matriz arenosa color café oscuro de humedad alta.
V	23,65	25,50	1,85	Conglomerado color café con clastos sub-angulares de tamaño máximo 1" y matriz arenosa de humedad alta. Presencia de zonas en que predomina completamente la matriz (arenisca).
VI	25,50	33,00	7,50	Arcillolita color café claro de consistencia alta y plasticidad alta. Presencia de zonas con clastos de canto sub-angulares de tamaño máximo 1".
VII	33,00	61,45	28,45	Conglomerado color café oscuro con clastos sub-angulares y sub-redondeados, tamaño máximo 4" y matriz arenosa. Presencia de zonas en que predomina completamente la matriz. (arenisca).

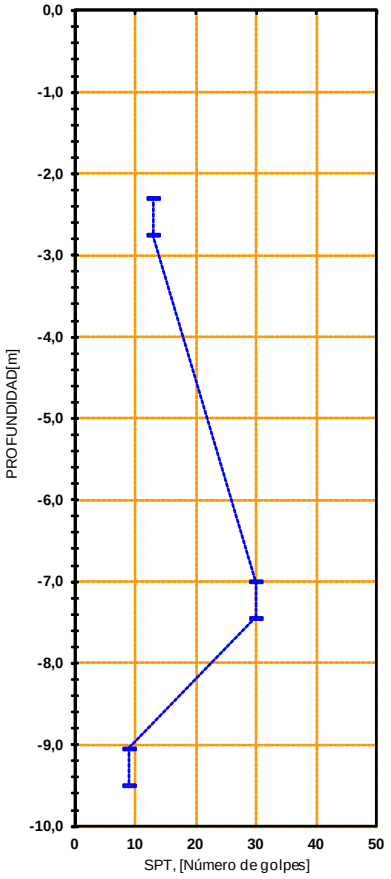
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos correspondientes arcillas de baja plasticidad y arenas limosas.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
2,30	2,75
7,00	7,45
9,05	9,50

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
5	5	8	13
7	12	18	30
3	3	6	9



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	3,00	530	270
II	3,00	8,00	950	550
III	8,00	9,00	600	350
IV	9,00	15,00	2000	550
V	15,00	23,00	2000	670
VI	23,00	28,00	2000	1000
VII	28,00	32,00	2000	750
VIII	32,00	37,00	2000	950

A partir de los 9.00m la velocidad de ondas de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
Antepozo	0,00	0,50	0,50	0,40	80
Zapata	0,50	1,00	0,50	0,50	100
Zapata	1,00	2,00	1,00	0,80	80
HQ3	2,00	2,30	0,30	0,20	67
SPT	2,30	2,75	0,45	0,30	67

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	2,75	4,25	1,50	1,15	77
HQ3	4,25	5,50	1,25	0,30	24
HQ3	5,50	7,00	1,50	0,25	17
SPT	7,00	7,45	0,45	0,45	100
HQ3	7,45	9,05	1,60	0,35	22
SPT	9,05	9,50	0,45	0,45	100
HQ3	9,50	10,00	0,50	0,10	20
HQ3	10,00	10,20	0,20	0,20	100
HQ3	10,20	11,00	0,80	0,60	75
HQ3	11,00	12,00	1,00	0,30	30
HQ3	12,00	13,00	1,00	0,70	70
HQ3	13,00	14,20	1,20	0,80	67
HQ3	14,20	15,50	1,30	0,80	62
HQ3	15,50	17,00	1,50	0,75	50
HQ3	17,00	17,80	0,80	0,35	44
HQ3	17,80	18,50	0,70	0,40	57
HQ3	18,50	19,00	0,50	0,50	100
HQ3	19,00	20,00	1,00	0,55	55
HQ3	20,00	21,00	1,00	0,85	85
HQ3	21,00	22,30	1,30	0,35	27
HQ3	22,30	23,65	1,35	0,30	22
HQ3	23,65	24,00	0,35	0,35	100
HQ3	24,00	25,00	1,00	1,00	100
HQ3	25,00	26,50	1,50	1,50	100
HQ3	26,50	28,00	1,50	1,50	100
HQ3	28,00	28,85	0,85	0,85	100
HQ3	28,85	29,40	0,55	0,45	82
HQ3	29,40	31,00	1,60	1,40	87
HQ3	31,00	32,50	1,50	1,50	100
HQ3	32,50	34,00	1,50	1,50	100
HQ3	34,00	35,00	1,00	0,97	97
HQ3	35,00	36,00	1,00	1,00	100
HQ3	36,00	37,00	1,00	1,00	100
HQ3	37,00	38,00	1,00	1,00	100
HQ3	38,00	39,00	1,00	1,00	100
HQ3	39,00	40,00	1,00	1,00	100
HQ3	40,00	41,00	1,00	1,00	100
HQ3	41,00	42,00	1,00	1,00	100
HQ3	42,00	43,00	1,00	1,00	100
HQ3	43,00	44,00	1,00	1,00	100

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	44,00	45,00	1,00	1,00	100
HQ3	45,00	46,00	1,00	1,00	100
HQ3	46,00	47,00	1,00	1,00	100
HQ3	47,00	48,00	1,00	1,00	100
HQ3	48,00	49,00	1,00	1,00	100
HQ3	49,00	50,00	1,00	1,00	100
HQ3	50,00	51,00	1,00	1,00	100
HQ3	51,00	52,00	1,00	1,00	100
HQ3	52,00	53,00	1,00	0,95	95
HQ3	53,00	54,00	1,00	0,95	95
HQ3	54,00	55,00	1,00	1,00	100
HQ3	55,00	56,00	1,00	0,95	95
HQ3	56,00	57,00	1,00	0,95	95
HQ3	57,00	58,00	1,00	0,95	95
HQ3	58,00	59,00	1,00	1,00	100
HQ3	59,00	59,95	0,95	0,95	100
HQ3	59,95	60,55	0,60	0,60	100
HQ3	60,55	61,45	0,90	0,90	100

6.5. Control de napa interior sondaje

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
08-12-2011	18:00	7,45	HQ3	7,45	HW	2,80
09-12-2011	8:00	7,00	HQ3	7,45	HW	2,80
09-12-2011	18:00	7,50	HQ3	12,00	HW	2,80
16-12-2011	18:00	6,00	HQ3	43,00	HW	2,80
17-12-2011	8:00	7,00	HQ3	43,00	HW	2,80
17-12-2011	18:00	5,80	HQ3	55,00	HW	2,80
18-12-2011	8:00	7,00	HQ3	55,00	HW	2,80
18-12-2011	18:00	5,50	HQ3	61,45	HW	2,80

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

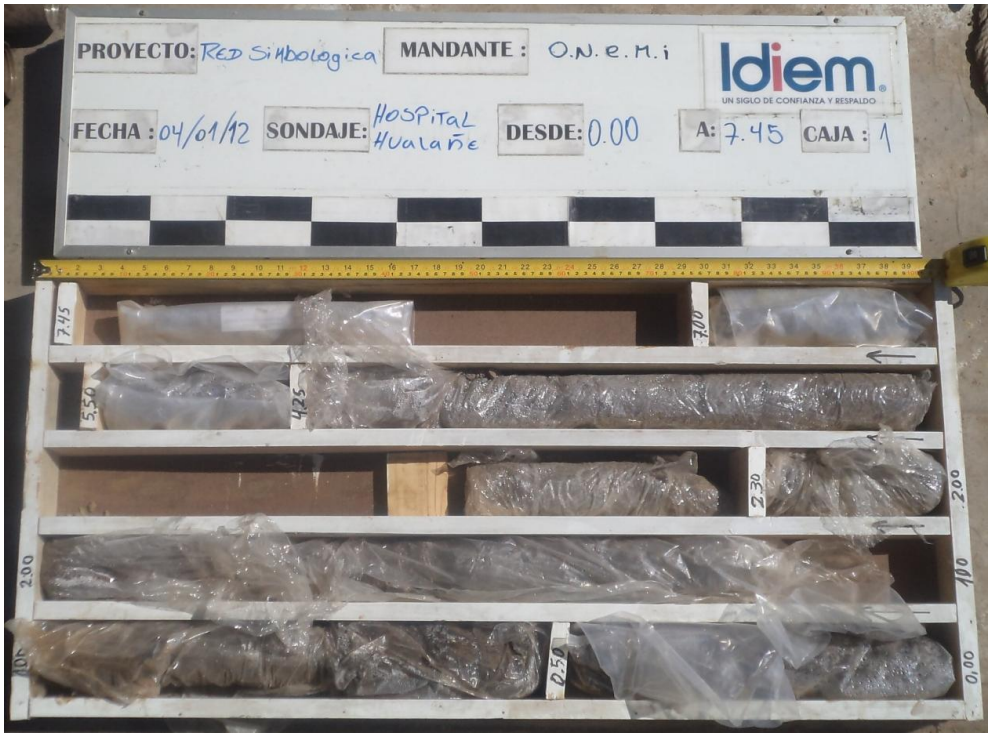


Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-7.45m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 7.45m-15.50m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 15.50m-23.70m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.00m-28.85m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 28.85m-34.00m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 34.00m-39.00m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-44.00m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 44.00m-49.00m.

Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 49.00m-54.00m.

Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 54.00m-59.00m.

Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 59.00m-61.45m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras de los estratos I y III corresponden, en general, arcillas de baja plasticidad y arenas limosas.

Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	2,30-2,75	CL	65,2	33	20	13	2,76
M2	7,00-7,45	SM	18,1	-	-	NP	2,78
M3	9,05-9,50	CL	67,5	20	12	8	2,74

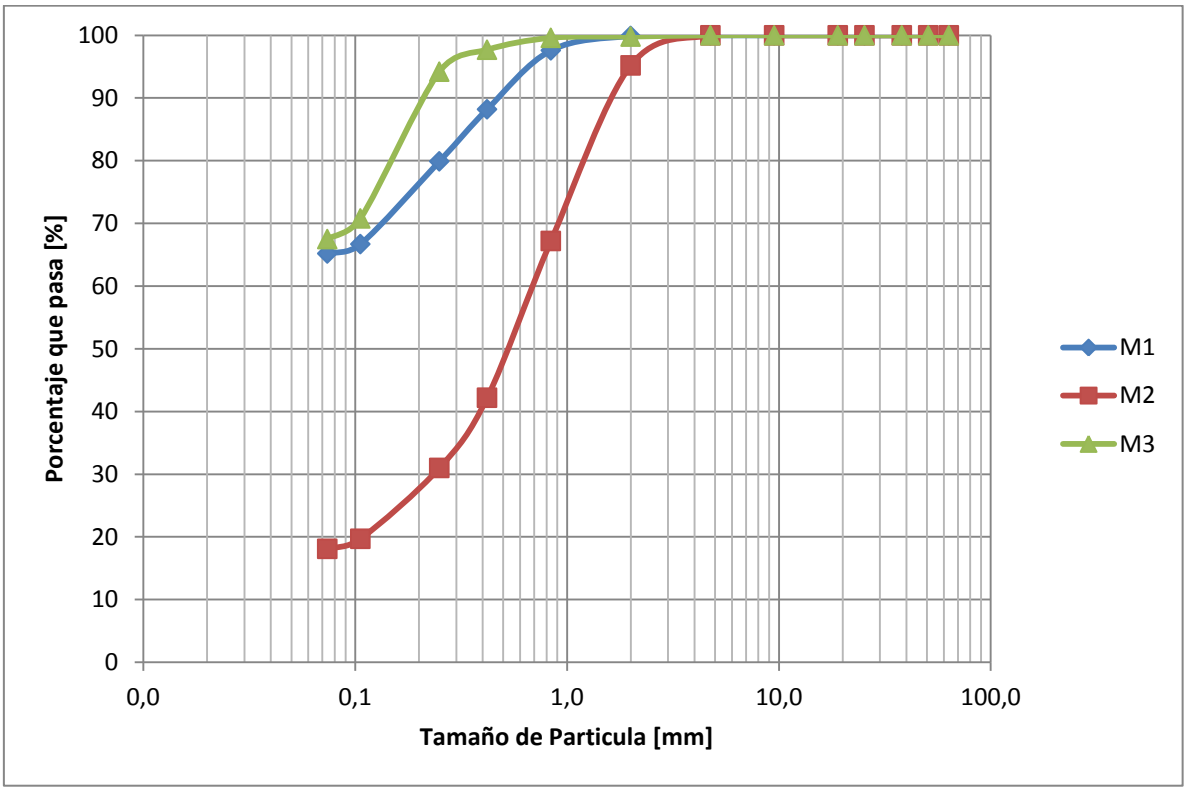


Figura 17. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Compresión Simple

Se realizaron ensayos de compresión simple sobre testigos de rocas sedimentarias de los estratos VI y VII. En el caso del conglomerado del Estrato VII se ensayaron dos testigos, la muestra M5 es representativa de las zonas en que predomina notablemente la matriz y la muestra M6 representa las zonas que presenta un contenido mayor de clastos.

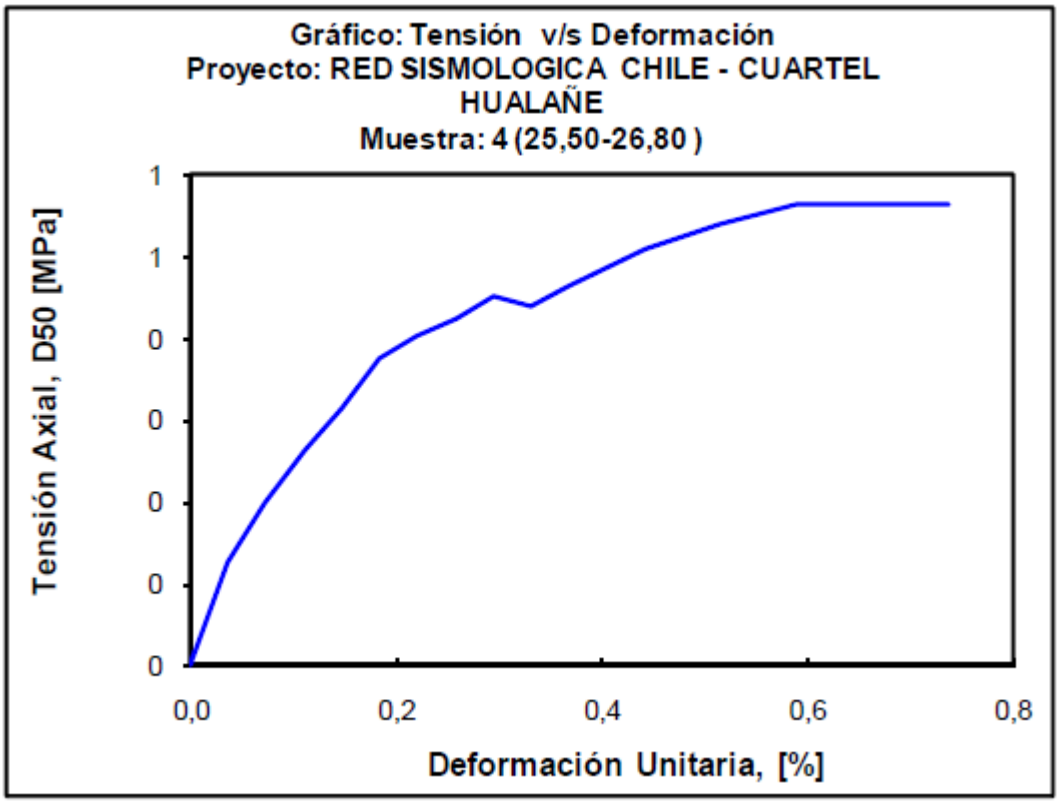


Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la arcillolita del Estrato VI.

Figura 19. Fotografías del testigo de arcillolita (Estrato VI) antes y después del ensayo de compresión simple.

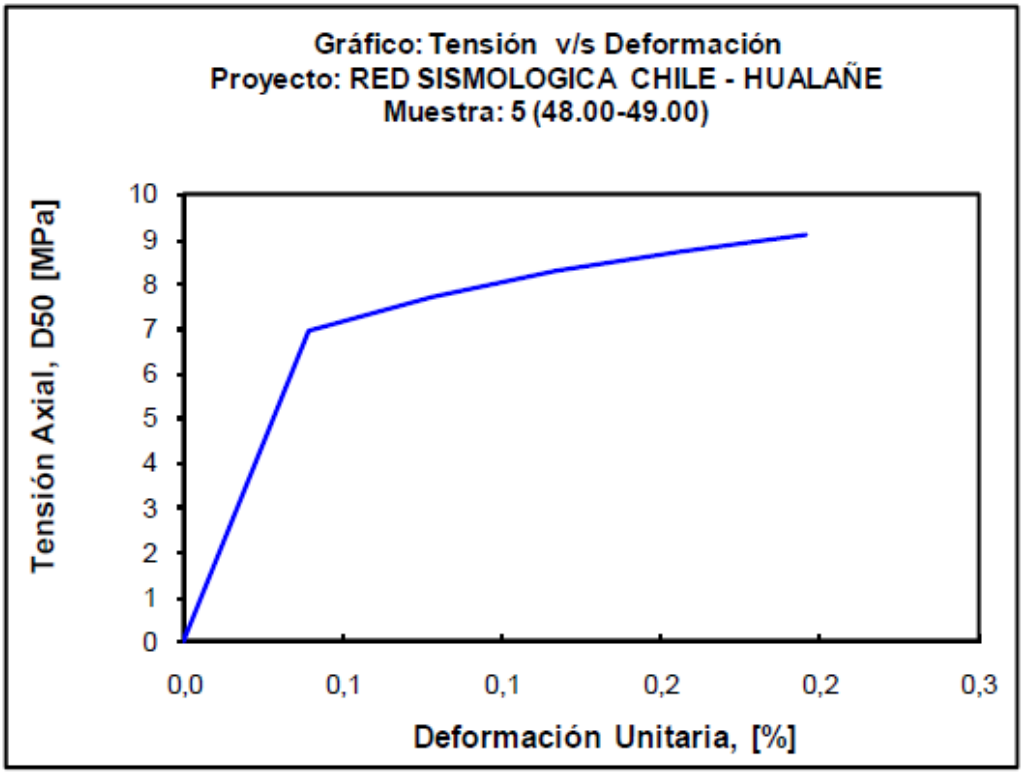


Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado del Estrato VII.

Figura 21. Fotografías del testigo de conglomerado (Estrato VII) antes y después del ensayo de compresión simple.

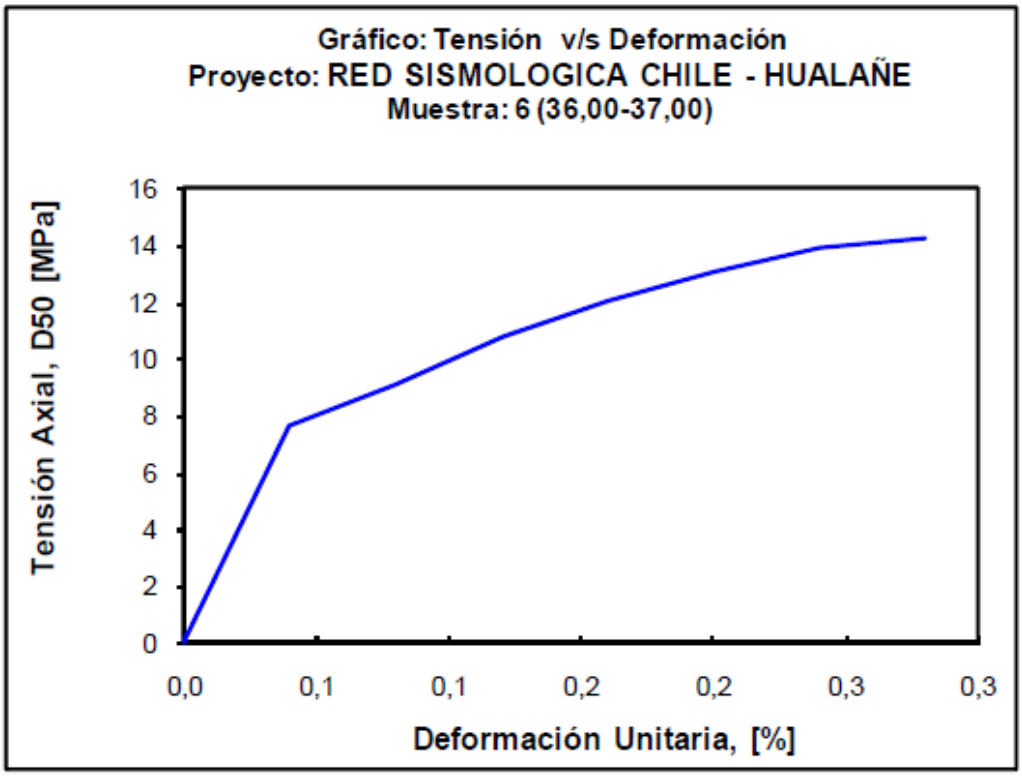


Figura 22. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado del Estrato VII.

Figura 23. Fotografías del testigo de conglomerado (Estrato VII) antes y después del ensayo de compresión simple.

7.3. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en los estratos de roca VI y VII, correspondientes a arcillolita y conglomerado. Los ensayos se realizaron sobre testigos sin presión de cámara y drenados al aire.

Tabla 6. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos correspondientes a los estratos VI y VII.

Muestra	Cotas [m]	Tiempo de Arribo [µs]	Vs [m/s]
M4	25.50-26.80	176	488
M6	36.00-37.00	89	974
M5	48.00-49.00	90	1114

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

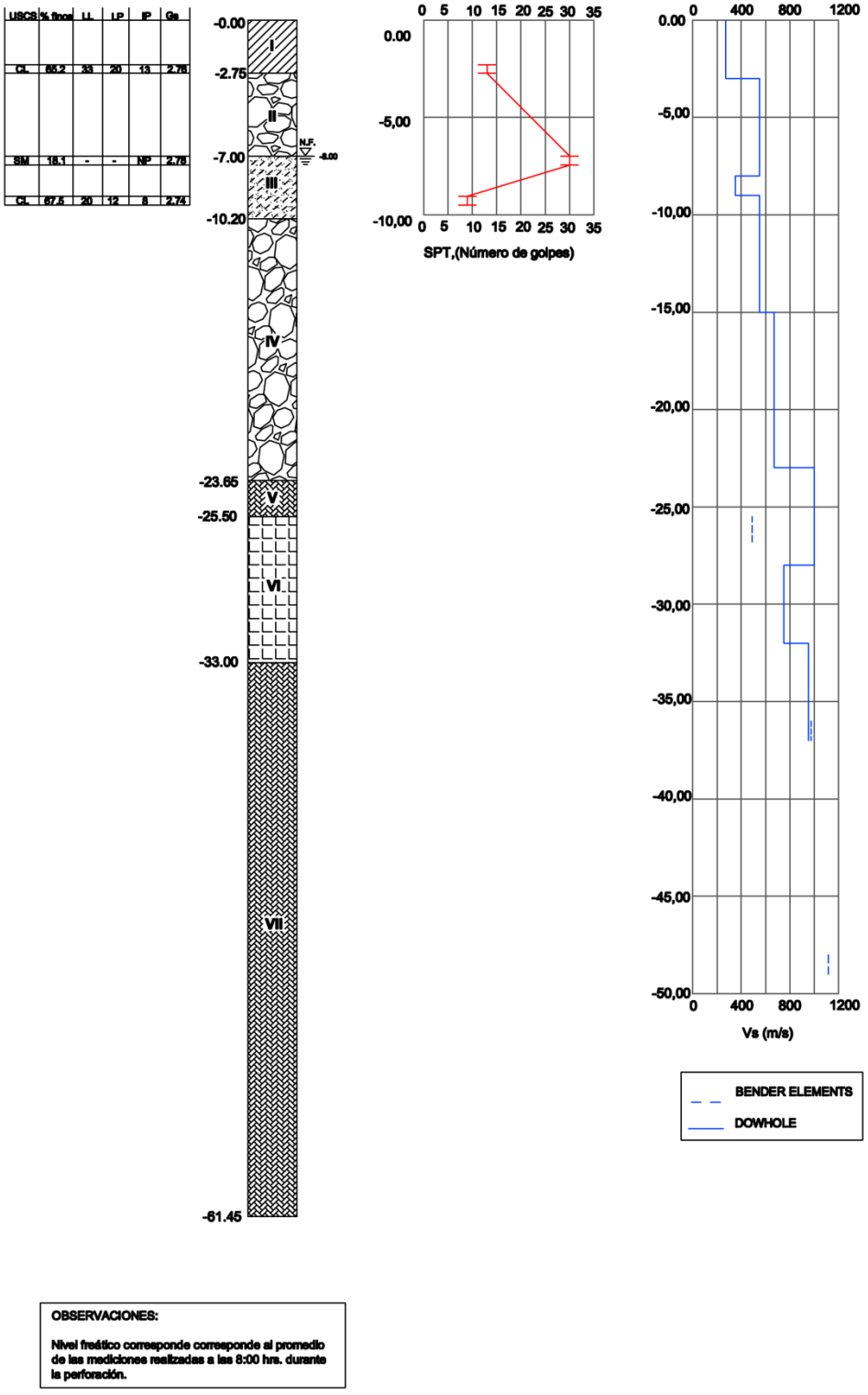


Figura 24. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION HUALAÑE

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-K
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE - HUALAÑE

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 17
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** HUALAÑE		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 06 **/** 01 / 2012	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 11 / 01 / 2012	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 23 / 01 / 2012	**FECHA DE EMISIÓN** : 24 / 01 / 2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Bender Element
- Compresión Uniaxial Simple

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
1	---	2.30-2.75	SPT	X	X
2	---	7.00-7.45	HQ3	X	X
3	---	9.05-9.50	HQ3	X	X
4	---	25,50-26,80	HQ3	X	X
5	---	48,00-49,00	HQ3	X	X
6	---	36,00-37,00	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11-01-2012
Fecha Término	23-01-2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	1	2	3	
Cota [m]	**(2,30-2,75)**	**(7,00-7,45)**	**(9,05-9,50)**	
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	
2,000	Nº 10	99,9	95,2	99,8	
0,840	Nº 20	97,6	67,2	99,6	
0,420	Nº 40	88,2	42,2	97,7	
0,250	Nº 60	79,9	31,0	94,2	
0,106	Nº 140	66,7	19,7	70,8	
0,074	Nº 200	65,2	18,1	67,5	
Límite Líquido		33	-	20	
Límite Plástico		20	-	12	
Indice de Plasticidad		13	NP	8	
Clasificación USCS		**CL**	**SM**	**CL**	

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE- HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11-01-2012
Fecha Término	12-01-2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
1	(2,30-2,75)	2,76
2	(7,00-7,45)	2,78
3	(9,05-9,50)	2,74

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11/01/2012
Fecha Término	12/01/2012
Muestra	4 (25,50 -26,80)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,994
Diametro Medio	cm	5,991
Diametro Inferior	cm	5,978
Peso Natural	g	451,10
Diámetro Promedio	cm	5,988
Area Promedio	cm^2	28,16
Altura Promedio	cm	8,581
Volumen	cm^3	241,63
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,867
Humedad Natural	%	19,38
Densidad Seca	gr/cm^3	1,505

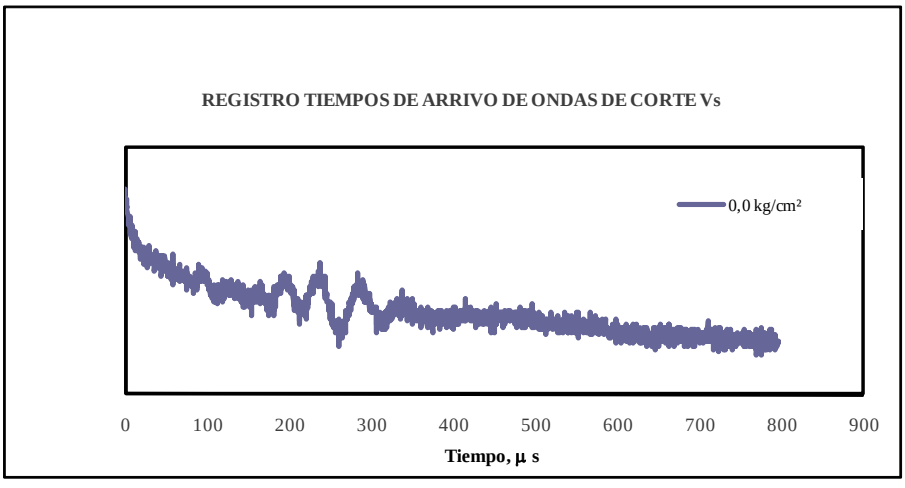
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	176	0,000176	**488**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11/01/2012
Fecha Término	12/01/2012
Muestra	5 (48,00-49,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	6,037
Diametro Medio	cm	6,041
Diametro Inferior	cm	6,044
Peso Natural	g	563,15
Diámetro Promedio	cm	6,041
Area Promedio	cm^2	28,66
Altura Promedio	cm	10,027
Volumen	cm^3	287,36
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,960
Humedad Natural	%	9,57
Densidad Seca	gr/cm^3	1,772

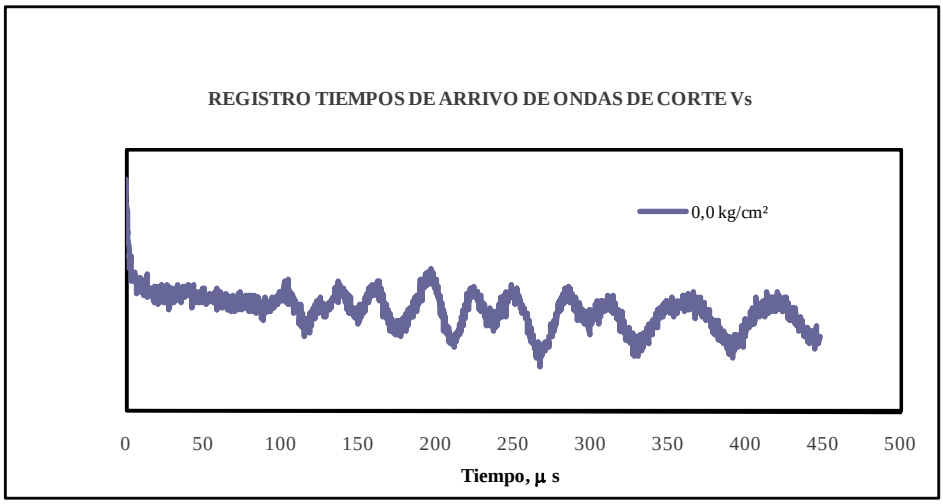
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	90	0,000090	**1114**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11/01/2012
Fecha Término	12/01/2012
Muestra	6 (36,00-37,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	6,059
Diametro Medio	cm	6,053
Diametro Inferior	cm	6,056
Peso Natural	g	466,15
Diámetro Promedio	cm	6,056
Area Promedio	cm^2	28,80
Altura Promedio	cm	8,665
Volumen	cm^3	249,59
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,868
Humedad Natural	%	7,24
Densidad Seca	gr/cm^3	1,732

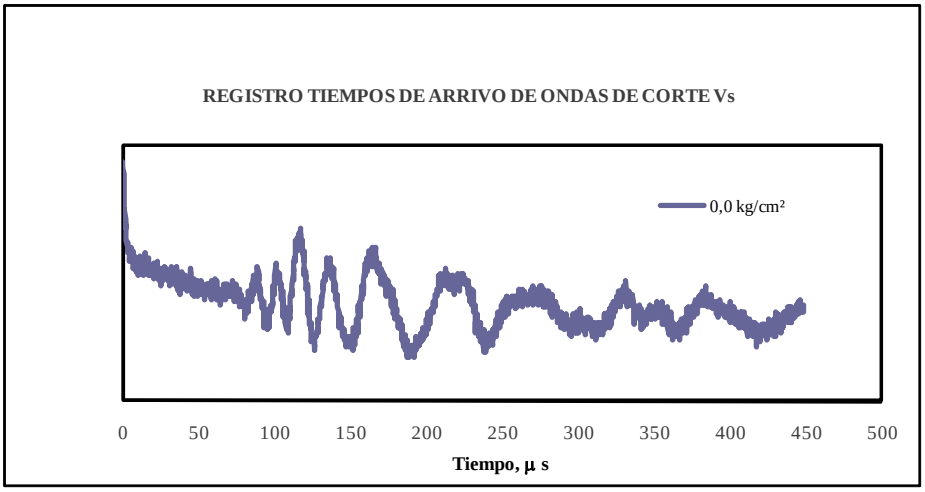
Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	89	0,000089	**974**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16/01/2012
Fecha de Término	16/01/2012

DESCRIPCION PROBETA

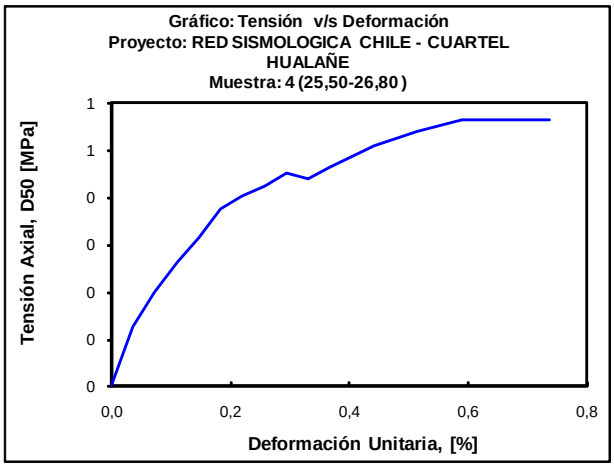
Muestra	4 (25,50-26,80)
Tipo de Roca	SEDIMENTARIA
Fracturas / Vetillas	POSIBLE MATERIAL ORGANICO FÓSIL
Alteraciones	ÓXIDO DE HIERRO COMO PERCOLACIÓN

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,93
Altura Promedio	[cm]	13,57
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,62
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,49
Contenido de Humedad	[%]	8,78

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D59 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	0,12	0,13
0,07	0,19	0,20
0,11	0,26	0,26
0,15	0,30	0,31
0,18	0,36	0,38
0,22	0,39	0,40
0,26	0,41	0,43
0,29	0,44	0,45
0,33	0,43	0,44
0,37	0,45	0,46
0,44	0,49	0,51
0,52	0,52	0,54
0,59	0,54	0,56
0,66	0,54	0,56
0,74	0,54	0,56



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,1Mm/Min

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-K RED SISMOLÓGICA CHILE - HUALAÑE

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-K RED SISMOLÓGICA CHILE - HUALAÑE

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11/01/2012
Fecha de Término	11/01/2012

DESCRIPCION PROBETA

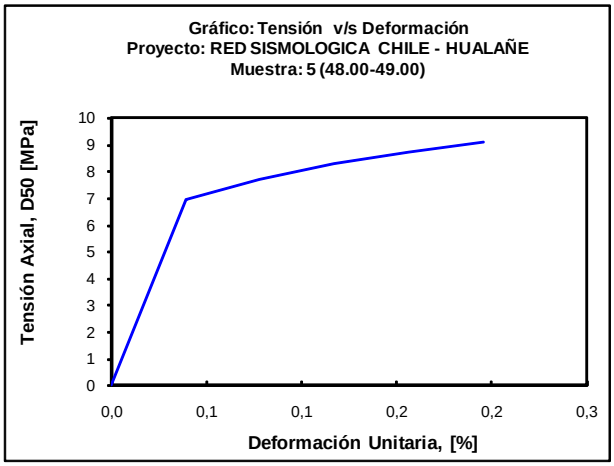
Muestra	5 (48.00-49.00)
Tipo de Roca	SEDIMENTARIA (ARENISCA)
Fracturas / Vetillas	NO TIENE
Alteraciones	CALCITA

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,02
Altura Promedio	[cm]	12,79
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,88
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,78
Contenido de Humedad	[%]	5,86

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	6,71	6,96
0,08	7,39	7,67
0,12	7,96	8,26
0,16	8,39	8,70
0,20	8,74	9,07



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,05Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-K RED SISMOLÓGICA CHILE - HUALAÑE

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - HUALAÑE
Inf. Ensaye	Nº 712.152-K
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11/01/2012
Fecha de Término	11/01/2012

DESCRIPCION PROBETA

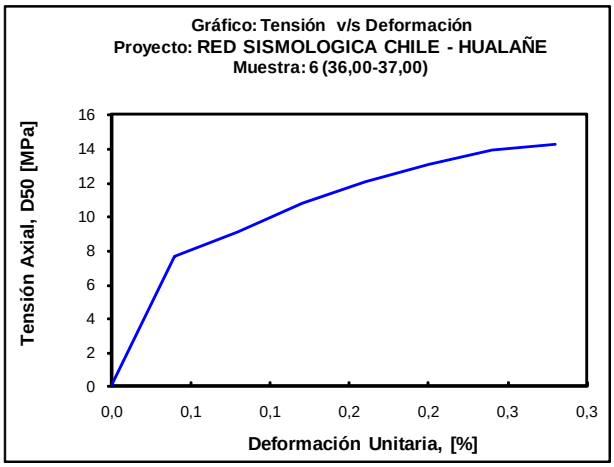
Muestra	6 (36,00-37,00)
Tipo de Roca	SEDIMENTARIA
Fracturas / Vetillas	NO TIENE
Alteraciones	CALCITA

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,03
Altura Promedio	[cm]	12,47
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,92
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,79
Contenido de Humedad	[%]	7,49

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	7,37	7,65
0,08	8,75	9,08
0,12	10,34	10,74
0,16	11,61	12,06
0,20	12,61	13,09
0,24	13,42	13,94
0,28	13,74	14,27



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MATRIZ

c. Velocidad de ensayo: 0,05Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-K RED SISMOLÓGICA CHILE - HUALAÑE

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION HUALAÑE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

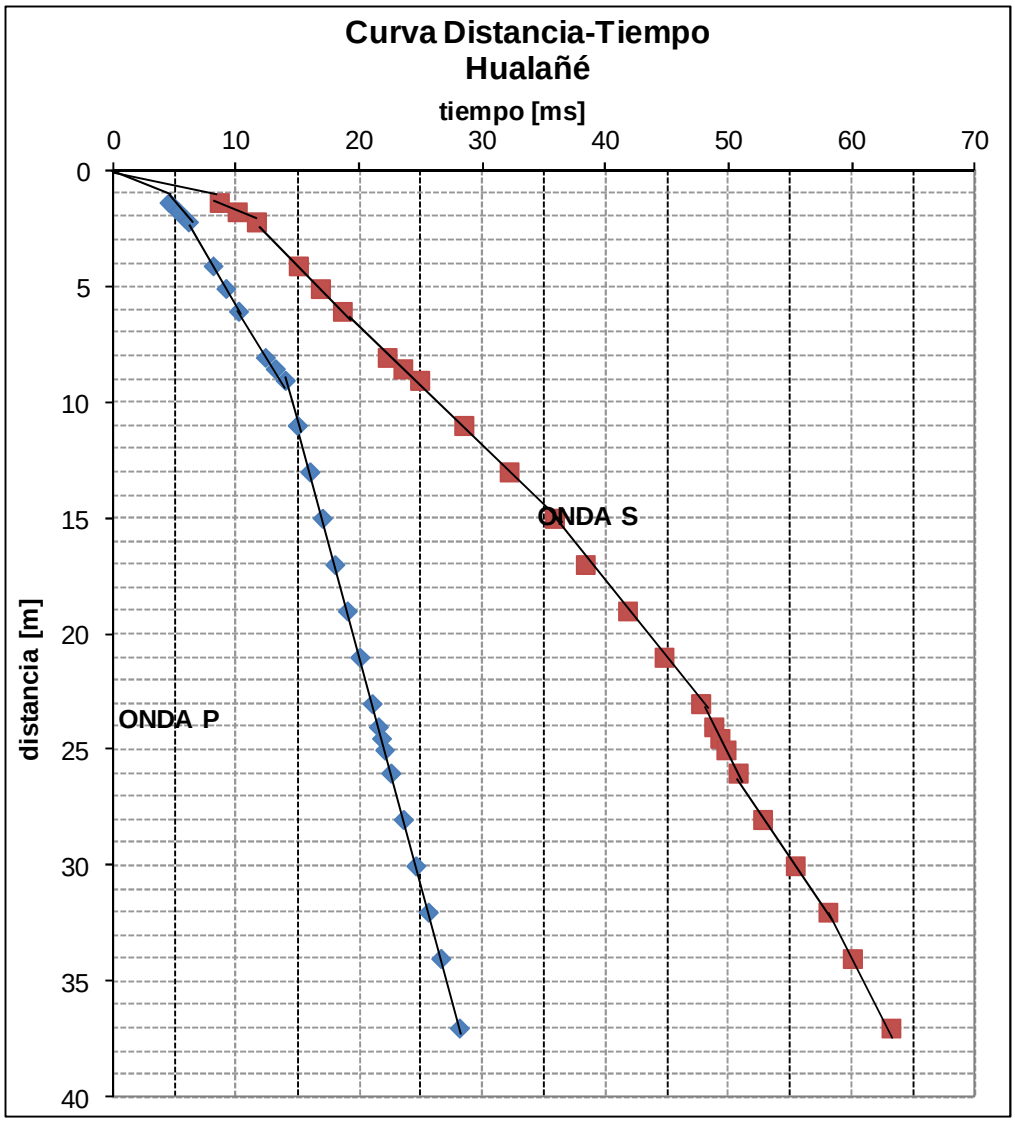
Sondaje **ESTACION HUALAÑE**

Profundidad **37m**

Coordenadas **243.876,00 m E 6.125.957,00 m S**

Fecha Ejecución **16-02-2012**

PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte
[m]	[m]	[ms]	[ms]
1,0	1,4	4,5	8,6
1,5	1,8	5,3	10,0
2,0	2,2	6,1	11,6
4,0	4,1	8,1	15,0
5,0	5,1	9,1	16,8
6,0	6,1	10,2	18,6
8,0	8,1	12,3	22,2
8,5	8,6	13,1	23,5
9,0	9,1	14,0	24,9
11,0	11,0	14,9	28,5
13,0	13,0	16,0	32,1
15,0	15,0	17,0	35,8
17,0	17,0	18,0	38,3
19,0	19,0	19,0	41,7
21,0	21,0	20,0	44,7
23,0	23,0	21,0	47,7
24,0	24,0	21,5	48,8
24,5	24,5	21,8	49,2
25,0	25,0	22,0	49,7
26,0	26,0	22,5	50,7
28,0	28,0	23,5	52,7
30,0	30,0	24,6	55,4
32,0	32,0	25,6	58,0
34,0	34,0	26,6	60,0
37,0	37,0	28,1	63,1

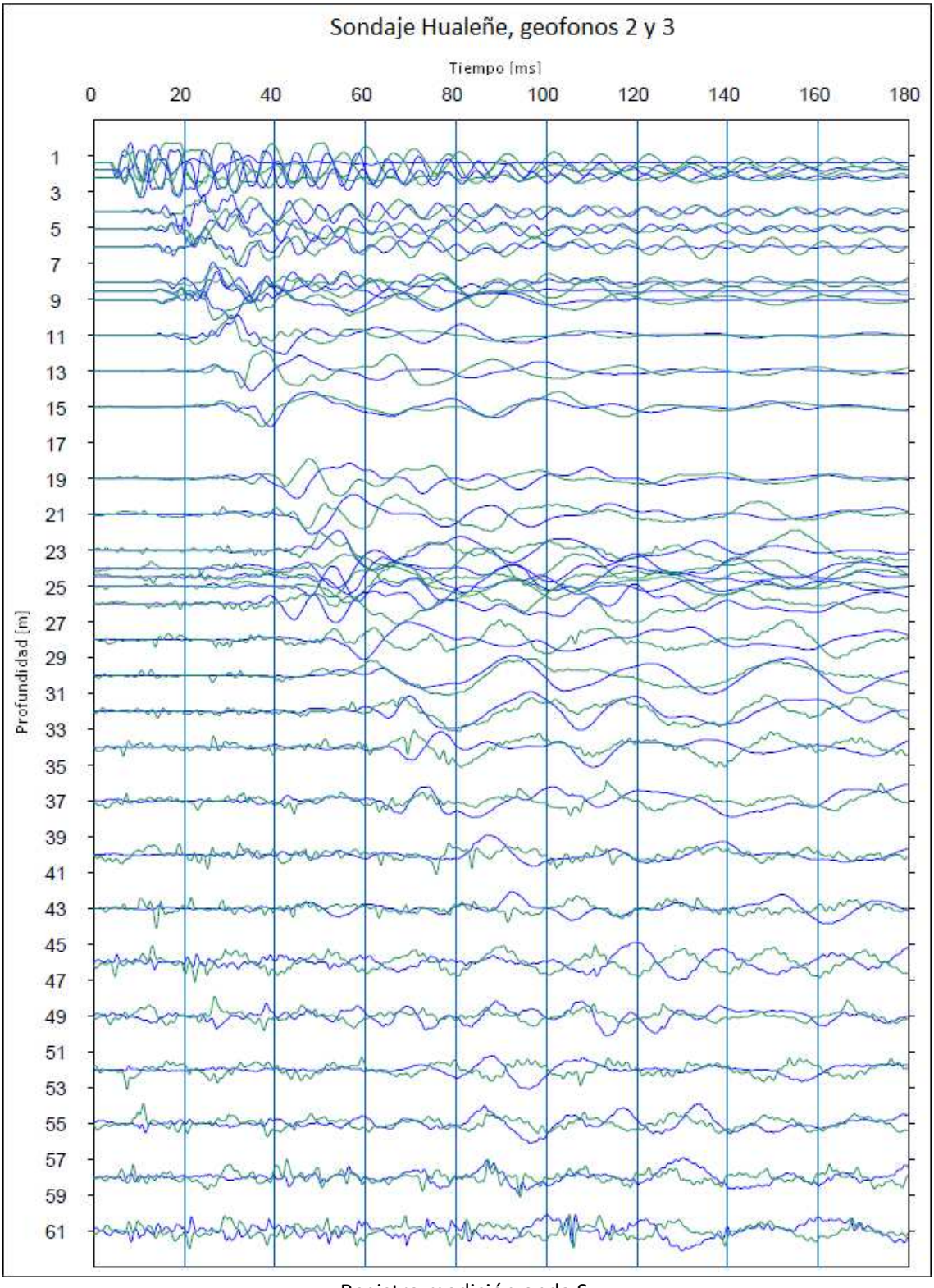


Velocidades			
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	3,00	530	270
3,00	8,00	950	550
8,00	9,00	600	350
9,00	15,00	2000	550
15,00	23,00	2000	670
23,00	28,00	2000	1000
28,00	32,00	2000	750
32,00	37,00	2000	950

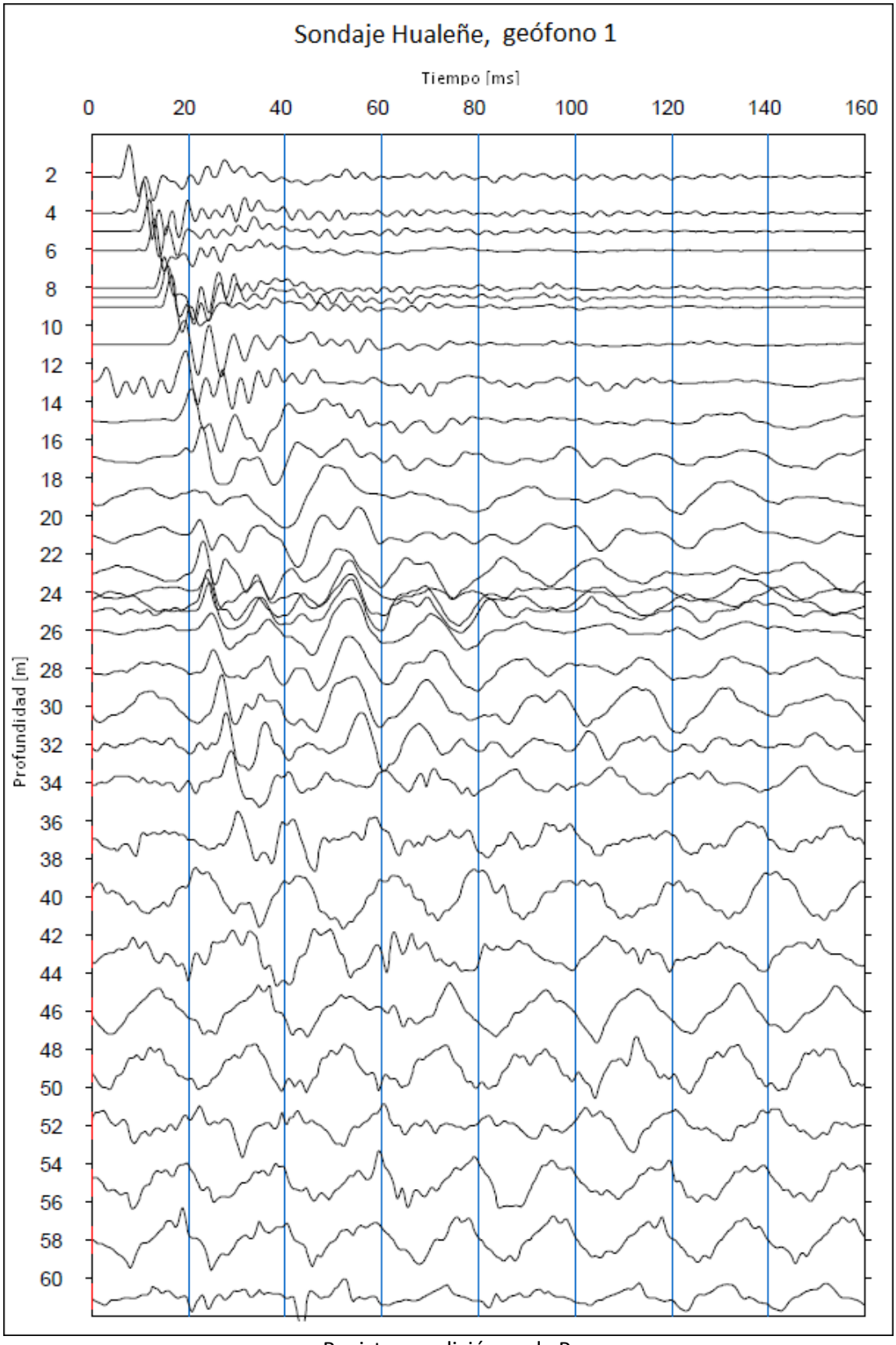
Observaciones:

La napa encontrada al momento de las lecturas fue de 9m

La señal no pudo ser leída bajo los 37m de profundidad.



Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION MAIPU

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 23**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 8
6.1. ESTRATIGRAFÍA 8
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 10
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 11
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 11
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 12
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 13
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 16
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 16
7.2. PESO UNITARIO 17
7.3. HUMEDAD NATURAL 18
7.4. TRIAXIAL CIU 18
7.5. BENDER ELEMENTS 20
8. RESUMEN DE RESULTADOS 21

ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B – ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Maipú, Santiago. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje. 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje. 9
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 10
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-4.30m. 13
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 4.30m-10.45m. 13
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 10.45m-16.00m. 14
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 16.00m-19.45m. 14
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 19.45m-24.40m. 15
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.40m-30.00m. 15
Figura 12. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 17
Figura 13. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (Pumacita), estrato III. 18
Figura 14. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (Pumacita), estrato III. 19
Figura 15. Plano ΔV-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (pumacita), estrato III. 19
Figura 16. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M13 (estrato III). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga. 20
Figura 17. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M11 (estrato IV). 21
Figura 17. Log del sondaje. 22

TABLAS

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación. 5
Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos. 11
Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 11
Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 16
Tabla 6. Resultados de los ensayos de peso unitario. 17
Tabla 7. Humedad natural estimada para la muestra M12. 18

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Maipú, Región Metropolitana.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Maipú, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

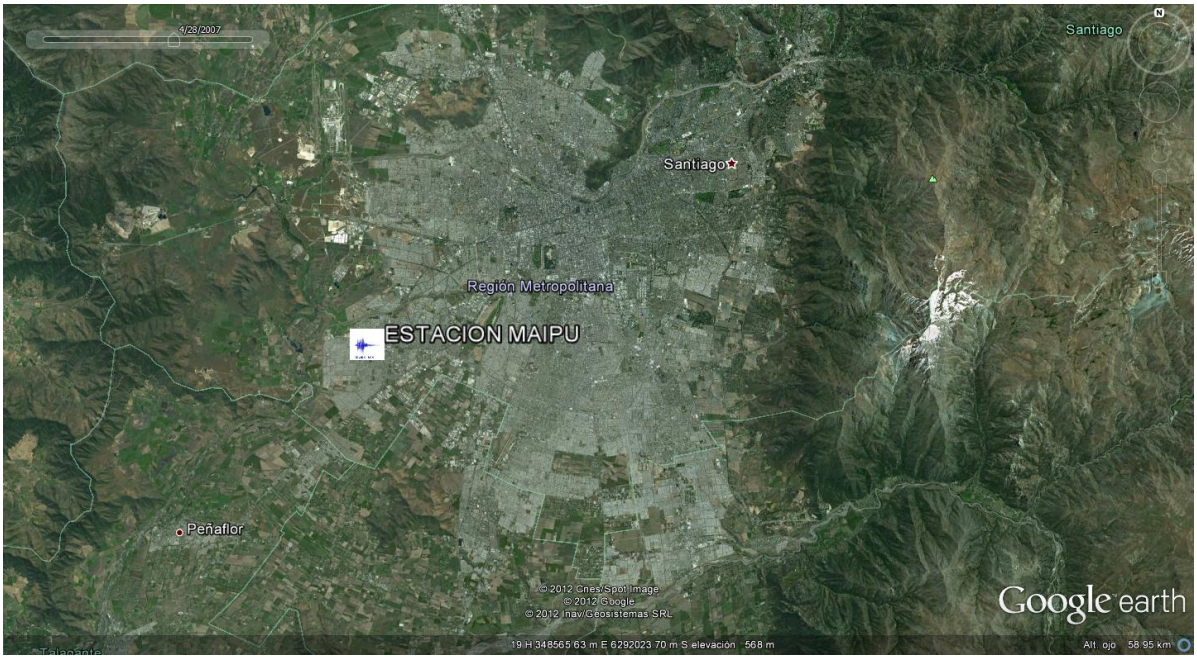


Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Maipú, Santiago.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la comuna de Maipú se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
NS	0,561
V	0,240
EW	0,478

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 30.45m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión no confinada, triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Maipú se basó en la perforación de un sondaje de 30.45m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, además en la Tabla 2 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	335420.13 m E	6290911.02 m S	30.45

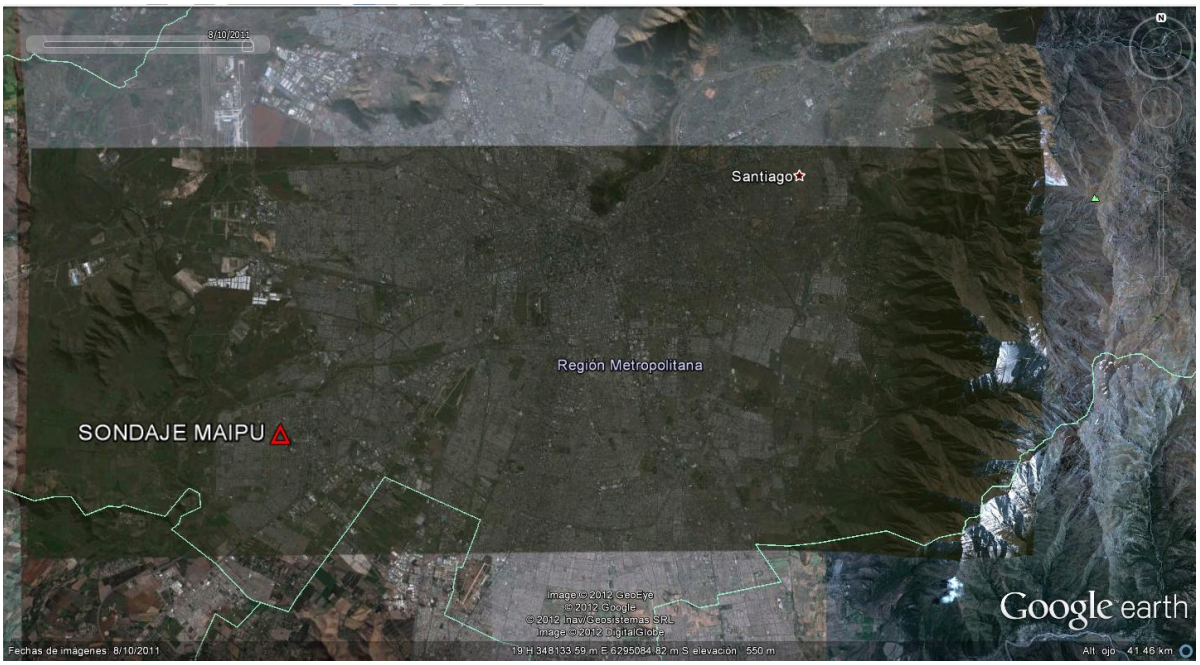


Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

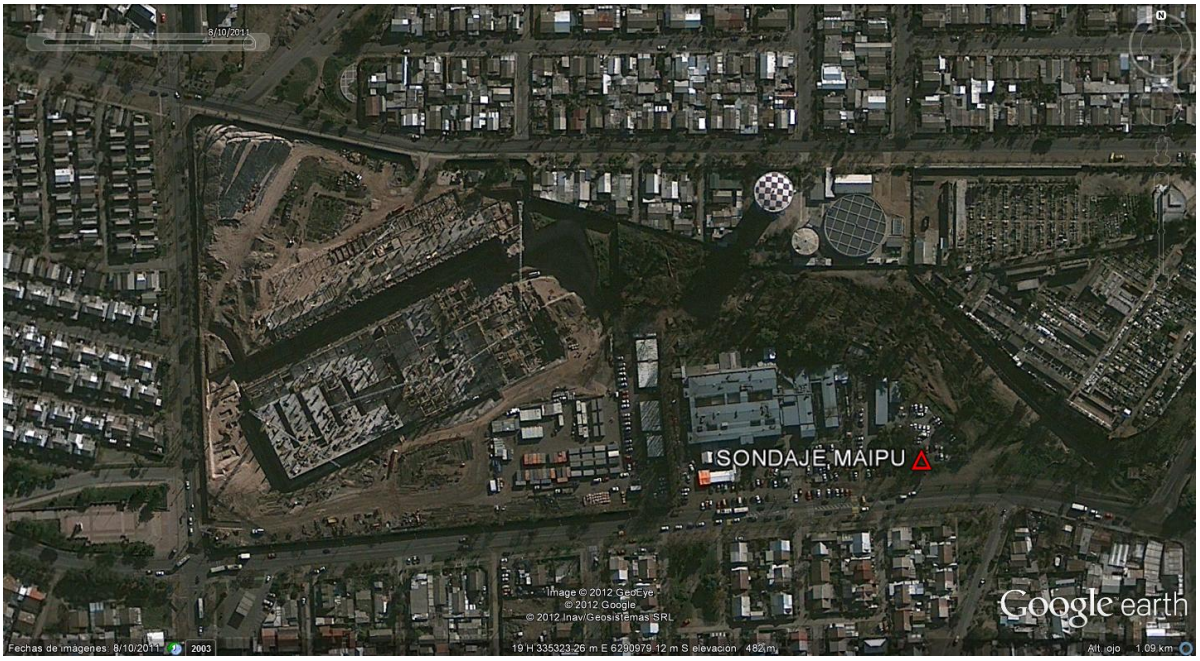
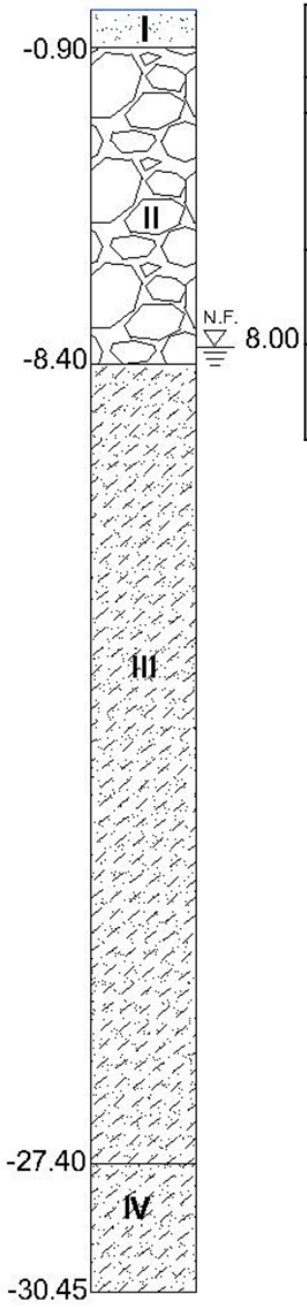


Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. Estratigrafía

El suelo en estudio está constituido principalmente por un estrato de gravas de 7.50m de espesor, seguido por depósitos de arenas limosas correspondientes a pumicitas hasta los 30.45m de profundidad, que se diferencian en su color y contenido de finos.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	0,90	0,90	Suelo orgánico.
II	0,90	8,40	7,50	Grava pobremente graduada de tamaño máximo 3", cantos redondeados y sub-redondeados, sin recuperación de matriz. Se observa una arena arcillosa en el retorno de agua.
III	8,40	27,40	19,00	Arena limosa (Pumicita) color café, humedad media, consistencia media a alta y plasticidad baja a nula.
IV	27,40	30,45	3,05	Arena limosa (Pumicita) color café claro, humedad alta, consistencia alta y plasticidad nula.

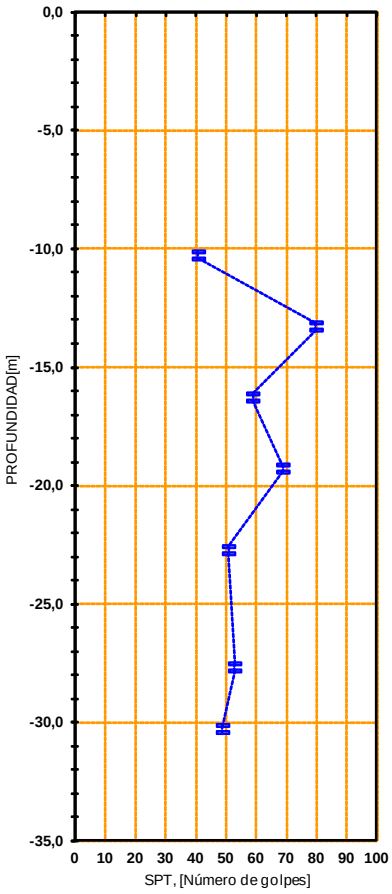
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos correspondientes a la arena limosa (pumicita).

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
10,00	10,45
13,00	13,45
16,00	16,45
19,00	19,45
22,45	22,90
27,40	27,85
30,00	30,45

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
13	18	23	41
18	36	44	80
19	27	32	59
21	33	36	69
13	27	24	51
14	25	28	53
15	23	26	49



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cotas [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	0,90	419	208
II	0,90	8,40	805	526
III	8,40	27,40	1428	447
IV	27,40	30,45	1428	463

Para los estratos III y IV la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática, lo cual concuerda con las mediciones realizadas dentro del pozo. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	0,00	0,90	0,90	0,90	100
HQ3	0,90	1,50	0,60	0,40	67
HQ3	1,50	1,90	0,40	0,40	100
HQ3	1,90	2,40	0,50	0,26	52
HQ3	2,40	3,00	0,60	0,43	72
HQ3	3,00	3,25	0,25	0,25	100
HQ3	3,25	3,50	0,25	0,25	100
HQ3	3,50	3,90	0,40	0,40	100

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	3,90	4,30	0,40	0,35	88
HQ3	4,30	4,50	0,20	0,39	195
HQ3	4,50	5,10	0,60	0,30	50
HQ3	5,10	5,70	0,60	0,14	23
HQ3	5,70	6,25	0,55	0,28	51
HQ3	6,25	6,60	0,35	0,35	100
HQ3	6,60	6,90	0,30	0,30	100
HQ3	6,90	7,40	0,50	0,35	70
HQ3	7,40	7,85	0,45	0,35	78
HQ3	7,85	8,40	0,55	0,26	47
HQ3	8,40	9,00	0,60	0,60	100
HQ3	9,00	10,00	1,00	0,00	0
SPT	10,00	10,45	0,45	0,30	67
HQ3	10,45	11,50	1,05	0,55	52
HQ3	11,50	13,00	1,50	0,92	61
SPT	13,00	13,45	0,45	0,40	89
HQ3	13,45	14,50	1,05	0,95	90
HQ3	14,50	16,00	1,50	0,90	60
SPT	16,00	16,45	0,45	0,45	100
HQ3	16,45	17,50	1,05	1,05	100
HQ3	17,50	19,00	1,50	1,31	87
SPT	19,00	19,45	0,45	0,40	89
HQ3	19,45	20,95	1,50	0,53	35
HQ3	20,95	22,45	1,50	1,48	99
SPT	22,45	22,90	0,45	0,45	100
HQ3	22,90	24,40	1,50	1,50	100
HQ3	24,40	25,90	1,50	0,90	60
HQ3	25,90	27,40	1,50	1,47	98
SPT	27,40	27,85	0,45	0,42	93
HQ3	27,85	29,35	1,50	1,16	77
HQ3	29,35	30,00	0,65	0,65	100
SPT	30,00	30,45	0,45	0,45	100

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó la medición de la napa al interior del sondaje una vez terminada la perforación, detectándose a una profundidad de 8.0m.

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-4.30m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 4.30m-10.45m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 10.45m-16.00m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 16.00m-19.45m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 19.45m-24.40m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.40m-30.00m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras estudiadas corresponden, en general, a arenas limosas (pumicita) con un contenido de finos entre 20% y 51%, como se muestra a continuación.

Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	10,00-10,45	SM	35,4	-	-	NP	2,66
M2	13,00-13,45	SM	31,0	36	30	6	2,63
M3	15,00-16,90	SM	26,1	-	-	NP	2,62
M4	18,00-19,00	SM	34,3	35	26	9	2,66
M5	19,45-20,45	SM	23,1	43	29	14	2,38
M6	20,45-22,45	SM	20,3	-	-	NP	2,62
M7	22,90-24,40	SM	21,2	26	22	4	2,63
M8	24,40-25,90	SC	25,5	29	17	12	2,63
M9	25,90-27,40	SM	27,7	-	-	NP	2,42
M10	27,85-29,35	ML	51,0	-	-	NP	2,23
M11	29,35-30,00	SM	45,0	-	-	NP	2,29
M12	8,40-9,00	SM	26,7	-	-	NP	2,33

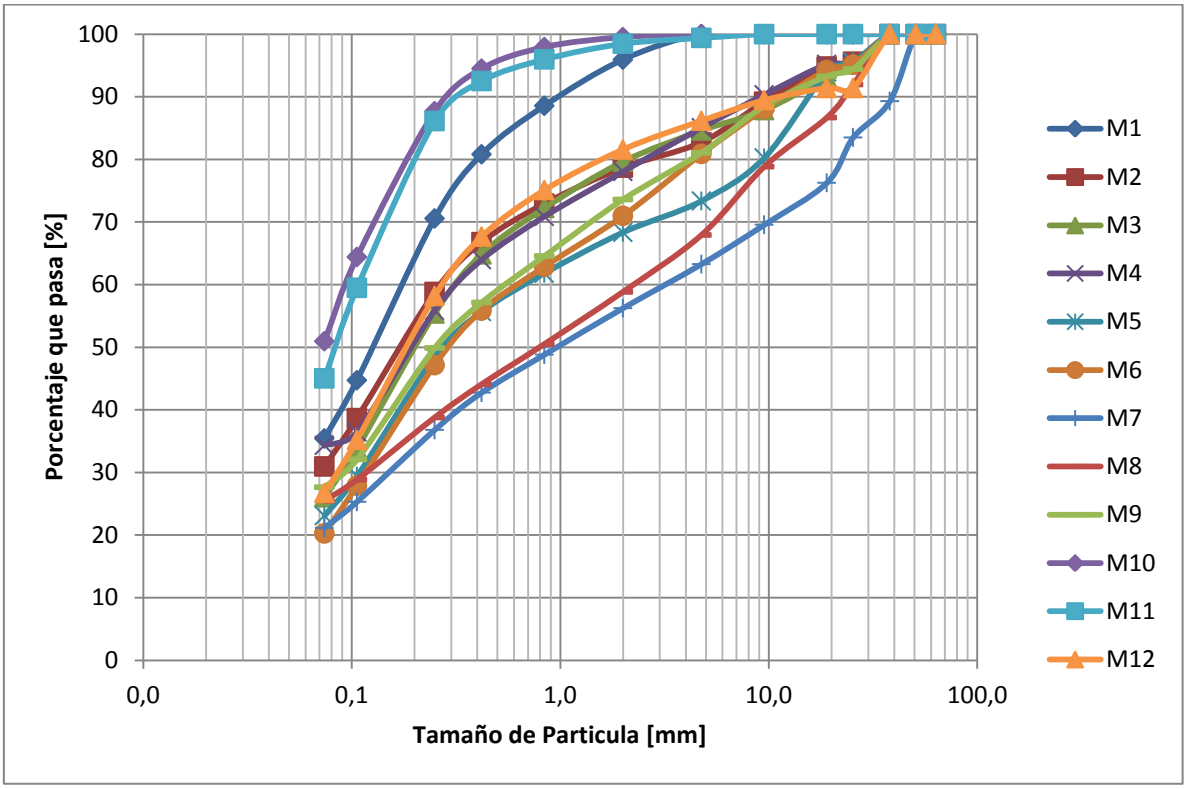


Figura 12. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Peso Unitario

Se llevo a cabo ensayos de peso unitario obteniéndose las siguientes densidades y humedades.

Tabla 6. Resultados de los ensayos de peso unitario.

Muestra	Cotas [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M5	19,45-20,45	1,81	28,1	1,41
M7	22,90-24,40	1,72	1,44	1,69
M8	24,40-25,90	1,85	1,94	1,81
M10	27,85-29,35	1,27	14,75	1,11
M11	29,35-30,00	1,61	44,04	1,12

7.3. Humedad Natural

Con el objetivo de complementar los resultados de los ensayos de peso unitario, se realizaron ensayos para determinar la humedad natural.

Tabla 7. Humedad natural estimada para la muestra M12.

Muestra	Cotas [m]	Humedad [%]
M12	10,00-10,45	26,77

7.4. Triaxial CIU

Se realizó una serie de tres ensayos triaxiales CIU sobre muestras de pumacita correspondientes al estrato III. Se confeccionaron probetas remoldeadas de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de peso unitario, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.5 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 3.5 kg/cm^2.

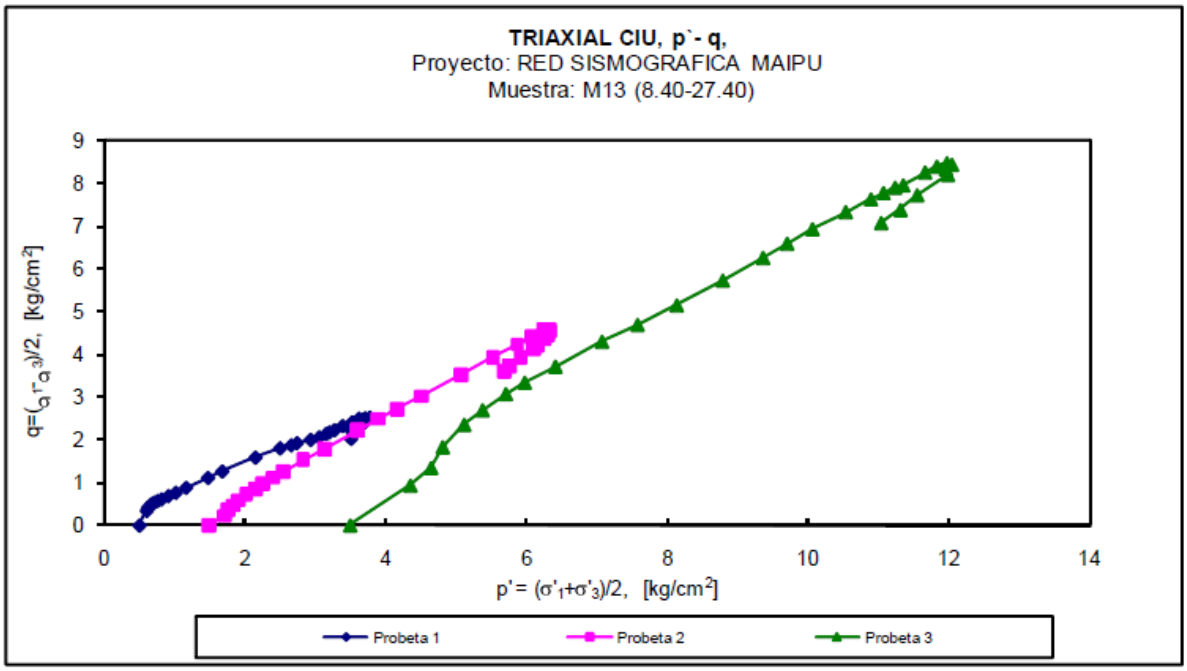


Figura 13. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (Pumacita), estrato III.

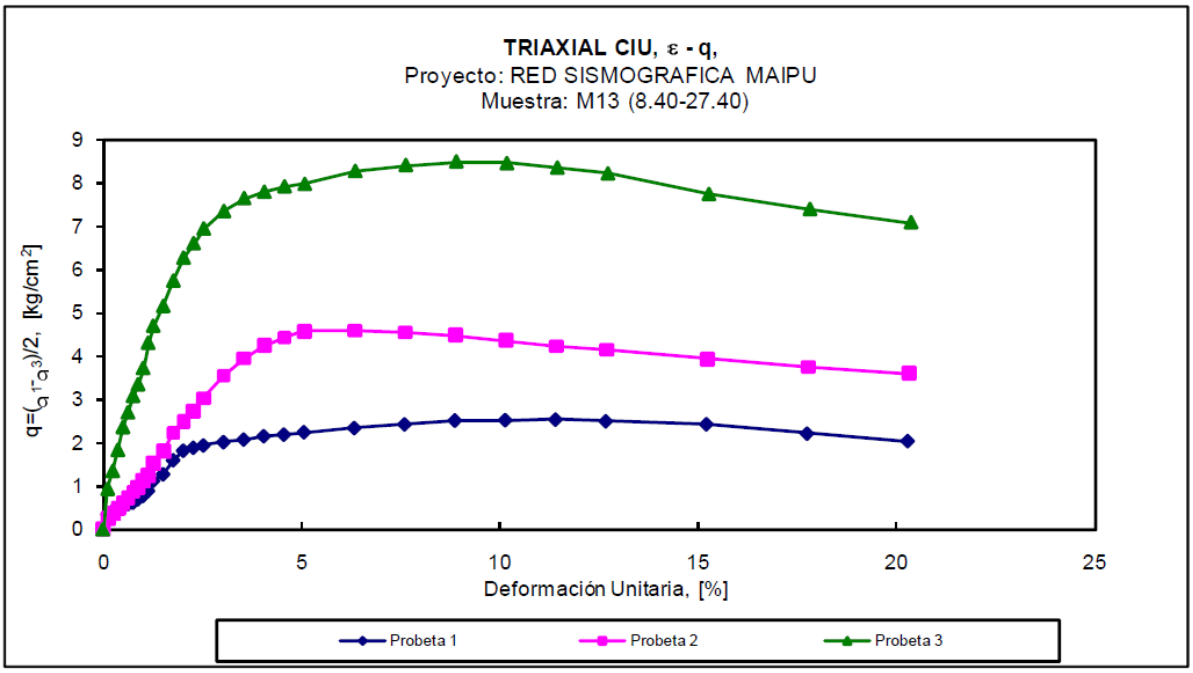


Figura 14. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (Pumacita), estrato III.

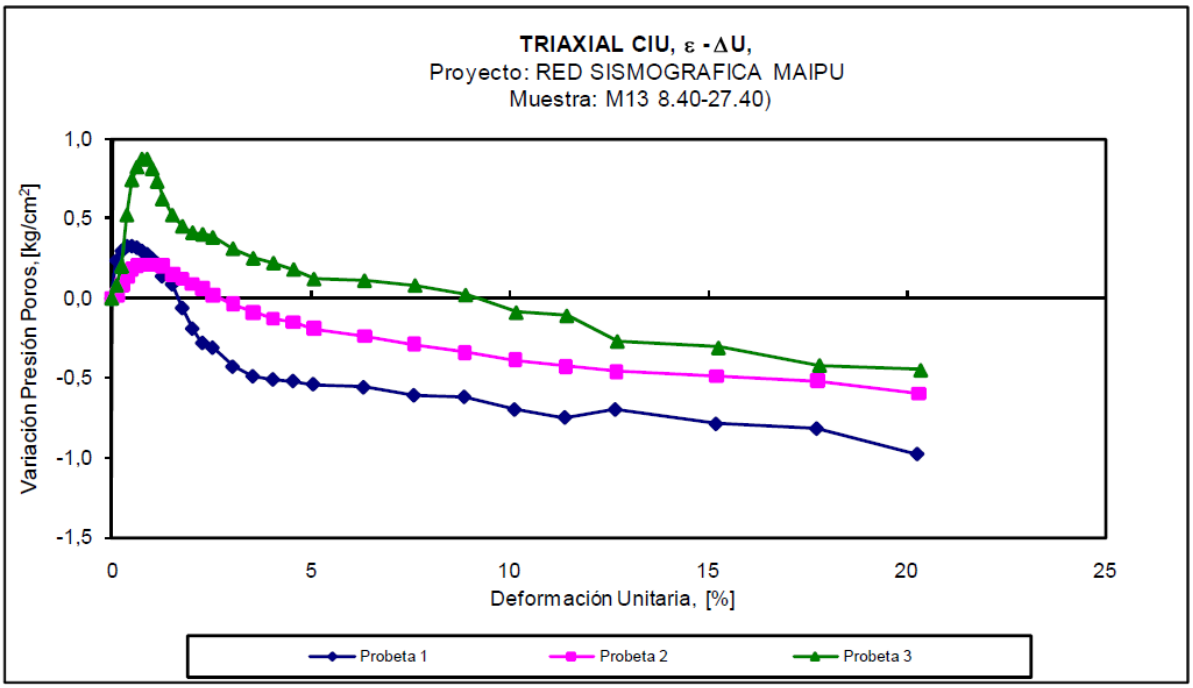


Figura 15. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M13 (pumacita), estrato III.

7.5. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_S) en los estratos de suelo III y IV, correspondientes a arenas limosas (pumacitas). En el caso de la muestra M13 (estrato III) los ensayos se realizaron sobre una probeta remoldeada, diseñada de acuerdo a los resultados de los ensayos de peso unitario, con presiones de confinamiento 0.5 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 3.5 kg/cm^2 y drenados al aire. Para la muestra M11 los ensayos se realizaron sobre una probeta tallada, con presiones de confinamiento efectivas 0.5 kg/cm^2 – 1.0 kg/cm^2 – 2.0 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2, en condición saturada y back pressure de 2 kg/cm^2

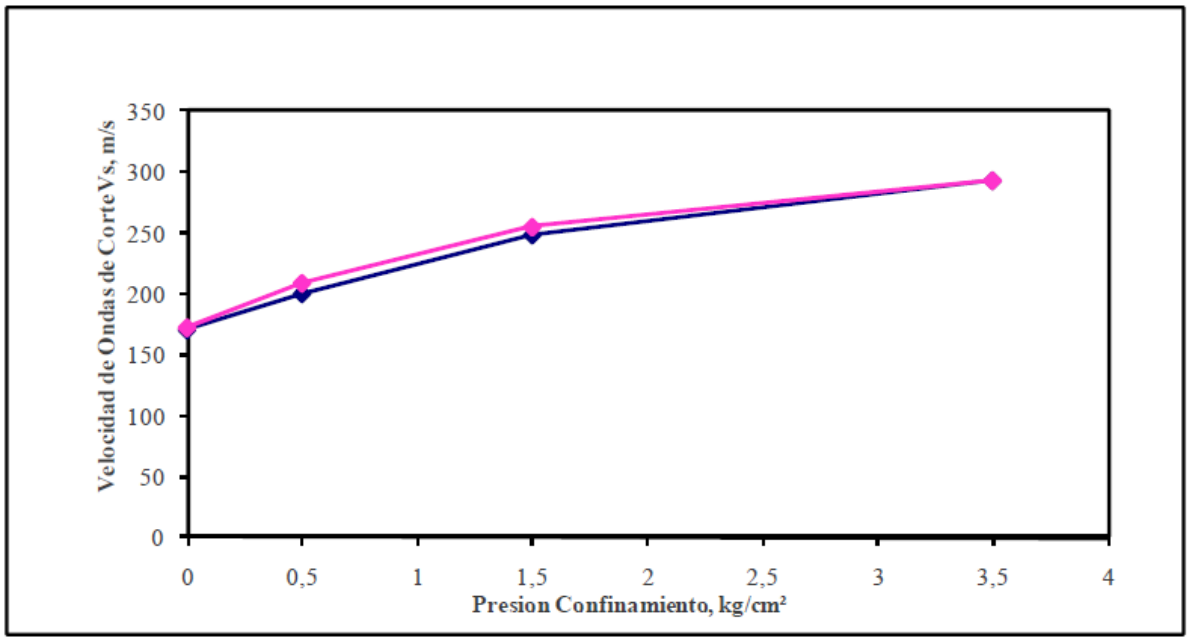


Figura 16. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M13 (estrato III). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

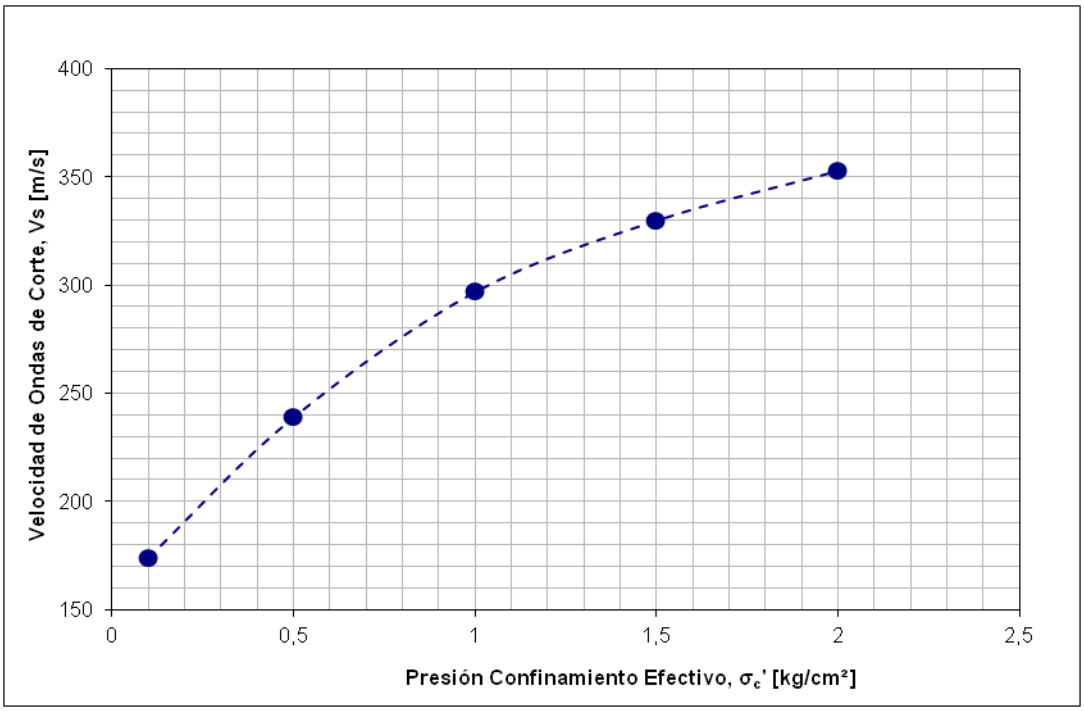


Figura 17. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M11 (estrato IV).

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

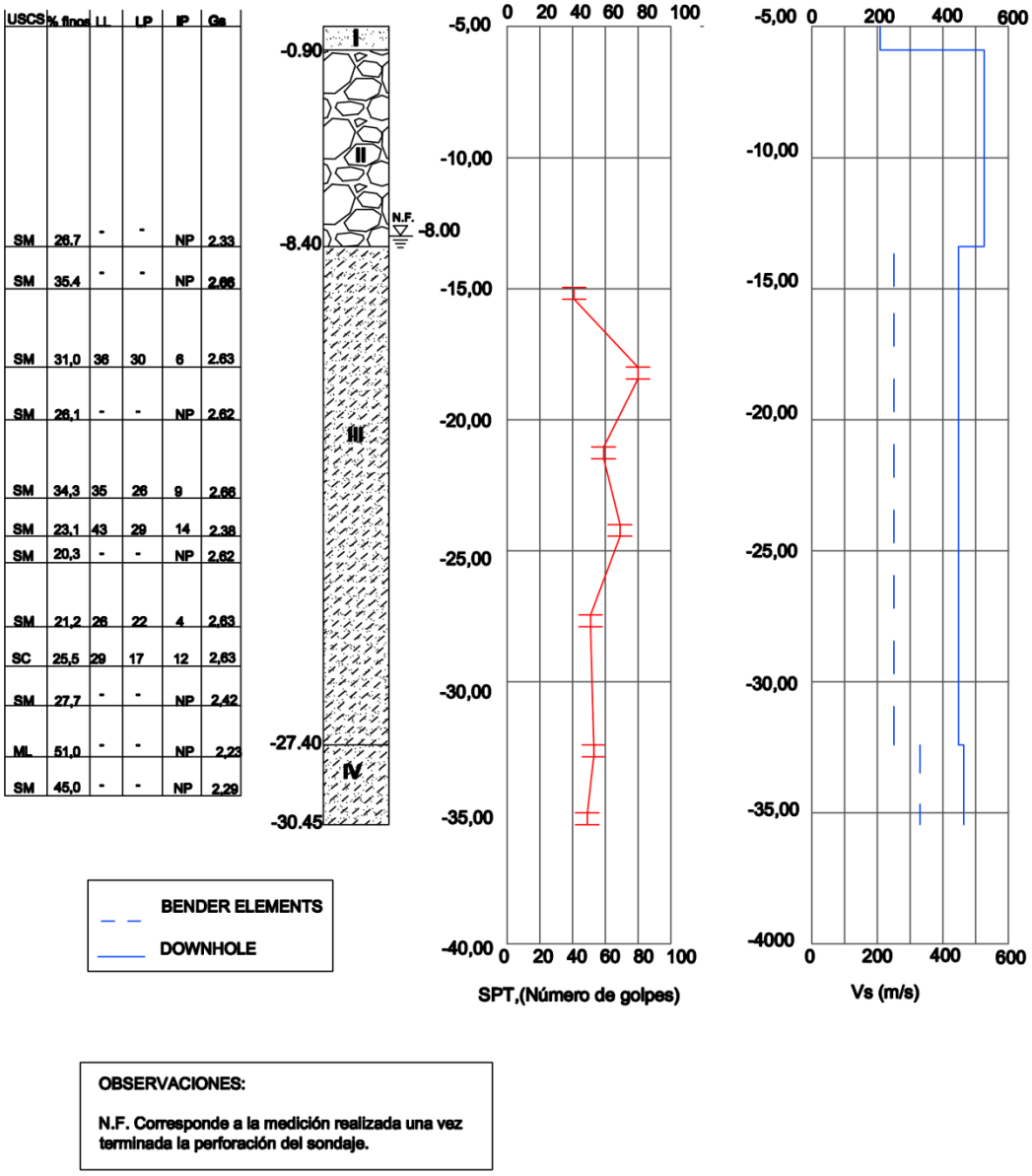


Figura 18. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION MAIPU

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE

Acreditación LE 304
Resolución Exenta 9111 MINVU 21 de diciembre de 2009
Resolución Exenta 5464 MINVU 07 de septiembre de 2011

INFORME DE ENSAYO OFICIAL Nº 712.152-A
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – SECTOR MAIPU

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 14
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** MAIPU		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 09 / 11 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 10 / 11 / 2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 18 / 11 / 2011	**FECHA DE EMISIÓN :** 13/12/2011	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-07 Humedad ASTM D2216-10
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- SLG-PP-15 Peso Unitario ASTM D423-000(2006)
- Bender elements
- Triaxial CIU

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M1	---	10.00-10.45	P	X	X
M2	---	13.00-13.45	P	X	X
M3	---	15.00-16.90	P	X	X
M4	---	18.00-19.00	P	X	X
M5	---	19.45-20.45	P	X	X
M6	---	20.45-22.45	P	X	X
M7	---	22.90-24.40	P	X	X
M8	---	24.40-25.90	P	X	X
M9	---	25.90-27.40	P	X	X
M10	---	27.85-29.35	P	X	X
M11	---	29.35-30.00	P	X	X
M12	---	8.40-9.00	P	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

La Clasificación USCS, Triaxial CIU y Bender elements no se encuentran en el alcance de la Acreditación LE-304

Nathalie Astorga I.	**Iván Bejarano B.**
Jefe Sección Laboratorio	**Jefe Área Geotecnia y Pavimentación**
Geotecnia –IDIEM	**Geotecnia –IDIEM**

VBO/NGD/kra

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	10-11-2011
Fecha Término	15-11-2011

IDENTIFICACION.

Muestra	Nº	M1	M2	M3	M4
Cota	[m]	**(10,00-10,45)**	**(13,00-13,45)**	**(15,00-16,90)**	**(18,00-19,00)**
Partículas sobre 3"	[%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"		100,0	100,0	100,0
25,400	1"		95,6	95,2	95,2
19,000	3/4"		94,8	93,1	95,2
9,520	3/8"		89,2	87,9	90,3
4,760	Nº 4	100,0	82,7	84,6	85,1
2,000	Nº 10	95,9	78,7	79,6	78,1
0,840	Nº 20	88,6	72,9	72,2	70,9
0,420	Nº 40	80,8	66,8	64,8	64,0
0,250	Nº 60	70,6	58,8	55,4	55,9
0,106	Nº 140	44,7	38,7	33,8	36,5
0,074	Nº 200	35,4	31,0	26,1	34,3
Límite Líquido		-	36	-	35
Límite Plástico		-	30	-	26
Indice de Plasticidad		NP	6	NP	9
Clasificación USCS		**SM**	**SM**	**SM**	**SM**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	10-11-2011
Fecha Término	15-11-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M5	M6	M7	M8
Cota [m]	**(19,45-20,45)**	**(20,45-22,45)**	**(22,90-24,40)**	**(24,40-25,90)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"			100,0	
38,100	1 1/2"	100,0	100,0	89,3	100,0
25,400	1"	95,5	95,1	83,5	92,0
19,000	3/4"	94,0	94,3	76,3	86,7
9,520	3/8"	80,3	88,1	69,6	78,8
4,760	Nº 4	73,4	80,9	63,3	67,9
2,000	Nº 10	68,3	71,0	56,2	58,8
0,840	Nº 20	61,8	62,9	48,8	50,5
0,420	Nº 40	55,7	55,9	42,8	44,1
0,250	Nº 60	48,5	47,2	36,8	38,8
0,106	Nº 140	29,4	27,9	25,3	28,9
0,074	Nº 200	23,1	20,3	21,2	25,5
Límite Líquido		43	-	26	29
Límite Plástico		29	-	22	17
Indice de Plasticidad		14	NP	4	12
Clasificación USCS		**SM**	**SM**	**SM**	**SC**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14-11-2011
Fecha Término	14-11-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M9	M10	M11	M12
Cota [m]	**(25,90-27,40)**	**(27,85-29,35)**	**(29,35-30,00)**	**(8,40-9,00)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"	100,0			100,0
25,400	1"	94,4			91,4
19,000	3/4"	93,3			91,4
9,520	3/8"	88,5		100,0	89,5
4,760	Nº 4	81,1	100,0	99,4	86,2
2,000	Nº 10	73,6	99,5	98,5	81,6
0,840	Nº 20	64,6	97,9	96,0	75,1
0,420	Nº 40	57,1	94,5	92,5	67,7
0,250	Nº 60	49,9	87,7	86,1	58,2
0,106	Nº 140	32,1	64,4	59,5	35,2
0,074	Nº 200	27,7	51,0	45,0	26,7

Límite Líquido	-	-	-	-
Límite Plástico	-	-	-	-
Indice de Plasticidad	NP	NP	NP	NP
Clasificación USCS	**SM**	**ML**	**SM**	**SM**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE HUMEDAD

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	17-11-2011
Fecha Término	17-11-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Horizonte [Nº]	Cota [m]	Humedad [%]
M12	----	(8,40-9,00)	26,77

Referencias

1. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-05
2. Las muestras fueron secadas a 110 ± 5ºC, hasta masa constante.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf.Ensaye	Nº 712-152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	21-11-2011
Fecha de Término	21-11-2011
Muestra	M 11 (29,35-30,00)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,06
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,00
VariaciónVolumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	1,30
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,12
Humedad de Confección	[%]=	4,86
Contrapresión	[kg/cm²]=	2,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,00
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,20

Observaciones:

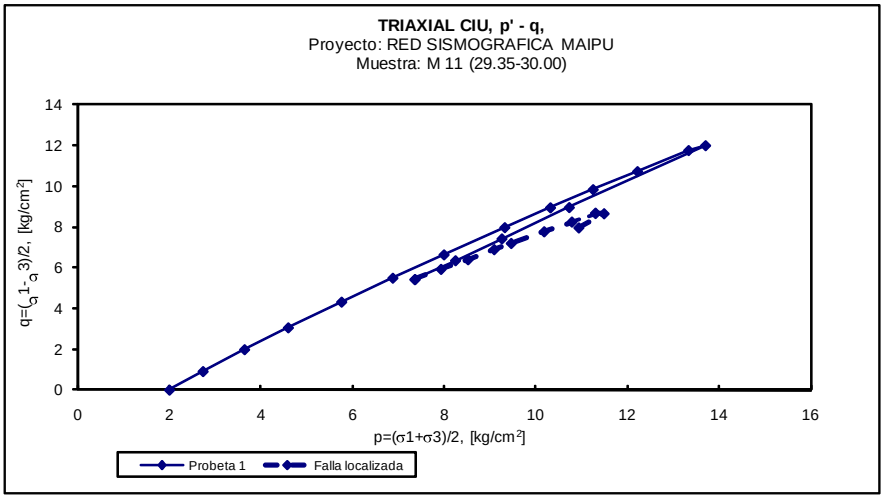
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

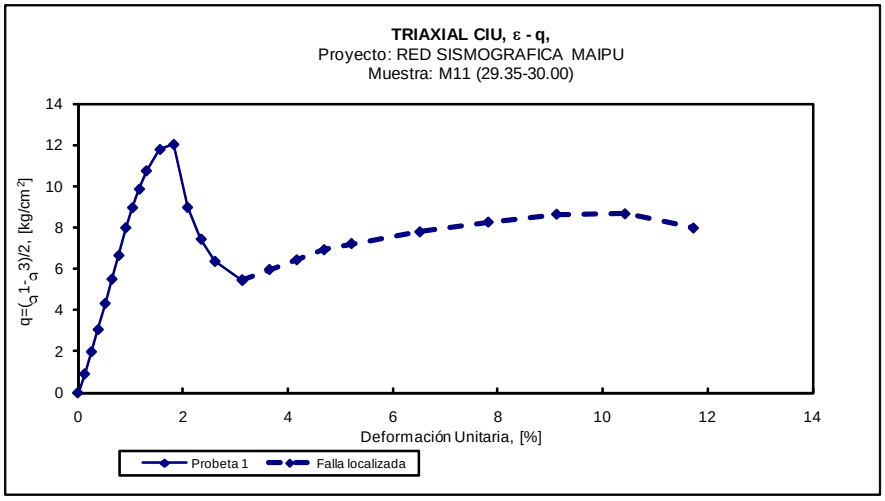
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

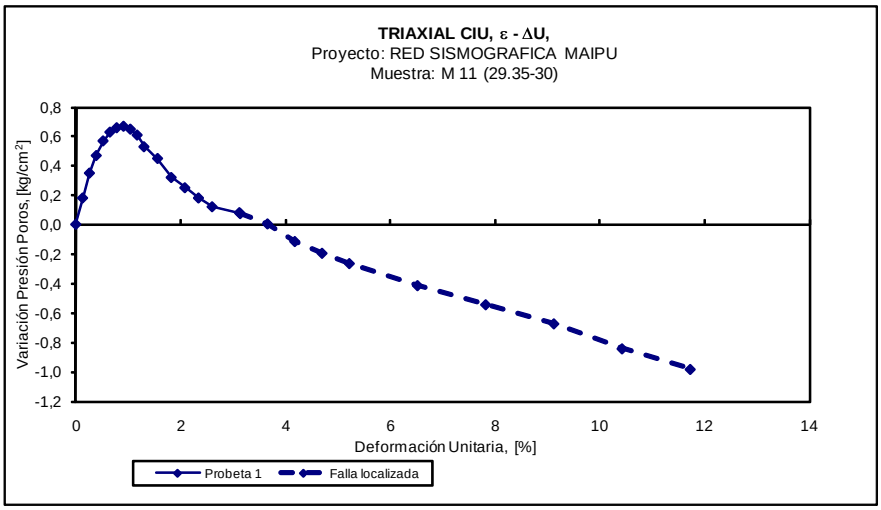
Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm^2]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	2,00	0,00
0,13	0,18	2,73	0,91
0,26	0,35	3,64	1,99
0,39	0,47	4,59	3,06
0,52	0,57	5,76	4,33
0,65	0,63	6,88	5,51
0,78	0,66	7,99	6,65
0,91	0,67	9,32	7,99
1,04	0,65	10,32	8,97
1,17	0,61	11,25	9,86
1,30	0,53	12,22	10,75
1,56	0,45	13,33	11,78
1,83	0,32	13,70	12,02
2,09	0,25	10,73	8,98
2,35	0,18	9,26	7,44
2,61	0,12	8,24	6,36
3,13	0,08	7,36	5,44
3,65	0,01	7,94	5,95
4,17	-0,11	8,53	6,42
4,69	-0,19	9,10	6,91
5,22	-0,26	9,47	7,21
6,52	-0,41	10,19	7,78
7,82	-0,54	10,80	8,26
9,13	-0,67	11,31	8,64
10,43	-0,84	11,50	8,66
11,73	-0,98	10,95	7,97

NOTA: Ensaye terminado antes del 20% de deformacion, por rotura de membrana, provocada por falla localizada de la probeta de ensaye

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14-11-2011
Fecha Término	23-11-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M1	10,00-10,45	2,66
M2	13,00-13,45	2,63
M3	15,00-16,90	2,62
M4	18,00-19,00	2,66
M5	19,45-20,45	2,38
M6	20,45-22,45	2,62
M7	22,90-24,40	2,63
M8	24,40-25,90	2,63
M9	25,90-27,40	2,42
M10	27,85-29,35	2,23

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14-11-2011
Fecha Término	15-11-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M11	29,35-30,00	2,29
M12	8,40-9,00	2,33

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION PESO UNITARIO

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	16-11-2011
Fecha Término	16-11-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M5	(19,45-20,45)	1,81	28,10	1,41
M7	(22,90-24,40)	1,72	1,44	1,69
M8	(24,40-25,90)	1,85	1,94	1,81
M10	(27,85-29,35)	1,27	14,75	1,11
M11	(29,35-30,00)	1,61	44,04	1,12

Referencias

1. Densidad de las muestras determinadas mediante la determinación del volumen por peso sumergido previa cobertura de la muestra con parafina sólida.
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA MAIPU
Inf.Ensaye	Nº 712.152-A
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	21-11-2011
Fecha de Término	21-11-2011
Muestra	Muestra M-11, (002-3395-11)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,00
Diametro Medio	cm	5,00
Diametro Inferior	cm	5,00
Peso Natural	g	229,68
Diámetro Promedio	cm	5,00
Area Promedio	cm^2	19,63
Altura Promedio	cm	10,06
Volumen	cm^3	197,49
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,16
Humedad Natural	%	4,86
Densidad Seca	gr/cm^3	1,11

Back-Pressure	kg/cm^2	2,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Dif. Volumetrica por Consolidacion cm^3	Variacion Densidad Seca g/cm^3	Observaciones
0,1	580	0,000580	**174**	0,4	1,111	B.P.= 2,0 kg/cm^2 y consolidada
0,5	421	0,000421	**239**	0,6	1,112	B.P.= 2,0 kg/cm^2 y consolidada
1	339	0,000339	**297**	0,9	1,114	B.P.= 2,0 kg/cm^2 y consolidada
1,5	305	0,000305	**330**	1,1	1,115	B.P.= 2,0 kg/cm^2 y consolidada
2	285	0,000285	**353**	1,3	1,116	B.P.= 2,0 kg/cm^2 y consolidada

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Saturada con contrapresion de 2 kg/cm^2

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE

Acreditación LE 304
Resolución Exenta 9111 MINVU 21 de diciembre de 2009
Resolución Exenta 5464 MINVU 07 de septiembre de 2011

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-E
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR MAIPU

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 8
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** MAIPU		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 09 / 11 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 12/ 01 / 2012	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 12/01/2012	**FECHA DE EMISIÓN :** 24/01/2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- Bender Element
- Triaxial CIU 5x10

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

La muestra recepcionada y ensayada corresponde al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestra recepcionada y ensayada

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M13	---	8.40-27.40	P	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/kra

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- MAIPU
Inf. Ensaye	Nº 712.152-E
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12-01-2012
Fecha Término	12-01-2012
Muestra	M13 (8,40-27,40)

Datos de Confección:

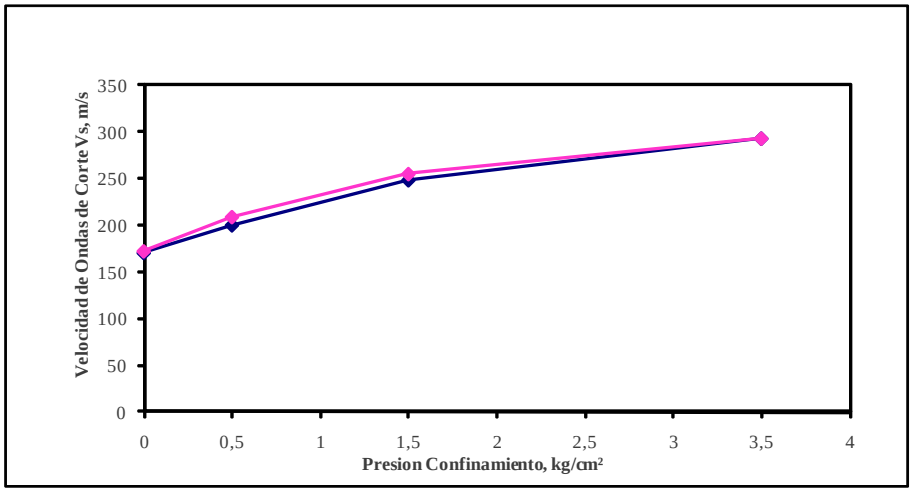
Diametro Superior	cm	4,980
Diametro Medio	cm	4,980
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	313,52
Diámetro Promedio	cm	4,980
Area Promedio	cm²	19,48
Altura Promedio	cm	9,849
Volumen	cm³	191,83
Densidad Humeda	gr/cm³	1,634
Humedad Natural	%	8,95
Densidad Seca	gr/cm³	1,500

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	576	0,000576	**171**	Drenado al aire.
0,5	491	0,000491	**201**	Drenado al aire.
1,5	396	0,000396	**249**	Drenado al aire.
3,5	336	0,000336	**293**	Drenado al aire.
1,5	386	0,000386	**255**	Drenado al aire.
0,5	471	0,000471	**209**	Drenado al aire.
0	571	0,000571	**172**	Drenado al aire.

Observaciones:
Muestra REMOLDEADA a densidad solicitada y ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- MAIPU
Inf.Ensaye	Nº 712.152-E
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	10-01-2012
Fecha de Término	11-01-2012
Muestra	M-13 (8,40-27,40)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	1,50
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,50
Humedad de Confección	[%]=	8,95
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,50	0,00
0,13	0,24	0,60	0,34
0,25	0,30	0,62	0,42
0,38	0,33	0,67	0,50
0,51	0,33	0,71	0,54
0,63	0,32	0,76	0,58
0,76	0,30	0,81	0,61
0,89	0,28	0,91	0,69
1,01	0,25	1,02	0,77
1,14	0,22	1,16	0,88
1,27	0,14	1,47	1,11
1,52	0,09	1,68	1,27
1,77	-0,06	2,15	1,59
2,03	-0,19	2,50	1,81
2,28	-0,28	2,66	1,88
2,53	-0,31	2,74	1,93
3,04	-0,43	2,94	2,01
3,55	-0,49	3,06	2,07
4,05	-0,51	3,15	2,14
4,56	-0,52	3,20	2,18
5,07	-0,54	3,27	2,23
6,33	-0,56	3,39	2,33
7,60	-0,61	3,53	2,42
8,87	-0,62	3,62	2,50
10,13	-0,70	3,71	2,51
11,40	-0,75	3,78	2,53
12,67	-0,70	3,69	2,49
15,20	-0,79	3,71	2,42
17,73	-0,82	3,52	2,20
20,27	-0,98	3,51	2,03

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- MAIPU
Inf.Ensaye	Nº 712.152-E
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	11-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M-13 (8,40-27,40)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	2,70
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,50
Humedad de Confección	[%]=	8,95
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,02	1,71	0,23
0,25	0,08	1,77	0,35
0,38	0,14	1,83	0,47
0,51	0,18	1,91	0,59
0,63	0,20	2,02	0,72
0,76	0,21	2,15	0,86
0,89	0,21	2,26	0,97
1,02	0,21	2,41	1,12
1,14	0,21	2,54	1,25
1,27	0,20	2,83	1,53
1,52	0,15	3,14	1,79
1,78	0,12	3,60	2,22
2,03	0,09	3,90	2,49
2,28	0,06	4,16	2,72
2,54	0,02	4,51	3,03
3,05	-0,04	5,08	3,54
3,55	-0,09	5,53	3,94
4,06	-0,13	5,87	4,24
4,57	-0,15	6,08	4,43
5,08	-0,19	6,26	4,57
6,35	-0,24	6,32	4,58
7,62	-0,29	6,33	4,54
8,88	-0,34	6,31	4,47
10,15	-0,39	6,25	4,36
11,42	-0,43	6,15	4,22
12,69	-0,46	6,11	4,15
15,23	-0,49	5,92	3,93
17,77	-0,52	5,76	3,74
20,31	-0,60	5,70	3,60

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- MAIPU
Inf.Ensaye	Nº 712.152-E
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M-13 (8,40-27,40)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	4,20
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,50
Humedad de Confección	[%]=	8,95
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	6,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

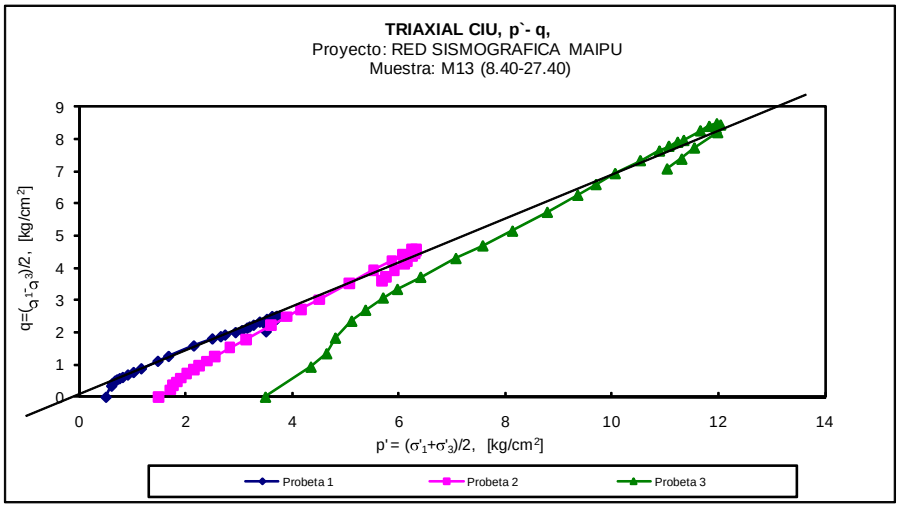
Observaciones:

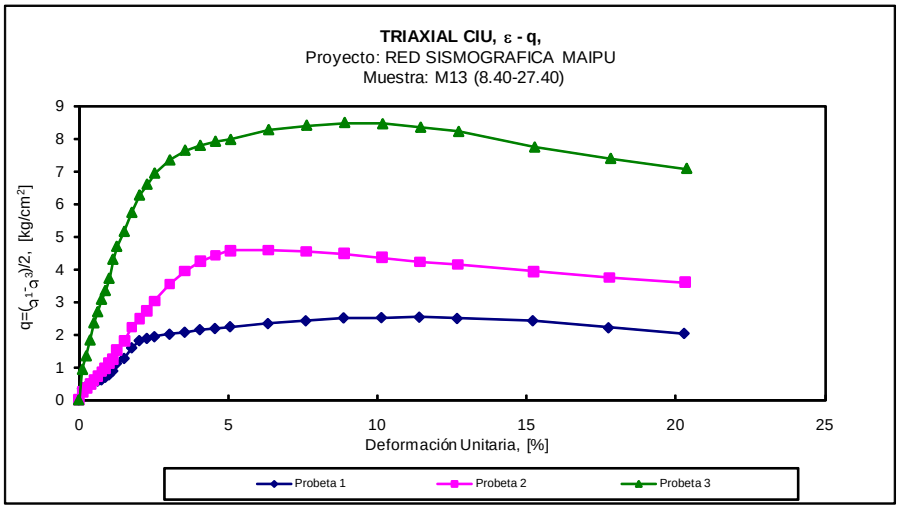
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

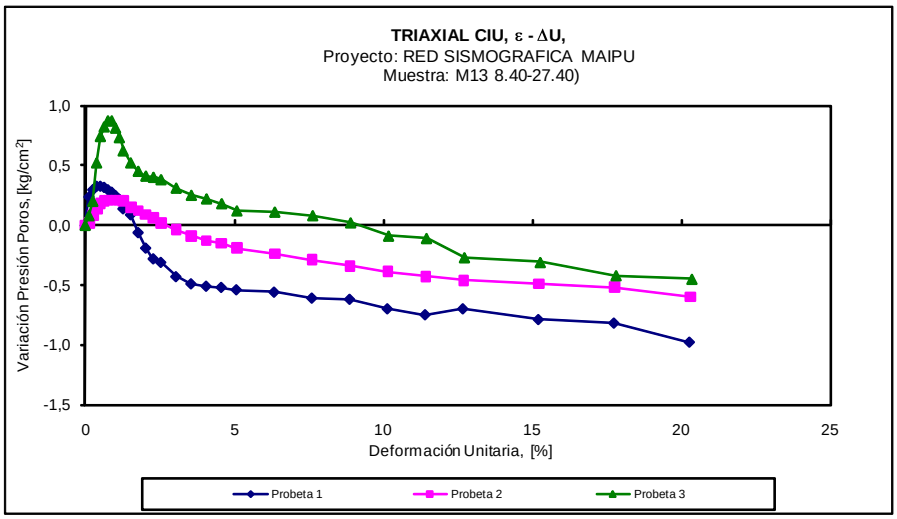
Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	3,50	0,00
0,13	0,08	4,35	0,93
0,25	0,20	4,65	1,35
0,38	0,52	4,81	1,83
0,51	0,74	5,12	2,36
0,64	0,82	5,38	2,70
0,76	0,87	5,71	3,08
0,89	0,87	5,97	3,34
1,02	0,81	6,41	3,72
1,15	0,73	7,07	4,30
1,27	0,62	7,57	4,69
1,53	0,52	8,13	5,15
1,78	0,45	8,78	5,73
2,04	0,41	9,35	6,26
2,29	0,40	9,69	6,59
2,54	0,38	10,05	6,93
3,05	0,31	10,52	7,33
3,56	0,25	10,88	7,63
4,07	0,22	11,06	7,78
4,58	0,18	11,23	7,91
5,09	0,12	11,34	7,96
6,36	0,11	11,65	8,26
7,63	0,08	11,82	8,40
8,91	0,02	11,96	8,48
10,18	-0,09	12,03	8,44
11,45	-0,11	11,95	8,34
12,72	-0,27	11,97	8,20
15,27	-0,31	11,54	7,73
17,81	-0,42	11,30	7,38
20,36	-0,45	11,03	7,08

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-E RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR MAIPU

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOGRAFICA – ESTACION MAIPU

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS
DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION MAIPU**
Profundidad **30m**
Coordenadas **335.514,23m E 6.290.907,99m S**

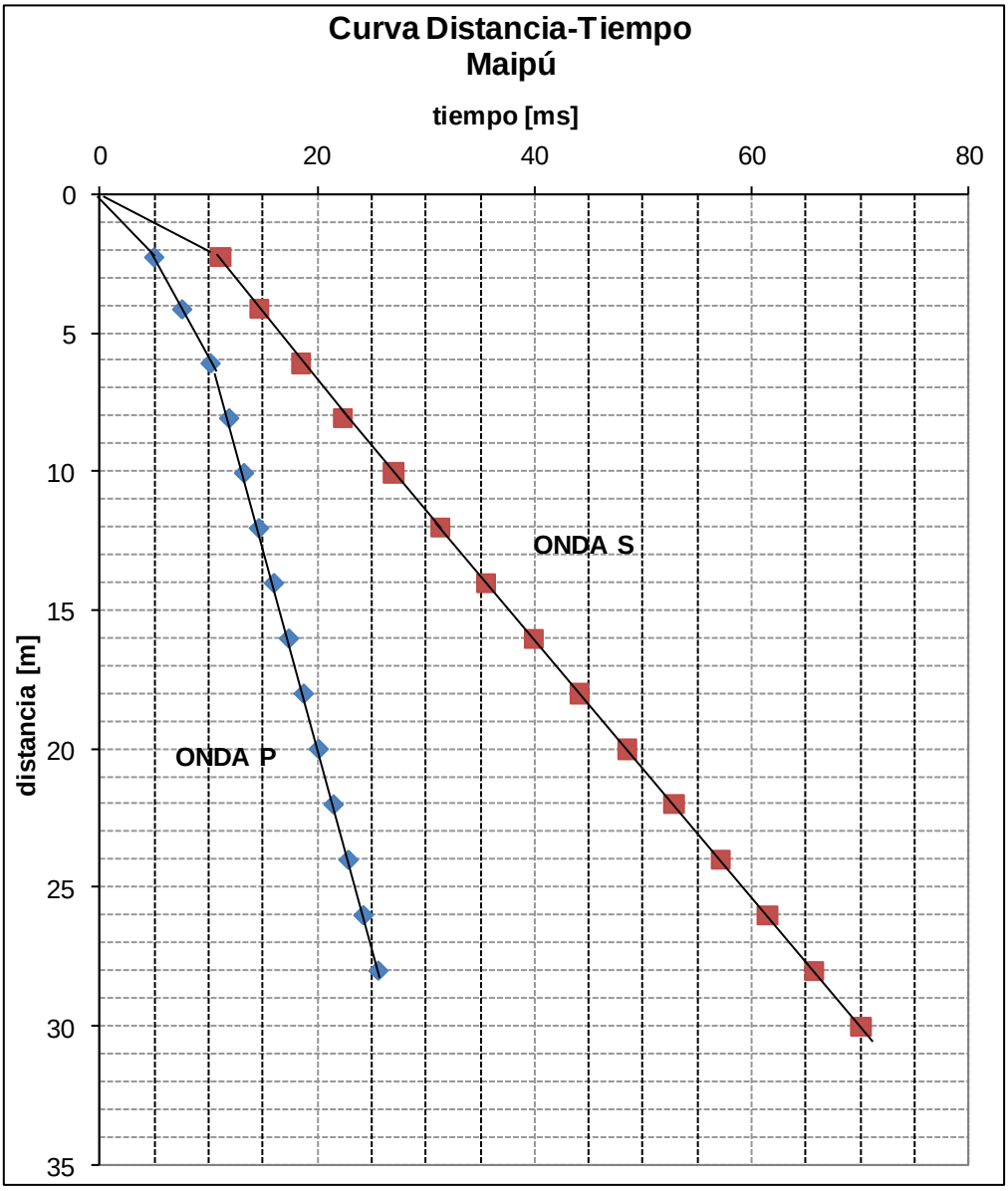
Fecha Ejecución **7-12-2011**

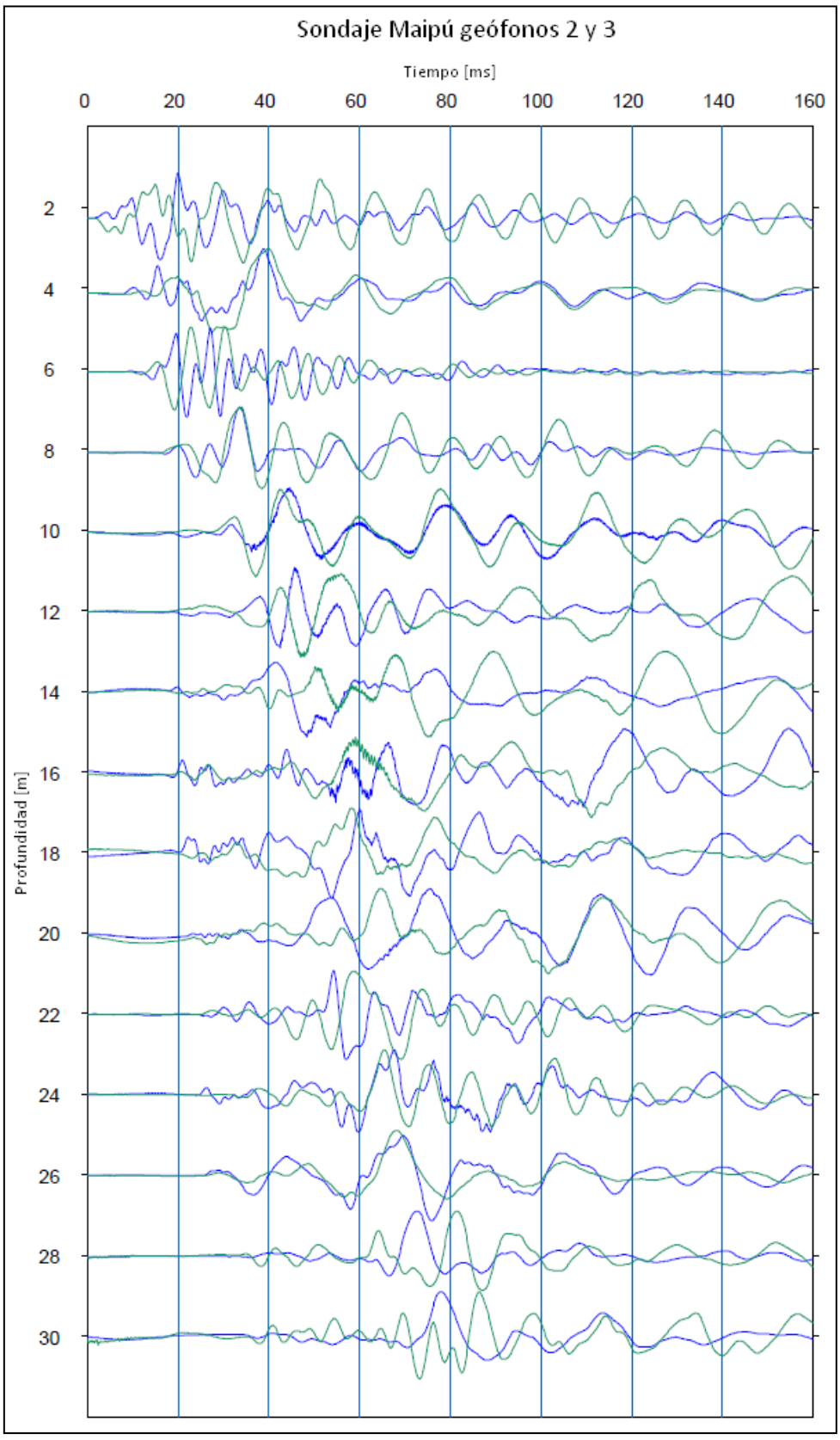
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,3	5,0	11,1
4,0	4,2	7,6	14,7
6,0	6,1	10,2	18,5
8,0	8,1	11,9	22,3
10,0	10,1	13,3	27,0
12,0	12,1	14,7	31,3
14,0	14,0	16,1	35,6
16,0	16,0	17,4	39,9
18,0	18,0	18,8	44,2
20,0	20,0	20,2	48,5
22,0	22,0	21,6	52,8
24,0	24,0	22,9	57,1
26,0	26,0	24,3	61,5
28,0	28,0	25,7	65,8
30,0	30,0	-	70,1

Velocidades

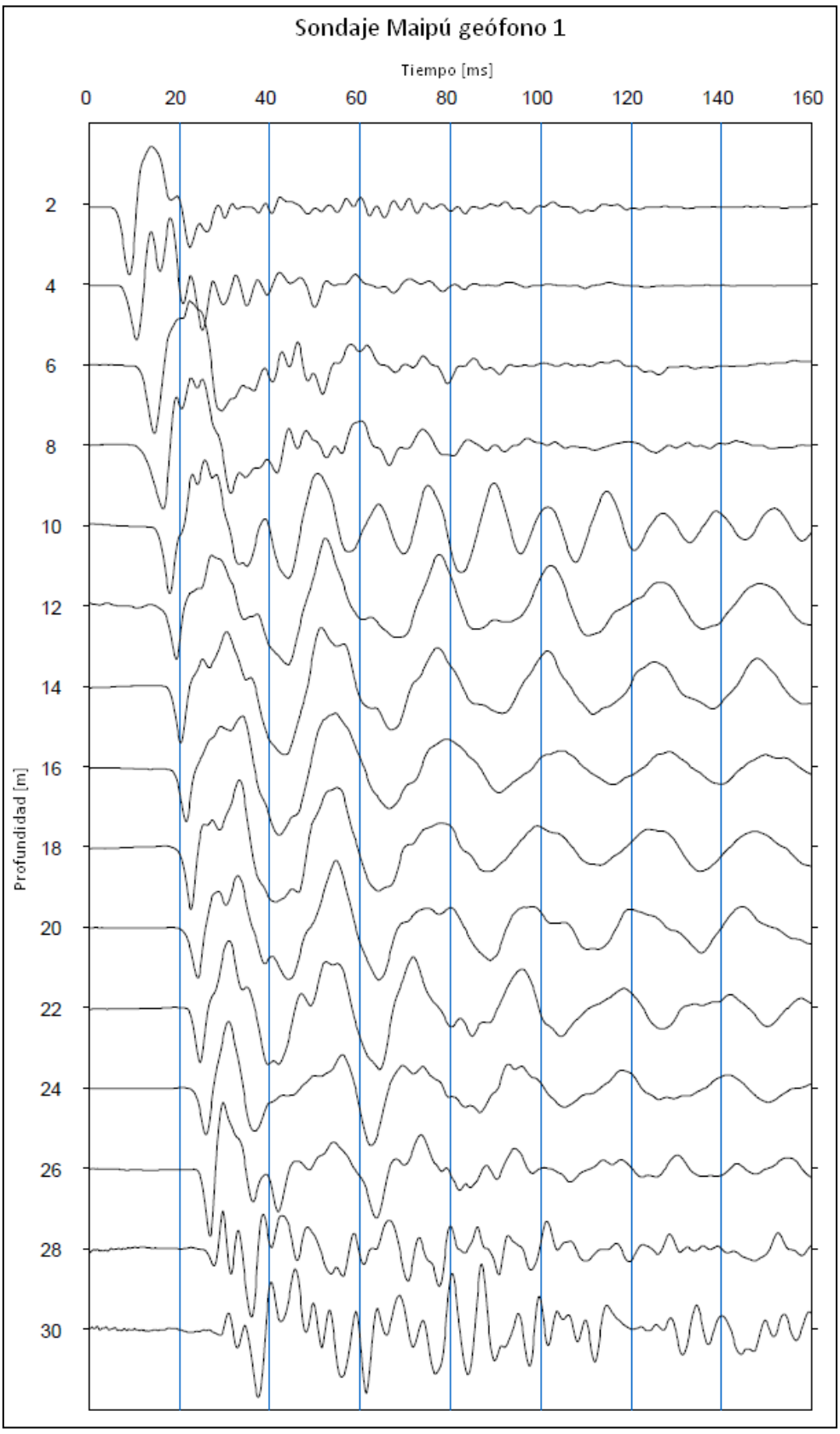
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	410	200
2,00	6,00	800	520
6,00	8,00	1420	520
8,00	12,00	1420	440
12,00	30,00	1420	460

Observaciones:
Existe lectura de napa a los 8m de profundidad.


Curva Distancia-Tiempo
Maipú
tiempo [ms]
0
20
40
60
80
distancia [m]
0
5
10
15
20
25
30
35
ONDA S
ONDA P



Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION MATANZAS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		REF.:	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 25
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**		**DESTINATARIO:**
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFÍA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 20
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 20
7.2. PESO UNITARIO 21
7.3. TRIAXIAL CIU 21
7.4. BENDER ELEMENTS 23
8. RESUMEN DE RESULTADOS 24

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la localidad de Matanzas, comuna de Navidad. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje. 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje. 10
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 11
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-8.30m. 15
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 8.30m-14.05m. 15
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 14.05m-19.00m. 16
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 19.00m-24.15m. 16
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.15m-29.65m. 17
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 29.65m-35.05m. 17
Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 35.05m-40.55m. 18
Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 40.55m-45.80m. 18
Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 48.50m-50.10m. 19
Figura 15. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 20
Figura 16. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III. 21
Figura 17. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III. 22
Figura 18. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III. 22
Figura 19. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M5 (Estrato III). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga. 23
Figura 20. Log del sondaje. 24

TABLAS

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación. 5
Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos. 12
Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 12
Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 14
Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 20
Tabla 7. Resultados de los ensayos de peso unitario. 21
Tabla 8. Resultado de ensayo *Bender Elements* para la muestra M9 (Estrato VII). 23

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la localidad costera de Matanzas, comuna de Navidad, VI Región.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la localidad de Matanzas, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la localidad de Matanzas, comuna de Navidad.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la comuna de Maipú se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
Longitudinal	0,342
Vertical	0,234
Transversal	0,308

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 30.45m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión no confinada, triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la localidad de Matanzas se basó en la perforación de un sondaje de 50.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la figura 2, además en la tabla 2 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	234420 m E	6238428 m S	50.00

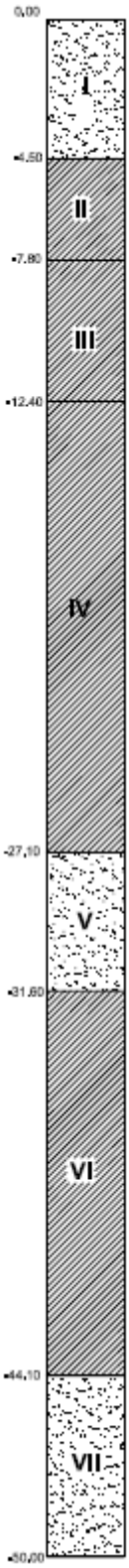
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. Estratigrafía

El suelo en estudio está constituido principalmente por arcillas muy consolidadas con intercalaciones de estratos de arenas altamente cementadas.



Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
Inferior	Superior		
0,00	4,50	4,50	Arena pobremente graduada color negro grisáceo de compacidad alta. Presencia de lentes de grava de cantos angulares y tamaño máximo 3''.
4,50	7,80	3,30	Arcilla color gris verdoso, consolidada, consistencia alta y plasticidad alta. Presencia de lentes de grava de cantos angulares, tamaño máximo 1 1/2''.
7,80	12,40	4,60	Arcilla color café claro, consolidada, consistencia alta y plasticidad alta. Presencia de vetas de color rojo amarillento y lentes de arena cementada.
12,40	27,10	14,70	Arcilla color gris verdoso, consolidado, consistencia alta y plasticidad baja.
27,10	31,60	4,50	Arena color gris verdoso, cementada y compacidad alta. Presencia de lentes de arcillas consolidadas.
31,60	44,10	12,50	Arcilla color gris claro, consolidada, consistencia alta y plasticidad baja.
44,10	50,00	5,90	Arena color gris verdoso, cementada y compacidad alta. Presencia de vetas color negro. Presencia de lentes de arcillas consolidadas color gris oscuro.

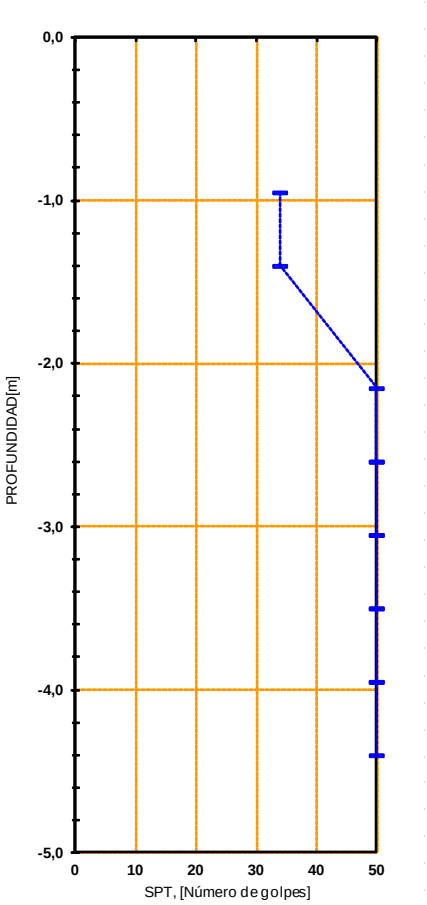
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos de limos y arenas.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,95	1,40
2,15	2,60
2,60	3,05
3,05	3,50
3,50	3,95
3,95	4,40

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
10	15	19	34
11	47	50	97
13	45	48	93
14	42	49	91
24	33	39	72
26	31	43	74



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	4,50	490	370
II	4,50	7,80	1710	370
III	7,80	12,40	1710	370
IV	12,40	27,10	1710	370
V	27,10	31,60	1710	-
VI	31,60	44,10	1710	630
VII	44,10	50,00	1710	630

A partir de los 4.50m la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática. Mayores detalles de los resultados se presentan en el Anexo B.

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	0,00	0,60	0,60	0,27	45
HQ3	0,60	0,95	0,35	0,35	100
SPT	0,95	1,40	0,45	0,42	93
HQ3	1,40	1,55	0,15	0,15	100
HQ3	1,55	2,15	0,60	0,30	50
SPT	2,15	2,60	0,45	0,40	89
SPT	2,60	3,05	0,45	0,40	89

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
SPT	3,05	3,50	0,45	0,43	96
SPT	3,50	3,95	0,45	0,45	100
SPT	3,95	4,40	0,45	0,45	100
HQ3	4,40	5,00	0,60	0,60	100
HQ3	5,00	5,60	0,60	0,60	100
HQ3	5,60	7,10	1,50	0,50	33
HQ3	7,10	7,70	0,60	0,60	100
HQ3	7,70	8,30	0,60	0,40	67
HQ3	8,30	8,80	0,50	0,44	88
HQ3	8,80	9,40	0,60	0,60	100
HQ3	9,40	10,00	0,60	0,35	58
HQ3	10,00	10,60	0,60	0,50	83
HQ3	10,60	11,20	0,60	0,40	67
HQ3	11,20	11,80	0,60	0,60	100
HQ3	11,80	12,40	0,60	0,60	100
HQ3	12,40	13,15	0,75	0,75	100
HQ3	13,15	13,75	0,60	0,60	100
HQ3	13,75	14,35	0,60	0,60	100
HQ3	14,35	14,95	0,60	0,60	100
HQ3	14,95	15,75	0,80	0,80	100
HQ3	15,75	16,35	0,60	0,60	100
HQ3	16,35	16,95	0,60	0,60	100
HQ3	16,95	18,15	1,20	1,20	100
HQ3	18,15	19,65	1,50	1,50	100
HQ3	19,65	21,15	1,50	1,50	100
HQ3	21,15	22,65	1,50	1,50	100
HQ3	22,65	24,15	1,50	1,50	100
HQ3	24,15	25,65	1,50	1,50	100
HQ3	25,65	27,15	1,50	1,50	100
HQ3	27,15	28,65	1,50	1,50	100
HQ3	28,65	30,15	1,50	1,50	100
HQ3	30,15	31,65	1,50	1,50	100
HQ3	31,65	33,15	1,50	1,50	100
HQ3	33,15	34,65	1,50	1,40	93
HQ3	34,65	36,25	1,60	1,60	100
HQ3	36,25	37,85	1,60	1,60	100
HQ3	37,85	39,35	1,50	1,50	100
HQ3	39,35	40,85	1,50	1,50	100
HQ3	40,85	42,25	1,40	1,40	100
HQ3	42,25	43,75	1,50	1,50	100

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	43,75	45,25	1,50	1,50	100
HQ3	45,25	46,75	1,50	1,50	100
HQ3	46,75	48,00	1,25	1,25	100
HQ3	48,00	49,50	1,50	1,50	100
HQ3	49,50	51,00	0,60	0,50	100

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación	
			Tipo	Profundidad [m]
07-11-2011	20:00	0,80	HQ3	4,40
08-11-2011	8:00	-	HQ3	4,40
08-11-2011	20:00	0,60	HQ3	9,40
09-11-2011	8:00	3,65	HQ3	9,40
09-11-2011	20:00	1,05	HQ3	14,95
10-11-2011	8:00	3,85	HQ3	14,95
10-11-2011	20:00	1,20	HQ3	21,15
11-11-2011	8:00	3,70	HQ3	21,15
11-11-2011	20:00	0,70	HQ3	30,15
12-11-2011	8:00	3,80	HQ3	30,15
12-11-2011	20:00	0,60	HQ3	40,85
13-11-2011	8:00	4,10	HQ3	40,85
13-11-2011	20:00	0,90	HQ3	50,00

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

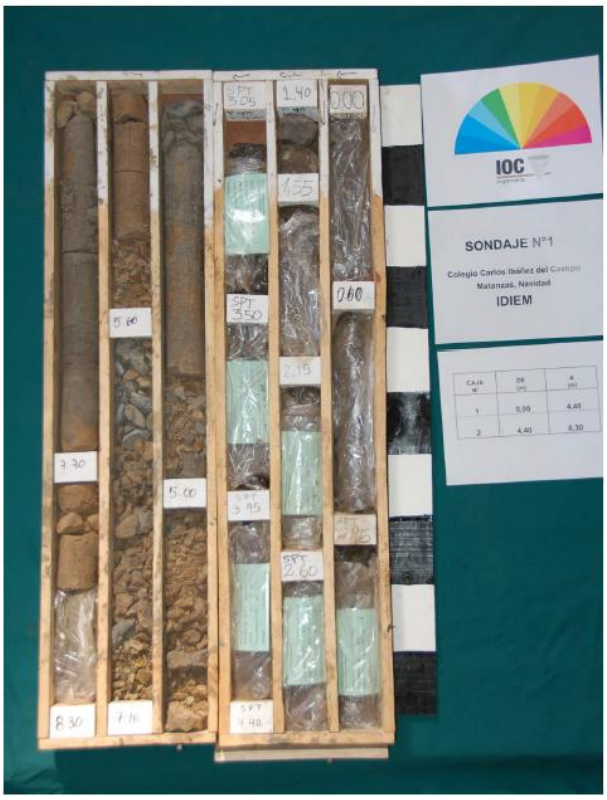


Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-8.30m.

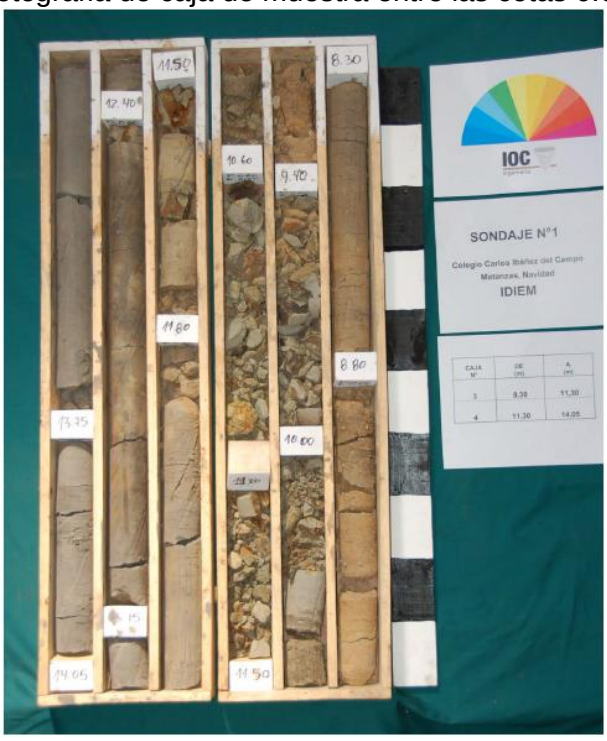


Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 8.30m-14.05m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 14.05m-19.00m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 19.00m-24.15m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.15m-29.65m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 29.65m-35.05m.

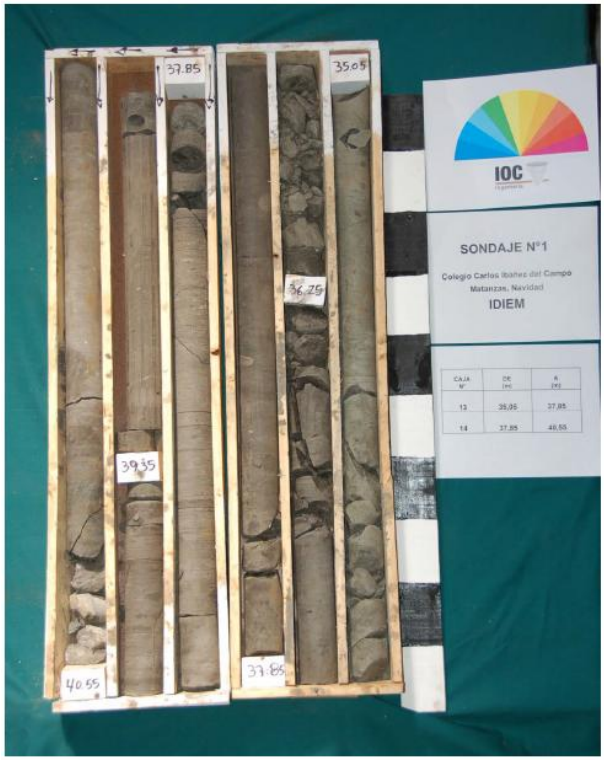


Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 35.05m-40.55m.

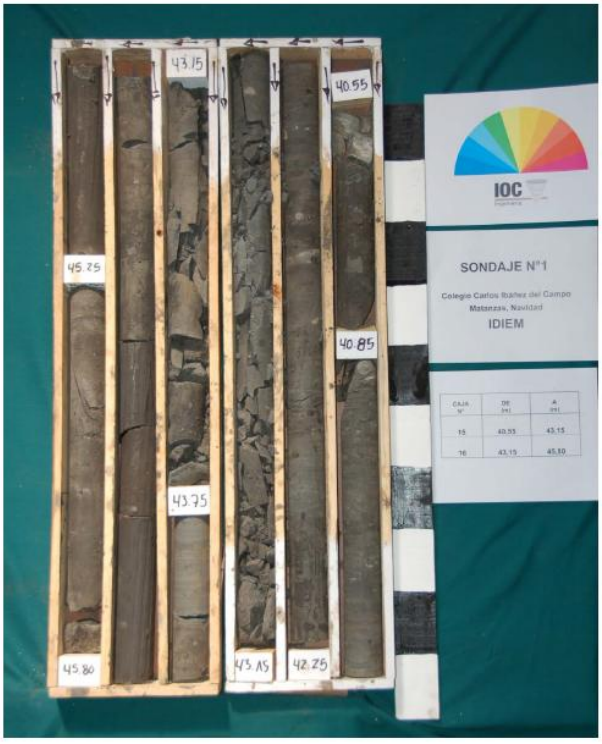


Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 40.55m-45.80m.

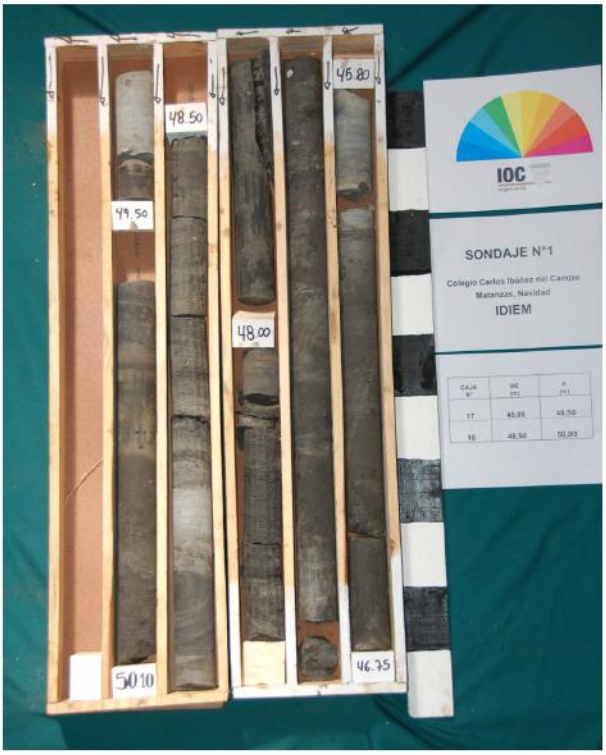


Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 48.50m-50.10m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras estudiadas corresponden, en general, arcillas de alta plasticidad y arenas limosas pobremente graduadas.

Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	0,95-1,40	SP	3,5	-	-	NP	2,73
M2	2,60-3,05	SP	4,5	-	-	NP	2,72
M3	3,95-4,40	SP	2,7	-	-	NP	2,73
M4	5,00-5,60	CH	95,2	64	32	32	2,66
M5	8,30-9,40	CH	76,7	57	30	27	2,72
M6	22,65-24,15	CL	86,4	49	23	26	2,64
M7	33,15-34,65	CH	89,3	55	29	26	2,63
M8	43,75-45,25	CH	76,6	56	27	29	2,66

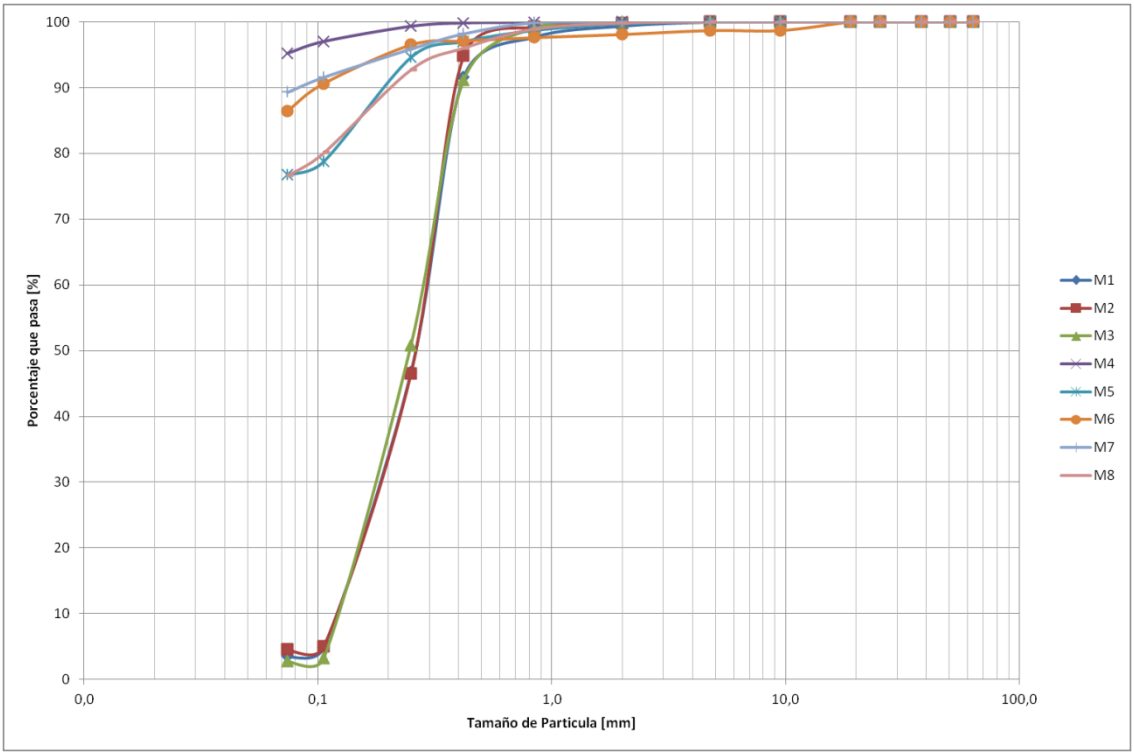


Figura 15. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Peso Unitario

Se llevo a cabo ensayos de peso unitario obteniéndose las siguientes densidades y humedades.

Tabla 7. Resultados de los ensayos de peso unitario.

Muestra	Cotas [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M5	8,30-9,40	1,60	5,55	1,51

7.3. Triaxial CIU

Se realizó una serie de tres ensayos triaxiales CIU sobre muestras de arcilla correspondiente al estrato III. Se confeccionaron probetas remoldeadas de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de peso unitario, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2.

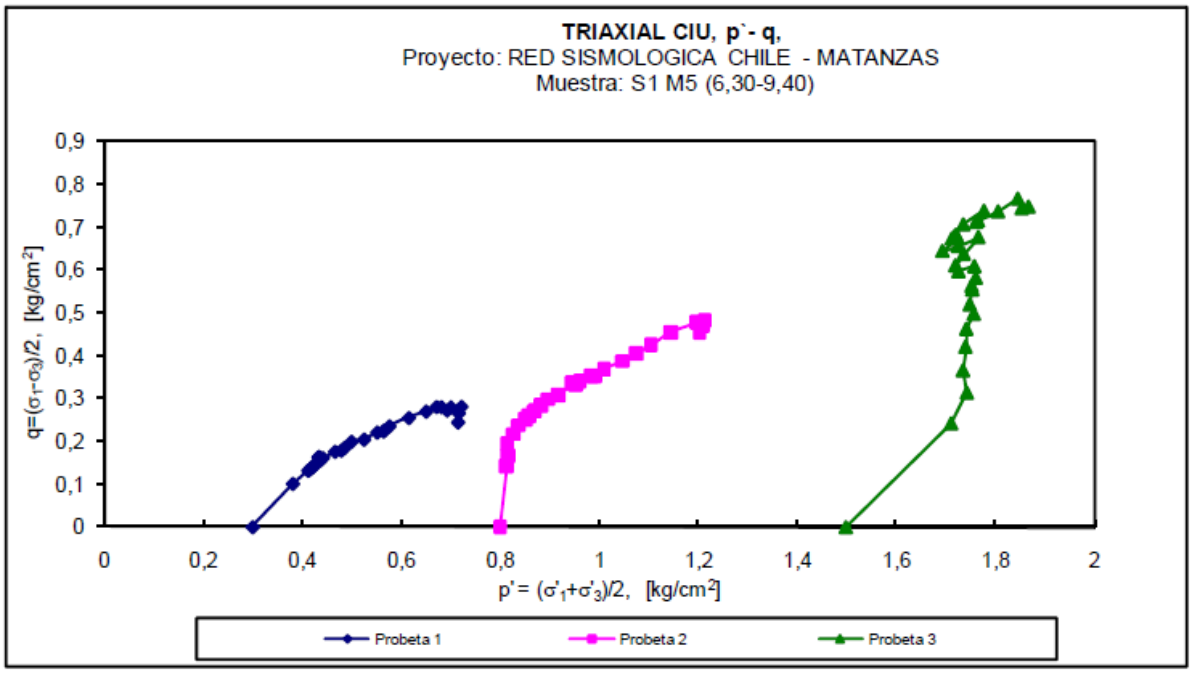


Figura 16. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III.

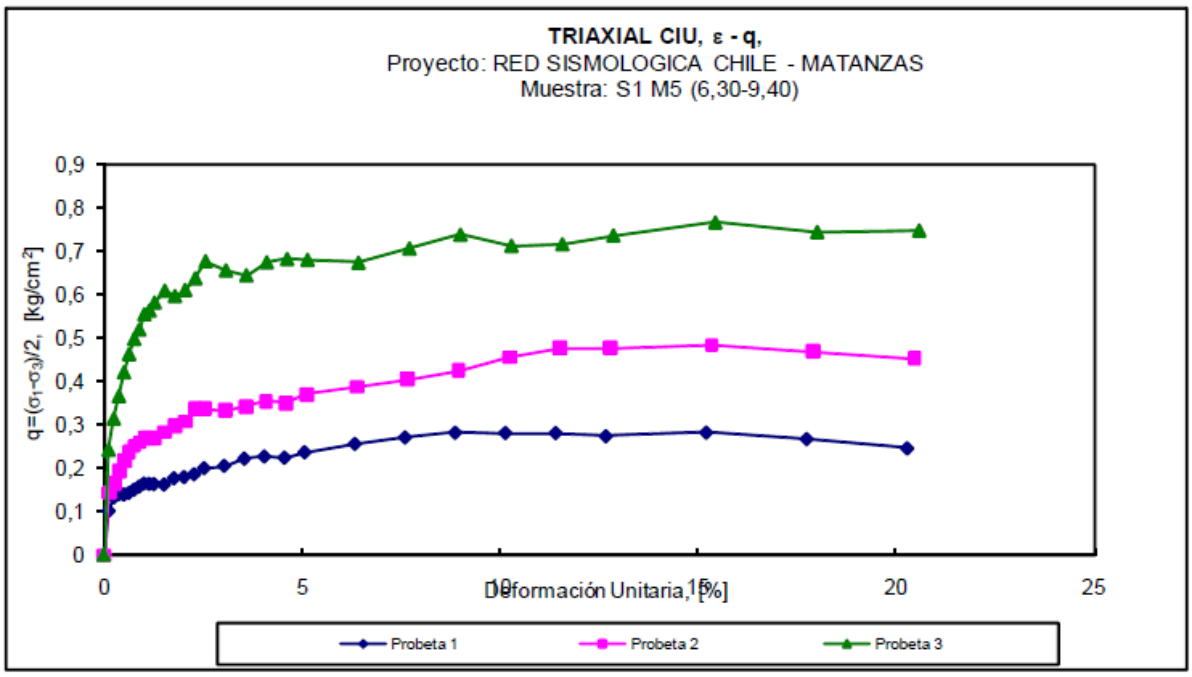


Figura 17. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III.

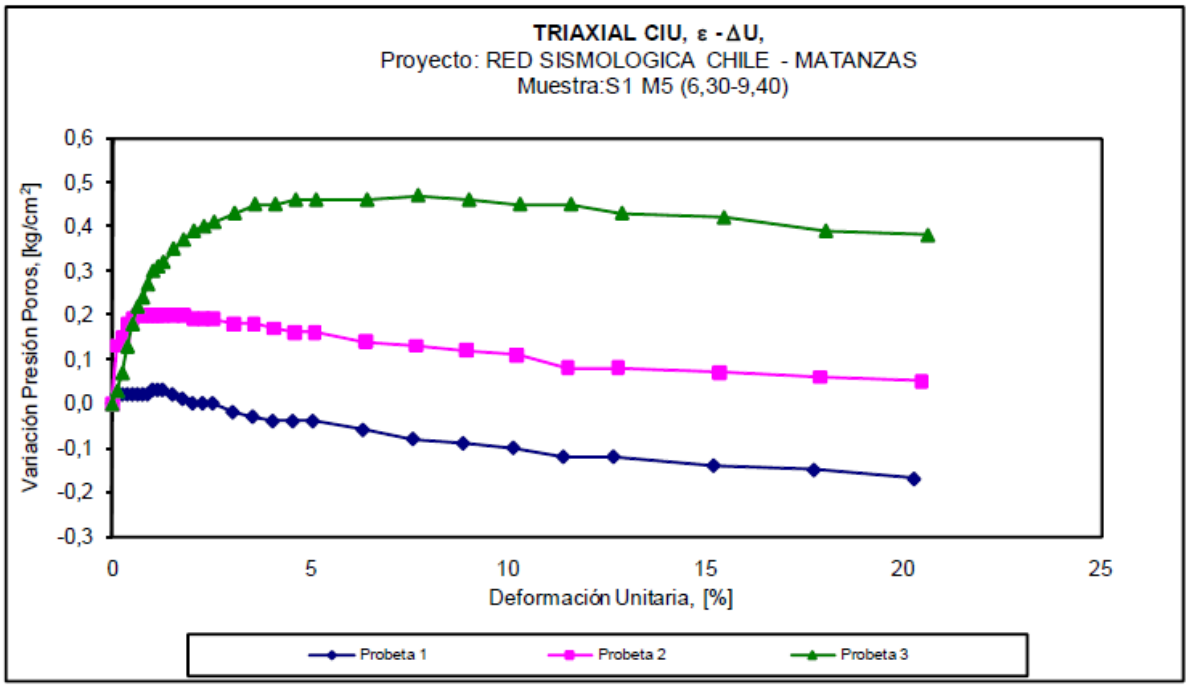


Figura 18. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M5 (CH), Estrato III.

7.4. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_S) en los estratos de suelo III y VII. En el caso de la muestra M5 (Estrato III) los ensayos se realizaron sobre una probeta tallada con presiones de confinamiento efectivas 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 y drenados al aire. Para la muestra M9 (Estrato VII) el ensayo se realizó sobre una probeta tallada, sin presión de cámara y drenada al aire.

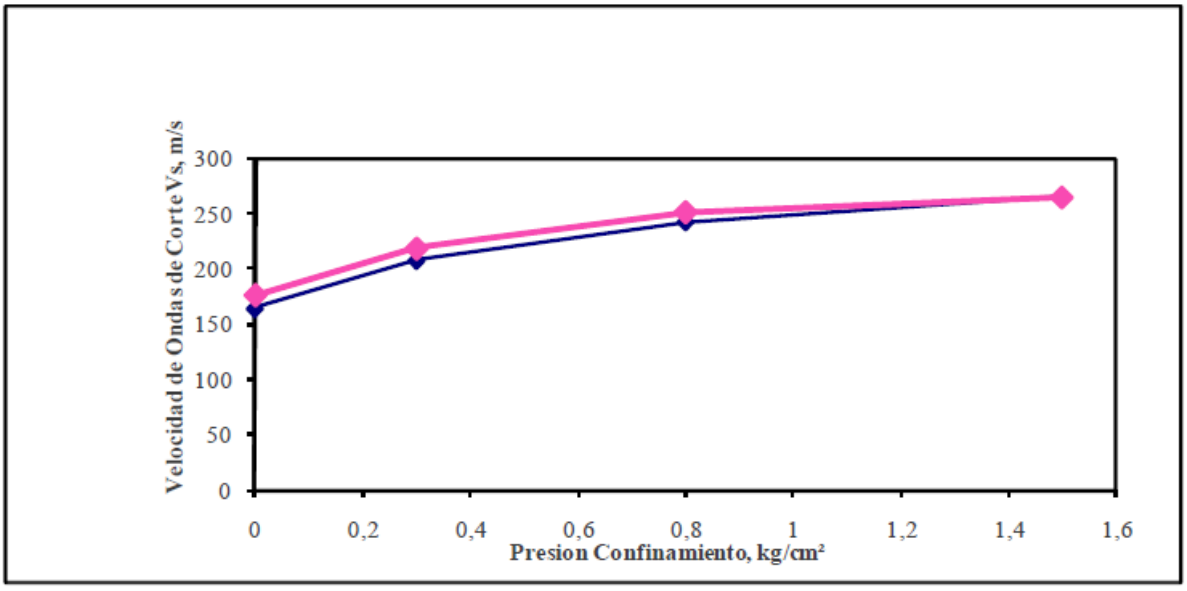


Figura 19. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M5 (Estrato III). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

Tabla 8. Resultado de ensayo *Bender Elements* para la muestra M9 (Estrato VII).

Muestra	Cotas [m]	Tiempo de Arribo [µs]	Vs [m/s]
M9	49.50-50.00	127	786

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

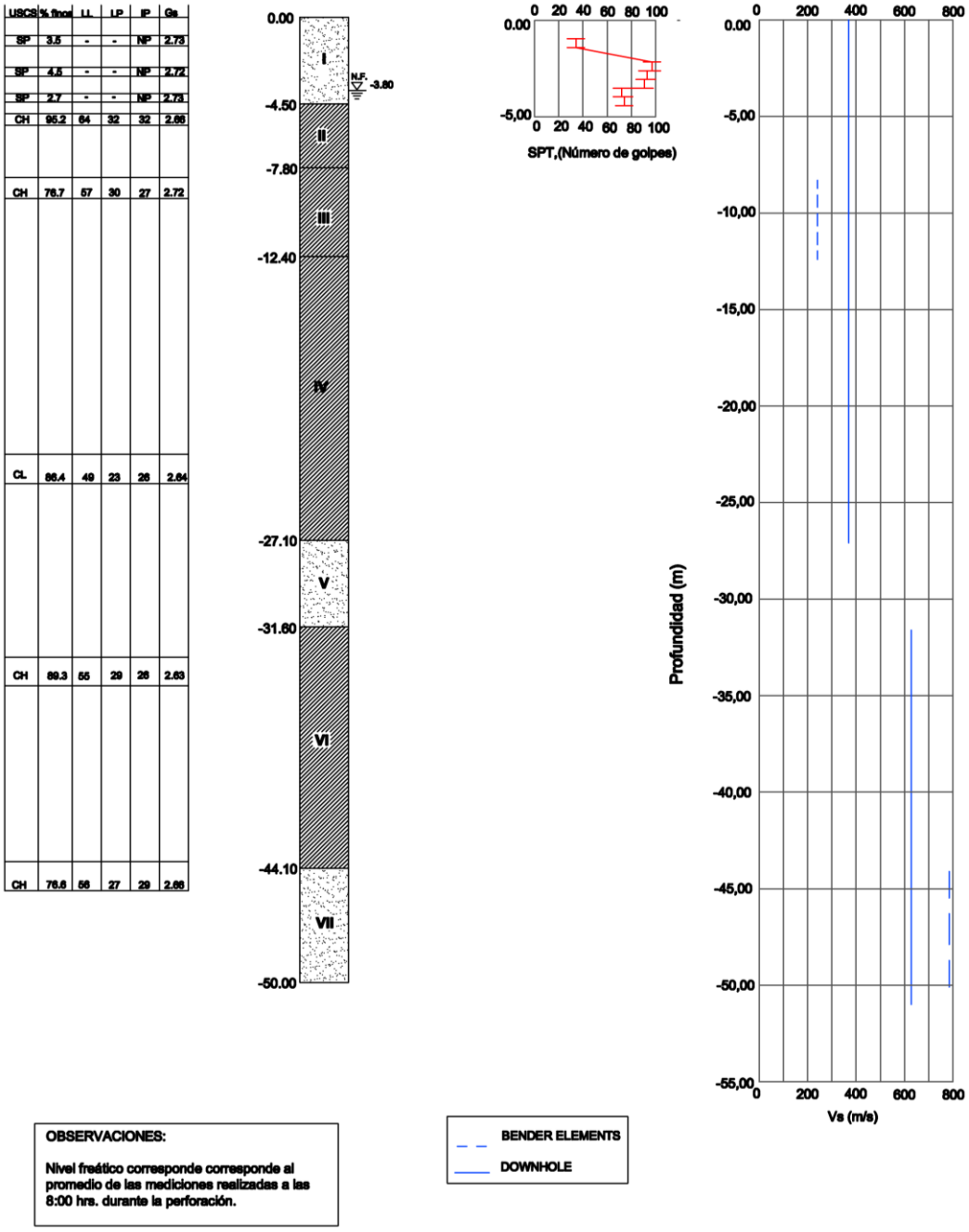


Figura 20. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION MATANZAS

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-I
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE - MATANZAS

OT Nº 85-0000008-11-00

<table>
<tr><td colspan="2">SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA</td><td>REF.: SLG.PRE.AC 64</td><td>EJEMPLAR N°: 1</td><td>N° DE PÁGINAS: 13</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ELABORADO POR:

Valeska Barahona O.</td><td rowspan="2">REVISADO POR:

Nathalie Astorga I.
Alejandra Sanchez D.</td><td rowspan="2">APROBADO POR:

Iván Bejarano B.</td><td colspan="2">CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago
DESTINATARIO: Francisco Brieva Rodríguez</td></tr>
<tr><td colspan="2">FECHA DE MUESTREO: ---</td><td colspan="3">LUGAR DE MUESTREO: HUALAÑE</td></tr>
<tr><td>FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS :
19 / 12 / 2011</td><td>FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:
12 / 01 / 2012</td><td>FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:
25 / 01 / 2012</td><td colspan="2">FECHA DE EMISIÓN : 25 / 01 / 2012</td></tr>
</table>

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-I RED SISMOLÓGICA CHILE - MATANZAS

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- SLG-PP-15 Peso Unitario ASTM D423-00 (2006)
- Bender Element
- Triaxial CIU (probeta 5x10cm) basado Según ASTM D4767-04

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
S1 M1	---	(0,95-1,40)	SPT	X	X
S1 M2	---	(2,60-3,05)	SPT	X	X
S1 M3	---	(3,95-4,40)	SPT	X	X
S1 M4	---	(5,00-5,60)	HQ3	X	X
S1 M5	---	(8,30-9,40)	HQ3	X	X
S1 M6	---	(22,65-24,15)	HQ3	X	X
S1 M7	---	(33,15-34,65)	HQ3	X	X
S1 M8	---	(43,75-45,25)	HQ3	X	X
S1 M9	---	(49,50-50,00)	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12/01/2012
Fecha Término	23/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	S1 M1	S1 M2	S1 M3	S1M4
Cota [m]	**(0,95-1,40)**	**(2,60-3,05)**	**(3,95-4,40)**	**(5,00-5,60)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0		
2,000	Nº 10	99,4	99,8	100,0	100,0
0,840	Nº 20	97,7	99,2	99,0	99,9
0,420	Nº 40	91,6	94,8	91,1	99,8
0,250	Nº 60	46,7	46,5	50,8	99,3
0,106	Nº 140	4,9	5,0	3,2	97,0
0,074	Nº 200	3,5	4,5	2,7	95,2
Límite Líquido		-	-	-	64
Límite Plástico		-	-	-	32
Indice de Plasticidad		NP	NP	NP	32
Clasificación USCS		**SP**	**SP**	**SP**	**CH**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12/01/2012
Fecha Término	25/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	S1 M5	S1 M6	S1 M7	S1 M8
Cota [m]	**(8,30-9,40)**	**(22,65-24,15)**	**(33,15-34,65)**	**(43,75-45,25)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"		100,0		
9,520	3/8"		98,7		
4,760	Nº 4	100,0	98,7		100,0
2,000	Nº 10	99,7	98,1	100,0	99,8
0,840	Nº 20	98,7	97,6	99,9	98,9
0,420	Nº 40	97,0	97,1	98,2	96,0
0,250	Nº 60	94,6	96,5	95,9	92,7
0,106	Nº 140	78,8	90,6	91,6	80,1
0,074	Nº 200	76,7	86,4	89,3	76,6
Límite Líquido		57	49	55	56
Límite Plástico		30	23	29	27
Indice de Plasticidad		27	26	26	29
Clasificación USCS		**CH**	**CL**	**CH**	**CH**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	14/01/2012
Fecha Término	25/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
S1 M1	(0,95-1,40)	2,73
S1 M2	(2,60-3,05)	2,72
S1 M3	(3,95-4,40)	2,73
S1 M4	(5,00-5,60)	2,66
S1 M5	(8,30-9,40)	2,72
S1 M6	(22,65-24,15)	2,64
S1 M7	(33,15-34,65)	2,63
S1 M8	(43,75-45,25)	2,66

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION PESO UNITARIO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	18/01/2012
Fecha Término	18/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
S1 M5	(8,30-9,40)	1,60	5,55	1,51

Referencias

1. Densidad de las muestras determinadas mediante la determinación del volumen por peso sumergido previa cobertura de la muestra con parafina sólida.
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	16/01/2012
Fecha Término	17/01/2012
Muestra	S1 M5 (8,30-9,40)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	5,802
Diametro Medio	cm	5,900
Diametro Inferior	cm	5,963
Peso Natural	g	385,36
Diámetro Promedio	cm	5,888
Area Promedio	cm²	27,23
Altura Promedio	cm	9,962
Volumen	cm³	271,28
Densidad Humeda	gr/cm³	1,421
Humedad Natural	%	4,76
Densidad Seca	gr/cm³	1,353

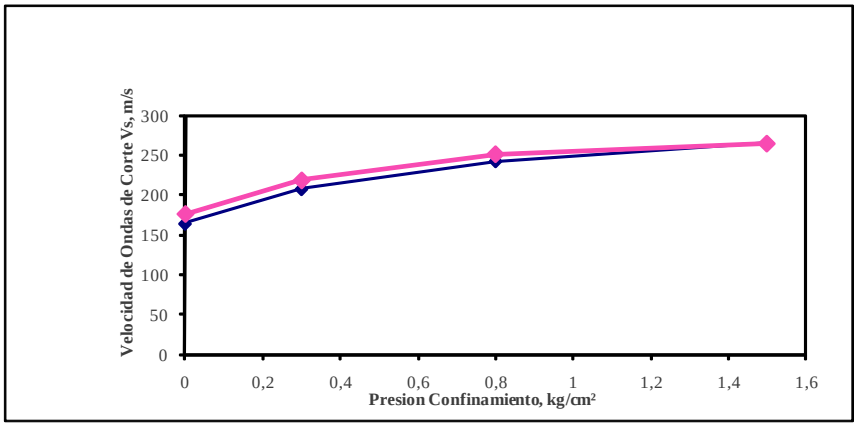
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	606	0,000606	**164**	Drenado al aire.
0,3	480	0,000480	**208**	Drenado al aire.
0,8	411	0,000411	**242**	Drenado al aire.
1,5	376	0,000376	**265**	Drenado al aire.
0,8	396	0,000396	**252**	Drenado al aire.
0,3	456	0,000456	**218**	Drenado al aire.
0	566	0,000566	**176**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf. Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	16/01/2012
Fecha Término	17/01/2012
Muestra	S1 M9 (49,50-50,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	6,018
Diametro Medio	cm	6,022
Diametro Inferior	cm	6,019
Peso Natural	g	453,56
Diámetro Promedio	cm	6,020
Area Promedio	cm²	28,46
Altura Promedio	cm	9,976
Volumen	cm³	283,92
Densidad Humeda	gr/cm³	1,598
Humedad Natural	%	5,34
Densidad Seca	gr/cm³	1,512

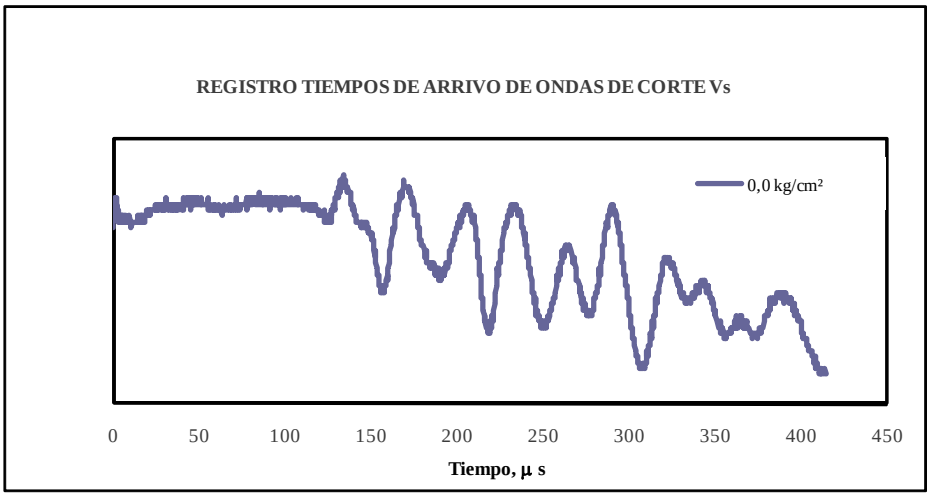
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	127	0,000127	**786**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf.Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	20/01/2012
Fecha de Término	23/01/2012
Muestra	S1 M5 (6,30-9,40)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	2,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,48
Humedad de Confección	[%]=	18,57
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,30
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,30	0,00
0,13	0,02	0,38	0,10
0,25	0,02	0,41	0,13
0,38	0,02	0,42	0,14
0,51	0,02	0,42	0,14
0,63	0,02	0,42	0,14
0,76	0,02	0,43	0,15
0,89	0,02	0,44	0,16
1,01	0,03	0,43	0,16
1,14	0,03	0,43	0,16
1,27	0,03	0,43	0,16
1,52	0,02	0,44	0,16
1,77	0,01	0,47	0,18
2,03	0,00	0,48	0,18
2,28	0,00	0,49	0,19
2,54	0,00	0,50	0,20
3,04	-0,02	0,53	0,21
3,55	-0,03	0,55	0,22
4,06	-0,04	0,57	0,23
4,56	-0,04	0,56	0,22
5,07	-0,04	0,58	0,24
6,34	-0,06	0,62	0,26
7,61	-0,08	0,65	0,27
8,87	-0,09	0,67	0,28
10,14	-0,10	0,68	0,28
11,41	-0,12	0,70	0,28
12,68	-0,12	0,69	0,27
15,21	-0,14	0,72	0,28
17,75	-0,15	0,72	0,27
20,28	-0,17	0,72	0,25

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf.Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	21/01/2012
Fecha de Término	24/01/2012
Muestra	S1 M5 (6,30-9,40)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	7,30
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,48
Humedad de Confección	[%]=	18,57
Contrapresión	[kg/cm²]=	5,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,80
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,80	0,00
0,13	0,13	0,81	0,14
0,26	0,15	0,82	0,17
0,38	0,18	0,81	0,19
0,51	0,19	0,83	0,22
0,64	0,20	0,84	0,24
0,77	0,20	0,85	0,25
0,90	0,20	0,86	0,26
1,02	0,20	0,87	0,27
1,15	0,20	0,87	0,27
1,28	0,20	0,87	0,27
1,53	0,20	0,88	0,28
1,79	0,20	0,90	0,30
2,05	0,19	0,92	0,31
2,30	0,19	0,95	0,34
2,56	0,19	0,95	0,34
3,07	0,18	0,95	0,33
3,58	0,18	0,96	0,34
4,09	0,17	0,98	0,35
4,60	0,16	0,99	0,35
5,12	0,16	1,01	0,37
6,39	0,14	1,05	0,39
7,67	0,13	1,07	0,40
8,95	0,12	1,10	0,42
10,23	0,11	1,15	0,46
11,51	0,08	1,20	0,48
12,79	0,08	1,20	0,48
15,35	0,07	1,21	0,48
17,90	0,06	1,21	0,47
20,46	0,05	1,20	0,45

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - MATANZAS
Inf.Ensaye	Nº 712.152-I
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	23/01/2012
Fecha de Término	24/01/2012
Muestra	S1 M5 (8,30-9,40)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	11,50
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,48
Humedad de Confección	[%]=	18,57
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

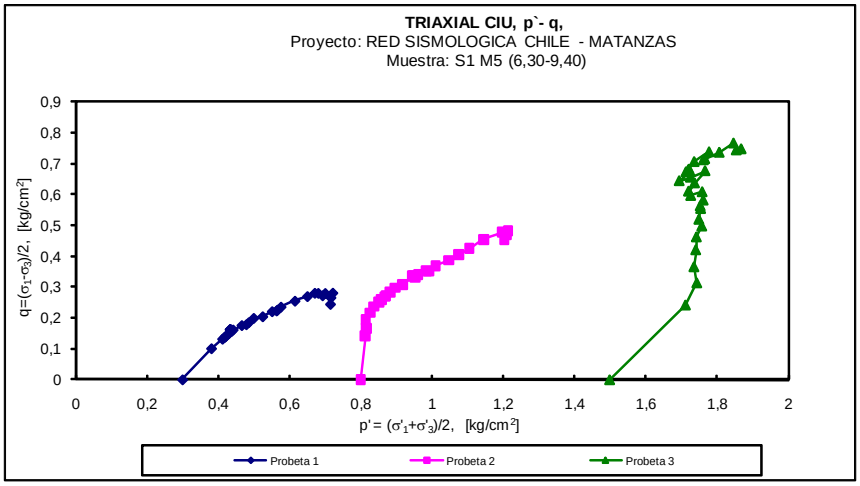
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$

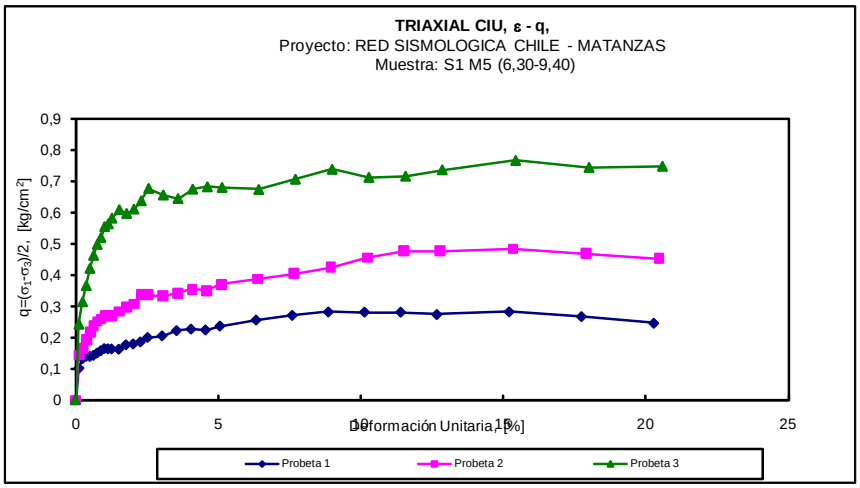
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

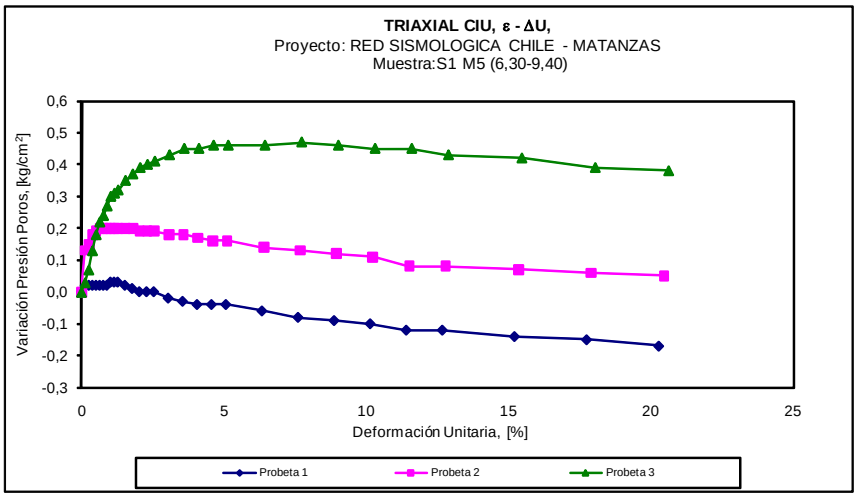
Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,03	1,71	0,24
0,26	0,07	1,74	0,31
0,39	0,13	1,74	0,37
0,52	0,18	1,74	0,42
0,64	0,22	1,74	0,46
0,77	0,24	1,76	0,50
0,90	0,27	1,75	0,52
1,03	0,30	1,75	0,55
1,16	0,31	1,75	0,56
1,29	0,32	1,76	0,58
1,55	0,35	1,76	0,61
1,80	0,37	1,73	0,60
2,06	0,39	1,72	0,61
2,32	0,40	1,74	0,64
2,58	0,41	1,77	0,68
3,09	0,43	1,73	0,66
3,61	0,45	1,69	0,64
4,12	0,45	1,72	0,67
4,64	0,46	1,72	0,68
5,15	0,46	1,72	0,68
6,44	0,46	1,71	0,67
7,73	0,47	1,74	0,71
9,01	0,46	1,78	0,74
10,30	0,45	1,76	0,71
11,59	0,45	1,77	0,72
12,88	0,43	1,81	0,74
15,45	0,42	1,85	0,77
18,03	0,39	1,85	0,74
20,60	0,38	1,87	0,75

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-I RED SISMOLÓGICA CHILE - MATANZAS

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION MATANZAS

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACIOON MATANZAS**

Profundidad **48m**

Coordenadas **234.417,00 m E 6.238.430,00 m S**

Fecha Ejecución **4-01-2012**

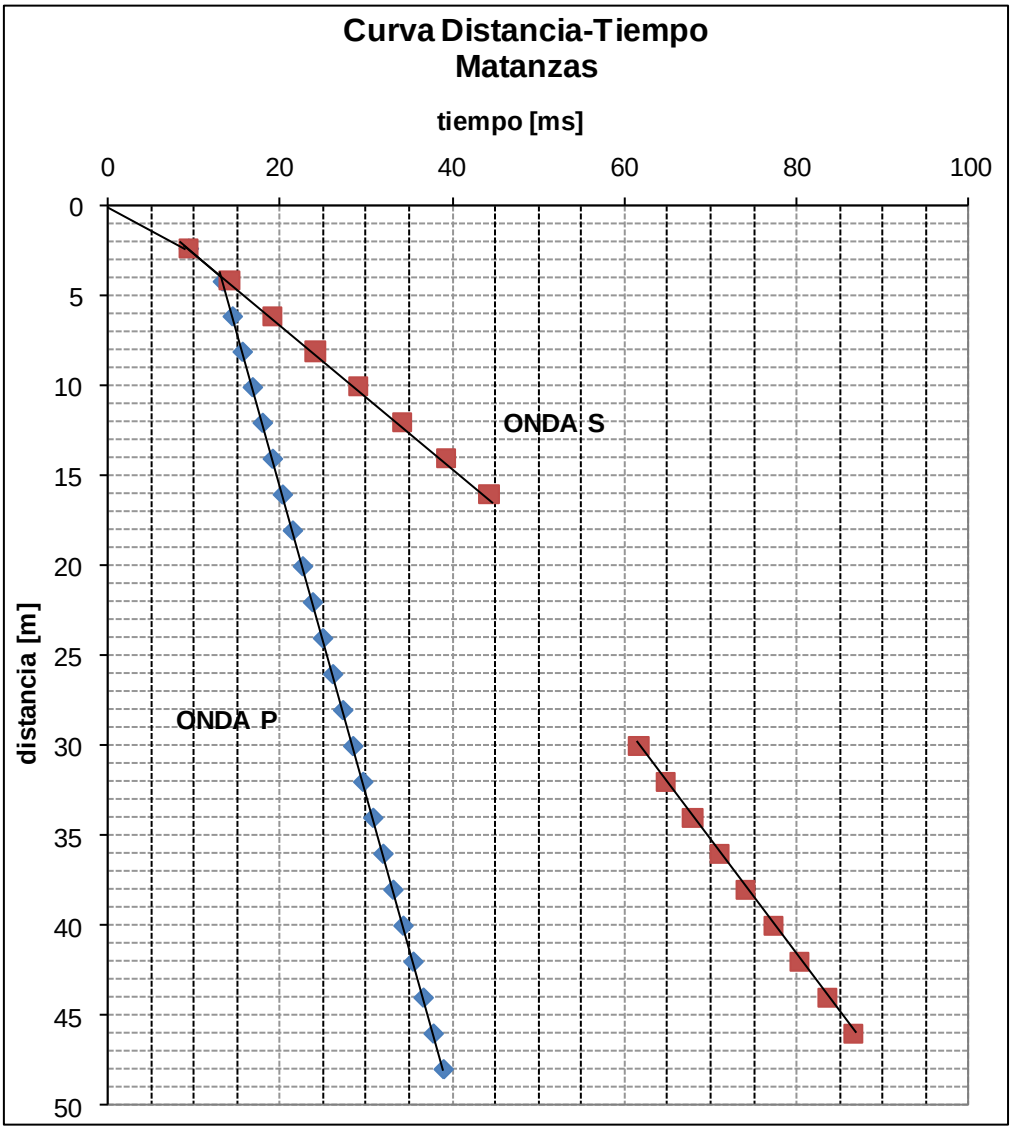
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,4	9,5	9,5
4,0	4,2	13,4	14,1
6,0	6,1	14,6	19,1
8,0	8,1	15,7	24,1
10,0	10,1	16,9	29,1
12,0	12,1	18,1	34,2
14,0	14,1	19,2	39,3
16,0	16,0	20,4	44,3
18,0	18,0	21,6	-
20,0	20,0	22,7	-
22,0	22,0	23,9	-
24,0	24,0	25,1	-
26,0	26,0	26,2	-
28,0	28,0	27,4	-
30,0	30,0	28,6	61,7
32,0	32,0	29,7	64,8
34,0	34,0	30,9	67,9
36,0	36,0	32,1	71,0
38,0	38,0	33,2	74,1
40,0	40,0	34,4	77,3
42,0	42,0	35,6	80,4
44,0	44,0	36,7	83,5
46,0	46,0	37,9	86,7
48,0	48,0	39,1	-

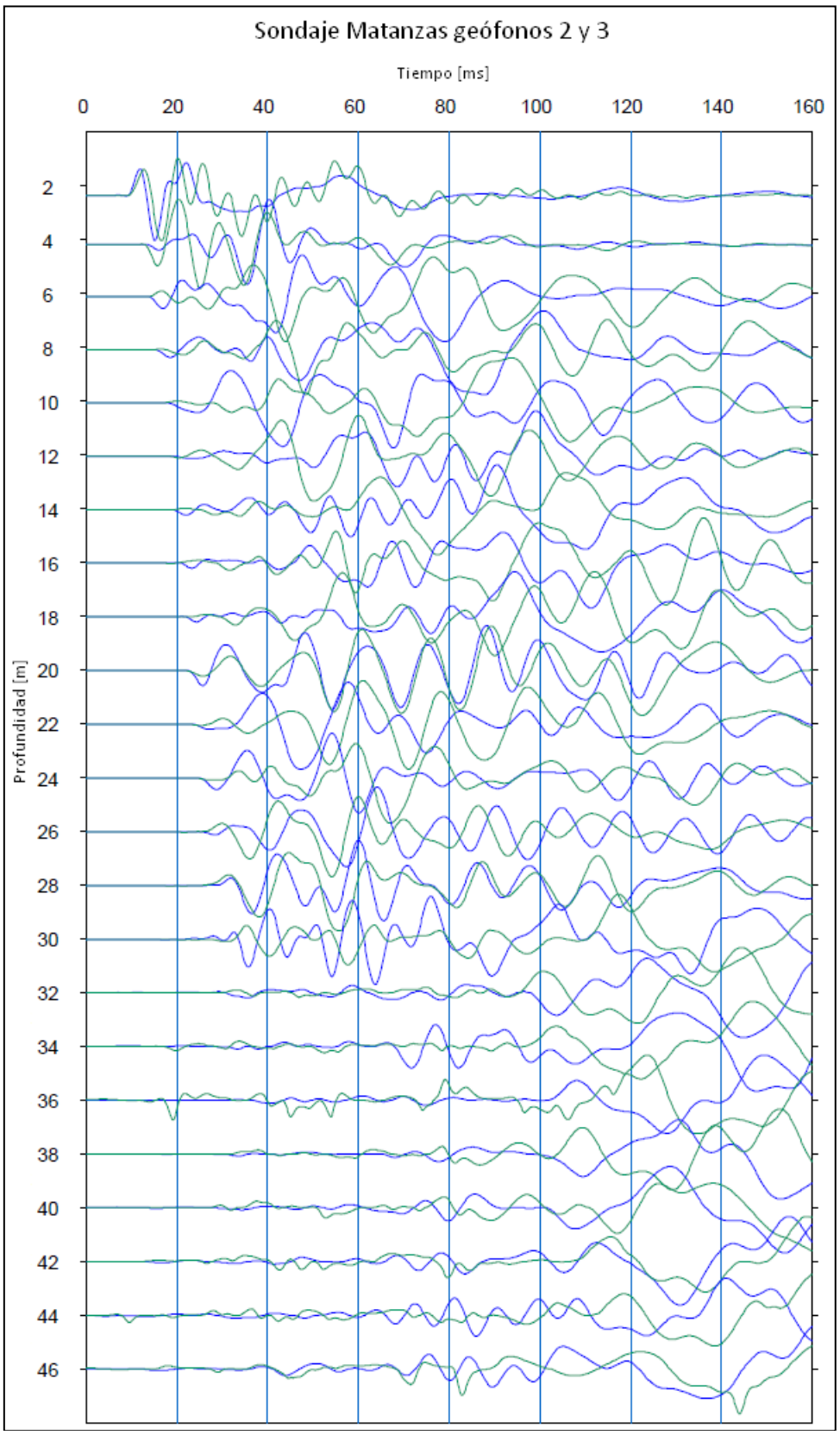
Velocidades			
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	270	230
2,00	4,00	490	370
4,00	16,00	1710	370
16,00	30,00	1710	-
34,00	48,00	1710	630

Observaciones:

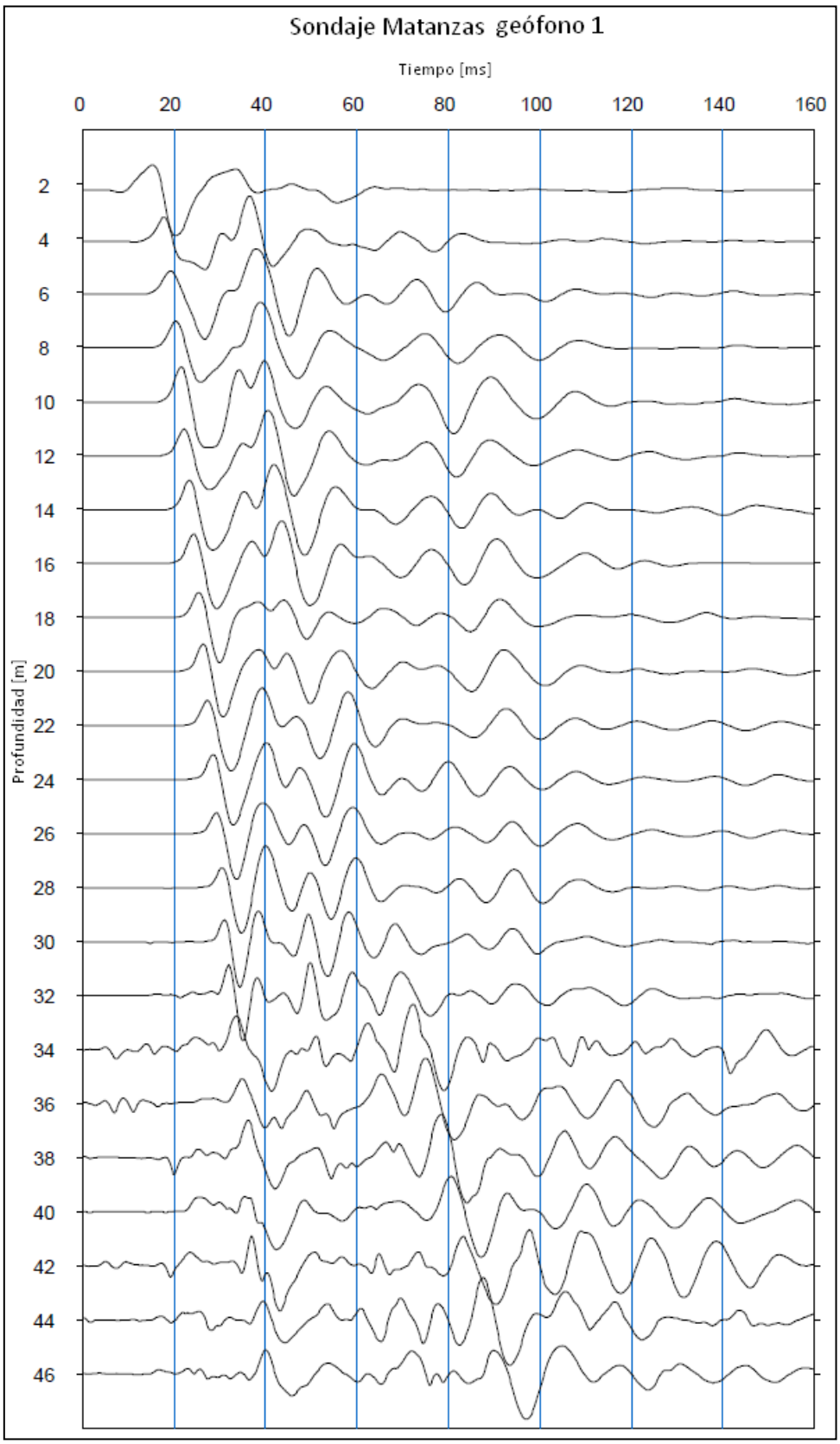
No se pudo ser medido las velocidades de onda de corte entre los 16 y 30m

La napa se encuentra a los 4m





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION MELIPILLA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		REF.:	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 32
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 5
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 22
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 22
7.2. PESO UNITARIO 23
7.3. TRIAXIAL CIU 23
7.4. COMPRESIÓN SIMPLE 26
7.5. BENDER ELEMENTS 28
8. RESUMEN DE RESULTADOS 30

ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B – ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Melipilla. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje 10
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 11
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-6.90m. 15
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 6.90m-11.65m. 16
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 11.65m-18.20m. 16
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 18.20m-22.95m. 17
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 22.95m-25.80m. 17
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 25.80m-30.60m. 18
Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 30.60m-35.00m. 18
Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 35.00m-39.00m. 19
Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-42.50m. 19
Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 42.50m-46.60m. 20
Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 46.60m-51.10m. 20
Figura 17. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 51.10m-55.60m. 21
Figura 18. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 55.60m-60.00m. 21
Figura 19. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 22
Figura 15. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II. 23
Figura 16. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II. 24
Figura 17. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II. 24
Figura 15. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III. 25
Figura 16. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III. 25
Figura 17. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III. 26
Figura 20. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado. 27
Figura 21. Fotografías del testigo del conglomerado antes y después del ensayo de compresión simple. 27
Figura 22. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M2 (CL) cotas 0.45m-1.95m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga. 28
Figura 23. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M4 (SC) cotas 3.90m-5.40m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga. 29
Figura 24. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, conglomerado cotas 59.50m-60.00m. 30
Figura 25. Log del sondaje. 31

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 2. Velocidad de onda corte estimada a través de ensayo sísmico downhole para el estrato IV. 12
Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 12
Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 14
Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 22
Tabla 6. Resultados de los ensayos de peso unitario. 23

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Melipilla.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Melipilla, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Melipilla.

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 60.00m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple, triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Melipilla se basó en la perforación de un sondaje de 60.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	294836.00 m E	6270355.00 m S	60.00

Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

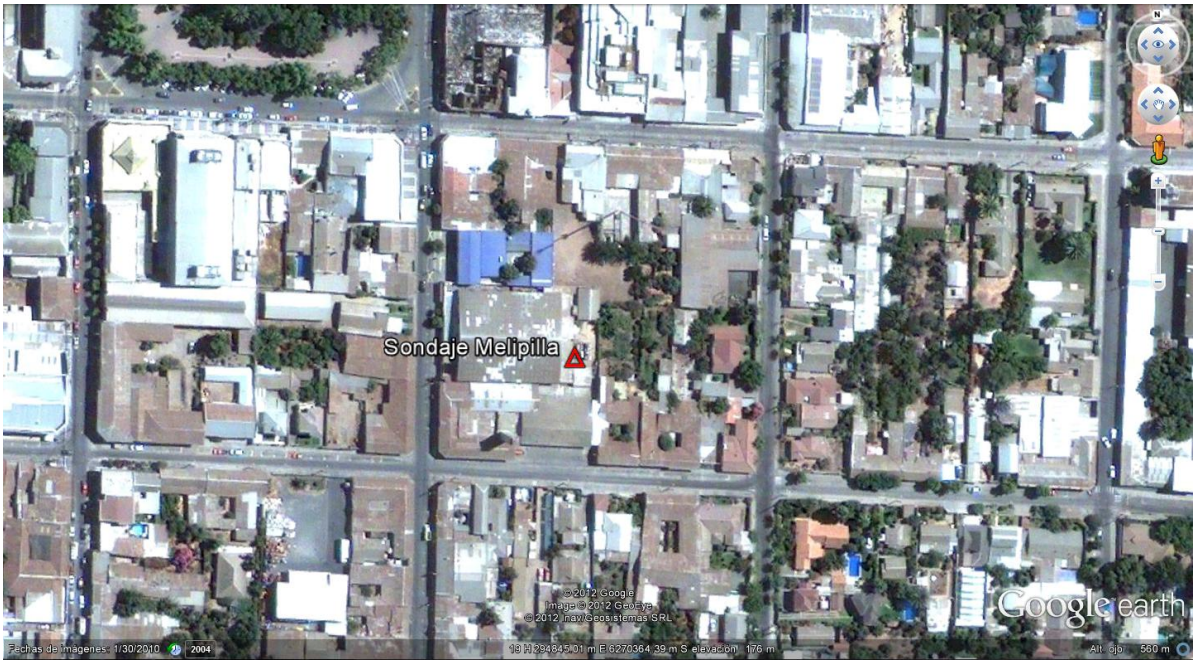
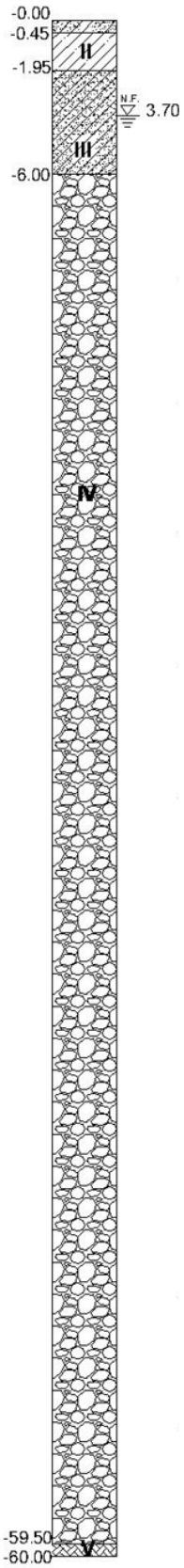


Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El suelo en estudio está constituido por estratos superficiales de arenas arcillosas y arcillas de baja plasticidad hasta los 6.00m de profundidad, y bajo estos un estrato de gravas y bolones de 53.50m de espesor. Finalmente se observa roca correspondiente a un conglomerado (sedimentaria) entre los 59.50m y 60.00m de profundidad.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	0.45	0.45	Arena arcillosa color café, compacidad media, humedad baja y plasticidad baja.
II	0.45	1.95	1.5	Arcilla color café, consistencia alta, humedad baja y plasticidad baja.
III	1.95	6.00	4.05	Arena arcillosa color café, compacidad alta, humedad baja y plasticidad baja. Presencia de gravas dispersas de cantos sub-angular a angulares y tamaño máximo 1½''.
IV	6.00	59.50	53.50	Gravas y bolones de cantos redondeados a sub-redondeados, tamaño máximo 6'', no se recuperó matriz. Se observa material arenoso color negro en el retorno de agua.
V	59.50	60.00	0.50	Conglomerado, matriz con contenido calcáreo, tamaño de grano arena media, polimíctico.

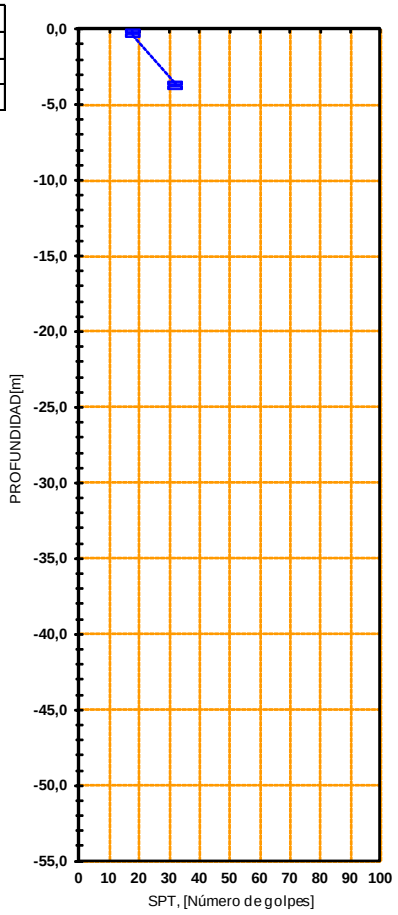
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos correspondientes a la arena arcillosa y arcillas de baja plasticidad

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,00	0,45
3,45	3,90

PENETRACIONES - N° DE Ggolpes			
N1	N2	N3	Nf
5	8	10	18
10	15	17	32



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimó la velocidad de onda de corte para el estrato IV correspondiente a gravas y bolones. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

Tabla 2. Velocidad de onda corte estimada a través de ensayo sísmico downhole para el estrato IV.

Estrato	Cota [m]		Vs [m/s]
	Inicial	Final	
IV	6,00	59,50	700

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
SPT	0,00	0,45	0,45	0,25	56
HQ3	0,45	1,95	1,50	1,50	100
HQ3	1,95	3,45	1,50	0,30	20
SPT	3,45	3,90	0,45	0,45	100
HQ3	3,90	5,40	1,50	1,50	100
HQ3	5,40	6,00	0,60	0,50	83
HQ3	6,00	6,90	0,90	0,60	67
HQ3	6,90	7,30	0,40	0,40	100
HQ3	7,30	8,30	1,00	0,50	50
HQ3	8,30	8,90	0,60	0,60	100
HQ3	8,90	9,40	0,50	0,40	80
HQ3	9,40	9,80	0,40	0,40	100
HQ3	9,80	10,60	0,80	0,80	100
HQ3	10,60	11,00	0,40	0,40	100
HQ3	11,00	11,65	0,65	0,65	100
HQ3	11,65	12,30	0,65	0,65	100
HQ3	12,30	13,00	0,70	0,70	100
HQ3	13,00	14,10	1,10	0,50	45

Tipo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	14,10	15,40	1,30	0,60	46
HQ3	15,40	16,30	0,90	0,60	67
HQ3	16,30	17,65	1,35	1,10	81
HQ3	17,65	18,20	0,55	0,50	91
HQ3	18,20	18,90	0,70	0,60	86
HQ3	18,90	19,80	0,90	0,90	100
HQ3	19,80	20,65	0,85	0,85	100
HQ3	20,65	21,70	1,05	1,05	100
HQ3	21,70	22,30	0,60	0,50	83
HQ3	22,30	22,95	0,65	0,65	100
HQ3	22,95	24,00	1,05	1,00	95
HQ3	24,00	24,70	0,70	0,70	100
HQ3	24,70	25,80	1,10	1,00	91
HQ3	25,80	26,70	0,90	0,90	100
HQ3	26,70	27,70	1,00	1,00	100
HQ3	27,70	28,50	0,80	0,80	100
HQ3	28,50	29,50	1,00	1,00	100
HQ3	29,50	30,60	1,10	1,00	91
HQ3	30,60	31,40	0,80	0,80	100
HQ3	31,40	32,70	1,30	1,30	100
HQ3	32,70	33,50	0,80	0,80	100
HQ3	33,50	35,00	1,50	1,30	87
HQ3	35,00	35,80	0,80	0,80	100
HQ3	35,80	37,50	1,70	0,90	53
HQ3	37,50	39,00	1,50	1,50	100
HQ3	39,00	40,10	1,10	1,10	100
HQ3	40,10	41,50	1,40	1,40	100
HQ3	41,50	42,50	1,00	1,00	100
HQ3	42,50	43,30	0,80	0,80	100
HQ3	43,30	44,00	0,70	0,70	100
HQ3	44,00	45,50	1,50	1,50	100
HQ3	45,50	46,60	1,10	0,90	82
HQ3	46,60	47,50	1,00	0,90	90
HQ3	47,50	48,50	1,00	0,90	90
HQ3	48,50	49,40	0,90	0,90	100
HQ3	49,40	50,30	0,90	0,90	100
HQ3	50,30	51,10	0,80	0,80	100
HQ3	51,10	52,00	0,90	0,90	100
HQ3	52,00	52,90	0,90	0,90	100
HQ3	52,90	54,00	1,10	1,00	91
HQ3	54,00	54,70	0,70	0,70	100
HQ3	54,70	55,60	0,90	0,90	100

Tipo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	55,60	56,30	0,70	0,70	100
HQ3	56,30	57,00	0,70	0,70	100
HQ3	57,00	58,50	1,50	1,00	67
HQ3	58,50	60,00	1,50	1,00	67

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
19-10-2011	20:00	2.0	HQ3	5.4	HW	0.0
20-10-2011	20:00	2.0	HQ3	9.4	HW	0.0
21-10-2011	20:00	2.0	HQ3	15.4	HW	0.0
22-10-2011	20:00	2.0	HQ3	18.9	HW	0.0
23-10-2011	20:00	2.0	HQ3	23.0	HW	0.0
24-10-2011	20:00	2.0	HQ3	24.0	HW	0.0
25-10-2011	08:00	6.2	HQ3	24.0	HW	0.0
25-10-2011	18:00	4.8	HQ3	25.8	HW	0.0
26-10-2011	08:00	5.8	HQ3	25.8	HW	0.0
26-10-2011	18:00	2.8	HQ3	27.7	HW	0.0
02-11-2011	08:00	5.8	HQ3	27.7	HW	0.0
02-11-2011	18:00	2.8	HQ3	30.6	HW	0.0
03-11-2011	08:00	3.2	HQ3	30.6	HW	0.0
03-11-2011	18:00	2.6	HQ3	36.6	HW	0.0
04-11-2011	08:00	3.2	HQ3	36.6	HW	0.0
04-11-2011	18:00	2.6	HQ3	39.0	HW	0.0
05-11-2011	08:00	4.8	HQ3	39.0	HW	0.0
05-11-2011	18:00	3.1	HQ3	41.5	HW	0.0
06-11-2011	08:00	4.8	HQ3	41.5	HW	0.0
06-11-2011	18:00	3.1	HQ3	45.5	HW	0.0
07-11-2011	08:00	5.8	HQ3	45.5	HW	0.0
07-11-2011	18:00	3.0	HQ3	48.5	HW	0.0
08-11-2011	08:00	5.4	HQ3	48.5	HW	0.0
08-11-2011	18:00	3.8	HQ3	54.0	HW	0.0
09-11-2011	08:00	6.4	HQ3	54.0	HW	0.0

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
09-11-2011	18:00	3.0	HQ3	60.0	HW	0.0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-6.90m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 6.90m-11.65m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 11.65m-18.20m.

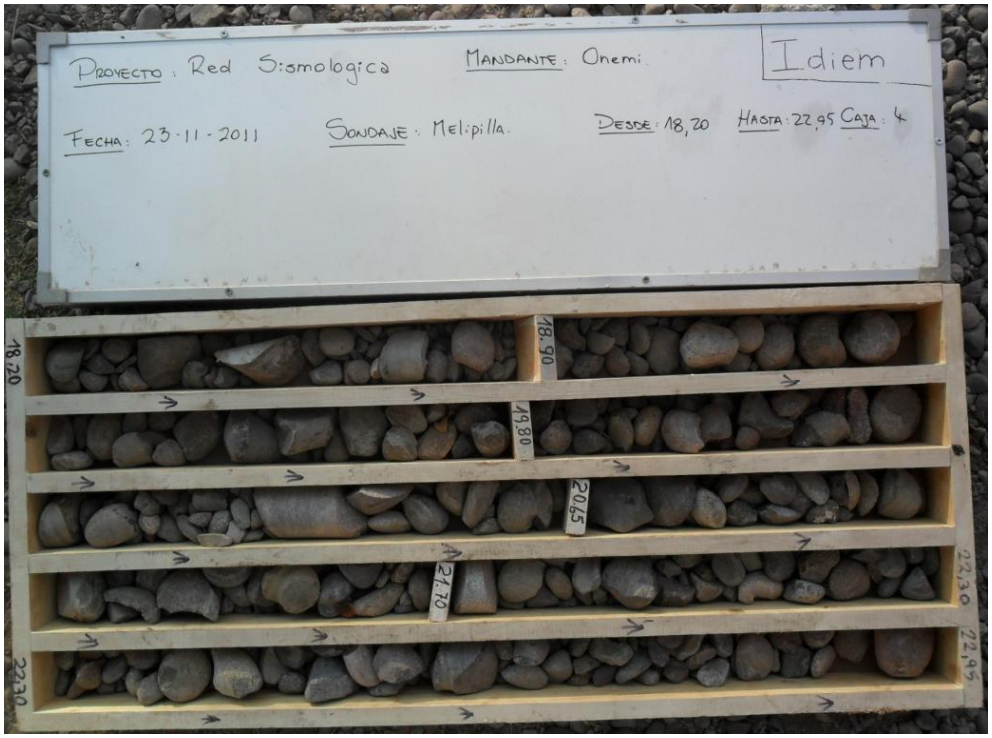


Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 18.20m-22.95m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 22.95m-25.80m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 25.80m-30.60m.

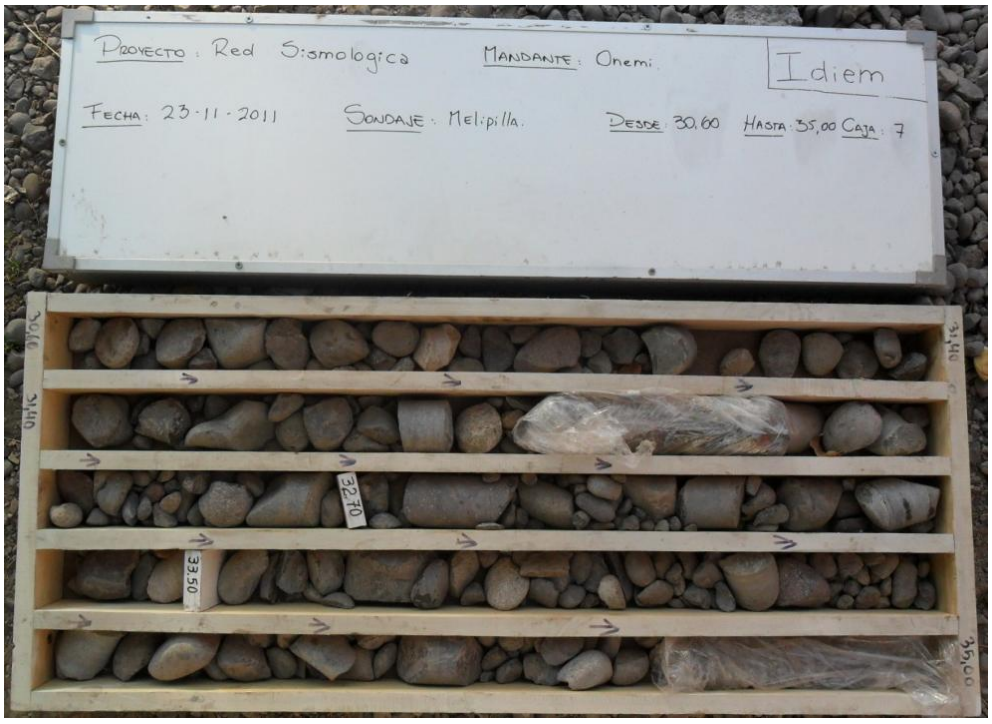


Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 30.60m-35.00m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 35.00m-39.00m.

Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-42.50m.

Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 42.50m-46.60m.

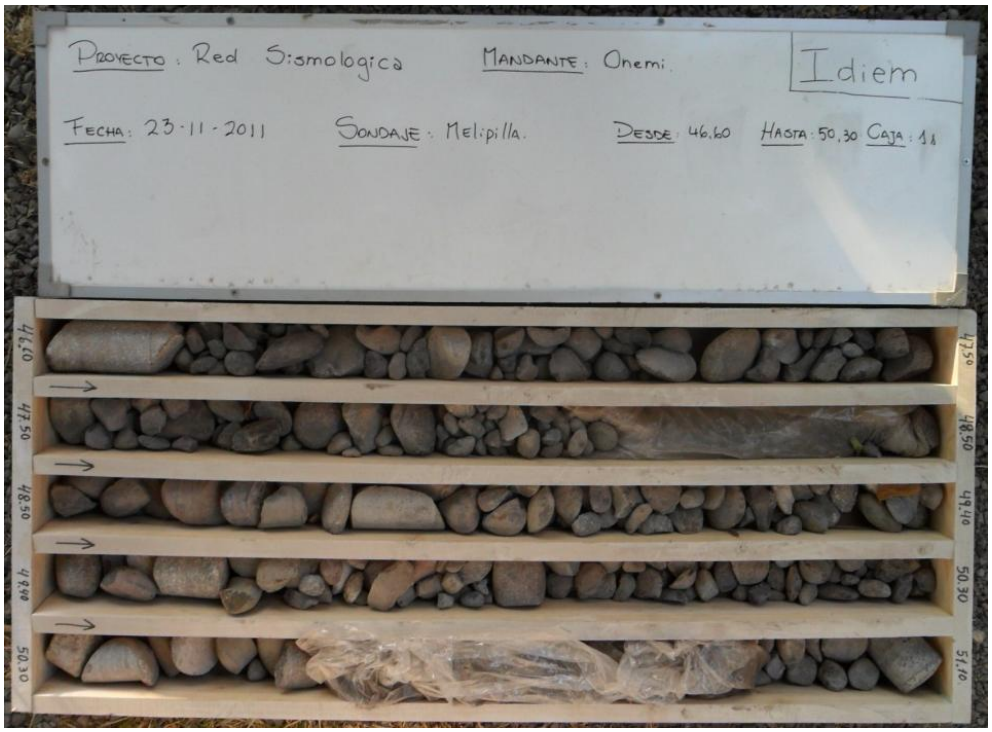


Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 46.60m-51.10m.

Figura 17. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 51.10m-55.60m.

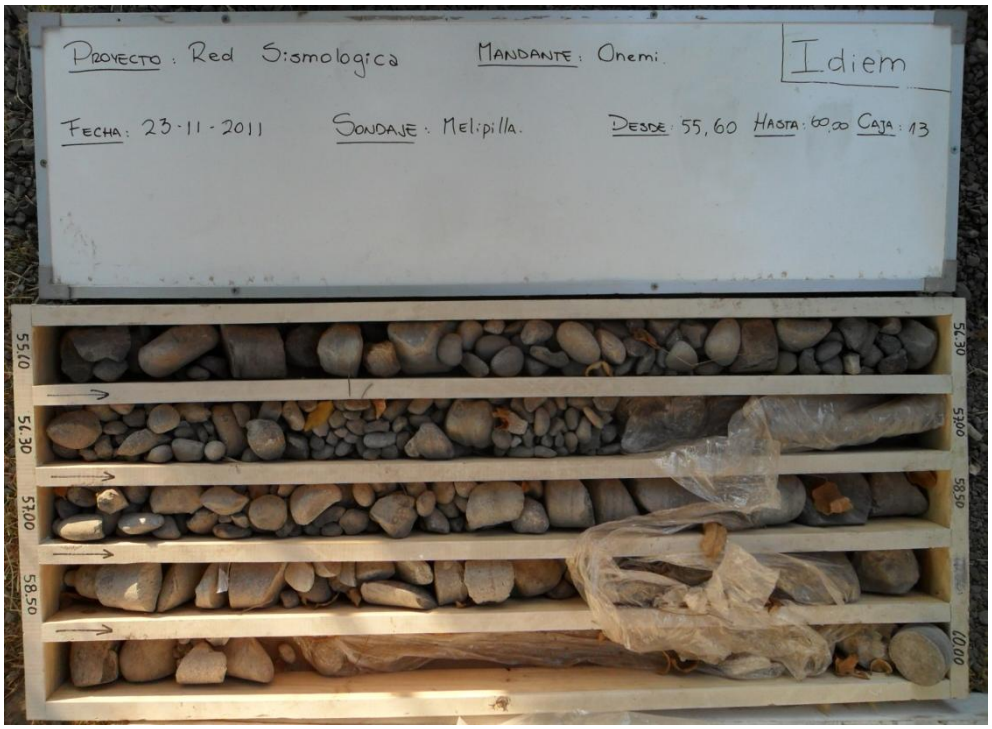


Figura 18. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 55.60m-60.00m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras de los estratos I, II y III corresponden, en general, a arenas arcillosas y arcillas de baja plasticidad.

Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	0.00-0.45	SC	32.1	26	15	11	2.64
M2	0.45-1.95	CL	55.3	23	9	14	2.69
M3	3.45-3.90	SC	33.0	22	9	13	2.64
M4	3.90-5.40	SC	22.5	28	10	18	2.67

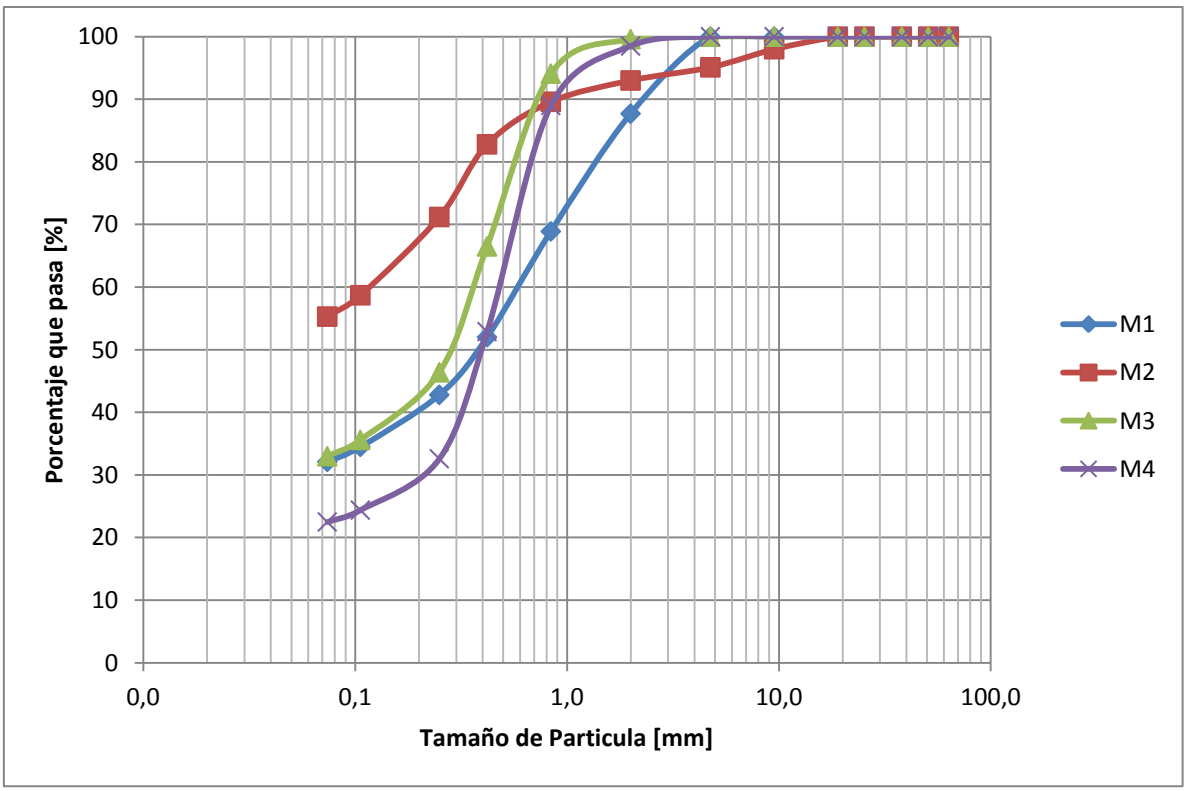


Figura 19. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Peso Unitario

Se llevo a cabo ensayos de peso unitario obteniéndose las siguientes densidades y humedades.

Tabla 6. Resultados de los ensayos de peso unitario.

Muestra	Cotas [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M2	0.45-1.95	1.93	10.03	1.75
M4	3.90-5.40	1.80	8.08	1.67

7.3. Triaxial CIU

Se realizaron series de tres ensayos triaxiales CIU sobre muestras correspondientes a los estratos II y III. Las probetas remoldeadas se confeccionaron de acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de peso unitario, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 para las muestras de los dos estratos.

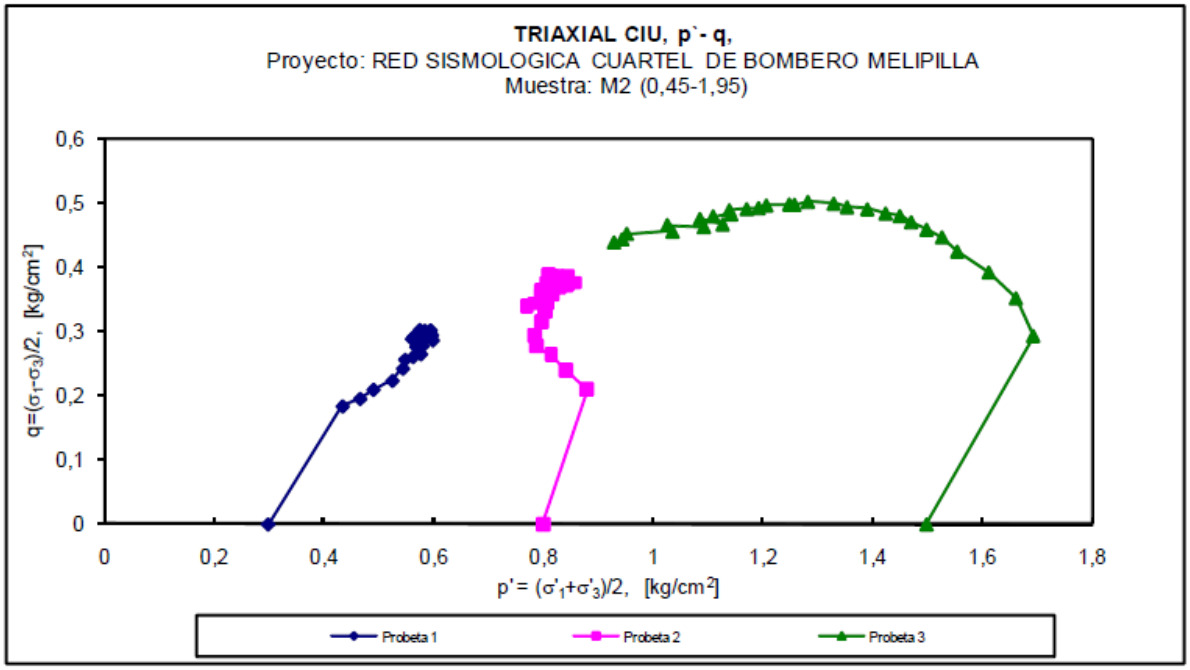


Figura 20. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II.

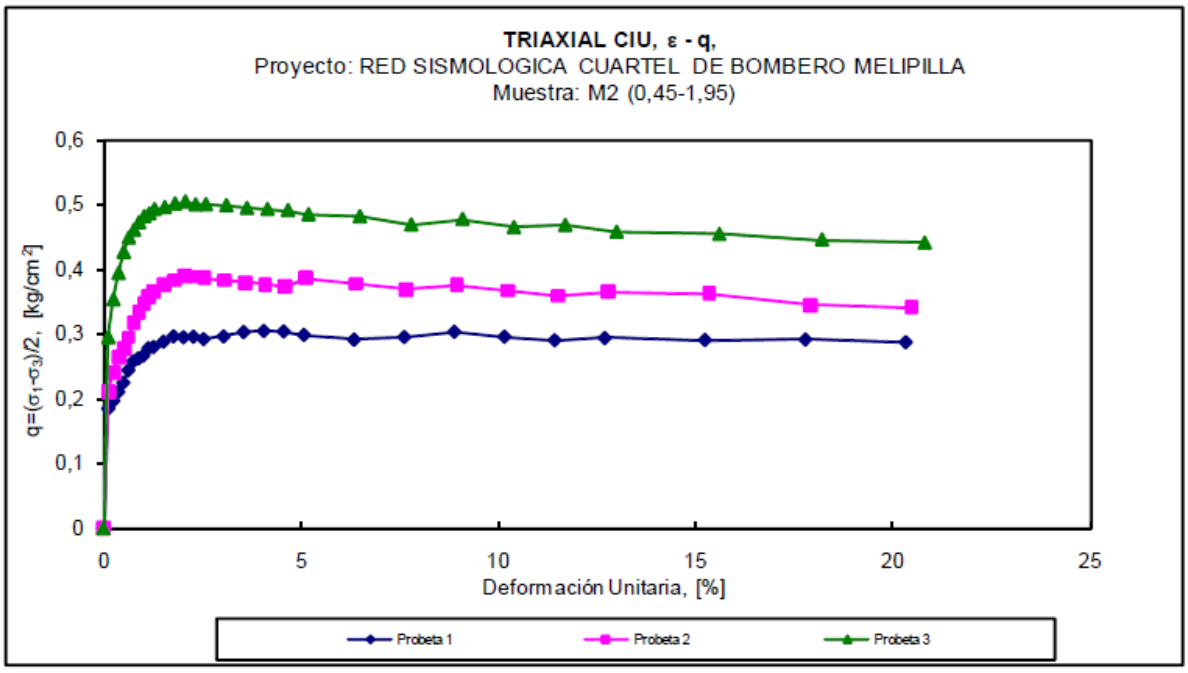


Figura 21. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II.

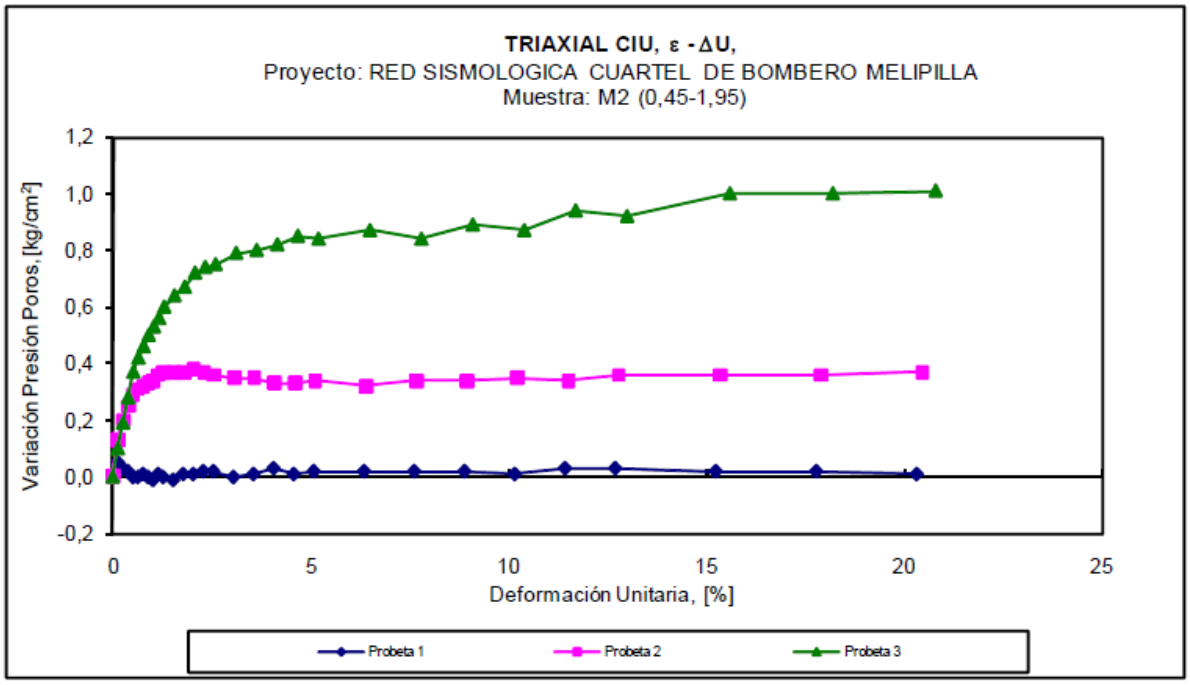


Figura 22. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M2 (CL), estrato II.

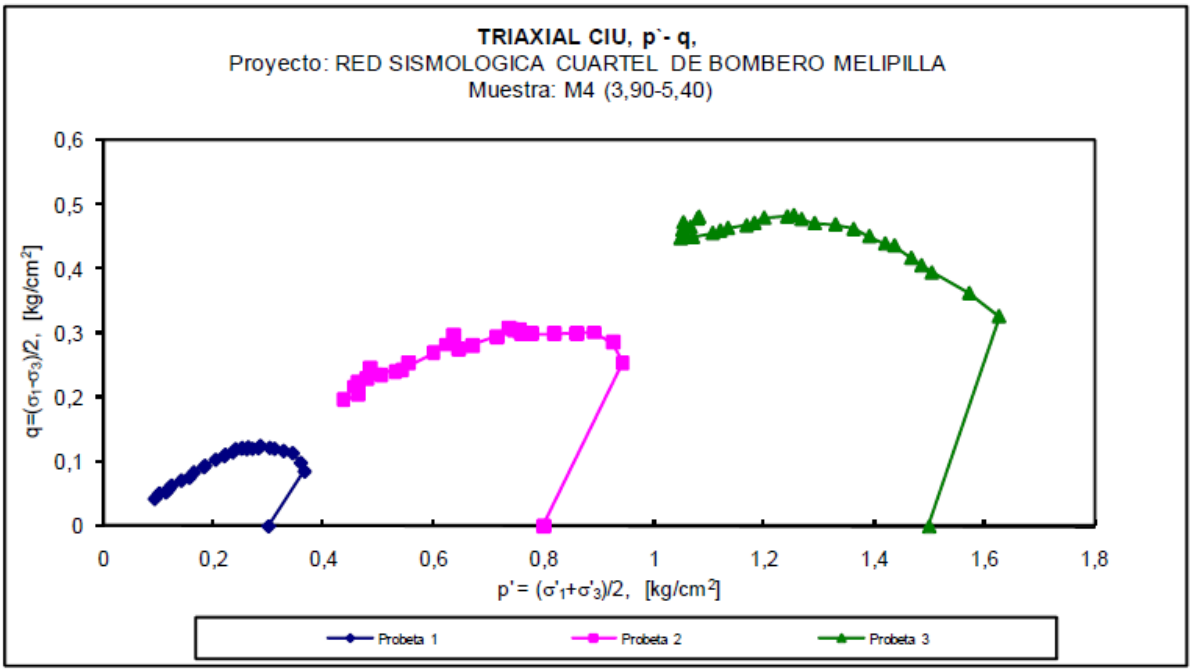


Figura 23. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III.

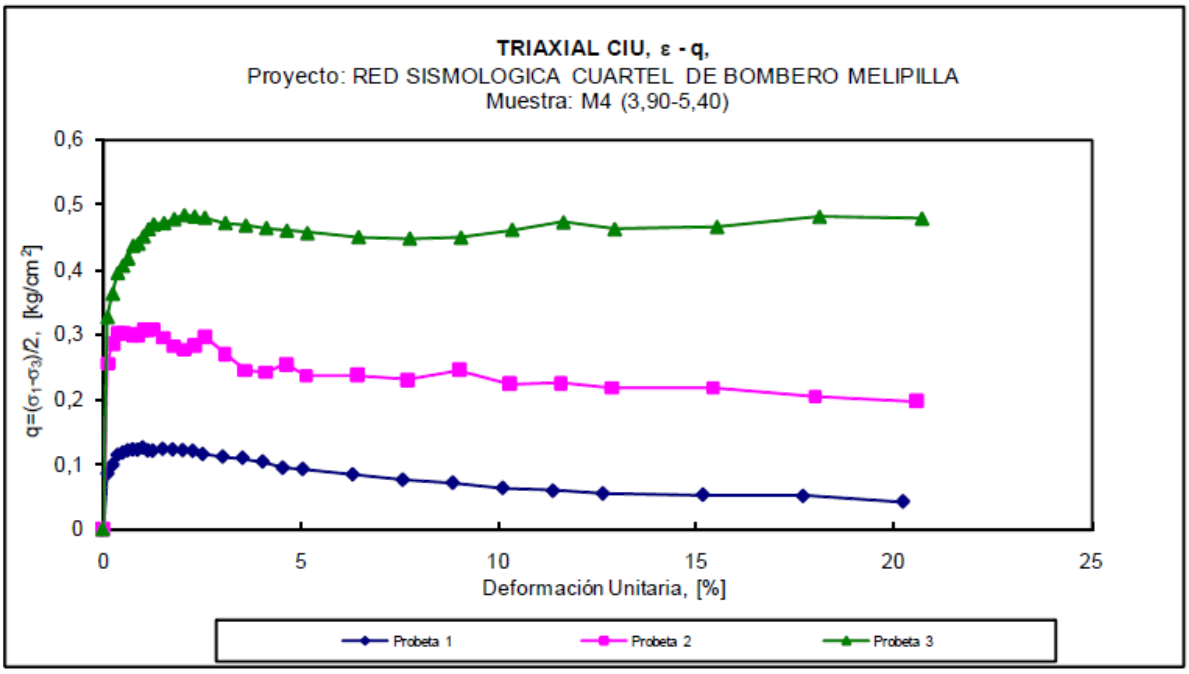


Figura 24. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III.

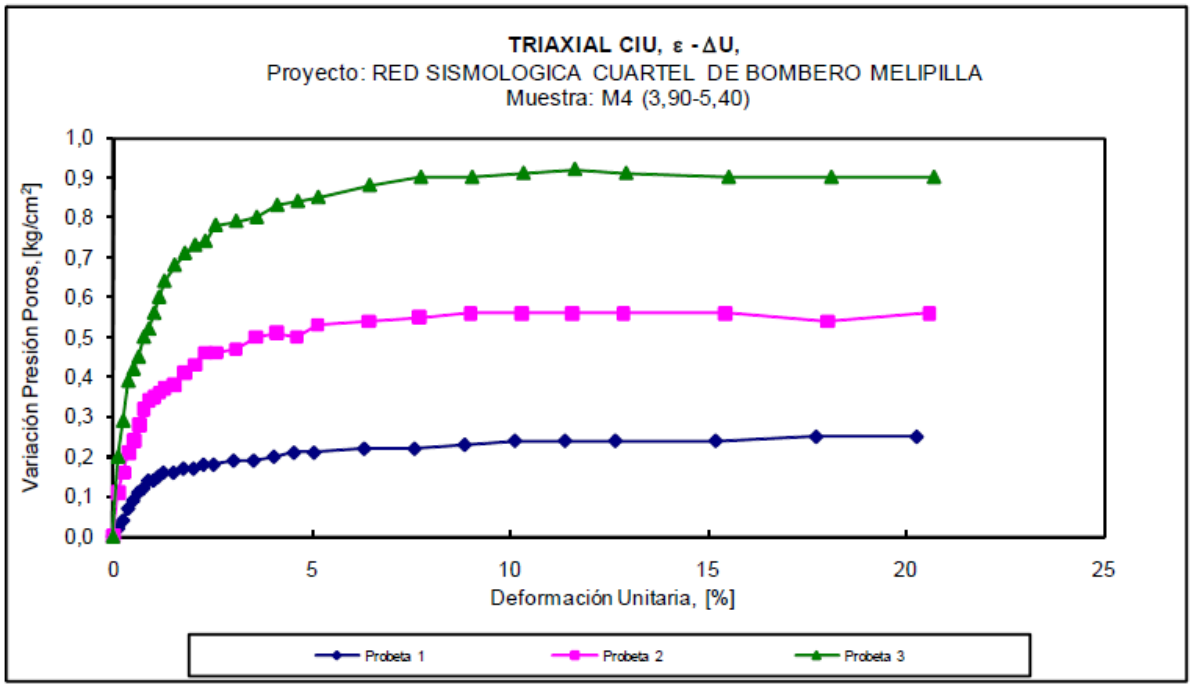


Figura 25. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (SC), estrato III.

7.4. Compresión Simple

Se realizó un ensayo de compresión simple sobre una muestra del conglomerado presente entre las cotas 59.50m y 60.00m. Los resultados muestran una resistencia a la carga uniaxial (D50) máxima de 38 [MPa] aproximadamente, produciéndose una falla por matriz en el testigo.

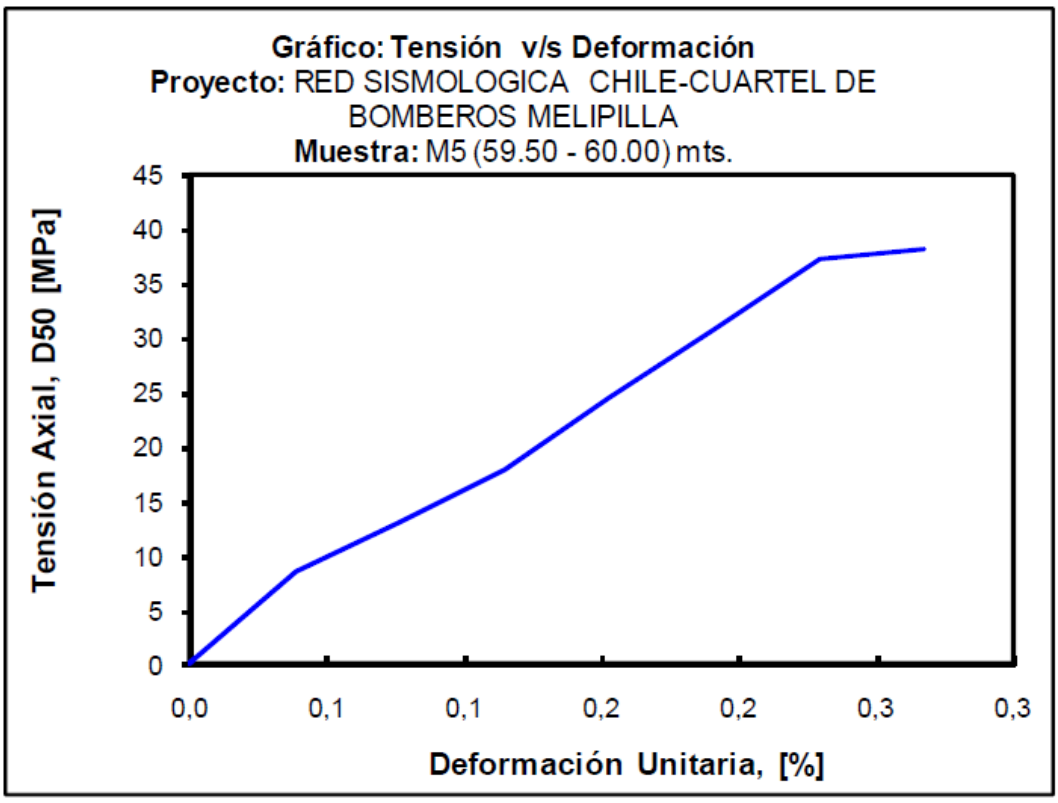


Figura 26. Resultados del ensayo de compresión simple para el conglomerado.

Figura 27. Fotografías del testigo del conglomerado antes y después del ensayo de compresión simple.

7.5. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_S) en los estratos de suelo II y III, correspondientes a arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad. Los ensayos se realizaron sobre muestras remoldeadas diseñadas de acuerdo a los pesos unitarios obtenidos para cada muestra, con presiones de confinamiento 0.3 kg/cm^2 - 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 y drenados al aire.

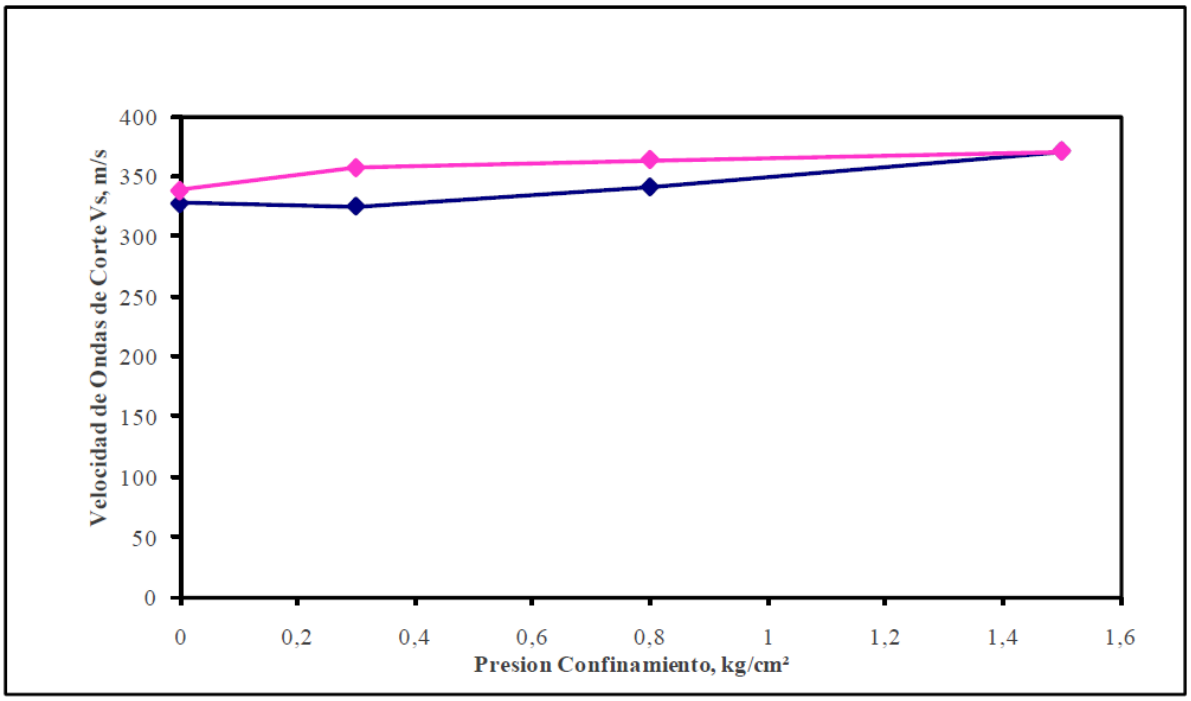


Figura 28. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M2 (CL) cotas 0.45m-1.95m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

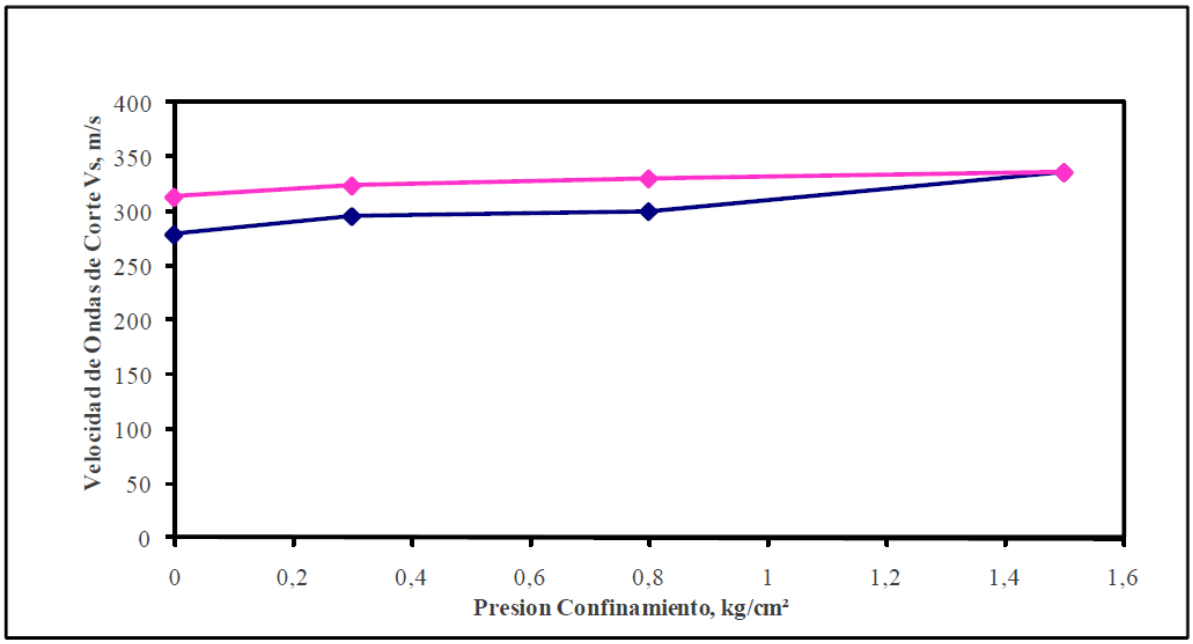


Figura 29. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M4 (SC) cotas 3.90m-5.40m. La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

También se realizaron mediciones de ondas de corte en el conglomerado correspondiente al estrato V. El testigo se ensayó con distintas presiones de confinamiento 4.0 kg/cm^2 – 5.0 kg/cm^2 – 6.0 kg/cm^2, en condición natural y drenada al aire.

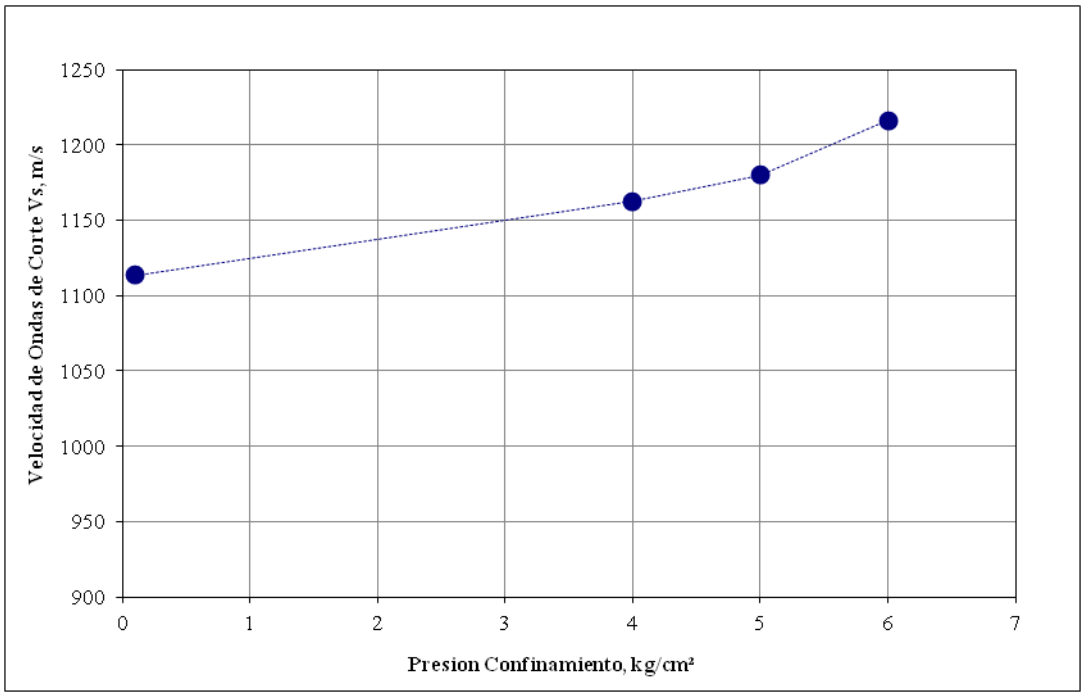


Figura 30. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, conglomerado cotas 59.50m-60.00m.

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

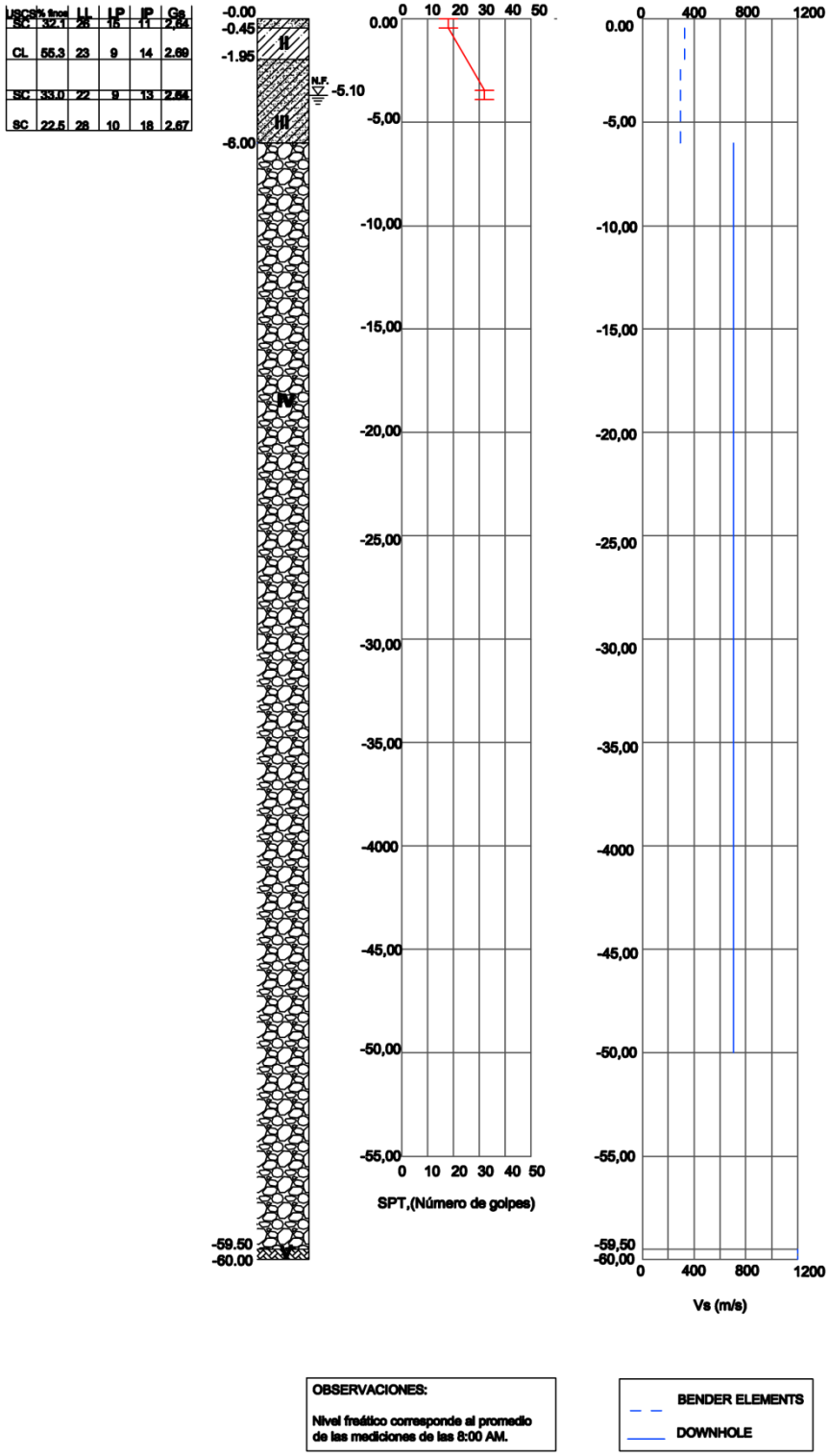


Figura 31. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION MELIPILLA

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE

Acreditación LE 304
Resolución Exenta 9111 MINVU 21 de diciembre de 2009
Resolución Exenta 5464 MINVU 07 de septiembre de 2011

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-D
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 19
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sánchez T.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** Cuartel de bomberos Melipilla		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 17/11/2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 30/11/2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 20/01/2012	**FECHA DE EMISIÓN :** 24/01/2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- SLG-PP-15 Peso Unitario ASTM D423-00 (2006)
- Compresion simple
- Bender Element
- Triaxial CIU 5x10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M1	---	0.00-0.45	SPT	X	X
M2	---	0.45-1.95	HQ3	X	X
M3	---	3.45-3.90	SPT	X	X
M4	---	3.90-5.40	SPT	X	X
M5	---	59.50-60.00	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/kra

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBERO MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	30-11-2011
Fecha Término	19-12-2011

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M1	M2	M3	M4
Cota [m]	**(0,00-0,45)**	**(0,45-1,95)**	**(3,45-3,90)**	**(3,90-5,40)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"		100,0		
9,520	3/8"		98,0		
4,760	Nº 4	100,0	95,1	100,0	100,0
2,000	Nº 10	87,7	93,0	99,6	98,5
0,840	Nº 20	68,9	89,6	94,1	89,0
0,420	Nº 40	52,0	82,8	66,5	52,9
0,250	Nº 60	42,8	71,2	46,4	32,6
0,106	Nº 140	34,5	58,7	35,6	24,4
0,074	Nº 200	32,1	55,3	33,0	22,5

Límite Líquido	26	23	22	28
Límite Plástico	15	9	9	10
Indice de Plasticidad	11	14	13	18
Clasificación USCS	**SC**	**CL**	**SC**	**SC**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBERO MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	01-12-2011
Fecha Término	13-12-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M1	(0,00-0,45)	2,64
M2	(0,45-1,95)	2,69
M3	(3,45-3,90)	2,64
M4	(3,90-5,40)	2,67

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION PESO UNITARIO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBERO MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12-12-2011
Fecha Término	12-12-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Densidad Húmeda [g/cm^3]	Humedad [%]	Densidad Seca [g/cm^3]
M2	(0,45-1,95)	1,93	10,03	1,75
M4	(3,90-5,40)	1,80	8,08	1,67

Referencias

1. Densidad de las muestras determinadas mediante la determinación del volumen por peso sumergido previa cobertura de la muestra con parafina sólida.
2. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14-12-2011
Fecha de Término	14-12-2011

DESCRIPCION PROBETA

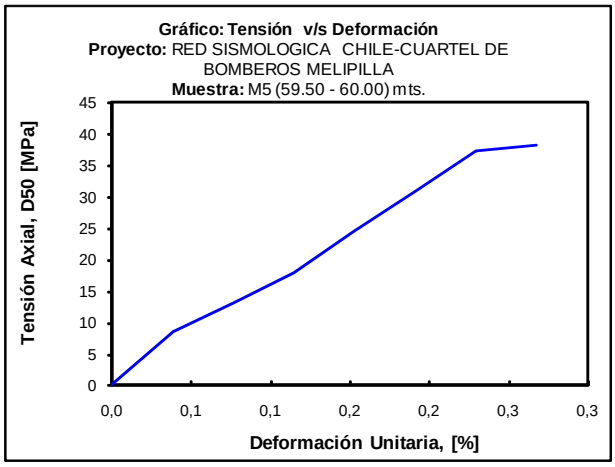
Muestra	M5 (58,50 - 60,00) mts:
Tipo de Roca	CONGLOMERADO (SEDIMENTARIA)
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	MATRIZ CON CONTENIDO CALCAREO TAMAÑO DE GRANO ARENA MEDIA, POLIMICTICO

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,00
Altura Promedio	[cm]	13,06
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,69
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,69
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	8,18	8,48
0,08	12,53	13,00
0,11	17,36	18,01
0,15	23,56	24,43
0,19	29,89	31,00
0,23	35,95	37,28
0,27	36,92	38,29



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,3Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

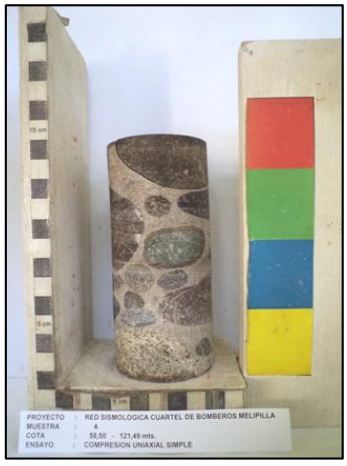
INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

FOTOGRAFÍAS



Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-D RED SISMOLÓGICA CHILE-CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11-01-2012
Fecha Término	11-01-2012
Muestra	M2 (0,45-1,95)

Datos de Confección:

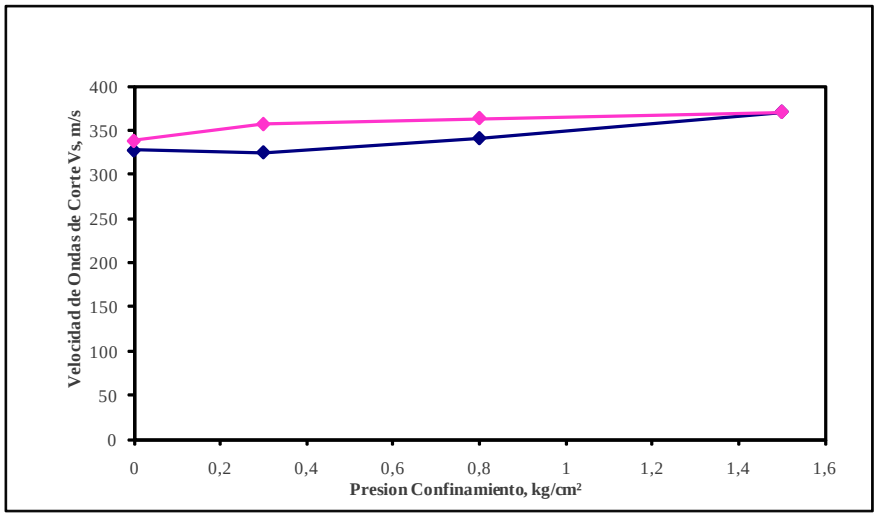
Diametro Superior	cm	4,980
Diametro Medio	cm	4,980
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	364,02
Diámetro Promedio	cm	4,980
Area Promedio	cm²	19,48
Altura Promedio	cm	9,849
Volumen	cm³	191,83
Densidad Humeda	gr/cm³	1,898
Humedad Natural	%	8,43
Densidad Seca	gr/cm³	1,750

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	301	0,000301	**327**	Drenado al aire.
0,3	303	0,000303	**325**	Drenado al aire.
0,8	289	0,000289	**341**	Drenado al aire.
1,5	266	0,000266	**370**	Drenado al aire.
0,8	271	0,000271	**363**	Drenado al aire.
0,3	276	0,000276	**357**	Drenado al aire.
0	291	0,000291	**338**	Drenado al aire.

Observaciones:
Muestra REMOLDEADA a densidad solicitada y ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12-01-2012
Fecha Término	12-01-2012
Muestra	M4 (3,90-5,40)

Datos de Confección:

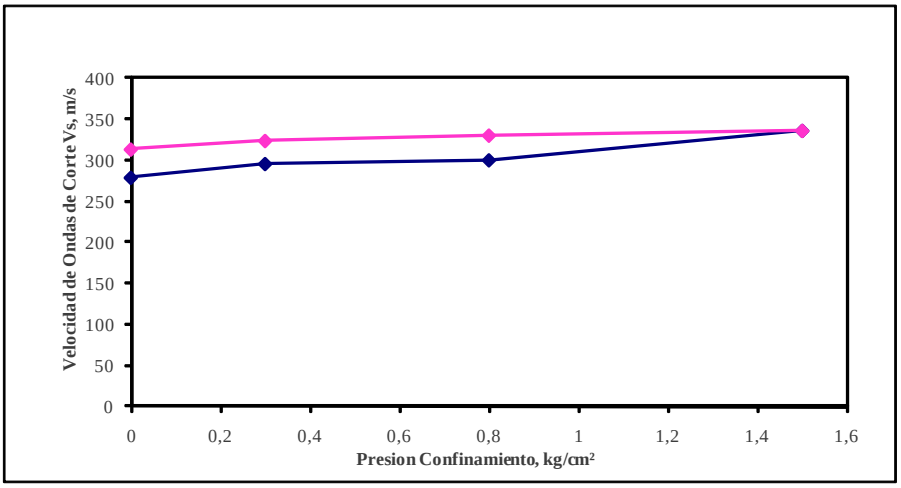
Diametro Superior	cm	4,980
Diametro Medio	cm	4,980
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	347,77
Diámetro Promedio	cm	4,980
Area Promedio	cm²	19,48
Altura Promedio	cm	9,849
Volumen	cm³	191,83
Densidad Humeda	gr/cm³	1,813
Humedad Natural	%	8,55
Densidad Seca	gr/cm³	1,670

Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	353	0,000353	**279**	Drenado al aire.
0,3	333	0,000333	**296**	Drenado al aire.
0,8	328	0,000328	**300**	Drenado al aire.
1,5	293	0,000293	**336**	Drenado al aire.
0,8	298	0,000298	**330**	Drenado al aire.
0,3	304	0,000304	**324**	Drenado al aire.
0	314	0,000314	**314**	Drenado al aire.

Observaciones:
Muestra REMOLDEADA a densidad solicitada y ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	12-01-2012
Fecha Término	12-01-2012
Muestra	M5 (59,50-60,00)

Datos de Confección:

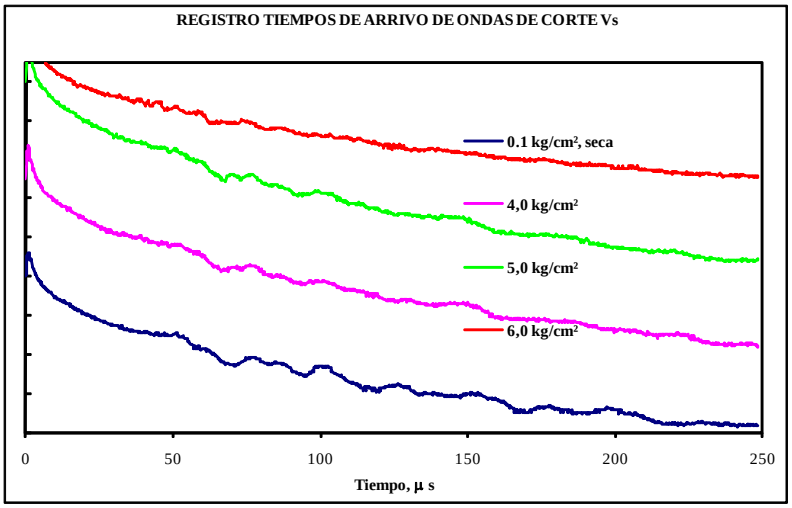
Diametro Superior	cm	6,064
Diametro Medio	cm	6,049
Diametro Inferior	cm	6,049
Peso Natural	g	587,790
Diámetro Promedio	cm	6,054
Area Promedio	cm^2	28,78
Altura Promedio	cm	7,906
Volumen	cm^3	227,56
Densidad Humeda	gr/cm^3	2,583
Humedad Natural	%	
Densidad Seca	gr/cm^3	2,5830

Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	71	0,000071	**1113**	natural seca
4	68	0,000068	**1163**	seca y drenada al aire
5	67	0,000067	**1180**	seca y drenada al aire
6	65	0,000065	**1216**	seca y drenada al aire

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M2 (0,45-1,95)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	3,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,75
Humedad de Confección	[%]=	8,43
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,30
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$

$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,30	0,00
0,13	0,05	0,43	0,18
0,25	0,03	0,47	0,20
0,38	0,02	0,49	0,21
0,51	0,00	0,52	0,22
0,63	0,00	0,54	0,24
0,76	0,01	0,55	0,26
0,89	0,00	0,56	0,26
1,02	-0,01	0,58	0,27
1,14	0,01	0,57	0,28
1,27	0,00	0,58	0,28
1,52	-0,01	0,60	0,29
1,78	0,01	0,59	0,30
2,03	0,01	0,58	0,29
2,29	0,02	0,58	0,30
2,54	0,02	0,57	0,29
3,05	0,00	0,60	0,30
3,56	0,01	0,59	0,30
4,06	0,03	0,57	0,30
4,57	0,01	0,59	0,30
5,08	0,02	0,58	0,30
6,35	0,02	0,57	0,29
7,62	0,02	0,58	0,30
8,89	0,02	0,58	0,30
10,16	0,01	0,59	0,30
11,43	0,03	0,56	0,29
12,70	0,03	0,56	0,29
15,24	0,02	0,57	0,29
17,78	0,02	0,57	0,29
20,32	0,01	0,58	0,29

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-,01-2012
Muestra	M2 (0,45-1,95)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	7,30
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,75
Humedad de Confección	[%]=	8,43
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,80
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$

$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,80	0,00
0,13	0,13	0,88	0,21
0,26	0,20	0,84	0,24
0,38	0,25	0,81	0,26
0,51	0,29	0,79	0,28
0,64	0,31	0,78	0,29
0,77	0,32	0,80	0,32
0,90	0,33	0,80	0,33
1,02	0,34	0,81	0,35
1,15	0,36	0,80	0,36
1,28	0,37	0,80	0,37
1,53	0,37	0,81	0,38
1,79	0,37	0,81	0,38
2,05	0,38	0,81	0,39
2,30	0,37	0,82	0,39
2,56	0,36	0,83	0,39
3,07	0,35	0,83	0,38
3,58	0,35	0,83	0,38
4,09	0,33	0,85	0,38
4,60	0,33	0,84	0,37
5,12	0,34	0,85	0,39
6,39	0,32	0,86	0,38
7,67	0,34	0,83	0,37
8,95	0,34	0,84	0,38
10,23	0,35	0,82	0,37
11,51	0,34	0,82	0,36
12,79	0,36	0,80	0,36
15,35	0,36	0,80	0,36
17,90	0,36	0,78	0,34
20,46	0,37	0,77	0,34

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M2 (0,45-1,95)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	17,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,75
Humedad de Confección	[%]=	8,43
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

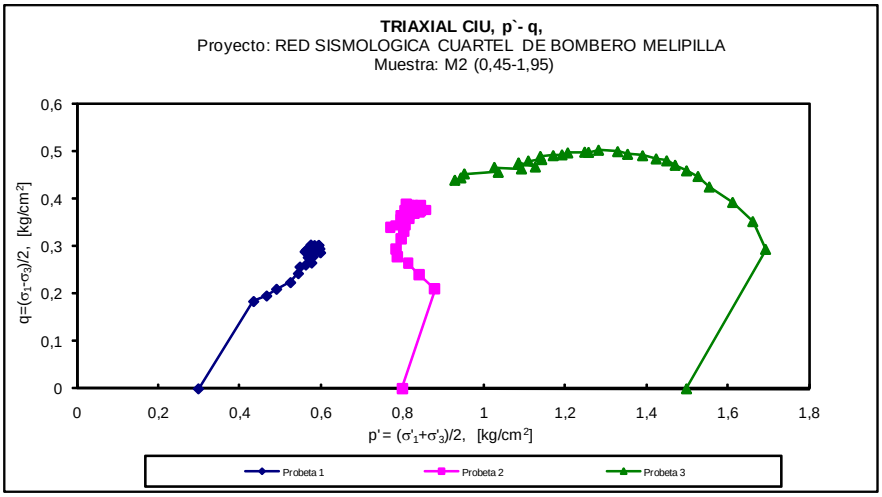
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$

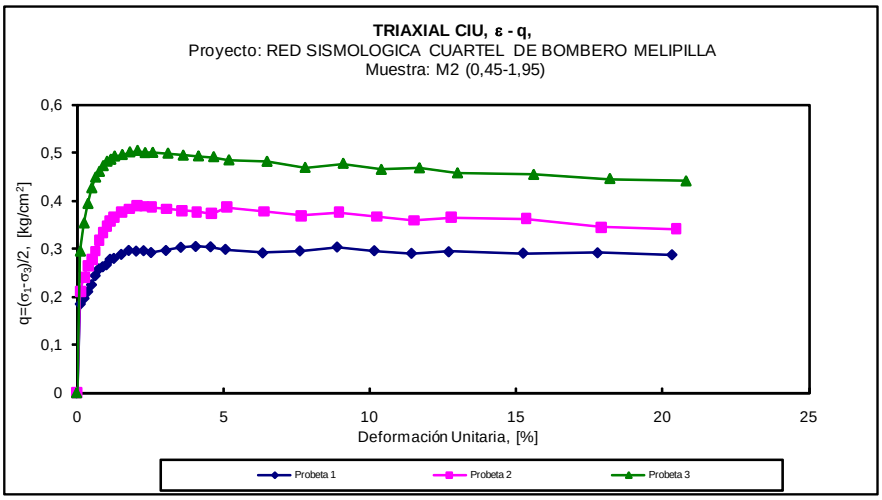
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

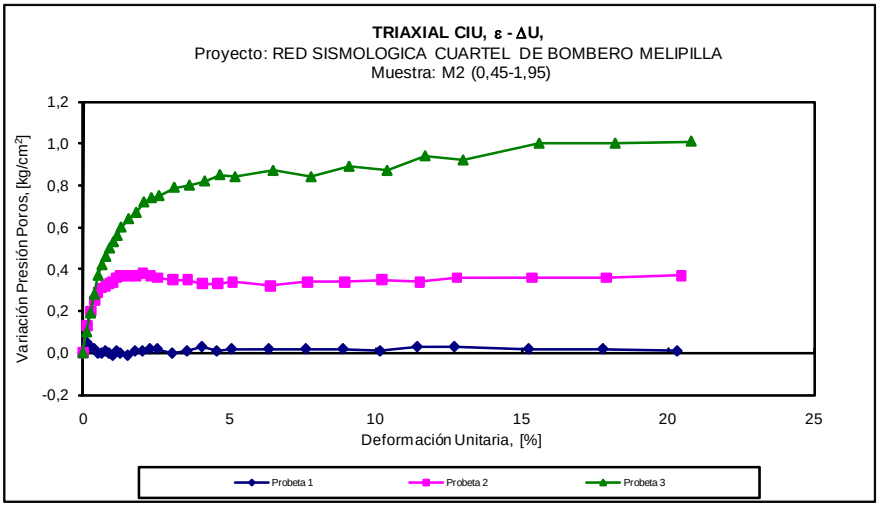
Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,10	1,69	0,29
0,26	0,19	1,66	0,35
0,39	0,28	1,61	0,39
0,52	0,37	1,56	0,43
0,65	0,42	1,53	0,45
0,78	0,46	1,50	0,46
0,91	0,50	1,47	0,47
1,04	0,53	1,45	0,48
1,17	0,56	1,43	0,49
1,30	0,60	1,39	0,49
1,56	0,64	1,36	0,50
1,82	0,67	1,33	0,50
2,08	0,72	1,28	0,50
2,34	0,74	1,26	0,50
2,60	0,75	1,25	0,50
3,12	0,79	1,21	0,50
3,64	0,80	1,19	0,49
4,16	0,82	1,17	0,49
4,68	0,85	1,14	0,49
5,20	0,84	1,14	0,48
6,50	0,87	1,11	0,48
7,80	0,84	1,13	0,47
9,10	0,89	1,09	0,48
10,40	0,87	1,09	0,46
11,70	0,94	1,03	0,47
13,00	0,92	1,04	0,46
15,59	1,00	0,95	0,45
18,19	1,00	0,95	0,45
20,79	1,01	0,93	0,44

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M-4 (3,90-5,40)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	1,10
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,67
Humedad de Confección	[%]=	8,55
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,30
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,30	0,00
0,13	0,02	0,37	0,09
0,25	0,04	0,36	0,10
0,38	0,07	0,34	0,11
0,51	0,09	0,33	0,12
0,63	0,11	0,31	0,12
0,76	0,12	0,30	0,12
0,89	0,14	0,28	0,12
1,01	0,14	0,28	0,12
1,14	0,15	0,27	0,12
1,27	0,16	0,26	0,12
1,52	0,16	0,26	0,12
1,77	0,17	0,25	0,12
2,03	0,17	0,25	0,12
2,28	0,18	0,24	0,12
2,53	0,18	0,24	0,12
3,04	0,19	0,22	0,11
3,54	0,19	0,22	0,11
4,05	0,20	0,20	0,10
4,56	0,21	0,18	0,09
5,06	0,21	0,18	0,09
6,33	0,22	0,16	0,08
7,60	0,22	0,16	0,08
8,86	0,23	0,14	0,07
10,13	0,24	0,12	0,06
11,39	0,24	0,12	0,06
12,66	0,24	0,11	0,05
15,19	0,24	0,11	0,05
17,72	0,25	0,10	0,05
20,26	0,25	0,09	0,04

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	12-01-2012
Muestra	M-4 (3,90-5,40)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	11,00
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,67
Humedad de Confección	[%]=	8,55
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,80
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,80	0,00
0,13	0,11	0,94	0,25
0,26	0,16	0,93	0,29
0,39	0,21	0,89	0,30
0,51	0,24	0,86	0,30
0,64	0,28	0,82	0,30
0,77	0,32	0,78	0,30
0,90	0,34	0,76	0,30
1,03	0,35	0,76	0,31
1,16	0,36	0,75	0,31
1,29	0,37	0,74	0,31
1,54	0,38	0,71	0,29
1,80	0,41	0,67	0,28
2,06	0,43	0,65	0,28
2,32	0,46	0,62	0,28
2,57	0,46	0,64	0,30
3,09	0,47	0,60	0,27
3,60	0,50	0,54	0,24
4,12	0,51	0,53	0,24
4,63	0,50	0,55	0,25
5,15	0,53	0,51	0,24
6,43	0,54	0,50	0,24
7,72	0,55	0,48	0,23
9,01	0,56	0,49	0,25
10,29	0,56	0,46	0,22
11,58	0,56	0,46	0,22
12,87	0,56	0,46	0,22
15,44	0,56	0,46	0,22
18,01	0,54	0,46	0,20
20,59	0,56	0,44	0,20

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA
Inf.Ensaye	Nº 712.152-D
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	12-01-2012
Fecha de Término	13-01-2012
Muestra	M-4 (3,90-5,40)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	10,05
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,10
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	14,20
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,67
Humedad de Confección	[%]=	8,55
Contrapresión	[kg/cm²]=	4,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

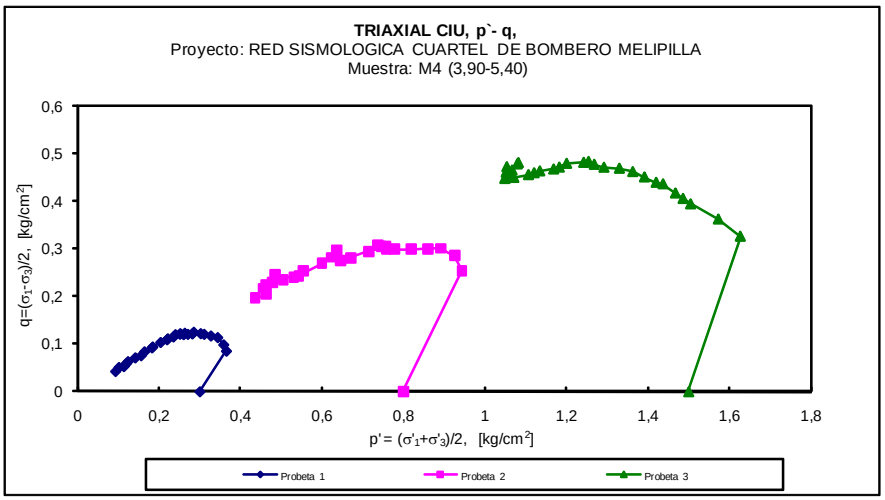
Observaciones:

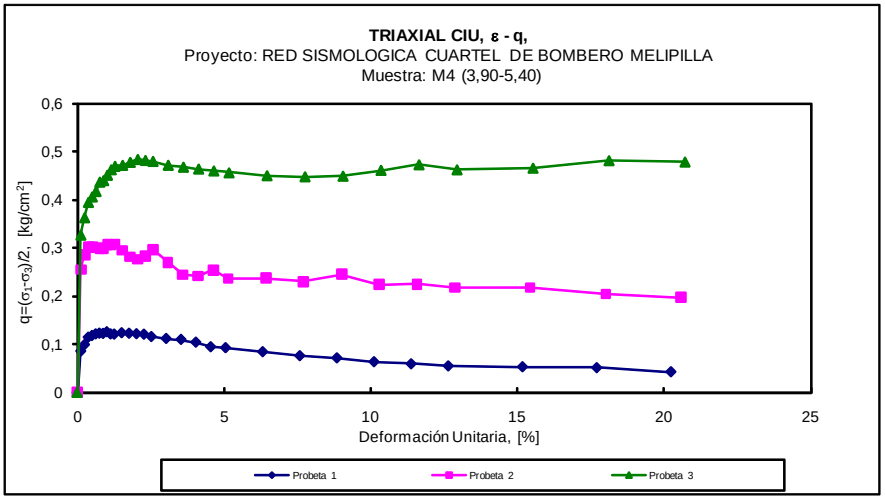
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

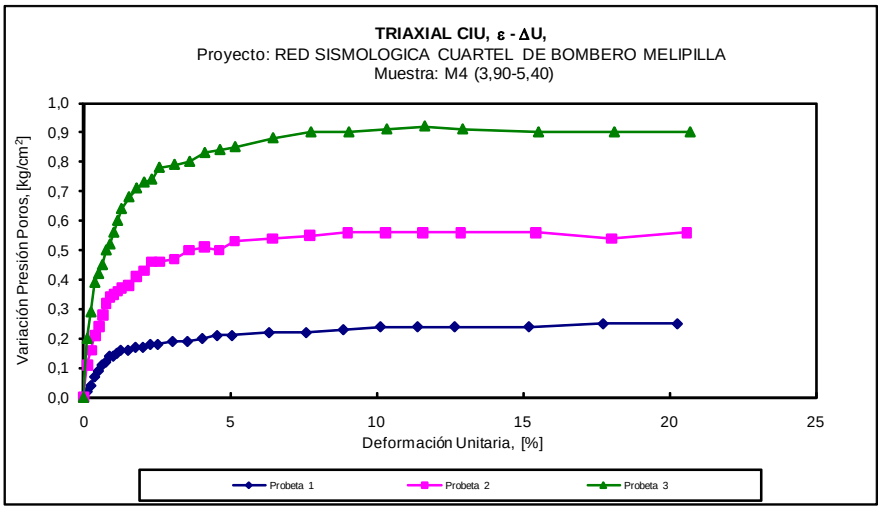
Ensaye efectuado en probeta REMOLDEADA y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,20	1,63	0,33
0,26	0,29	1,57	0,36
0,39	0,39	1,50	0,39
0,52	0,42	1,49	0,41
0,65	0,45	1,47	0,42
0,78	0,50	1,44	0,44
0,91	0,52	1,42	0,44
1,03	0,56	1,39	0,45
1,16	0,60	1,36	0,46
1,29	0,64	1,33	0,47
1,55	0,68	1,29	0,47
1,81	0,71	1,27	0,48
2,07	0,73	1,25	0,48
2,33	0,74	1,24	0,48
2,59	0,78	1,20	0,48
3,10	0,79	1,18	0,47
3,62	0,80	1,17	0,47
4,14	0,83	1,13	0,46
4,66	0,84	1,12	0,46
5,17	0,85	1,11	0,46
6,47	0,88	1,07	0,45
7,76	0,90	1,05	0,45
9,05	0,90	1,05	0,45
10,35	0,91	1,05	0,46
11,64	0,92	1,05	0,47
12,94	0,91	1,05	0,46
15,52	0,90	1,07	0,47
18,11	0,90	1,08	0,48
20,70	0,90	1,08	0,48

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-D RED SISMOLÓGICA CHILE-CUARTEL DE BOMBEROS MELIPILLA

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOGRAFICA – ESTACION MELIPILLA

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

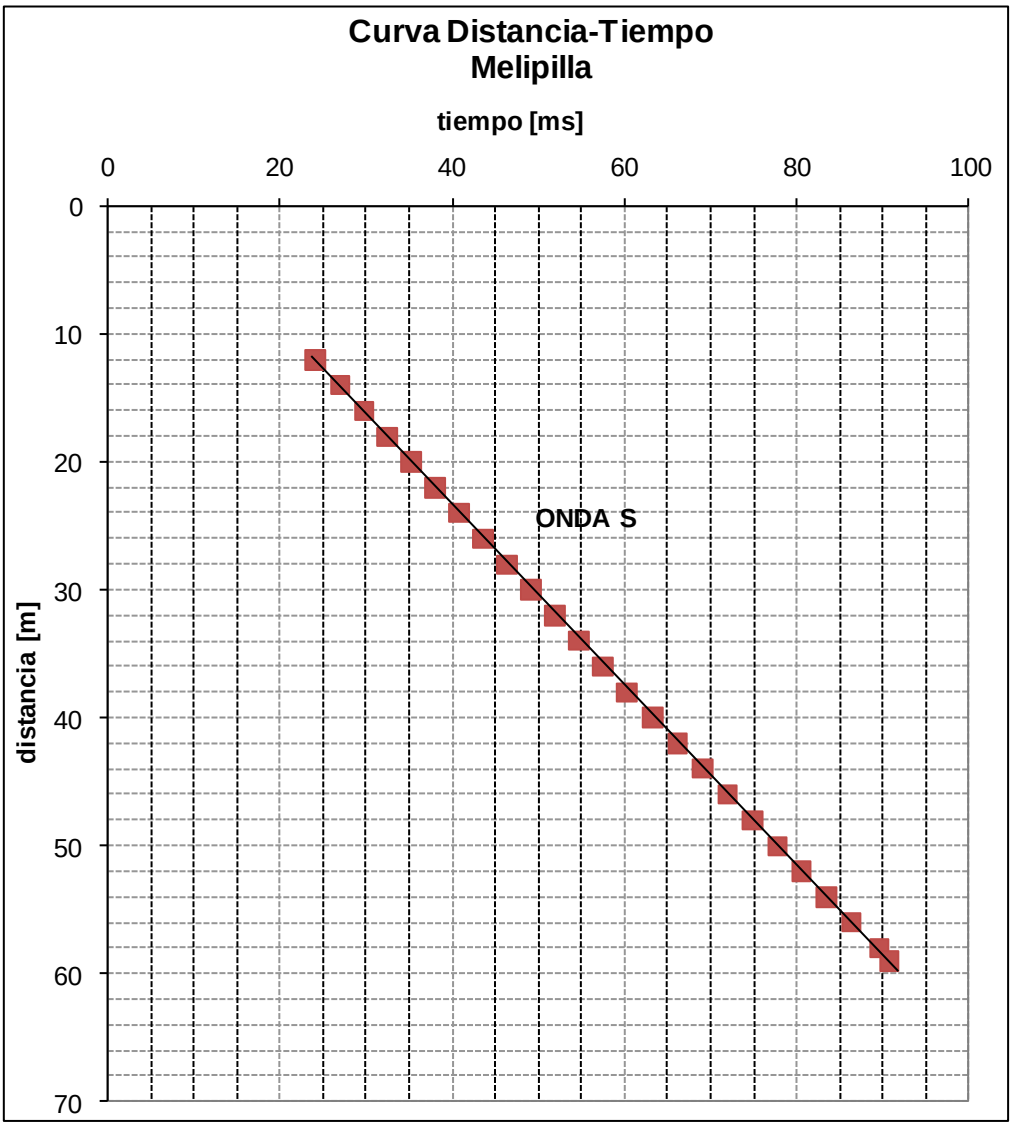
Sondaje **ESTACION MELIPILLA**
Profundidad **59m**
Coordenadas **294.836.14m E 6.270.355,81 m S**

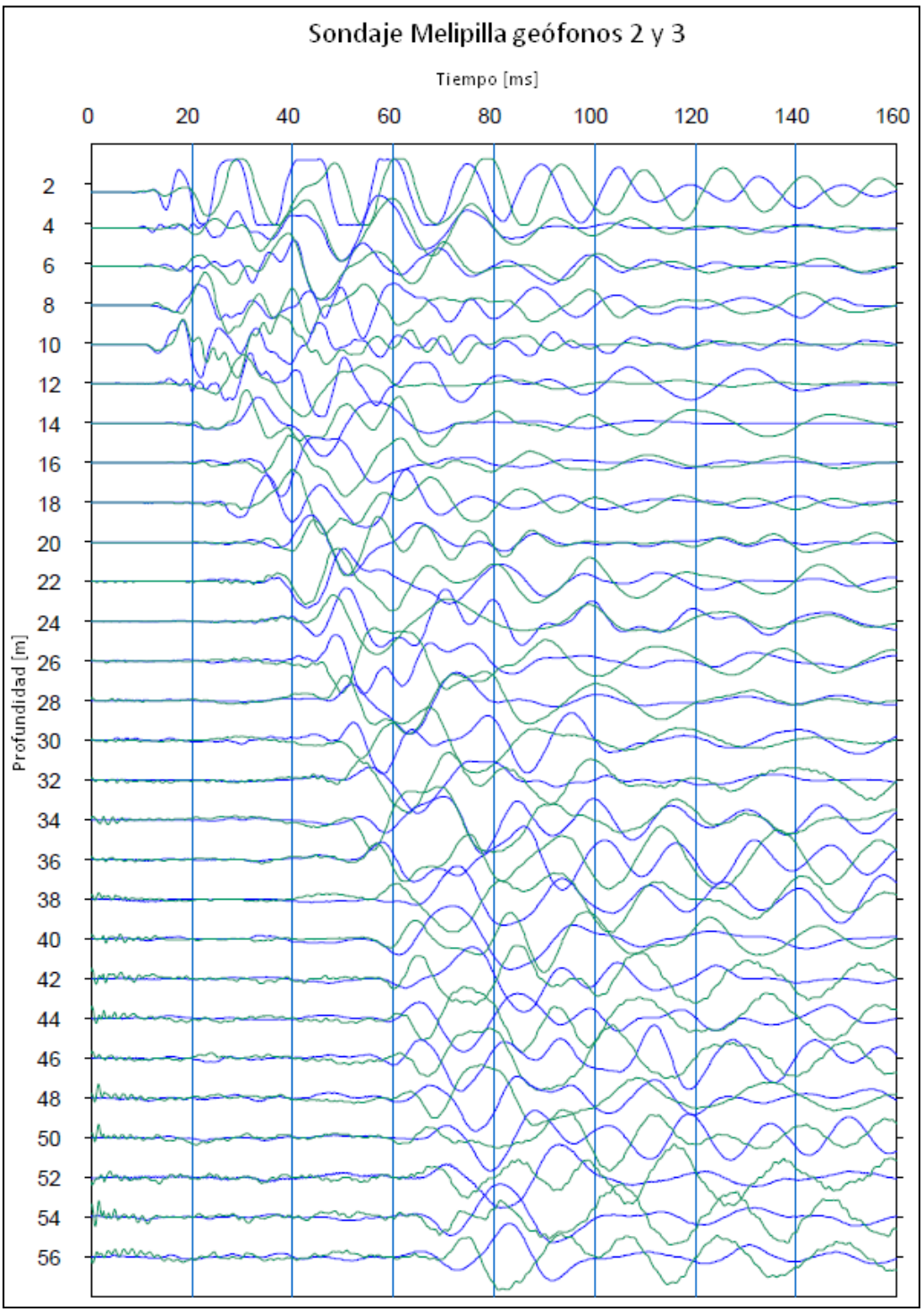
Fecha Ejecución **6-12-2011**

PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,4	-	-
4,0	4,2	-	-
6,0	6,2	-	-
8,0	8,1	-	-
10,0	10,1	-	-
12,0	12,1	-	24,1
14,0	14,1	-	26,9
16,0	16,0	-	29,7
18,0	18,0	-	32,5
20,0	20,0	-	35,3
22,0	22,0	-	38,0
24,0	24,0	-	40,8
26,0	26,0	-	43,6
28,0	28,0	-	46,4
30,0	30,0	-	49,2
32,0	32,0	-	51,9
34,0	34,0	-	54,7
36,0	36,0	-	57,5
38,0	38,0	-	60,3
40,0	40,0	-	63,3
42,0	42,0	-	66,2
44,0	44,0	-	69,1
46,0	46,0	-	72,0
48,0	48,0	-	74,8
50,0	50,0	-	77,7
52,0	52,0	-	80,6
54,0	54,0	-	83,5
56,0	56,0	-	86,4
58,0	58,0	-	89,5
59,0	59,0	-	90,7

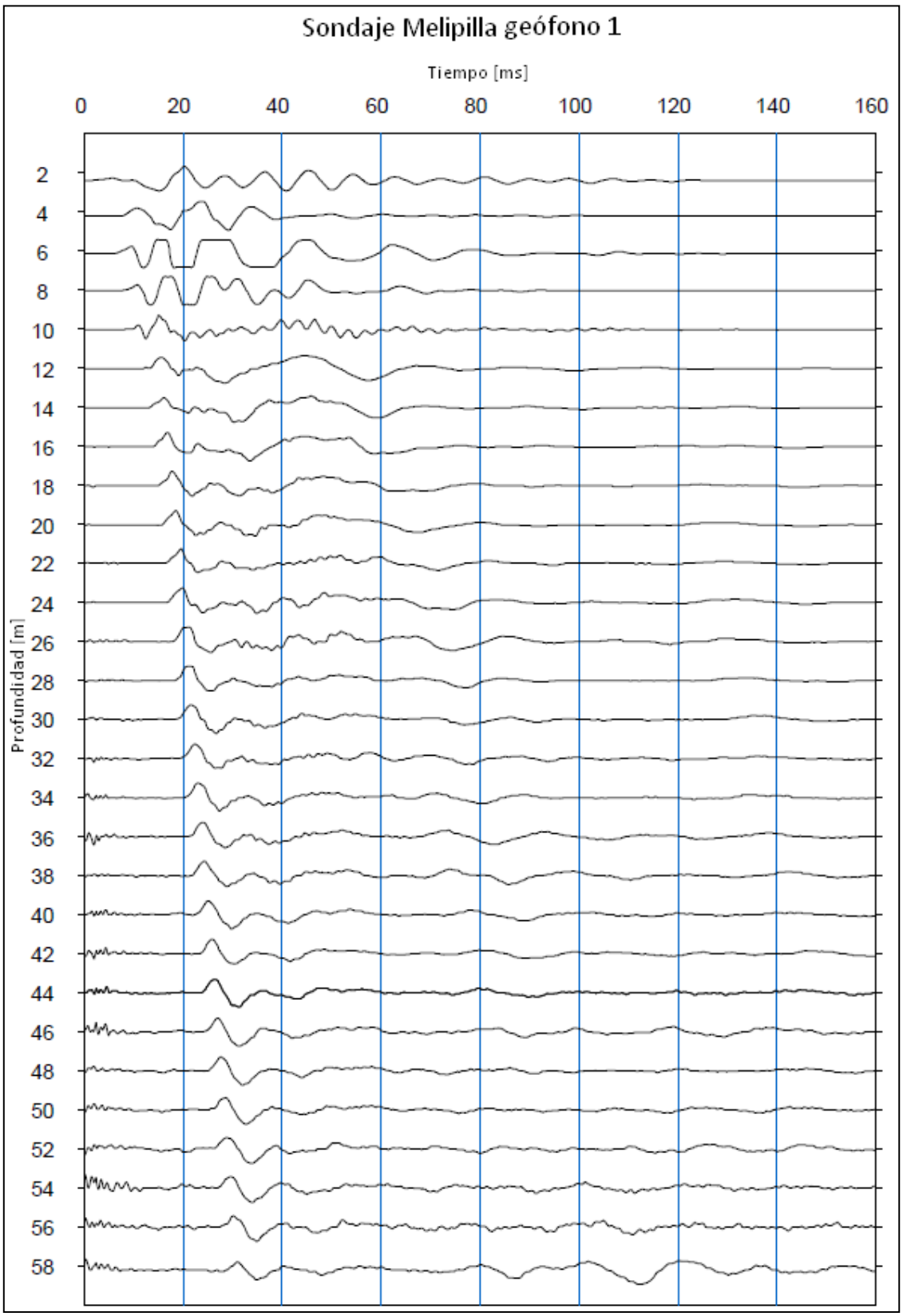
Velocidades			
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	12,00	-	-
12,00	56,00	-	700

Observaciones:
Las velocidad de compresión no pudo ser analizada, al igual que la velocidad de corte en los 12 primeros metros.





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION PEÑALOLEN

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 22**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFÍA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 10
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 11
6.4. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN. 11
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 13
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 14
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 16
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 16
7.2. TRIAXIAL CIU 17
7.3. BENDER ELEMENTS 19
8. RESUMEN DE RESULTADOS 21

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Peñalolén, Santiago. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje. 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje. 9
Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT). 10
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-11.80m. 14
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 11.80m-21.45m. 15
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 21.45m-31.00m. 15
Figura 9. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 17
Figura 10. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I. 18
Figura 11. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I. 18
Figura 12. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I. 19
Figura 13. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M3 (estrato I). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga. 20
Figura 14. Log del sondaje. 21

TABLAS

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación. 5
Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos. 11
Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 11
Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 13
Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 16

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de Peñalolén, Santiago.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de Peñalolén en la ciudad de Santiago, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

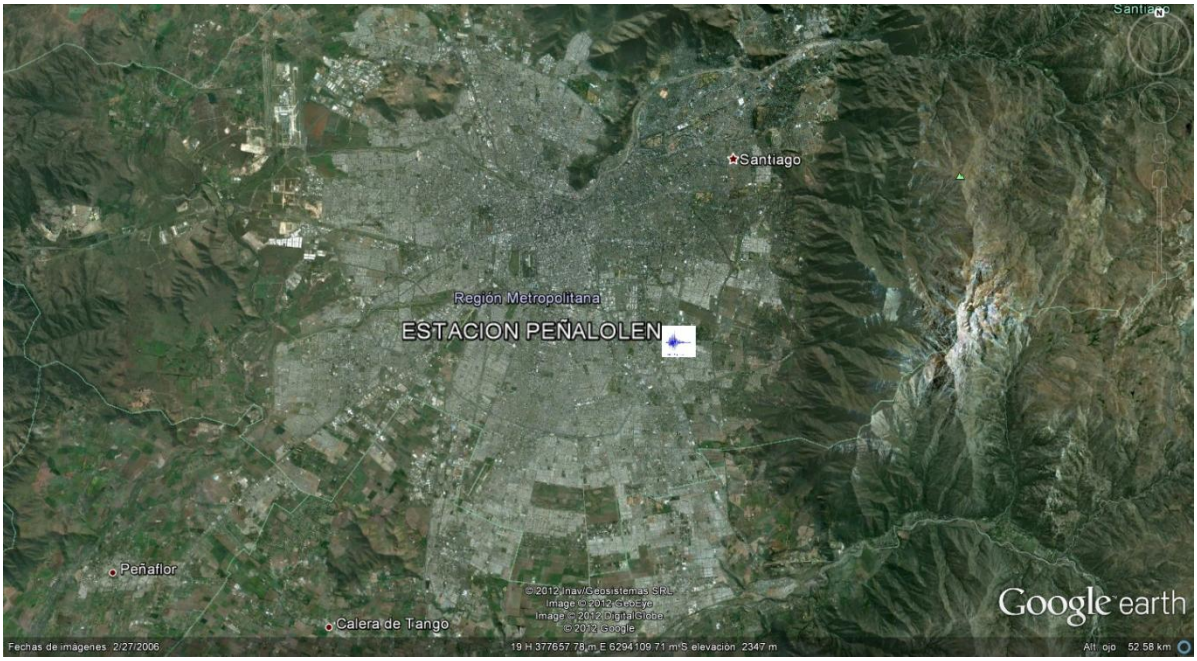


Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de Peñalolén, Santiago.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la comuna de Maipú se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
NS	0,295
V	0,280
EW	0,293

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 31.00m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole* y SPT, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos, triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de Peñalolén se basó en la perforación de un sondaje de 31.00m de profundidad, en el cual se realizaron SPT (*Standard Penetration Test*) y ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, además en la Tabla 2 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	353324 m E	6292264 m S	31.00

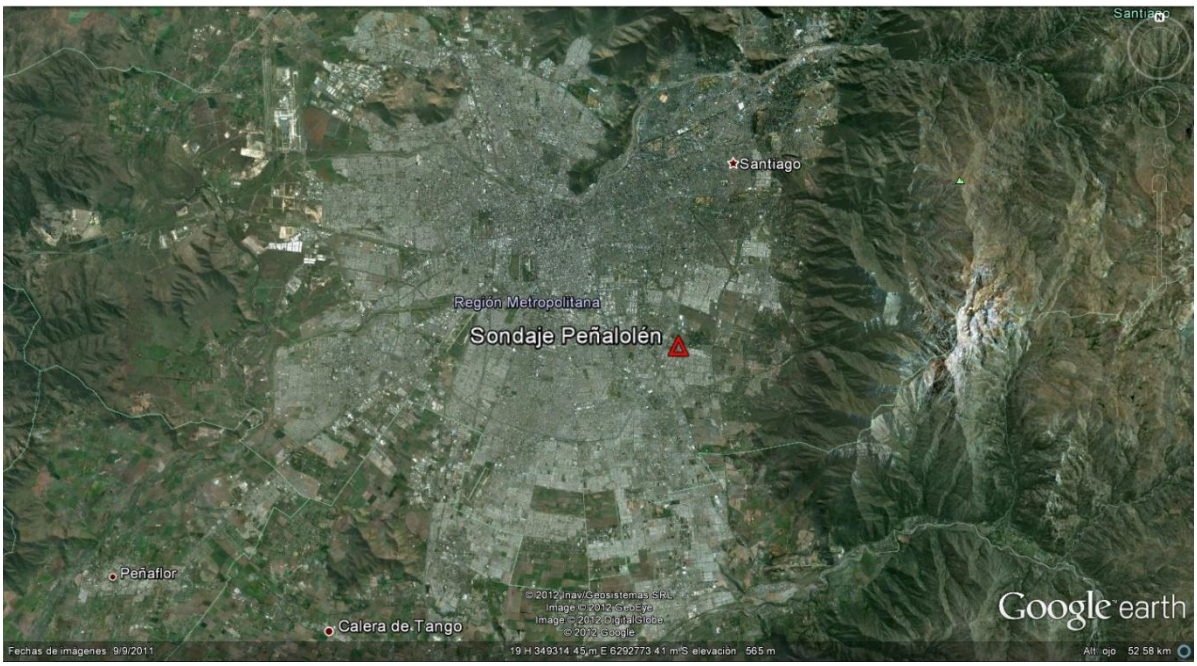


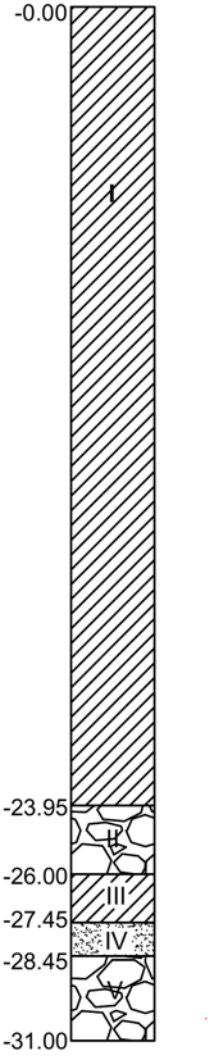
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. Estratigrafía

El suelo en estudio está constituido principalmente por un estrato de arcilla de baja plasticidad con presencia variable de gravas, y bajo este subyacen estratos de gravas, arcillas y arena limosa (pumacita).



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	23,95	23,95	Arcilla color café, consistencia media a alta, humedad media y plasticidad baja. Presencia variable de gravas de cantos angulares y sub-angulares, tamaño máximo 1 1/2".
II	23,95	26,00	2,05	Grava de cantos angulares y sub-angulares, tamaño máximo 2", sin recuperación de matriz. Se observa arena gruesa color negro en el retorno de agua.
III	26,00	27,45	1,45	Arcilla color café, cosistencia media, humedad media y plasticidad baja. Presencia variable de gravas de cantos angulares y sub-angulares, tamaño máximo 1/2".
IV	27,45	28,45	1,00	Arena limosa color rosado, compacidad alta, humedad media y plasticidad nula.
V	28,45	31,00	2,55	Grava de cantos angulares y sub-angulares, tamaño máximo 2", sin recuperación de matriz. Se observa arena gruesa color negro en el retorno de agua y un lente de arcilla al comienzo del estrato.

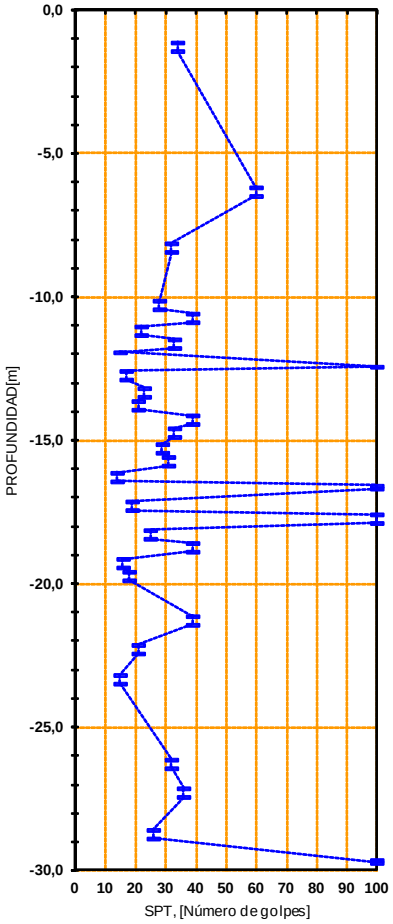
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los distintos estratos.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
1,00	1,45
6,05	6,50
8,00	8,45
10,00	10,45
10,45	10,90
10,90	11,35
11,35	11,80
11,80	12,45
12,45	12,90
13,05	13,50
13,50	13,95
14,00	14,45
14,45	14,90
15,00	15,45
15,45	15,90
16,00	16,45
16,45	16,70
17,00	17,45
17,45	17,90
18,00	18,45
18,45	18,90
19,00	19,45
19,45	19,90
21,00	21,45
21,45	21,87
22,00	22,45
22,45	22,90
23,05	23,50
23,50	23,95
26,00	26,45
26,45	26,90
27,00	27,45
28,00	28,45
28,45	28,90
29,20	29,23
29,60	29,65

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
8	14	20	34
12	15	45	60
11	15	17	32
9	12	16	28
21	19	20	39
12	10	12	22
8	16	17	33
10	9	6	15
7	6	11	17
9	10	13	23
8	10	11	21
22	21	18	39
14	18	15	33
13	11	18	29
9	14	17	31
5	6	8	14
21	R		R
5	8	11	19
8	12	10	22
9	10	15	25
19	19	20	39
5	6	10	16
7	7	11	18
18	20	19	39
33	R		R
9	11	10	21
13	15	21	36
10	8	7	15
11	14	10	24
6	14	18	32
4	12	9	21
10	14	22	36
18	26	37	63
9	12	14	26
R			R
R			R



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	23,95	380	250
II	23,95	26,00	860	430
III	26,00	27,45	860	430
IV	27,45	28,45	860	430
V	28,45	31,00	860	600

6.4. Resumen de muestreo y operación.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	0,00	0,10	0,10	0,10	100
HQ3	0,10	0,15	0,05	0,05	100
HQ3	0,15	1,00	0,85	0,85	100
SPT	1,00	1,45	0,45	0,30	67
HQ3	1,45	3,70	2,25	0,00	0
SPT	3,70	3,90	0,20	0,00	0
HQ3	3,90	4,55	0,65	0,60	92
HQ3	4,55	5,20	0,65	0,40	62
HQ3	5,20	5,65	0,45	0,35	78
HQ3	5,65	6,05	0,40	0,20	50

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
SPT	6,05	6,50	0,45	0,30	67
HQ3	6,50	7,00	0,50	0,05	10
HQ3	7,00	7,50	0,50	0,10	20
HQ3	7,50	8,00	0,50	0,00	0
SPT	8,00	8,45	0,45	0,40	89
HQ3	8,45	9,00	0,55	0,00	0
HQ3	9,00	9,10	0,10	0,00	0
HQ3	9,10	10,00	0,90	0,20	22
SPT	10,00	10,45	0,45	0,36	80
SPT	10,45	10,90	0,45	0,30	67
SPT	10,90	11,35	0,45	0,45	100
SPT	11,35	11,80	0,45	0,45	100
SPT	11,80	12,45	0,65	0,45	69
SPT	12,45	12,90	0,45	0,00	0
HQ3	12,90	13,05	0,15	0,00	0
SPT	13,05	13,50	0,45	0,38	84
SPT	13,50	13,95	0,45	0,36	80
HQ3	13,95	14,00	0,05	0,00	0
SPT	14,00	14,45	0,45	0,41	91
SPT	14,45	14,90	0,45	0,45	100
HQ3	14,90	15,00	0,10	0,00	0
SPT	15,00	15,45	0,45	0,45	100
SPT	15,45	15,90	0,45	0,42	93
HQ3	15,90	16,00	0,10	0,00	0
SPT	16,00	16,45	0,45	0,36	80
SPT	16,45	16,70	0,25	0,25	100
HQ3	16,70	17,00	0,30	0,00	0
SPT	17,00	17,45	0,45	0,43	96
SPT	17,45	17,90	0,45	0,42	93
HQ3	17,90	18,00	0,10	0,00	0
SPT	18,00	18,45	0,45	0,31	69
SPT	18,45	18,90	0,45	0,35	78
HQ3	18,90	19,00	0,10	0,00	0
SPT	19,00	19,45	0,45	0,37	82
SPT	19,45	19,90	0,45	0,30	67
HQ3	19,90	20,00	0,10	0,00	0
HQ3	20,00	20,50	0,50	0,45	90
HQ3	20,50	21,00	0,50	0,25	50
SPT	21,00	21,45	0,45	0,45	100
SPT	21,45	21,87	0,42	0,31	74

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]
	Inferior	Superior			
HQ3	21,87	22,00	0,13	0,00	0
SPT	22,00	22,45	0,45	0,40	89
SPT	22,45	22,90	0,45	0,37	82
HQ3	22,90	23,05	0,15	0,00	0
SPT	23,05	23,50	0,45	0,31	69
SPT	23,50	23,95	0,45	0,36	80
HQ3	23,95	25,00	1,05	0,30	29
HQ3	25,00	26,00	1,00	0,50	50
SPT	26,00	26,45	0,45	0,13	29
SPT	26,45	26,90	0,45	0,15	33
HQ3	26,90	27,00	0,10	0,00	0
SPT	27,00	27,45	0,45	0,45	100
SPT	27,45	27,73	0,28	0,28	100
HQ3	27,73	28,00	0,27	0,00	0
SPT	28,00	28,45	0,45	0,20	44
SPT	28,45	28,90	0,45	0,43	96
HQ3	28,90	29,20	0,30	0,00	0
SPT	29,20	29,23	0,03	0,00	0
HQ3	29,23	29,60	0,37	0,00	0
SPT	29,60	29,65	0,05	0,00	0
HQ3	29,65	30,00	0,35	0,00	0
HQ3	30,00	31,00	1,00	0,60	60

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, el cual se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación	
			Tipo	Profundidad [m]
23-11-2011	20:00	2,8	HQ3	5,2
24-11-2011	8:00	2,9	HQ3	5,2
24-11-2011	20:00	8,4	HQ3	10,9
25-11-2011	8:00	Seco	HQ3	10,9
25-11-2011	20:00	12,5	HQ3	17,9
26-11-2011	8:00	Seco	HQ3	17,9

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación	
			Tipo	Profundidad [m]
26-11-2011	20:00	19,1	HQ3	24,0
27-11-2011	8:00	Seco	HQ3	24,0
27-11-2011	20:00	24,2	HQ3	27,5
28-11-2011	8:00	Seco	HQ3	27,5
28-11-2011	20:00	Seco	HQ3	30,0
29-11-2011	8:00	Seco	HQ3	30,0
29-11-2011	20:00	Seco	HQ3	31,0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-11.80m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 11.80m-21.45m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 21.45m-31.00m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

De los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS, se desprende que las muestras estudiadas corresponden, en general, a arcillas de baja plasticidad y arenas mal graduadas.

Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M01	1,00-1,45	CL	57,2	22	9	13	2,72
M3	3,90-4,55	CL	89,3	27	11	16	2,71
M4	6,05-6,50	SC	22,1	22	10	12	2,67
M06	10,00-10,45	CL	50,8	26	17	9	2,71
M12	13,05-13,50	CL	88,1	35	15	20	2,68
M16	15,00-15,45	CL	77,4	32	16	16	2,64
M20	17,00-17,45	CL	71,1	28	14	14	2,74
M26	21,00-21,45	CL	83,0	28	18	10	2,68
M31	23,50-23,95	CL	86,6	27	13	14	2,63
M34	27,00-27,45	CL	61,4	26	10	16	2,61
M35	27,45-27,73	SM	42,7	-	-	NP	2,67
M37	28,45-28,90	CL	64,3	27	16	11	2,66

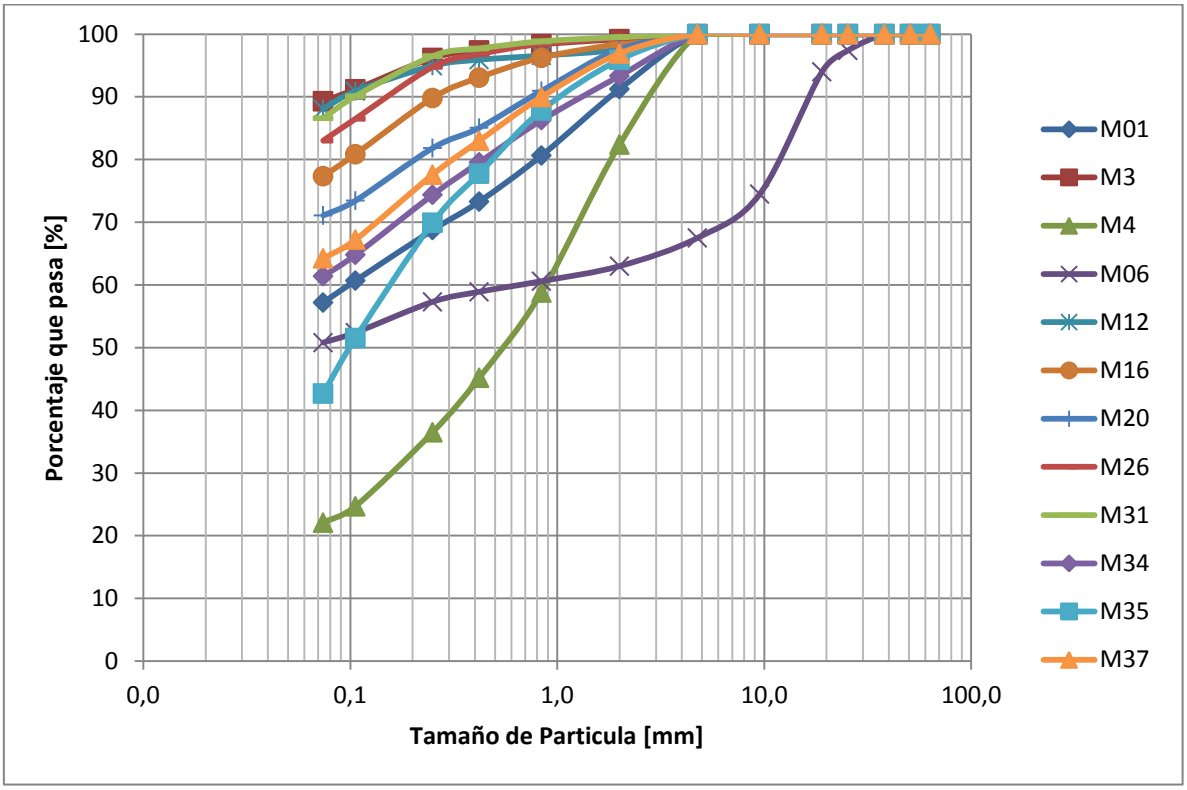


Figura 9. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Triaxial CIU

Se realizó una serie de tres ensayos triaxiales CIU sobre muestras de arcillas de baja plasticidad correspondientes al estrato I. Se ensayaron probetas naturales obtenidas de un tubo Shelby, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.5 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2.

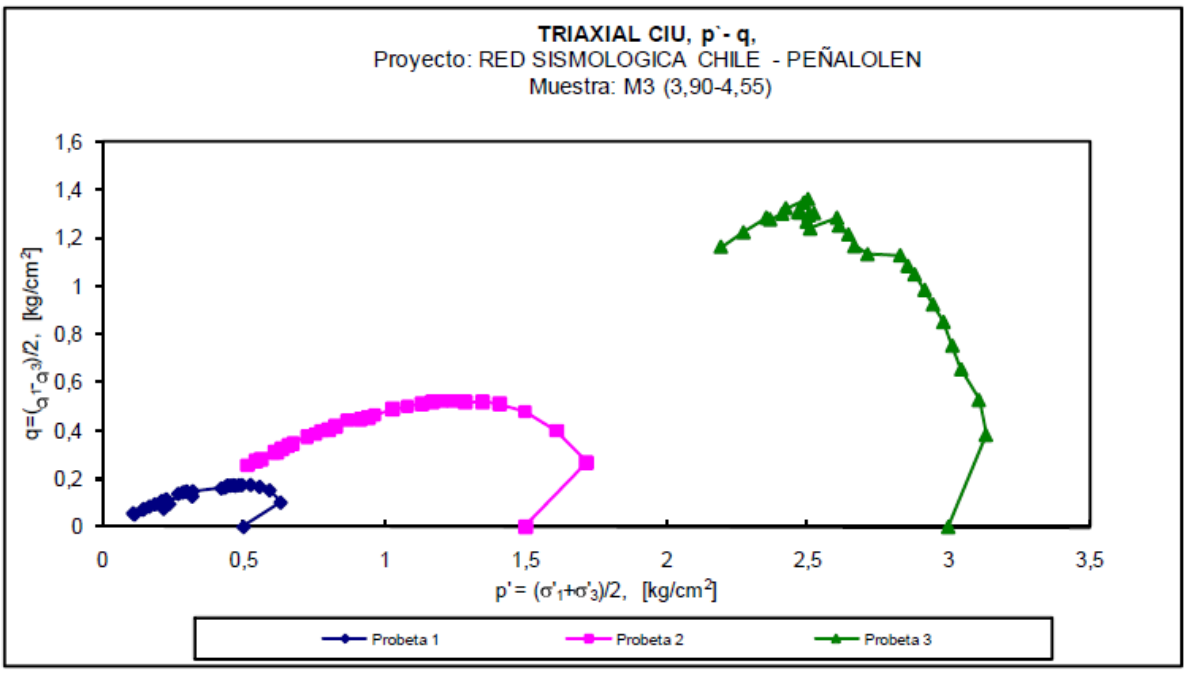


Figura 10. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I.

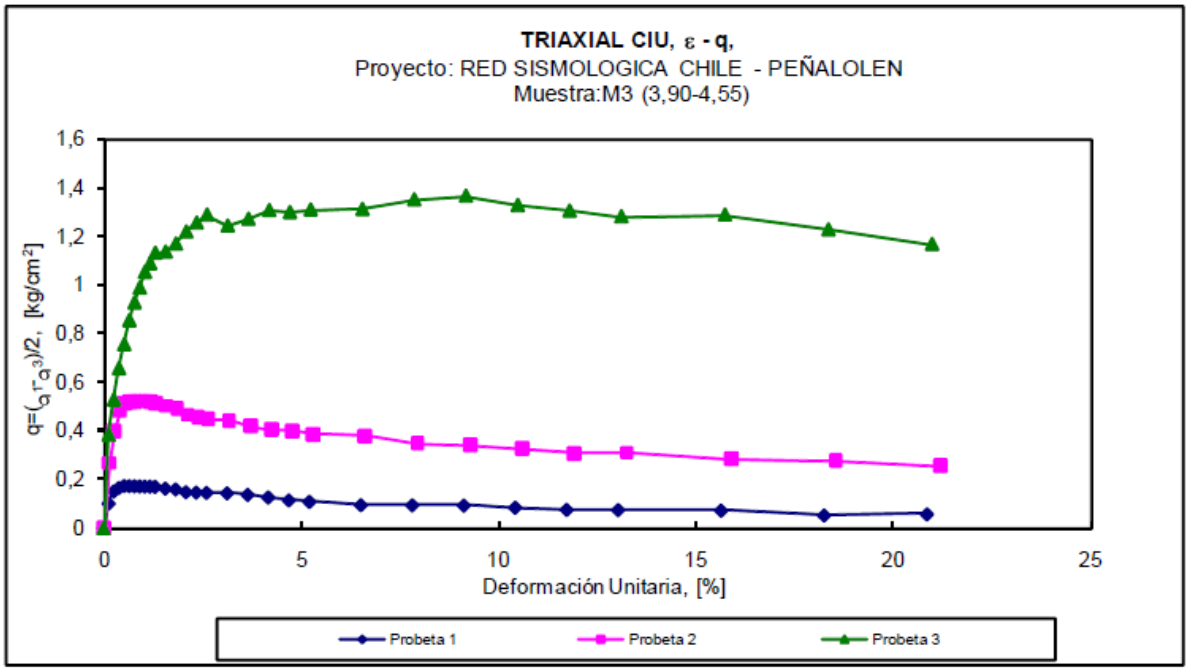


Figura 11. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I.

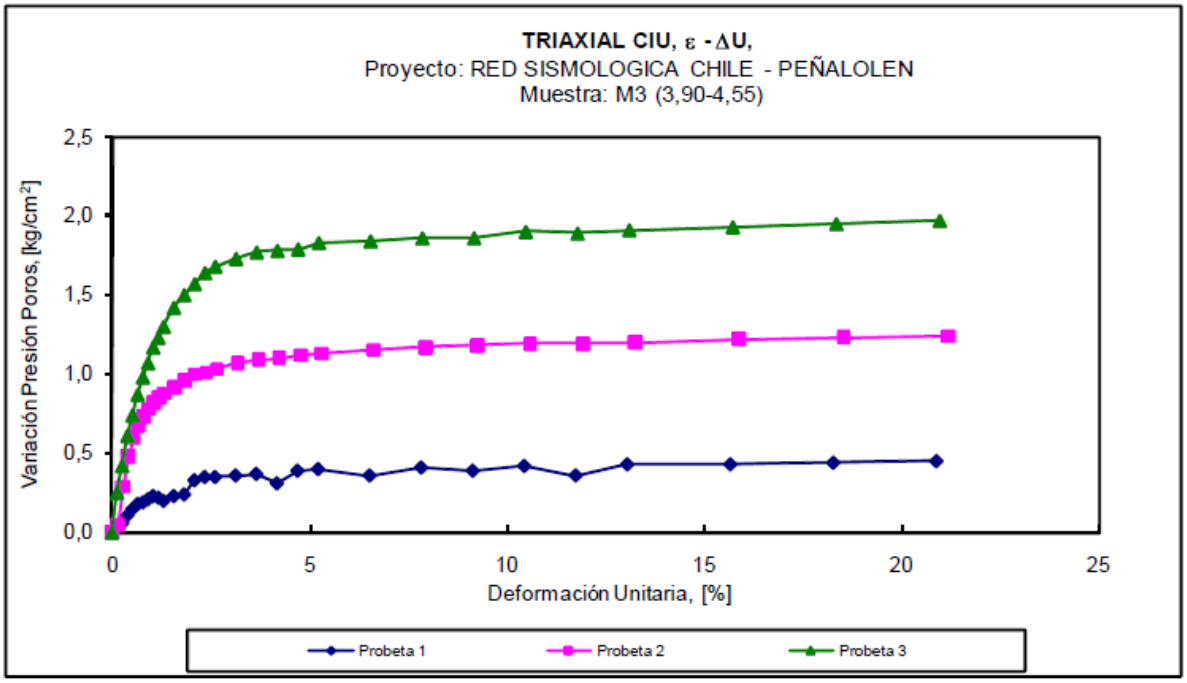


Figura 12. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M3 (CL), estrato I.

7.3. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en una muestra de arcilla correspondiente al estrato I. Los ensayos se realizaron sobre una probeta natural obtenida de un tubo Shelby, los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.5 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 – 3.0 kg/cm^2 y en condición drenada al aire.

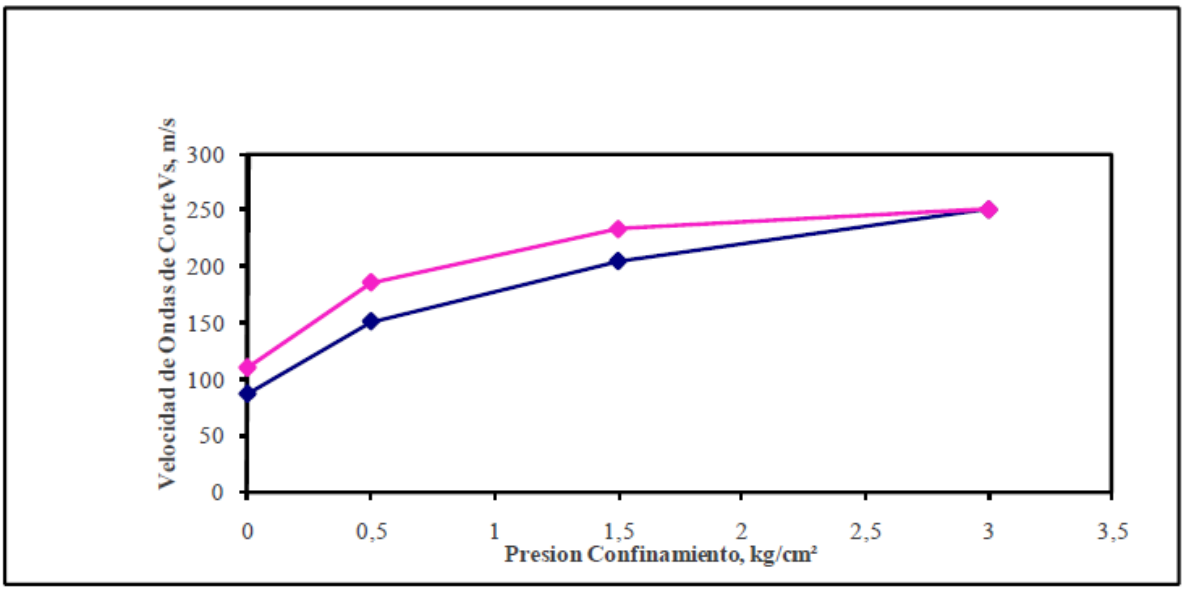


Figura 13. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M3 (estrato I). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

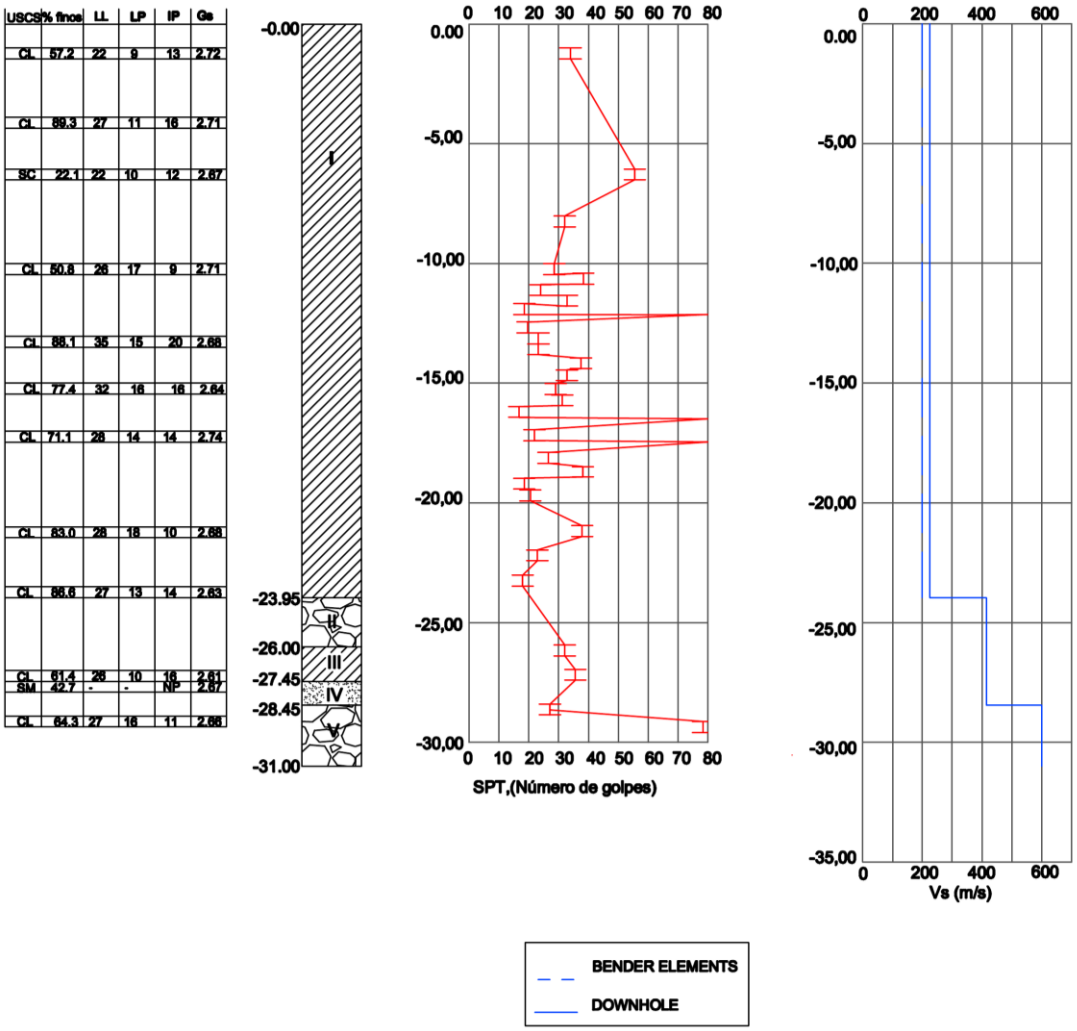


Figura 14. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOLOGICA – ESTACION PEÑALOLEN

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-G
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – PEÑALOLEN

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 14
ELABORADO POR: Valeska Barahona O. Priscilla Torres C.	**REVISADO POR:** Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	**APROBADO POR:** Iván Bejarano B.	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE** **Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago** **DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** PEÑALOLEN		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 16 **/** 12 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 21 / 12 /2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 24/01/2012	**FECHA DE EMISIÓN** : 25 / 01 / 2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-G RED SISMOLÓGICA CHILE – PEÑALOLEN

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Bender Element
- Triaxial CIU (probeta 5x10cm) basado Según ASTM D4767-04

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M01 SHT-1	---	(1,00-1,45)	SPT	X	X
M3	---	(3,90-4,55)	SHELBY	X	X
M4	---	(6,05-6,50)	SPT	X	X
M06 SHT-1	---	(10,00-10,45)	SPT	X	X
M12 SHT-1	---	(13,05-13,50)	SPT	X	X
M16 SHT-1	---	(15,00-15,45)	SPT	X	X
M20 SHT-1	---	(17,00-17,45)	SPT	X	X
M26 SHT-1	---	(21,00-21,45)	SPT	X	X
M31 SHT-1	---	(23,50-23,95)	SPT	X	X
M34 SHT-1	---	(27,00-27,45)	SPT	X	X
M35 SHT-1	---	(27,45-27,73)	SPT	X	X
M37 SHT1	---	(28,45-28,90)	SPT	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.	**Iván Bejarano B.**
Jefe Sección Laboratorio	**Jefe Área Geotecnia y Pavimentación**
Geotecnia –IDIEM	**Geotecnia –IDIEM**

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	22-12-2011
Fecha Término	16-01-2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M01 SHT-1	M3	M4	M06 SHT-1
Cota [m]	**(1,00-1,45)**	**(3,90-4,55)**	**(6,05-6,50)**	**(10,00-10,45)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**				
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	67,5
2,000	Nº 10	91,2	99,2	82,4	63,0
0,840	Nº 20	80,6	98,4	58,8	60,6
0,420	Nº 40	73,3	97,4	45,2	58,9
0,250	Nº 60	68,8	96,2	36,5	57,3
0,106	Nº 140	60,7	91,2	24,7	52,4
0,074	Nº 200	57,2	89,3	22,1	50,8
Límite Líquido		22	27	22	26
Límite Plástico		9	11	10	17
Indice de Plasticidad		13	16	12	9
Clasificación USCS		**CL**	**CL**	**SC**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	21/12/2011
Fecha Término	04/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M12 SHT-1	M16 SHT-1	M20 SHT-1	M26 SHT-1
Cota [m]	**(13,05-13,50)**	**(15,00-15,45)**	**(17,00-17,45)**	**(21,00-21,45)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	97,6	98,4	97,6	99,4
0,840	Nº 20	96,6	96,2	91,0	98,5
0,420	Nº 40	95,9	93,1	85,1	96,8
0,250	Nº 60	94,9	89,8	81,8	94,8
0,106	Nº 140	90,9	80,8	73,5	86,5
0,074	Nº 200	88,1	77,4	71,1	83,0

Límite Líquido	35	32	28	28
Límite Plástico	15	16	14	18
Indice de Plasticidad	20	16	14	10
Clasificación USCS	**CL**	**CL**	**CL**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	21/12/2011
Fecha Término	04/01/2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M31 SHT-1	M34 SHT-1	M35 SHT-1	M37 SHT-1
Cota [m]	**(23,50-23,95)**	**(27,00-27,45)**	**(27,45-27,73)**	**(28,45-28,90)**
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4	100,0	100,0	100,0	100,0
2,000	Nº 10	99,5	93,3	95,9	96,9
0,840	Nº 20	98,8	86,3	87,8	90,0
0,420	Nº 40	97,7	79,6	77,8	83,0
0,250	Nº 60	96,5	74,4	69,9	77,6
0,106	Nº 140	90,1	64,8	51,5	67,2
0,074	Nº 200	86,6	61,4	42,7	64,3

Límite Líquido	27	26	-	27
Límite Plástico	13	10	-	16
Indice de Plasticidad	14	16	NP	11
Clasificación USCS	**CL**	**CL**	**SM**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	21/12/2011
Fecha Término	17/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M01 SHT-1	(1,00-1,45)	2,72
M3	(3,90-4,55)	2,71
M4	(6,05-6,50)	2,67
M06 SHT-1	(10,00-10,45)	2,71
M12 SHT-1	(13,05-13,50)	2,68
M16 SHT-1	(15,00-15,45)	2,64
M20 SHT-1	(17,00-17,45)	2,74
M26 SHT-1	(21,00-21,45)	2,65
M31 SHT-1	(23,50-23,95)	2,63
M34 SHT-1	(27,00-27,45)	2,61

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	21/12/2011
Fecha Término	17/01/2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M35 SHT-1	(27,45-27,73)	2,67
M37 SHT1	(28,45-28,90)	2,66

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf. Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	22/12/2011
Fecha Término	16/01/2012
Muestra	M3 (3,90-4,55)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	4,960
Diametro Medio	cm	4,950
Diametro Inferior	cm	4,980
Peso Natural	g	344,79
Diámetro Promedio	cm	4,963
Area Promedio	cm²	19,35
Altura Promedio	cm	10,010
Volumen	cm³	193,67
Densidad Humeda	gr/cm³	1,780
Humedad Natural	%	25,05
Densidad Seca	gr/cm³	1,334

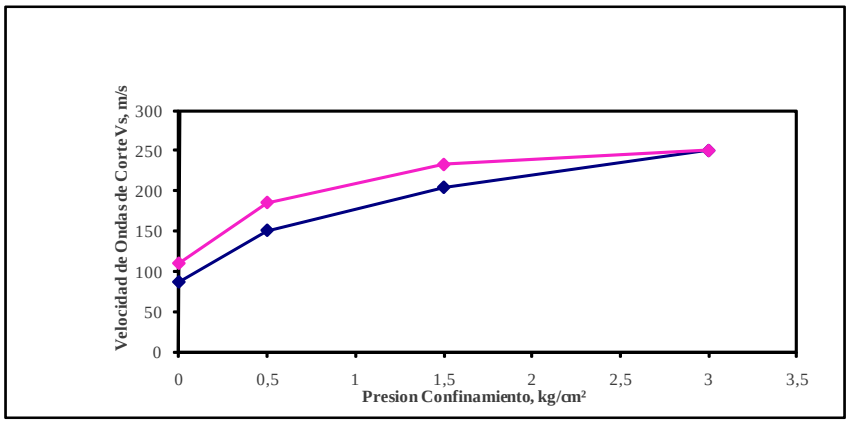
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	1165	0,001165	**86**	Drenado al aire.
0,5	665	0,000665	**151**	Drenado al aire.
1,5	490	0,000490	**204**	Drenado al aire.
3	400	0,000400	**250**	Drenado al aire.
1,5	430	0,000430	**233**	Drenado al aire.
0,5	540	0,000540	**185**	Drenado al aire.
0	915	0,000915	**109**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf.Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	08/01/2012
Fecha de Término	09/01/2012
Muestra	M3 (3,90-4,55)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,82
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,92
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	4,70
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,41
Humedad de Confección	[%]=	25,30
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	3,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$

$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,50	0,00
0,13	-0,03	0,63	0,10
0,26	0,06	0,59	0,15
0,39	0,11	0,56	0,17
0,52	0,15	0,52	0,17
0,65	0,18	0,49	0,17
0,78	0,19	0,48	0,17
0,91	0,21	0,46	0,17
1,04	0,23	0,44	0,17
1,17	0,22	0,45	0,17
1,30	0,20	0,47	0,17
1,57	0,23	0,43	0,16
1,83	0,24	0,42	0,16
2,09	0,33	0,32	0,15
2,35	0,35	0,30	0,15
2,61	0,35	0,30	0,15
3,13	0,36	0,28	0,14
3,65	0,37	0,27	0,14
4,17	0,31	0,32	0,13
4,70	0,39	0,23	0,12
5,22	0,40	0,21	0,11
6,52	0,36	0,24	0,10
7,83	0,41	0,18	0,09
9,13	0,39	0,20	0,09
10,43	0,42	0,16	0,08
11,74	0,36	0,22	0,08
13,04	0,43	0,14	0,07
15,65	0,43	0,14	0,07
18,26	0,44	0,11	0,05
20,87	0,45	0,11	0,06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf.Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	08-01-2012
Fecha de Término	09-01-2012
Muestra	M3 (3,90-4,55)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,81
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,96
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	12,80
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,45
Humedad de Confección	[%]=	24,91
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	4,50
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	1,50	0,00
0,13	0,05	1,72	0,27
0,26	0,29	1,61	0,40
0,40	0,48	1,50	0,48
0,53	0,60	1,41	0,51
0,66	0,67	1,35	0,52
0,79	0,73	1,29	0,52
0,93	0,78	1,24	0,52
1,06	0,82	1,20	0,52
1,19	0,85	1,17	0,52
1,32	0,88	1,13	0,51
1,59	0,92	1,08	0,50
1,85	0,96	1,03	0,49
2,12	1,00	0,97	0,47
2,38	1,01	0,94	0,45
2,65	1,03	0,92	0,45
3,18	1,07	0,87	0,44
3,71	1,09	0,83	0,42
4,24	1,10	0,80	0,40
4,77	1,12	0,78	0,40
5,30	1,13	0,76	0,39
6,62	1,15	0,73	0,38
7,94	1,17	0,68	0,35
9,27	1,18	0,66	0,34
10,59	1,19	0,64	0,33
11,92	1,19	0,62	0,31
13,24	1,20	0,61	0,31
15,89	1,22	0,56	0,28
18,54	1,23	0,55	0,28
21,18	1,24	0,51	0,25

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.
Informe Nº 712.152-G RED SISMOLÓGICA CHILE – PEÑALOLEN

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - PEÑALOLEN
Inf.Ensaye	Nº 712.152-G
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	08/01/2012
Fecha de Término	09/01/2012
Muestra	M3 (3,90-4,55)
Probeta	Nº 3

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,81
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	5,00
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	7,20
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,58
Humedad de Confección	[%]=	24,21
Contrapresión	[kg/cm²]=	3,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	6,00
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

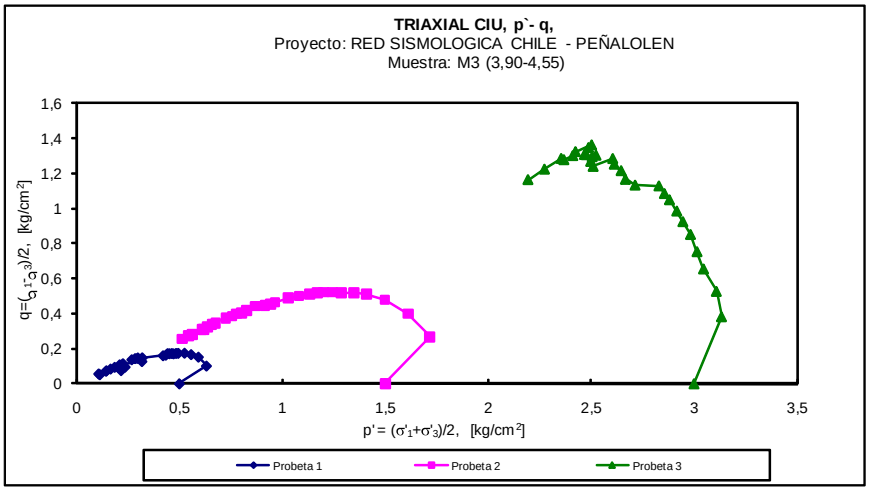
Observaciones:

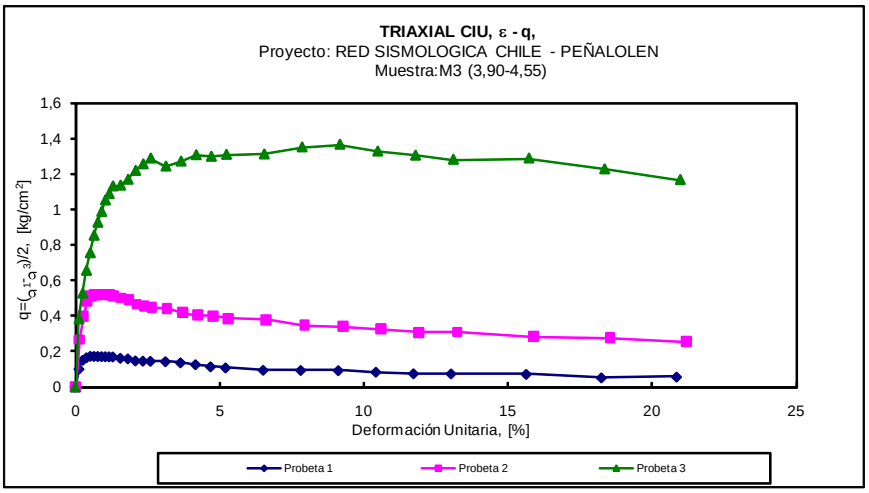
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

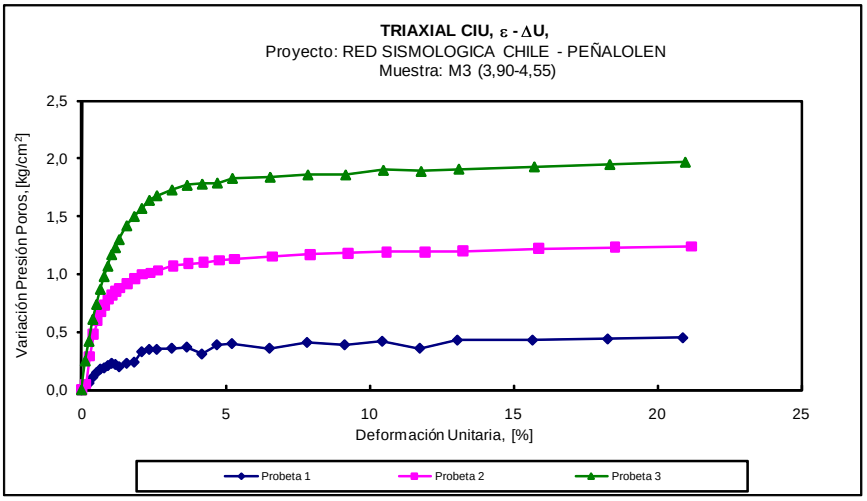
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	3,00	0,00
0,13	0,25	3,13	0,38
0,26	0,42	3,11	0,53
0,39	0,61	3,05	0,66
0,52	0,74	3,01	0,75
0,66	0,87	2,98	0,85
0,79	0,98	2,95	0,93
0,92	1,07	2,92	0,99
1,05	1,17	2,88	1,05
1,18	1,23	2,86	1,09
1,31	1,30	2,83	1,13
1,57	1,42	2,71	1,13
1,84	1,50	2,67	1,17
2,10	1,57	2,65	1,22
2,36	1,64	2,61	1,25
2,62	1,68	2,61	1,29
3,15	1,73	2,51	1,24
3,67	1,77	2,50	1,27
4,20	1,78	2,53	1,31
4,72	1,79	2,51	1,30
5,24	1,83	2,48	1,31
6,55	1,84	2,47	1,31
7,87	1,86	2,49	1,35
9,18	1,86	2,50	1,36
10,49	1,90	2,43	1,33
11,80	1,89	2,41	1,30
13,11	1,91	2,37	1,28
15,73	1,93	2,36	1,29
18,35	1,95	2,28	1,23
20,98	1,97	2,20	1,17

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.
Informe Nº 712.152-G RED SISMOLÓGICA CHILE – PEÑALOLEN







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-G RED SISMOLÓGICA CHILE – PEÑALOLEN

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION PEÑALOLEN

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS
DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION PEÑALOLEN**
Profundidad **32m**
Coordenadas **353.322,95m E 6.292.263,76m S**

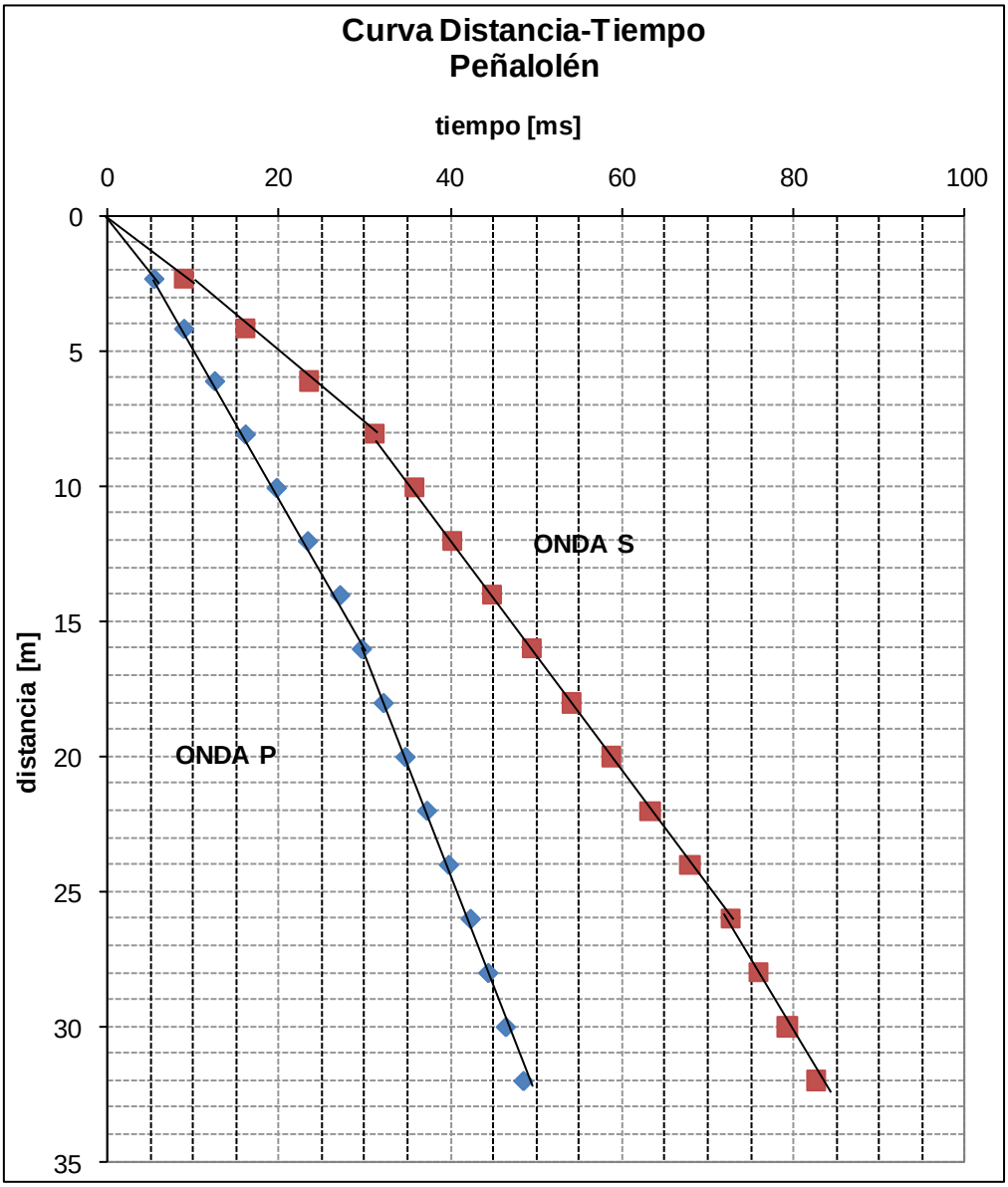
Fecha Ejecución **7-12-2011**

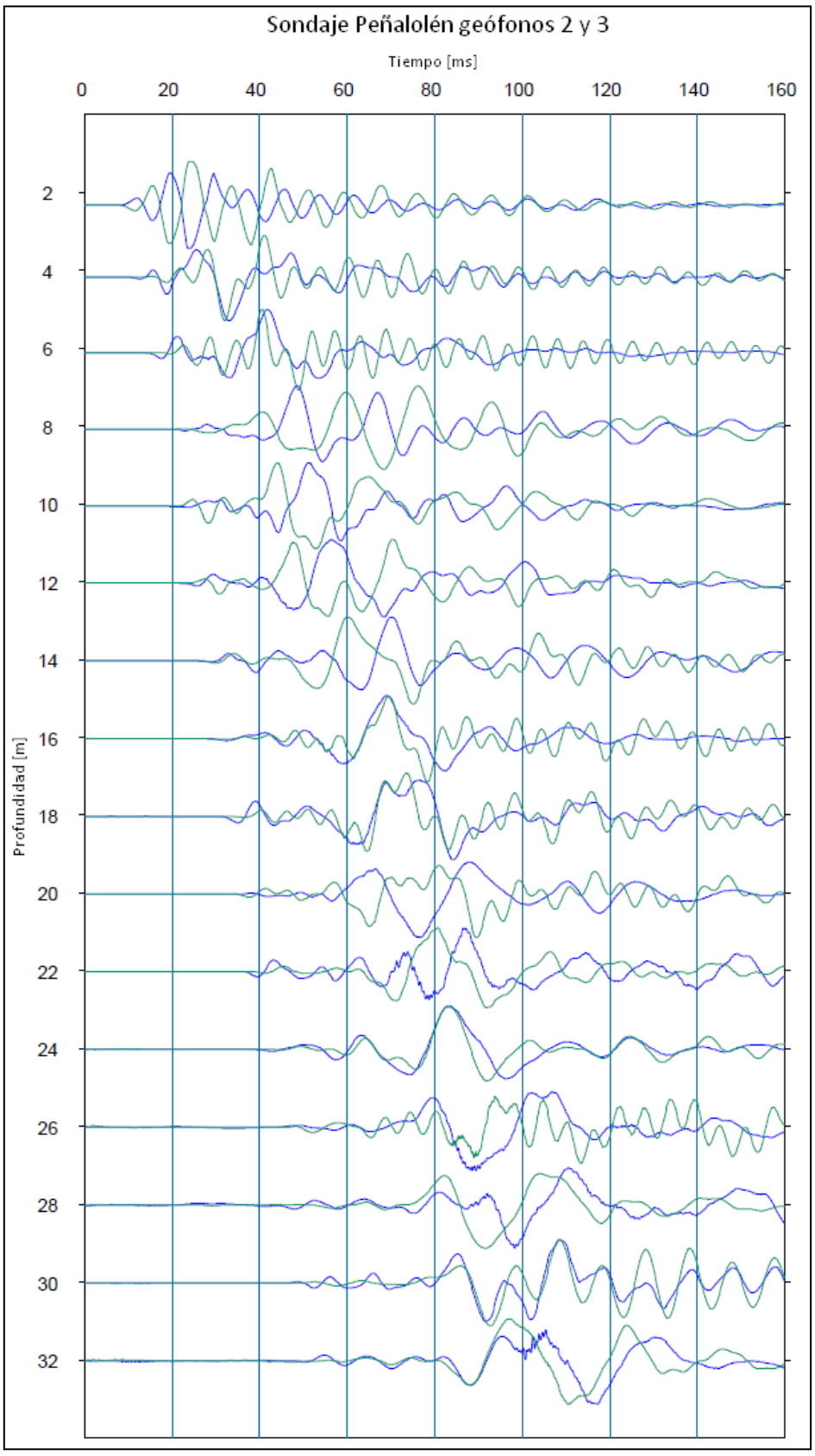
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte *
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,3	5,4	9,0
4,0	4,2	8,9	16,1
6,0	6,1	12,5	23,6
8,0	8,1	16,1	31,2
10,0	10,1	19,7	35,8
12,0	12,0	23,4	40,3
14,0	14,0	27,1	44,9
16,0	16,0	29,7	49,5
18,0	18,0	32,2	54,1
20,0	20,0	34,8	58,7
22,0	22,0	37,3	63,3
24,0	24,0	39,8	67,9
26,0	26,0	42,4	72,6
28,0	28,0	44,5	76,0
30,0	30,0	46,5	79,3
32,0	32,0	48,6	82,7

Velocidades

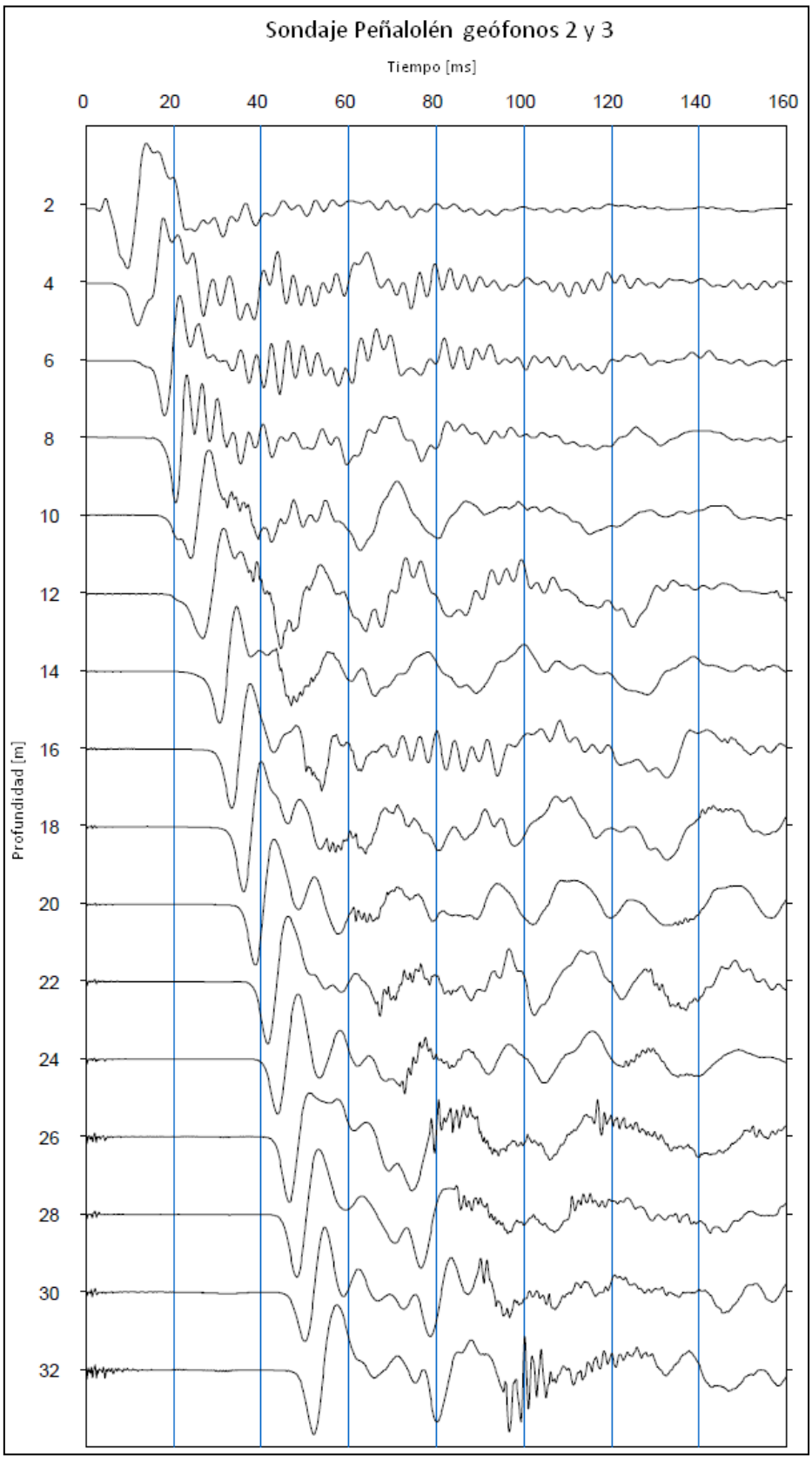
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	380	250
2,00	8,00	570	250
8,00	16,00	570	430
16,00	26,00	860	430
26,00	32,00	860	600

Observaciones:


Curva Distancia-Tiempo
Peñalolén
tiempo [ms]
0
20
40
60
80
100
0
5
10
15
20
25
30
35
distancia [m]
ONDA S
ONDA P



Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION SAN PEDRO DE LA PAZ

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 28**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 5
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 12
6.4. RESUMEN DE MUESTREO, OPERACIÓN Y RQD. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 14
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 15
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 22
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 22
7.2. TRIAXIAL CIU 23
7.3. COMPRESIÓN SIMPLE 24
7.4. BENDER ELEMENTS 25
8. RESUMEN DE RESULTADOS 26

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EN LA COMUNA DE SAN PEDRO DE LA PAZ. 5
FIGURA 2. IMAGEN GENERAL CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE. 7
FIGURA 3. IMAGEN EN DETALLE CON LA UBICACIÓN DEL SONDAJE 8
FIGURA 4. MODELO ESTRATIGRÁFICO DEL SONDAJE 10
FIGURA 5. RESULTADOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT). 11
FIGURA 6. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 0.00M-9.00M. 16
FIGURA 7. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 9.00M-16.50M. 16
FIGURA 8. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 16.50M-22.50M. 17
FIGURA 9. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 22.50M-31.50M. 17
FIGURA 10. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 31.50M-39.00M. 18
FIGURA 11. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 39.00M-46.50M. 18
FIGURA 12. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 46.50M-53.00M. 19
FIGURA 13. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 53.00M-59.00M. 19
FIGURA 14. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 59.00M-65.00M. 20
FIGURA 15. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 65.00M-71.00M. 20
FIGURA 16. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 71.00M-76.00M. 21
FIGURA 17. FOTOGRAFÍA DE CAJA DE MUESTRA ENTRE LAS COTAS 76.00M-80.75M. 21
FIGURA 18. CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS. 22
FIGURA 19. PLANO Q-P, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M4 (CL), ESTRATO II. 23
FIGURA 20. PLANO Q-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M4 (CL), ESTRATO II. 23
FIGURA 21. PLANO ΔU-E, ENSAYO TRIAXIAL CIU, MUESTRA M4 (CL), ESTRATO II. 24
FIGURA 22. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PARA LA MUESTRA M11, PIZARRA (ESTRATO IV). 25
FIGURA 23. GRÁFICO DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y CONFINAMIENTO EFECTIVO, MUESTRA M4 (ESTRATO II). LA LÍNEA AZUL CORRESPONDE A LA CARGA Y LA ROSADA A LA DESCARGA. 26
FIGURA 24. LOG DEL SONDAJE. 27

TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS Y PROFUNDIDADES DEL SONDAJE. 7
TABLA 2. VELOCIDADES DE ONDA DE COMPRESIÓN Y CORTE ESTIMADOS A TRAVÉS DE ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE PARA LOS DISTINTOS ESTRATOS. 12
TABLA 3. RESUMEN DE MUESTREO Y OPERACIÓN DURANTE EL SONDAJE. 12
TABLA 4. RESUMEN DEL CONTROL DIARIO DE LA NAPA AL INTERIOR DEL SONDAJE. 14
TABLA 5. CLASIFICACIÓN USCS Y PESO ESPECÍFICO DE LAS MUESTRAS EXTRAÍDAS. 22

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la comuna de San Pedro de la Paz, VIII Región.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y de la configuración y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la comuna de San Pedro de la Paz, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

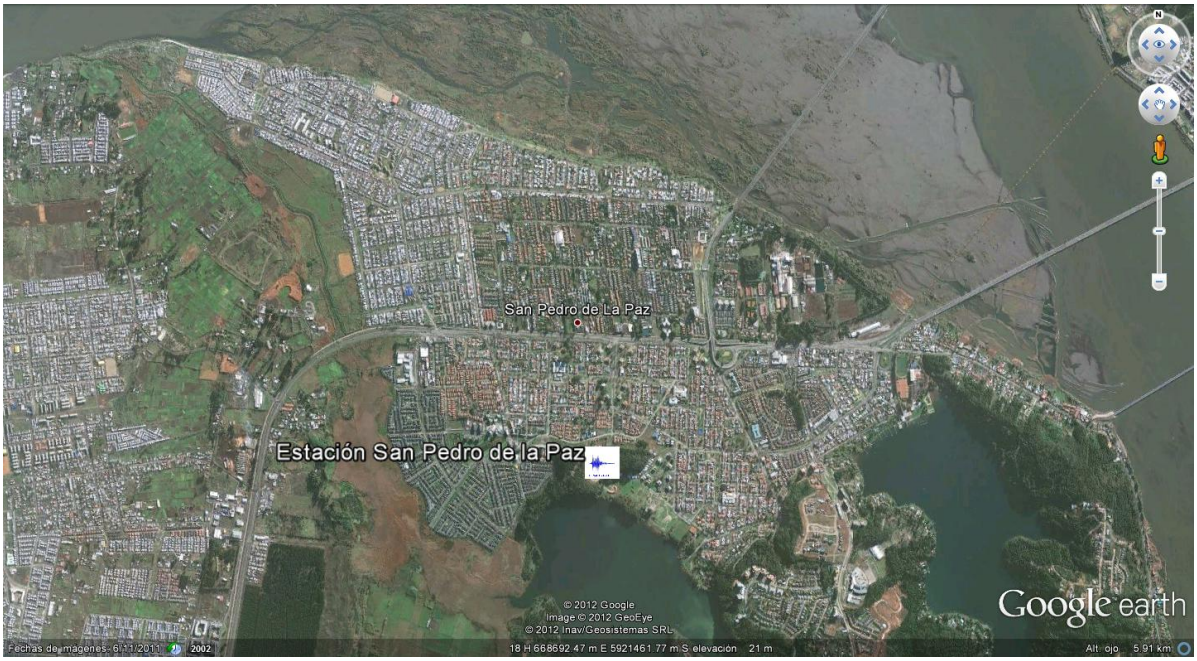


Figura 1. Ubicación de la estación en la comuna de San Pedro de la Paz.

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 80.75m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole y* SPT si corresponde, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple, triaxiales CIU y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la comuna de San Pedro de la Paz se basó en la perforación de un sondaje de 80.75m de profundidad, en el cual se realizó un ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 1. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
18 H	668676.07 m E	5920719.02 m S	80.75

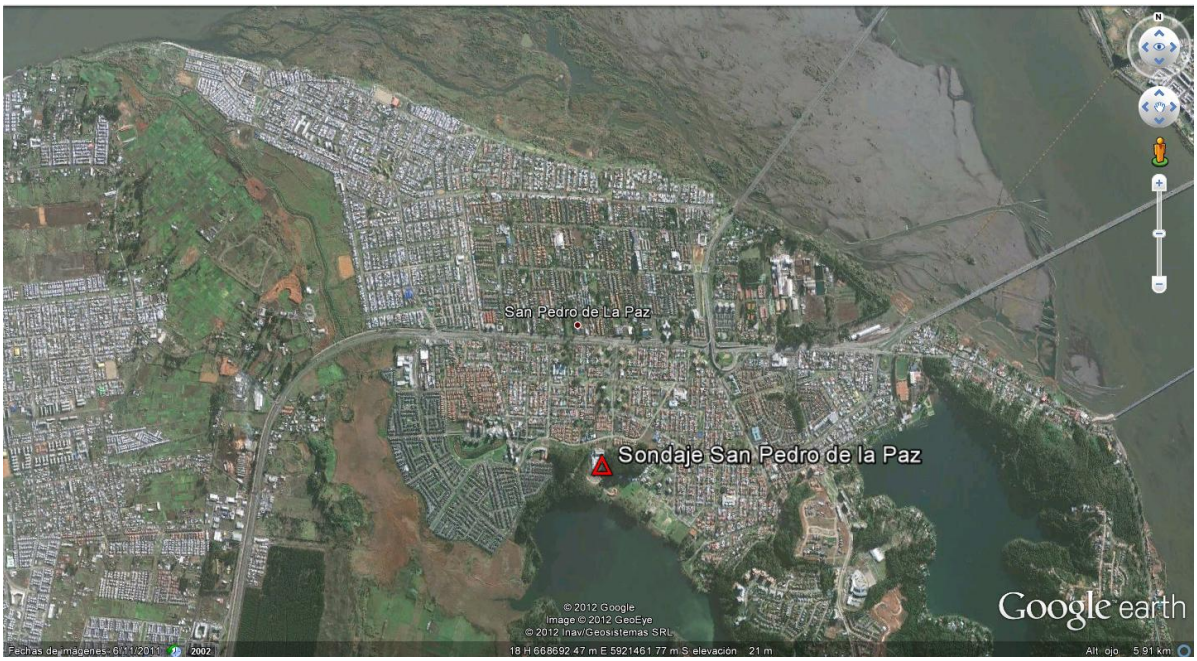


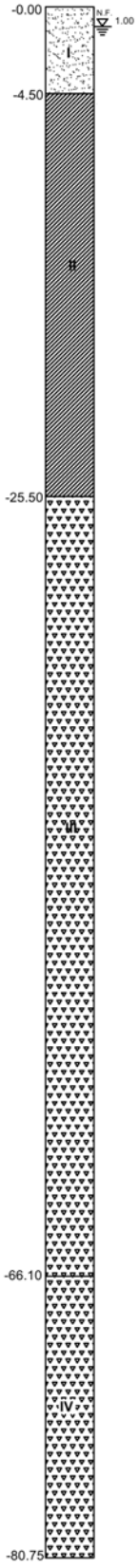
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El subsuelo en estudio está constituido principalmente por estratos superficiales de arenas limosas y arcillas con presencia variable de gravas, y bajo estos subyacen estratos de gravas y roca metamórfica con distintos grados de meteorización.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	4,50	4,50	Arena limosa color negro, compacidad baja y humedad media. Presencia de gravas dispersas de cantos angulares, tamaño máximo 2".
II	4,50	25,50	21,00	Arcilla color café, consistencia alta, humedad alta y plasticidad baja. Presencia variable de gravas dispersas de cantos angulares, tamaño máximo 2".
III	25,50	66,10	40,60	Roca metamórfica color gris muy meteorizada. Presencia de incrustaciones de roca color blanco y arcillas.
IV	66,10	80,75	14,65	Roca metamórfica color gris fracturada en distintos grados. Presencia de incrustaciones y vetillas de roca color blanco y arcillas muy consolidadas.

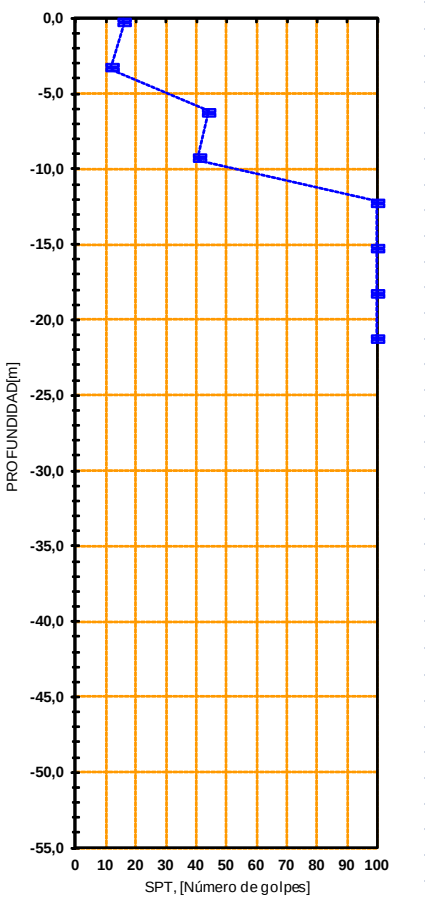
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

A continuación se presentan los resultados del ensayo de penetración estándar realizado en los estratos I y II.

PROFUNDIDADES [m]	
Inicial	Final
0,00	0,45
3,00	3,45
6,00	6,45
9,00	9,45
12,00	12,45
15,00	15,45
18,00	18,45
21,00	21,45

PENETRACIONES - N° DE GOLPES			
N1	N2	N3	Nf
3	4	12	16
9	6	6	12
16	19	25	44
7	19	22	41
50	R	R	R
50	R	R	R
50	R	R	R
50	R	R	R



Observaciones:
N1 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los primeros 15 cm. Iniciales.
N2 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los segundos 15 cm. Intermedio.
N3 = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los terceros 15 cm. Finales.
Nf = Número de golpes necesario para que la CUCHARA NORMAL avance los últimos 30 cm. (N2+N3).
R = Rechazo, la cuchara no penetra y rebota con los golpes del martinete.

Figura 5. Resultados del ensayo de penetración estándar (SPT).

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	4,50	480	370
II	4,50	25,50	1870	370
III	25,50	66,10	2500	560
IV	66,10	80,75	2500	1600

A partir de los 4.50m de profundidad la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática. Mayores detalles de los resultados se presentan en el anexo correspondiente.

6.4. Resumen de muestreo, operación y RQD.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 3. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
HQ3	0,00	0,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	0,45	1,50	1,05	0,70	67	N/A
HQ3	1,50	3,00	1,50	0,60	40	N/A
SPT	3,00	3,45	0,45	0,45	100	N/A
HQ3	3,45	4,50	1,05	0,00	0	N/A
HQ3	4,50	6,00	1,50	0,35	23	N/A
HQ3	6,00	6,45	0,45	0,35	78	N/A
SPT	6,45	7,50	1,05	0,90	86	N/A
HQ3	7,50	9,00	1,50	0,85	57	N/A

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
SPT	9,00	9,45	0,45	0,00	0	N/A
HQ3	9,45	10,50	1,05	0,80	76	N/A
HQ3	10,50	12,00	1,50	0,60	40	N/A
HQ3	12,00	12,45	0,45	0,20	44	N/A
SPT	12,45	13,50	1,05	0,80	76	N/A
HQ3	13,50	15,00	1,50	0,60	40	N/A
HQ3	15,00	15,45	0,45	0,40	89	N/A
HQ3	15,45	16,50	1,05	0,80	76	N/A
SPT	16,50	18,00	1,50	0,85	57	N/A
HQ3	18,00	18,45	0,45	0,20	44	N/A
HQ3	18,45	19,50	1,05	0,60	57	N/A
HQ3	19,50	21,00	1,50	1,30	87	N/A
SPT	21,00	21,45	0,45	0,20	44	N/A
HQ3	21,45	22,50	1,05	0,60	57	N/A
HQ3	22,50	24,45	1,95	1,00	51	N/A
HQ3	24,45	25,50	1,05	0,85	81	N/A
SPT	25,50	27,00	1,50	0,60	40	N/A
HQ3	27,00	28,50	1,50	0,80	53	N/A
HQ3	28,50	30,00	1,50	0,80	53	N/A
SPT	30,00	31,50	1,50	0,50	33	N/A
HQ3	31,50	33,00	1,50	1,20	80	N/A
HQ3	33,00	34,50	1,50	0,70	47	N/A
SPT	34,50	36,00	1,50	0,75	50	N/A
HQ3	36,00	37,50	1,50	0,85	57	N/A
HQ3	37,50	39,00	1,50	0,70	47	N/A
HQ3	39,00	40,50	1,50	0,90	60	N/A
SPT	40,50	42,00	1,50	0,90	60	N/A
HQ3	42,00	43,50	1,50	0,90	60	N/A
HQ3	43,50	45,00	1,50	0,90	60	N/A
SPT	45,00	46,50	1,50	0,75	50	N/A
HQ3	46,50	48,00	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	48,00	49,50	1,50	1,10	73	N/A
SPT	49,50	50,00	0,50	0,45	90	N/A
HQ3	50,00	51,50	1,50	0,45	30	N/A
HQ3	51,50	53,00	1,50	0,70	47	N/A
SPT	53,00	54,50	1,50	0,95	63	N/A
HQ3	54,50	56,00	1,50	0,80	53	N/A
HQ3	56,00	57,50	1,50	0,95	63	N/A
HQ3	57,50	59,00	1,50	1,25	83	38
HQ3	59,00	60,00	1,00	0,65	65	18

Tipo de muestreo y/o ensayo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
SPT	60,00	61,50	1,50	1,25	83	17
HQ3	61,50	62,00	0,50	0,45	90	N/A
HQ3	62,00	63,50	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	63,50	64,00	0,50	0,40	80	N/A
HQ3	64,00	65,00	1,00	0,95	95	N/A
HQ3	65,00	66,10	1,10	0,95	86	N/A
HQ3	66,10	67,20	1,10	0,80	73	N/A
HQ3	67,20	68,00	0,80	0,80	100	N/A
HQ3	68,00	69,50	1,50	1,30	87	N/A
HQ3	69,50	71,00	1,50	0,60	40	N/A
HQ3	71,00	72,50	1,50	1,10	73	N/A
HQ3	72,50	74,00	1,50	1,40	93	N/A
HQ3	74,00	75,50	1,50	1,40	93	N/A
HQ3	75,50	76,00	0,50	0,50	100	N/A
HQ3	76,00	77,00	1,00	0,90	90	N/A
HQ3	77,00	78,50	1,50	1,50	100	26
HQ3	78,50	80,00	1,50	1,50	100	36
HQ3	80,00	80,75	0,75	0,75	100	N/A

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
04-11-2011	20:00	0,5	HQ3	3,00	HW	0,0
05-11-2011	8:00	2,5	HQ3	3,00	HW	0,0
05-11-2011	20:00	0,5	HQ3	6,00	HW	3,0
06-11-2011	8:00	2,7	HQ3	6,00	HW	3,0
06-11-2011	20:00	0,6	HQ3	9,00	HW	6,0
07-11-2011	8:00	3,2	HQ3	9,00	HW	9,0
07-11-2011	20:00	0,6	HQ3	15,00	HW	9,0
08-11-2011	8:00	3,0	HQ3	15,00	HW	9,0
08-11-2011	20:00	0,7	HQ3	21,00	HW	9,0
09-11-2011	8:00	3,0	HQ3	21,00	HW	9,0
09-11-2011	20:00	0,5	HQ3	27,00	HW	9,0

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
10-11-2011	8:00	3,1	HQ3	27,00	HW	9,0
10-11-2011	20:00	0,6	HQ3	37,50	HW	9,0
11-11-2011	8:00	2,9	HQ3	37,50	HW	9,0
11-11-2011	20:00	0,6	HQ3	45,00	HW	9,0
12-11-2011	8:00	2,9	HQ3	45,00	HW	9,0
12-11-2011	20:00	0,6	HQ3	50,00	HW	9,0
18-11-2011	8:00	1,0	HQ3	50,00	HW	15,0
18-11-2011	20:00	1,0	HQ3	56,00	HW	15,0
19-11-2011	8:00	1,0	HQ3	56,00	HW	15,0
19-11-2011	20:00	1,0	HQ3	59,00	HW	42,0
20-11-2011	8:00	1,0	HQ3	59,00	HW	42,0
20-11-2011	20:00	1,0	HQ3	64,00	HW	42,0
21-11-2011	8:00	1,0	HQ3	64,00	HW	42,0
21-11-2011	20:00	1,0	HQ3	75,50	HW	42,0
22-11-2011	8:00	1,0	HQ3	75,50	HW	42,0
22-11-2011	20:00	1,0	HQ3	80,75	HW	42,0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

En las siguientes figuras se muestran las fotografías de las cajas de muestras del sondaje ejecutado.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-9.00m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 9.00m-16.50m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 16.50m-22.50m.

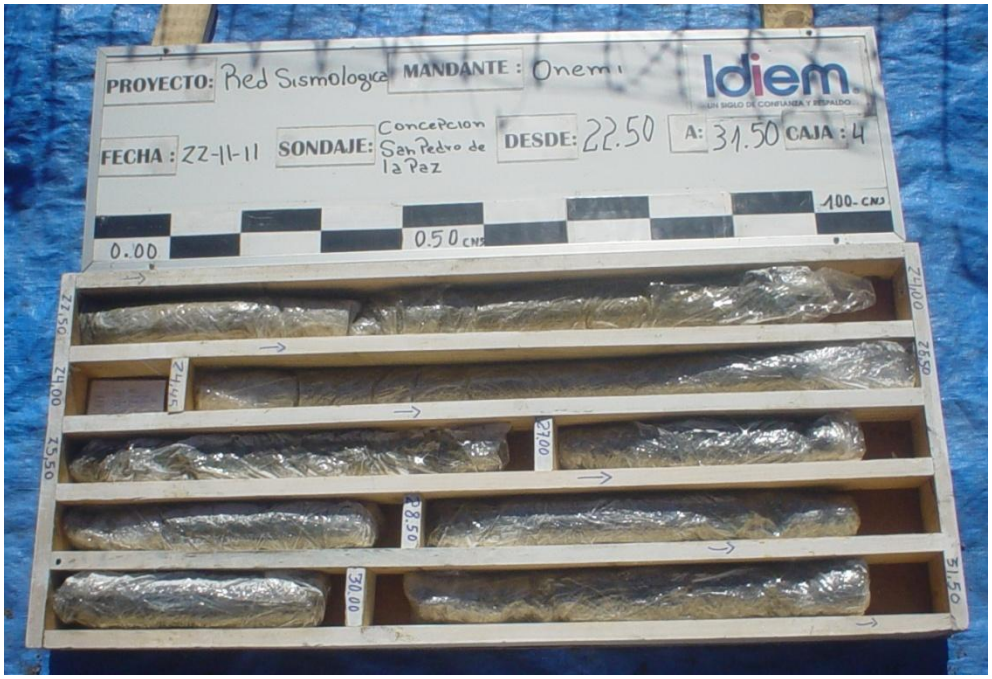


Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 22.50m-31.50m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 31.50m-39.00m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 39.00m-46.50m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 46.50m-53.00m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 53.00m-59.00m.

Figura 14. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 59.00m-65.00m.

Figura 15. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 65.00m-71.00m.

Figura 16. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 71.00m-76.00m.

Figura 17. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 76.00m-80.75m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS.

Tabla 5. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M1	0,00-0,45	SM	20,9	-	-	NP	2,77
M2	3,00-3,45	SP	3,8	-	-	NP	2,78
M4	7,50-9,00	CL	53,2	39	23	16	2,75
M6	13,50-15,00	CL	52,1	41	23	18	2,76
M8	19,50-21,00	GC	25,4	36	17	19	2,73

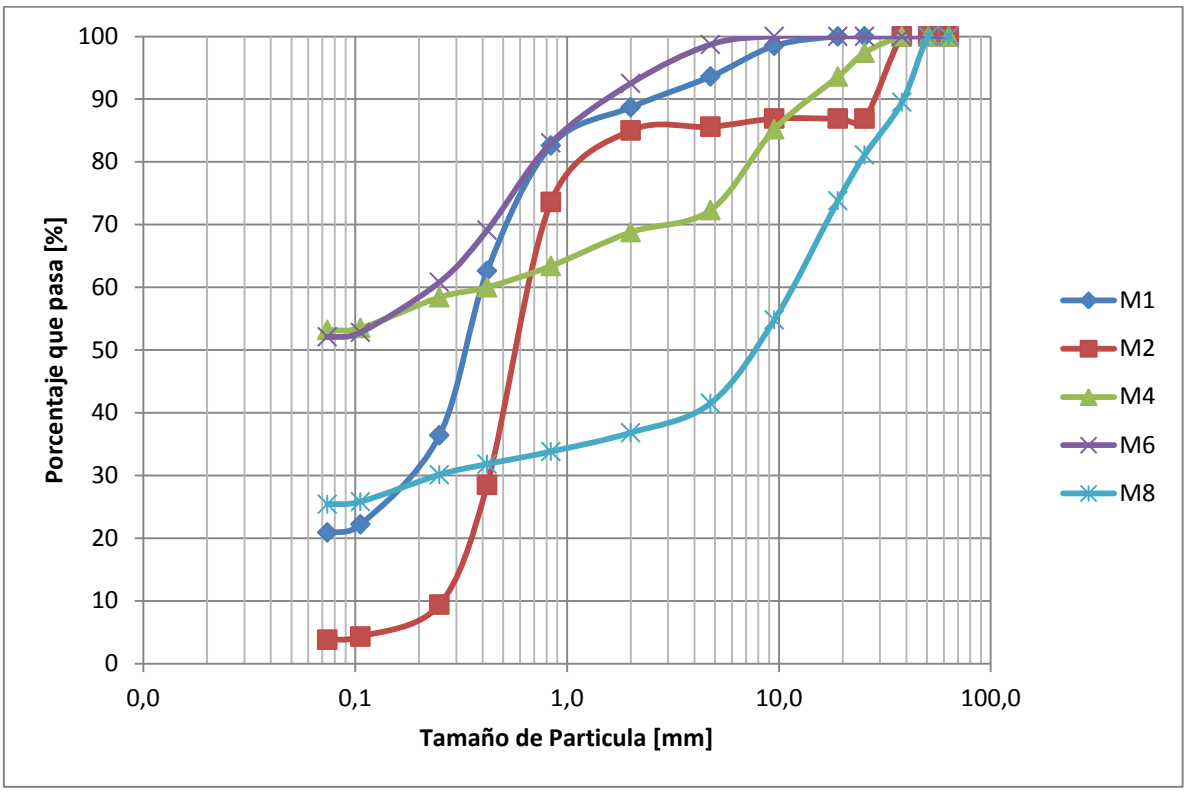


Figura 18. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Triaxial CIU

Se realizó una serie de dos ensayos triaxiales CIU sobre muestras de arcillas correspondientes al estrato II. Se ensayaron probetas naturales y los confinamientos efectivos utilizados fueron 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2.

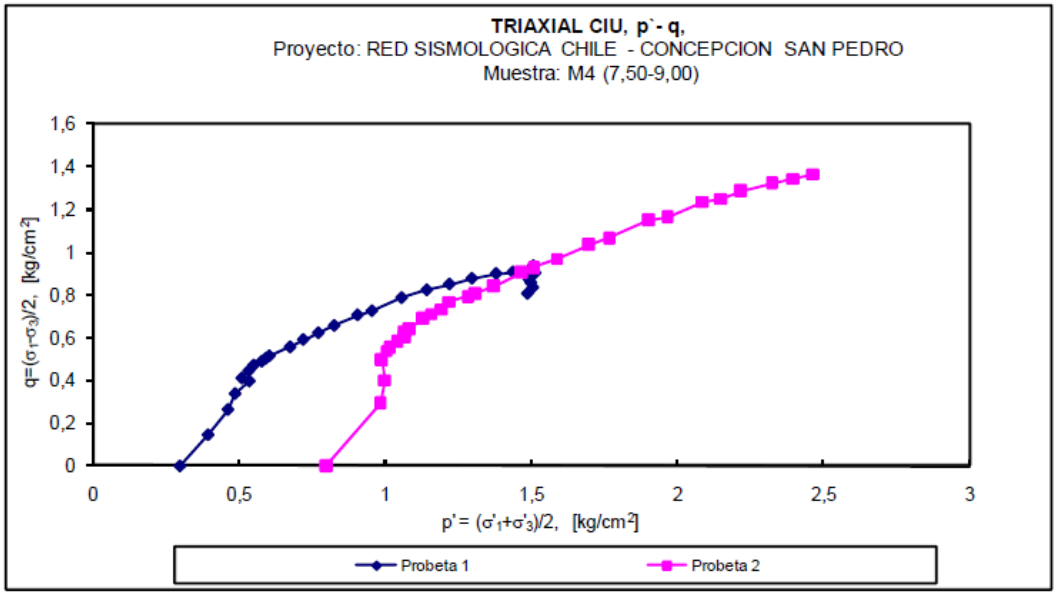


Figura 19. Plano q-p, Ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (CL), estrato II.

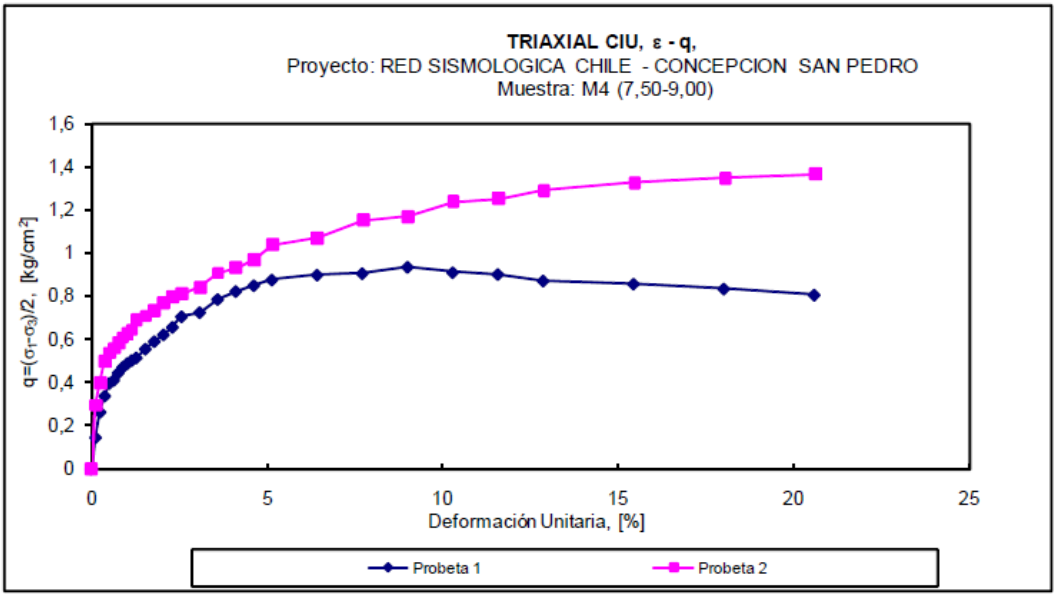


Figura 20. Plano q-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (CL), estrato II.

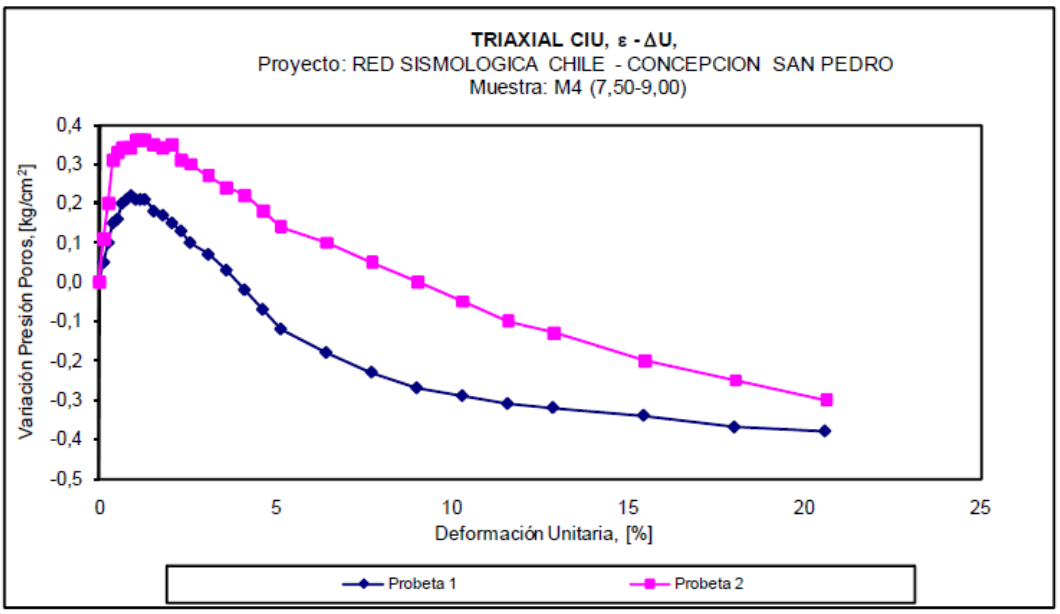


Figura 21. Plano Δu-ε, ensayo Triaxial CIU, muestra M4 (CL), estrato II.

7.3. Compresión Simple

Se realizaron ensayos de compresión simple sobre una muestra de pizarra correspondiente al estrato IV, obteniéndose los siguientes resultados.

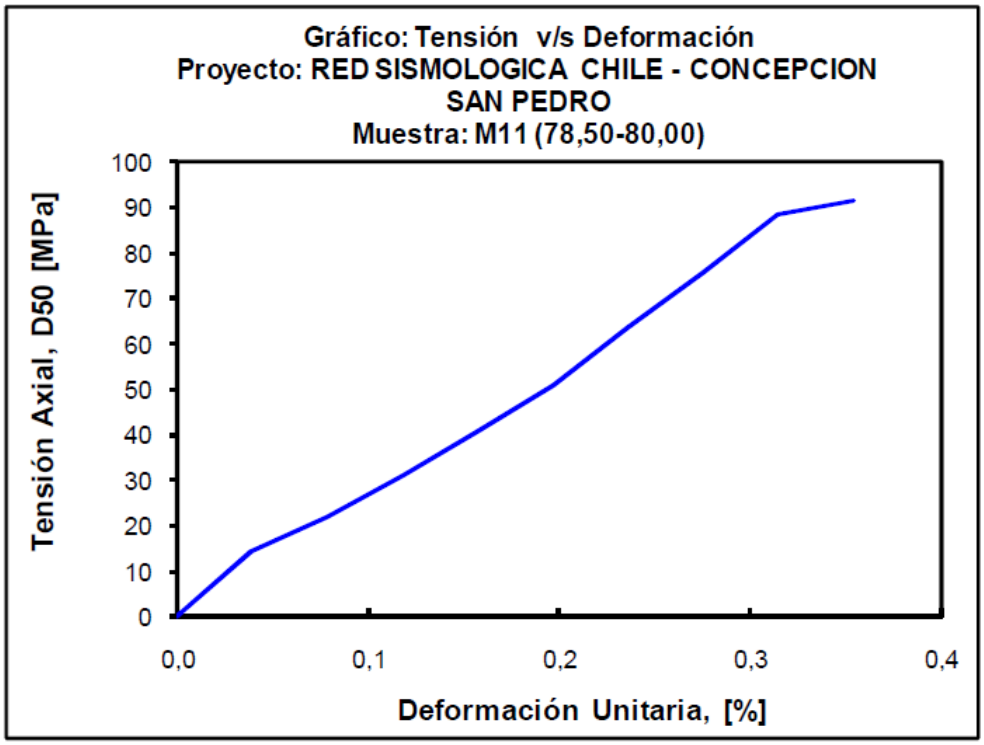


Figura 22. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M11, pizarra (estrato IV).

7.4. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en muestras del estrato II. Los ensayos se realizaron sobre una probeta natural con presiones de confinamiento 0.3 kg/cm^2 – 0.8 kg/cm^2 – 1.5 kg/cm^2 y drenados al aire.

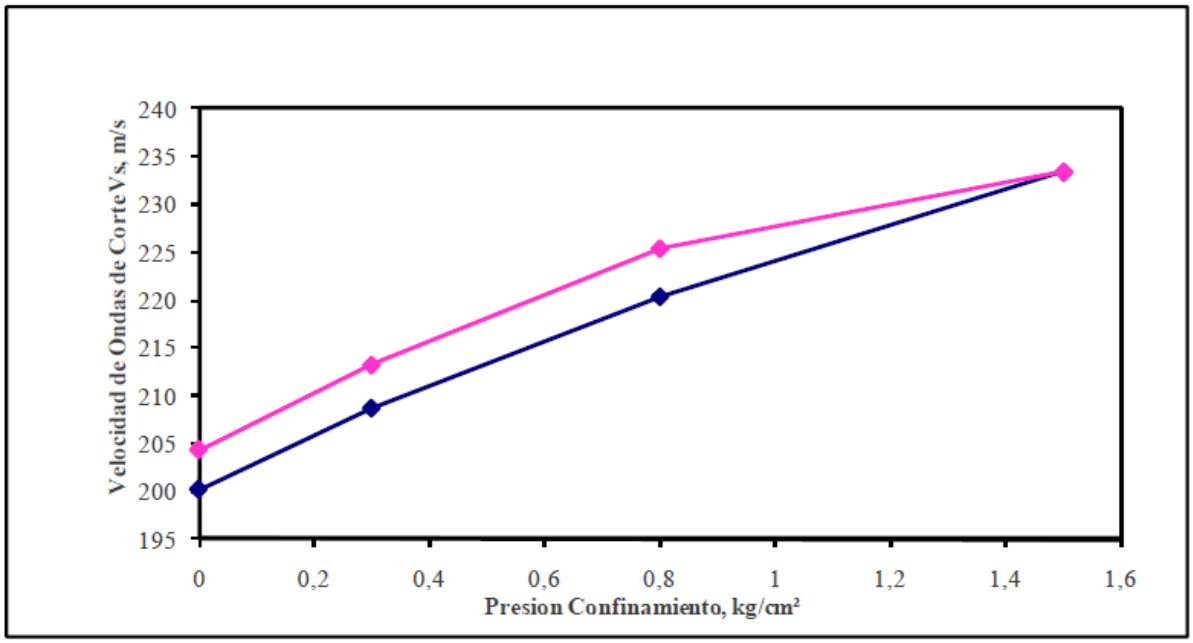


Figura 23. Gráfico de velocidad de onda de corte y confinamiento efectivo, muestra M4 (estrato II). La línea azul corresponde a la carga y la rosada a la descarga.

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico, velocidad de ondas de corte y SPT.

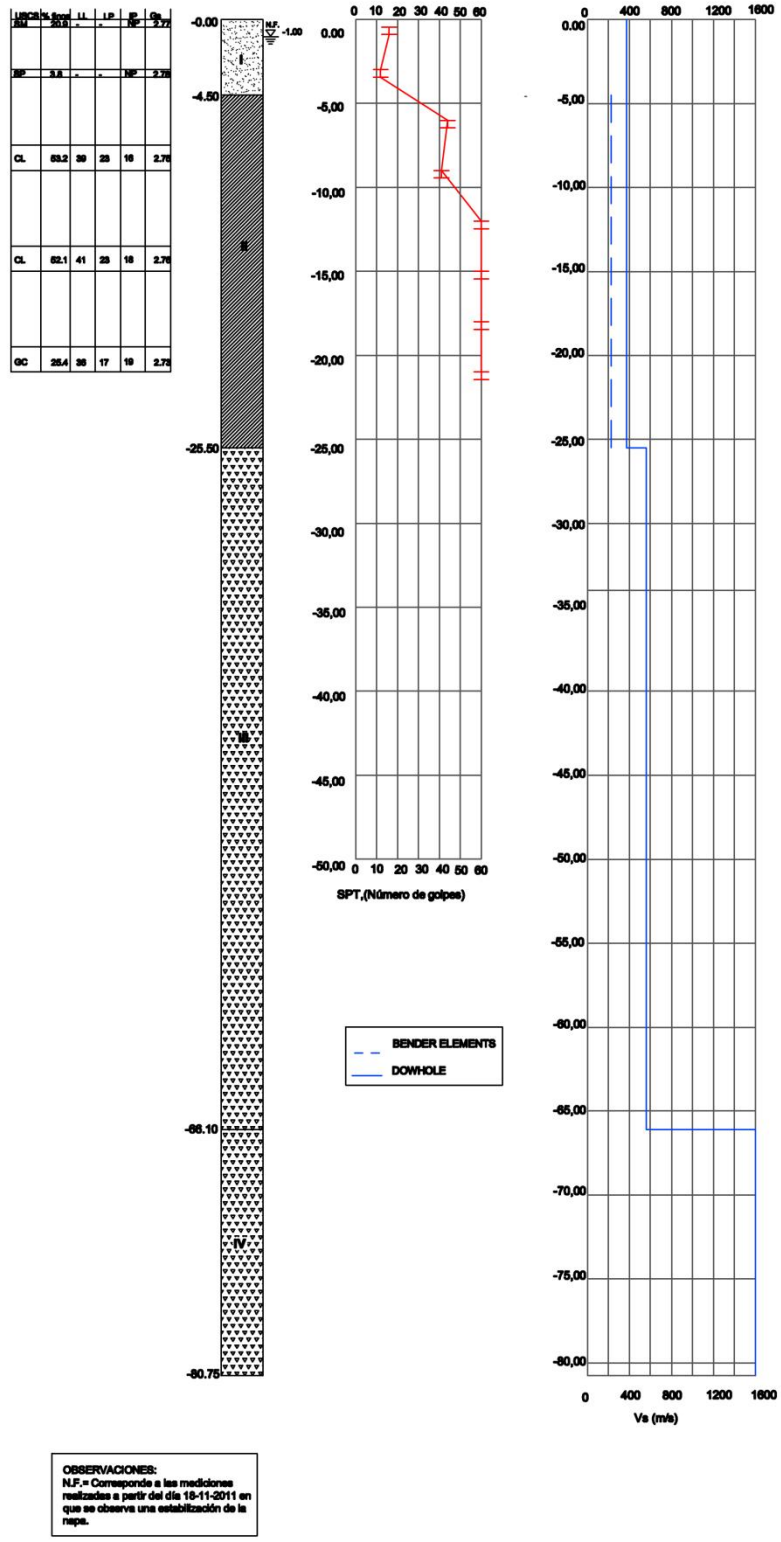


Figura 24. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOLOGICA – ESTACION SAN PEDRO DE LA PAZ

INFORME DE ENSAYO Nº 712.152-H
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – SAN PEDRO

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR Nº: 1	N°DE PÁGINAS: 14
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez D.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** CONCEPCION SAN PEDRO		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 16 **/** 12 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 20 / 12 / 2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 24 / 01 / 2012	**FECHA DE EMISIÓN** : 30 / 01 / 2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-H RED SISMOLÓGICA CHILE – CONCEPCION SAN PEDRO

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Bender Element
- Triaxial CIU (probeta 5x10cm) basado Según ASTM D4767-04
- Compresión Uniaxial Simple
- Velocidad de Ondas

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M1	---	(0,00-0,45)	SPT	X	X
M2	---	(3,00-3,45)	SPT	X	X
M4	---	(7,50-9,00)	HQ3	X	X
M6	---	(13,50-15,00)	HQ3	X	X
M8	---	(19,50-21,00)	HQ3	X	X
M11	---	(78,50-80,75)	HQ3	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/mip

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf. Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	17-01-2012
Fecha Término	23-01-2012

IDENTIFICACION.

Muestra Nº	M1	M2	M4	M6
Cota [m]	(0,00-0,45)	(3,00-3,45)	(7,50-9,00)	(13,50-15,00)
Partículas sobre 3" [%]	0,0	0,0	0,0	0,0

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"		100,0	100,0	
25,400	1"		86,9	97,4	
19,000	3/4"	100,0	86,9	93,6	
9,520	3/8"	98,5	86,9	85,2	100,0
4,760	Nº 4	93,6	85,6	72,3	98,7
2,000	Nº 10	88,7	85,0	68,8	92,5
0,840	Nº 20	82,6	73,6	63,4	83,0
0,420	Nº 40	62,6	28,5	60,0	69,1
0,250	Nº 60	36,4	9,4	58,4	60,8
0,106	Nº 140	22,2	4,3	53,5	52,8
0,074	Nº 200	20,9	3,8	53,2	52,1

Límite Líquido	-	-	39	41
Límite Plástico	-	-	23	23
Indice de Plasticidad	NP	NP	16	18
Clasificación USCS	**SM**	**SP**	**CL**	**CL**

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf. Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	18-01-2012
Fecha Término	20-01-2012

IDENTIFICACION.

Muestra	Nº	M8			
Cota	[m]	**(19,50-21,00)**			
Partículas sobre 3"	[%]	0,0			

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"	100,0			
38,100	1 1/2"	89,5			
25,400	1"	81,1			
19,000	3/4"	73,8			
9,520	3/8"	54,8			
4,760	Nº 4	41,5			
2,000	Nº 10	36,8			
0,840	Nº 20	33,8			
0,420	Nº 40	31,8			
0,250	Nº 60	30,1			
0,106	Nº 140	25,8			
0,074	Nº 200	25,4			

Límite Líquido	36			
Límite Plástico	17			
Indice de Plasticidad	19			
Clasificación USCS	**GC**			

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-63 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf. Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	16-01-2012
Fecha Término	18-01-2012

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M1	(0,00-0,45)	2,77
M2	(3,00-3,45)	2,78
M4	(7,50-9,00)	2,75
M6	(13,50-15,00)	2,76
M8	(19,50-21,00)	2,73

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf.Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	17/01/2012
Fecha de Término	18/01/2012
Muestra	M4 (7,50-9,00)

Datos de Confección:

Diametro Superior	cm	6,189
Diametro Medio	cm	6,120
Diametro Inferior	cm	6,100
Peso Natural	g	393,10
Diámetro Promedio	cm	6,136
Area Promedio	cm²	29,57
Altura Promedio	cm	6,910
Volumen	cm³	204,36
Densidad Humeda	gr/cm³	1,924
Humedad Natural	%	21,77
Densidad Seca	gr/cm³	1,505

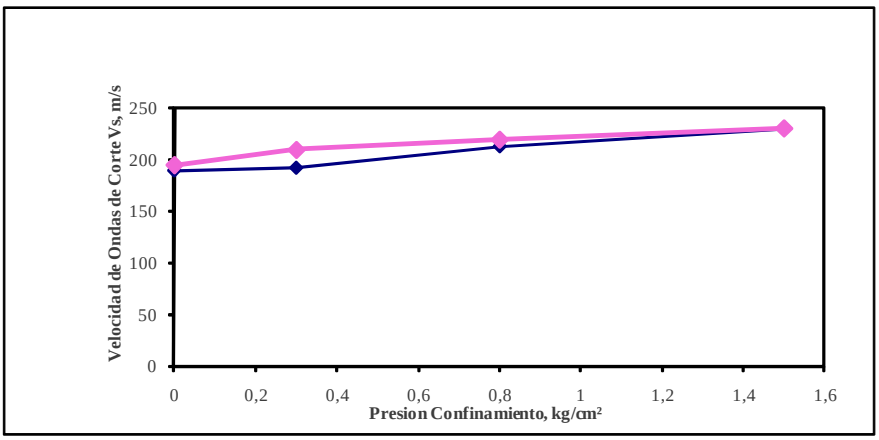
Back-Pressure	kg/cm²	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm²	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0	366	0,000366	**189**	Drenado al aire.
0,3	361	0,000361	**191**	Drenado al aire.
0,8	326	0,000326	**212**	Drenado al aire.
1,5	301	0,000301	**230**	Drenado al aire.
0,8	316	0,000316	**219**	Drenado al aire.
0,3	331	0,000331	**209**	Drenado al aire.
0	356	0,000356	**194**	Drenado al aire.

Observaciones:

Probeta natural ensayada en condición de drenado al aire.



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf.Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	18/01/2012
Fecha de Término	18/01/2012
Muestra	M4 (7,50-9,00)
Probeta	Nº 1

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,90
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,92
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	1,50
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,61
Humedad de Confección	[%]=	21,77
Contrapresión	[kg/cm²]=	5,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,30
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

Observaciones:

$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,30	0,00
0,13	0,05	0,40	0,15
0,26	0,10	0,46	0,26
0,39	0,15	0,49	0,34
0,51	0,16	0,54	0,40
0,64	0,20	0,51	0,41
0,77	0,21	0,53	0,44
0,90	0,22	0,55	0,47
1,03	0,21	0,58	0,49
1,16	0,21	0,59	0,50
1,29	0,21	0,61	0,52
1,54	0,18	0,68	0,56
1,80	0,17	0,72	0,59
2,06	0,15	0,77	0,62
2,32	0,13	0,83	0,66
2,57	0,10	0,91	0,71
3,09	0,07	0,96	0,73
3,60	0,03	1,06	0,79
4,12	-0,02	1,14	0,82
4,63	-0,07	1,22	0,85
5,14	-0,12	1,30	0,88
6,43	-0,18	1,38	0,90
7,72	-0,23	1,44	0,91
9,00	-0,27	1,51	0,94
10,29	-0,29	1,50	0,91
11,58	-0,31	1,51	0,90
12,86	-0,32	1,49	0,87
15,43	-0,34	1,50	0,86
18,01	-0,37	1,50	0,83
20,58	-0,38	1,49	0,81

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO TRIAXIAL CIU (Según ASTM D4767-04)

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf.Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	17/01/2012
Fecha de Término	18/01/2012
Muestra	M4 (7,50-9,00)
Probeta	Nº 2

Altura Inicial de Confección	[cm]=	9,96
Diámetro Inicial de Confección	[cm]=	4,95
Variación Volumen drenado etapa consolidación	[cm³]=	6,30
Densidad Seca de Confección	[g/cm³]=	1,72
Humedad de Confección	[%]=	21,08
Contrapresión	[kg/cm²]=	5,00
Presión de Cámara	[kg/cm²]=	5,80
Velocidad Deformación Unitaria	[% / min]=	0,13

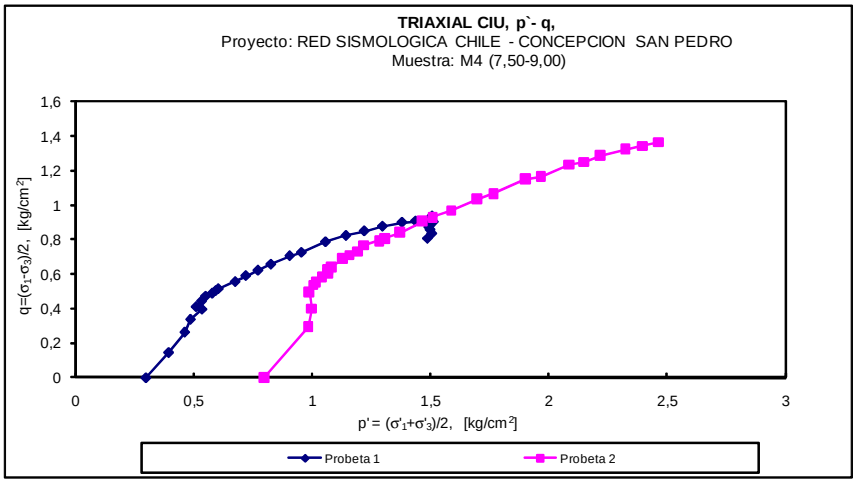
Observaciones:

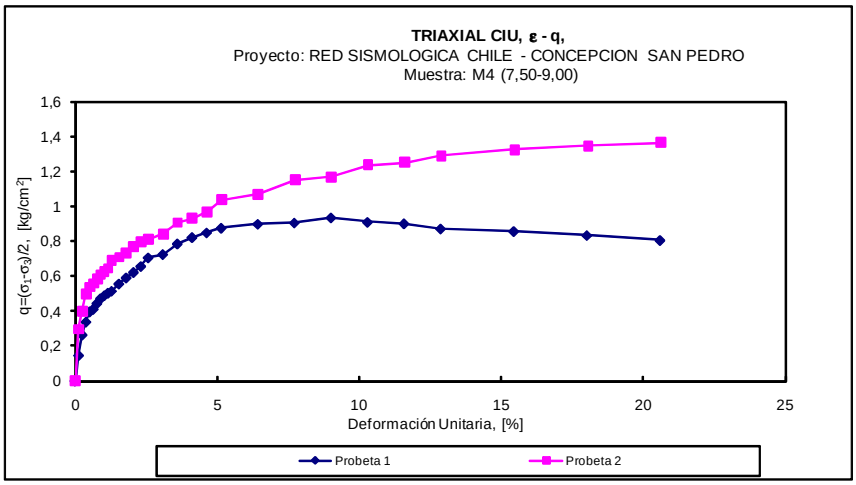
$q = (\sigma'_1-\sigma'_3)/2$
$p' = (\sigma'_1+\sigma'_3)/2$

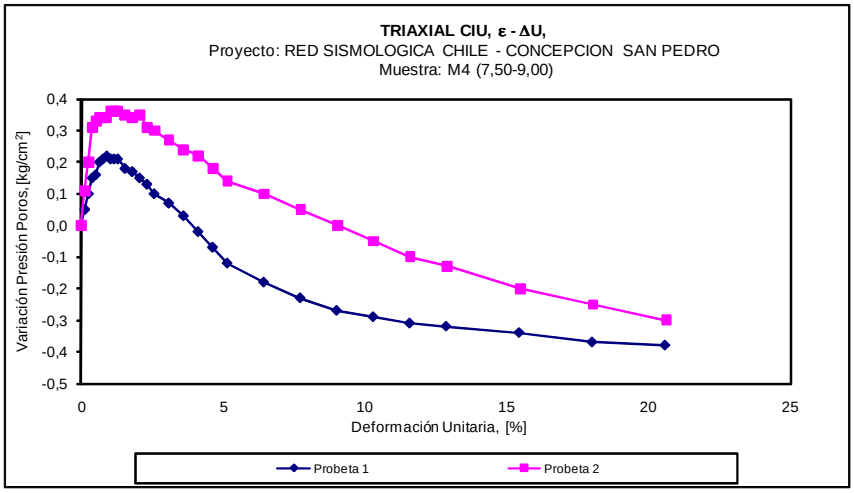
Ensaye efectuado en probeta NATURAL
y ensayada bajo condición saturada

Deformación Unitaria [%]	Variación P. de Poros [kg/cm²]	p' [kg/cm²]	q [kg/cm²]
0,00	0,00	0,80	0,00
0,13	0,11	0,99	0,30
0,26	0,20	1,00	0,40
0,39	0,31	0,99	0,50
0,52	0,33	1,01	0,54
0,64	0,34	1,02	0,56
0,77	0,34	1,04	0,58
0,90	0,34	1,07	0,61
1,03	0,36	1,07	0,63
1,16	0,36	1,08	0,64
1,29	0,36	1,13	0,69
1,55	0,35	1,16	0,71
1,81	0,34	1,19	0,73
2,06	0,35	1,22	0,77
2,32	0,31	1,28	0,79
2,58	0,30	1,31	0,81
3,10	0,27	1,37	0,84
3,61	0,24	1,47	0,91
4,13	0,22	1,51	0,93
4,64	0,18	1,59	0,97
5,16	0,14	1,70	1,04
6,45	0,10	1,77	1,07
7,74	0,05	1,90	1,15
9,03	0,00	1,97	1,17
10,32	-0,05	2,09	1,24
11,61	-0,10	2,15	1,25
12,90	-0,13	2,22	1,29
15,48	-0,20	2,32	1,32
18,05	-0,25	2,39	1,34
20,63	-0,30	2,46	1,36

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.







Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Informe Nº 712.152-H RED SISMOLÓGICA CHILE – CONCEPCION SAN PEDRO

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf. Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	24/01/2012
Fecha de Término	24/01/2012

DESCRIPCION PROBETA

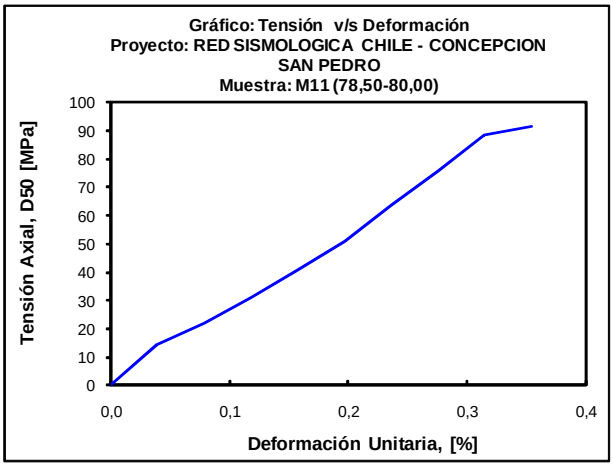
Muestra	M11 (78,50 -80,00)
Tipo de Roca	METAMORFICA DE BAJO GRADO (PIZARRA)
Fracturas / Vetillas	NO TIENE
Alteraciones	NO TIENE

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	6,09
Altura Promedio	[cm]	12,71
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	2,73
Densidad Seca	[g/cm^3]	2,73
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D61 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	13,99	14,55
0,08	21,34	22,19
0,12	30,04	31,25
0,16	39,40	40,98
0,20	49,18	51,16
0,24	61,36	63,83
0,28	72,95	75,89
0,31	84,82	88,23
0,35	87,81	91,35



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales

b. Muestra falla por MIXTA

c. Velocidad de ensayo: 0,5Mpa/s

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

FOTOGRAFÍAS

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

Antes del ensayo

Después del ensayo

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

DETERMINACIÓN VELOCIDAD DE ONDAS

Proyecto	RED SISMOLOGICA CHILE - CONCEPCION SAN PEDRO
Inf. Ensaye	Nº 712.152-H
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	24/01/2012
Fecha Término	24/01/2012

Sondaje	Cota [m]	Altura probeta promedio [cm]	Tipo de Roca	Velocidad Onda de Compresión [m/s]	Velocidad Onda de Cizalle [m/s]
M11	(78,50-80,00)	12,69	METAMÓRFICA (PIZARRA)	4469	3757

Referencias

1. Determinación de Velocidad de ondas basado en ASTM D 2845 - 08
2. Muestra preparada según ASTM D4543-08.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOLOGICA – ESTACION SAN PEDRO DE LA PAZ

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS UNIVERSIDAD DE CHILE

UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

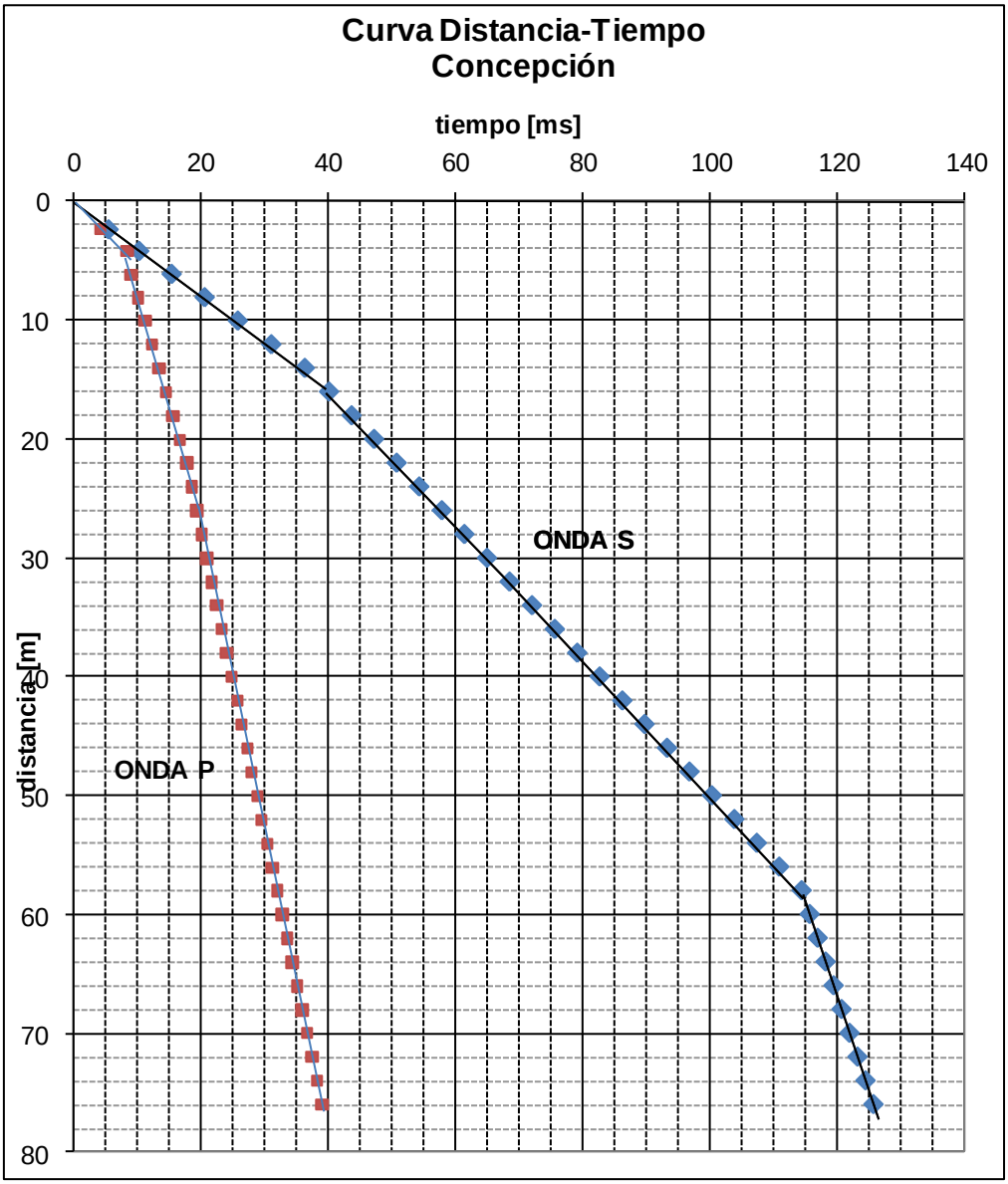
ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS
DOWN - HOLE

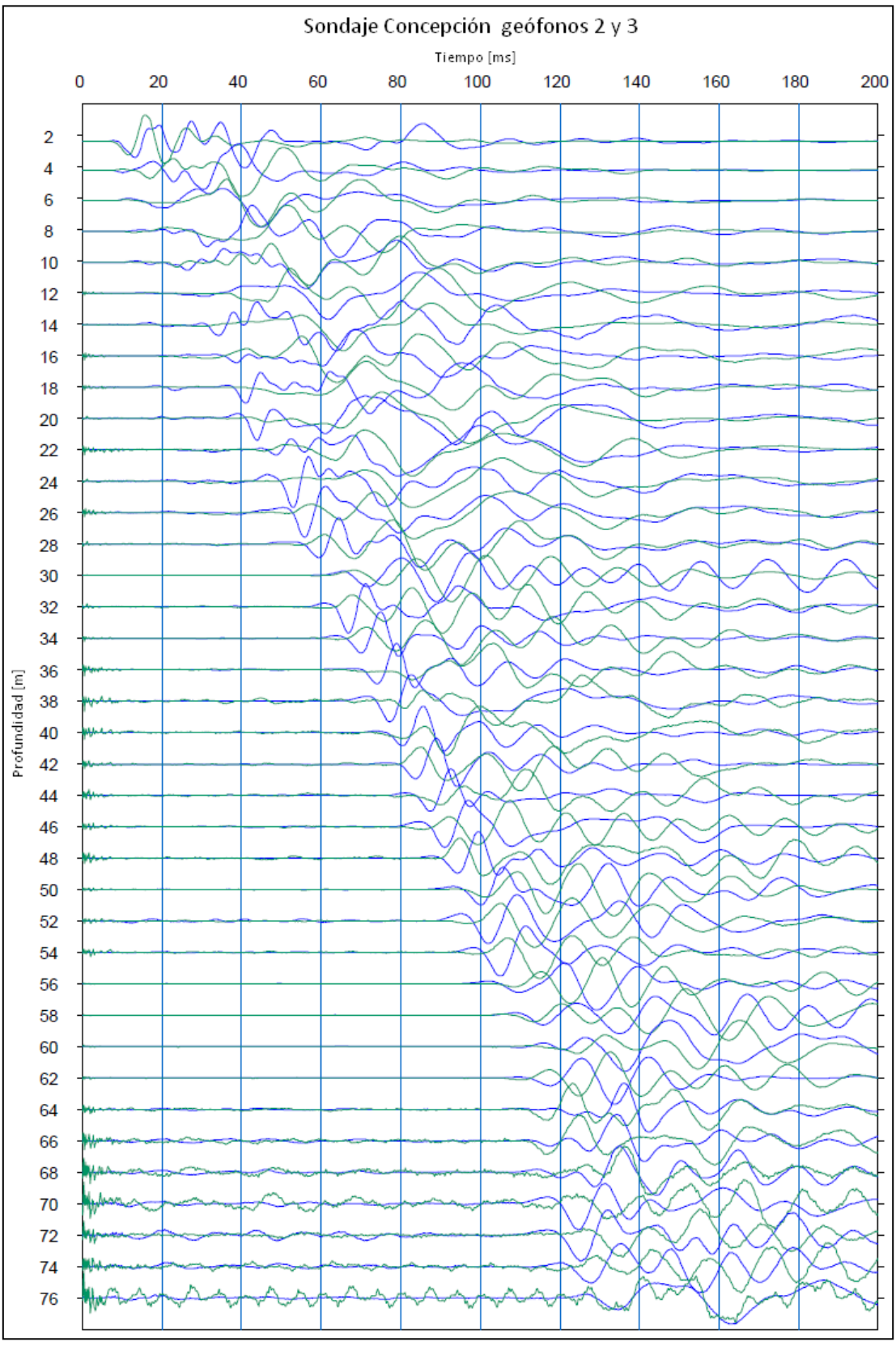
Proyecto **RED SISMOGRAFICA**
Sondaje **ESTACION SAN PEDRO DE LA PAZ**
Profundidad **76m**
Coordenadas **668.676,07m E 5.920.719,02m S**
Fecha Ejecución **14-12-2011**

PROFUNDIDAD [m]	DISTANCIA RECORRIDA [m]	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion [ms]	Ondas de Corte [ms]
2,0	2,4	4,2	5,3
4,0	4,2	8,3	10,1
6,0	6,1	8,9	15,2
8,0	8,1	10,0	20,4
10,0	10,1	11,1	25,6
12,0	12,1	12,2	30,9
14,0	14,1	13,3	36,1
16,0	16,0	14,4	39,9
18,0	18,0	15,5	43,5
20,0	20,0	16,6	47,0
22,0	22,0	17,7	50,6
24,0	24,0	18,5	54,1
26,0	26,0	19,3	57,7
28,0	28,0	20,0	61,2
30,0	30,0	20,8	64,7
32,0	32,0	21,6	68,3
34,0	34,0	22,4	71,8
36,0	36,0	23,2	75,4
38,0	38,0	24,0	78,9
40,0	40,0	24,8	82,5
42,0	42,0	25,6	86,0
44,0	44,0	26,3	89,5
46,0	46,0	27,1	93,0
48,0	48,0	27,9	96,6
50,0	50,0	28,7	100,1
52,0	52,0	29,5	103,6
54,0	54,0	30,3	107,1
56,0	56,0	31,1	110,7
58,0	58,0	31,9	114,2
60,0	60,0	32,7	115,5
62,0	62,0	33,4	116,7
64,0	64,0	34,2	118,0
66,0	66,0	35,0	119,2
68,0	68,0	35,8	120,5
70,0	70,0	36,6	121,7
72,0	72,0	37,4	123,0
74,0	74,0	38,2	124,2
76,0	76,0	39,0	125,5

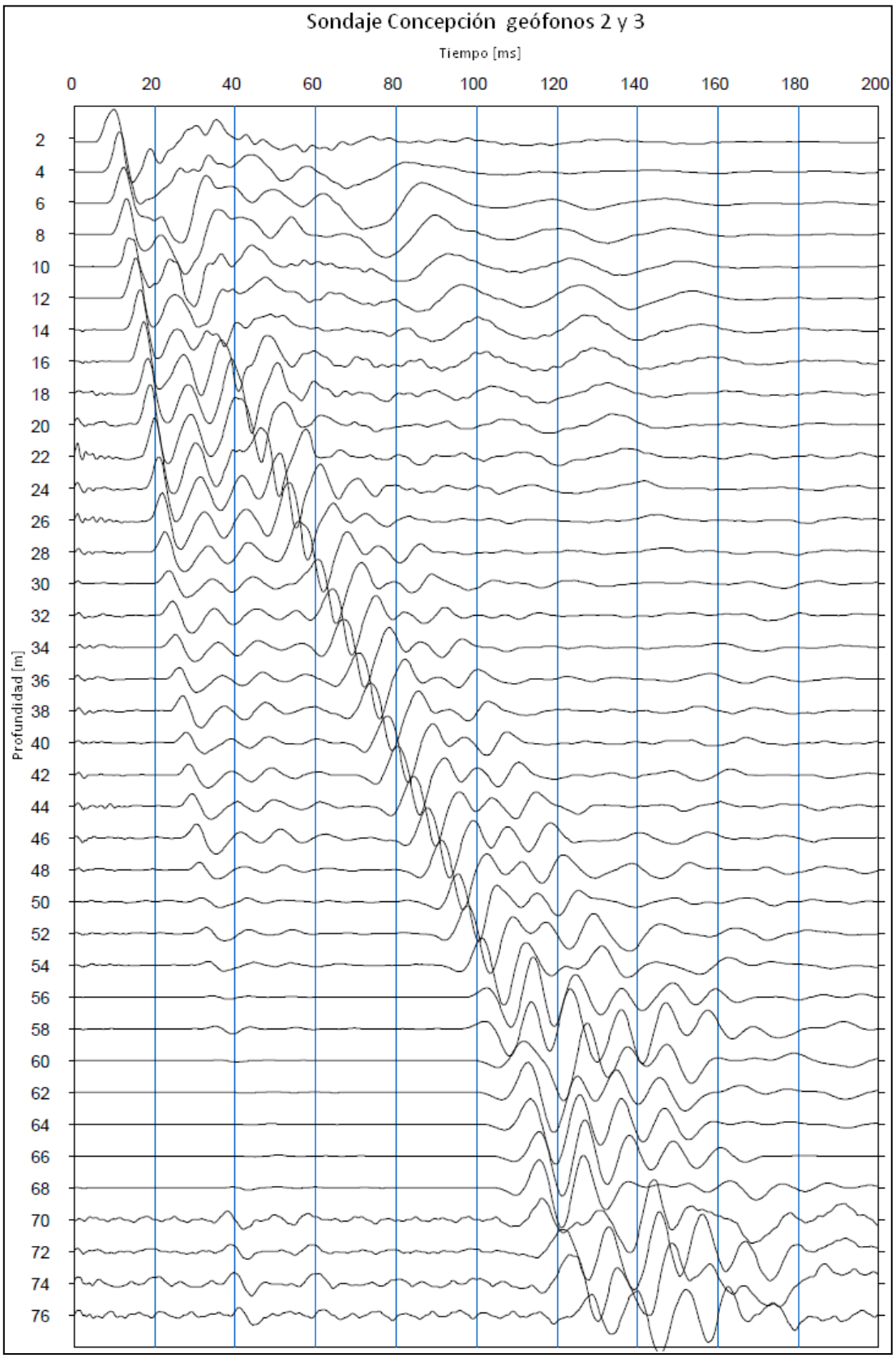
Velocidades			
Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	4,00	480	370
4,00	18,00	1870	370
18,00	24,00	1870	560
24,00	30,00	2500	560
58,00	78,00	2500	1600

Observaciones:
Se observó napa a los 2m





Registro medición onda P



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOGRAFICA – ESTACION TALCA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 25**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Andrés Torres G.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.		
FECHA : 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012	**FECHA:** 28-02-2012		

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES 4
2. ANTECEDENTES 4
3. INTRODUCCION 4
4. METODOLOGIA 5
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 6
4.3. TRABAJO DE GABINETE 6
5. EXPLORACION GEOTECNICA 7
6. SONDAJE GEOTECNICO 9
6.1. ESTRATIGRAFIA 9
6.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) 11
6.3. ENSAYO SÍSMICO DOWNHOLE 11
6.4. RESUMEN DE MUESTREO, OPERACIÓN Y RQD. 12
6.5. CONTROL DE NAPA INTERIOR SONDAJE. 13
6.6. FOTOGRAFÍAS DE CAJAS DE MUESTRAS. 14
7. ENSAYOS DE LABORATORIO 19
7.1. CLASIFICACIÓN USCS Y CURVAS GRANULOMÉTRICAS 19
7.2. COMPRESIÓN SIMPLE 20
7.3. BENDER ELEMENTS 23
8. RESUMEN DE RESULTADOS 23

ANEXO A – ENSAYOS DE LABORATORIO
ANEXO B – ENSAYOS SISMICO DOWNHOLE

FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la estación en la ciudad de Talca. 5
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje. 7
Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje. 8
Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje. 10
Figura 5. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-10.50m. 14
Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 10.50m-18.50m. 15
Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 18.50m-24.00m. 15
Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.00m-28.50m. 16
Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 28.50m-36.00m. 16
Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 36.00m-41.50m. 17
Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 41.50m-48.00m. 17
Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 48.00m-56.00m. 18
Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 56.00m-60.00m. 18
Figura 14. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas. 19
Figura 15. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-1, cotas 15.50m-17.00m. 20
Figura 16. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-2, cotas 23.00m-24.00m. 21
Figura 17. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-3, cotas 26.00m-27.00m. 21
Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-6, cotas 39.00m-41.00m. 22
Figura 19. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-7, cotas 42.50m-44.00m. 22
Figura 18. Log del sondaje. 24

TABLAS

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación. 5
Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje. 7
Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos. 11
Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje. 12
Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje. 13
Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas. 19
Tabla 7. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos de toba y roca volcano sedimentaria. 23

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado para determinar mediante una exploración geotécnica, ensayos de terreno y de laboratorio, el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas del suelo en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la ciudad de Talca.

2. ANTECEDENTES

- Registros del Terremoto del Maule. Mw = 8.8. 27 de Febrero 2010. Informe RENADIC 10/05 Rev. 2. Octubre 2010.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que se ha solicitado un estudio de mecánica de suelos en las estaciones con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los suelos correspondientes. Particularmente en este informe se presentarán los resultados obtenidos del estudio realizado en la estación de la ciudad de Talca, cuya ubicación se presenta en la Figura 1.

Figura 1. Ubicación de la estación en la ciudad de Talca.

Las aceleraciones máximas registradas en la estación de la ciudad de Talca se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de aceleraciones máximas en la estación.

Dirección	Aceleración Máxima [g]
Longitudinal	0,477
Vertical	0,244
Transversal	0,424

4. METODOLOGIA

El estudio se desarrolló en tres etapas, las que serán detalladas a continuación:

4.1. Exploración Geotécnica

Consistió en la perforación de un sondaje de 60.00m de profundidad en la estación señalada. Adicionalmente se realizó un registro estratigráfico, ensayos in-situ *Downhole y* SPT si corresponde, y extracción de muestras para posterior análisis en laboratorio.

4.2. Ensayos de Laboratorio

Se ejecutaron ensayos sobre las muestras extraídas para su clasificación y obtención de sus propiedades geotécnicas, a través de ensayos de compresión simple y *Bender Elements*.

4.3. Trabajo de Gabinete

Trabajo de ingeniería para el procesamiento y análisis de ensayos de laboratorio y terreno, con el objetivo de presentar la estratigrafía del subsuelo y las propiedades geotécnicas de los distintos estratos que lo componen.

5. EXPLORACION GEOTECNICA

La exploración geotécnica realizada en el sitio en que se encuentra la estación de la ciudad de Talca se basó en la perforación de un sondaje de 60.00m de profundidad, en el cual se realizó un ensayo sísmico *Downhole* para medición de velocidad de ondas. Adicionalmente se extrajo muestras del sondaje para su posterior clasificación y análisis en laboratorio

La ubicación del sondaje realizado se presenta en la Figura 2, y en la Tabla 1 se presenta un resumen con sus coordenadas y profundidad.

Tabla 2. Coordenadas y profundidades del sondaje.

COORDENADAS [WGS84]			PROFUNDIDAD [m]
ZONA	E	N	
19 H	258057.00 m E	6075981.00 m S	60.00

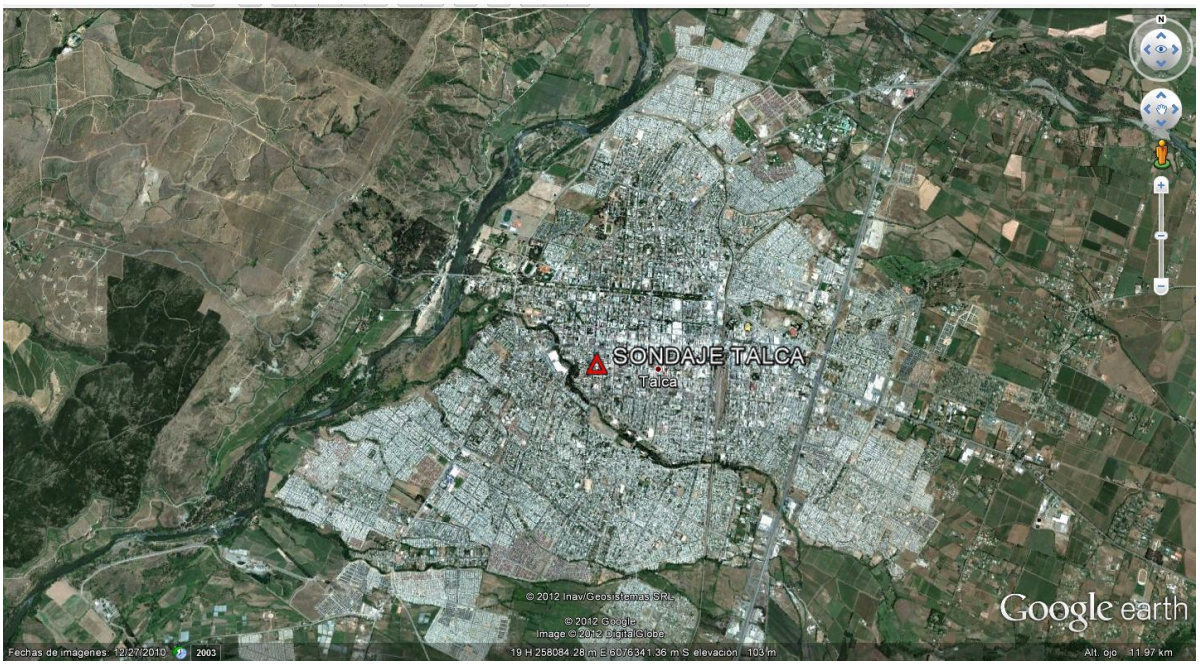


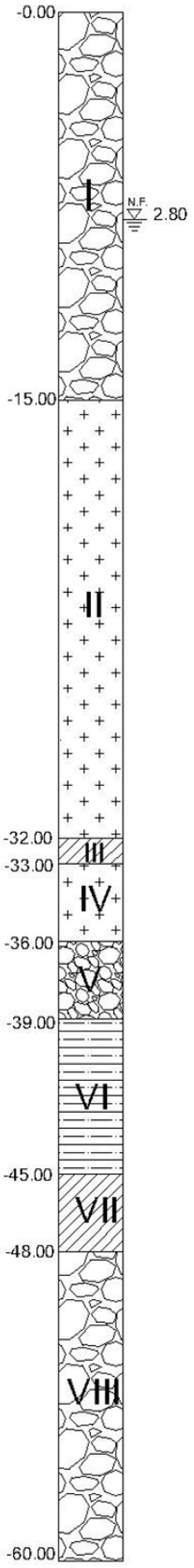
Figura 2. Imagen general con la ubicación del sondaje.

Figura 3. Imagen en detalle con la ubicación del sondaje.

6. SONDAJE GEOTECNICO

6.1. ESTRATIGRAFIA

El subsuelo en estudio está constituido principalmente por estratificaciones de grava, toba y roca volcano sedimentaria con distintos grados de meteorización y presencia de lentes de arcillas muy consolidadas.



Estrato	Cotas [m]		Espesor [m]	Descripción Estratigráfica
	Inferior	Superior		
I	0,00	15.00	15.00	Grava de cantos sub-redondeados a sub-angulares, de tamaño máximo 3'', presencia de bolones de hasta 10'' aproximadamente y sin recuperación de matriz. Se observa una arena limosa en el retorno de agua.
II	15.00	32.00	17.00	Toba fracturada con pómez color amarillo, clastos polimícticos con distinto grado de alteración. Con estratos de roca volcano sedimentaria de clastos polimícticos con distinto grado de alteración.
III	32.00	33.00	1.00	Arcilla color café claro, consistencia media y plasticidad baja.
IV	33.00	36.00	3.00	Toba fracturada con pómez color amarillo, clastos polimícticos con distinto grado de alteración.
V	36.00	39.00	3.00	Grava de cantos sub-redondeados a sub-angulares, de tamaño máximo 3'' aproximadamente y sin recuperación de matriz. Se observa una arena en el retorno de agua.
VI	39.00	45.00	6.00	Roca volcano sedimentaria fracturada de dureza muy baja, con pómez color amarillo, clastos polimícticos con distinto grado de alteración y cemento color amarillo claro. Se observan zonas con alto nivel de meteorización.
VII	45.00	48.00	3.00	Arcilla color café claro, consistencia alta y plasticidad alta.
VIII	48.00	60.00	12.00	Grava de cantos sub-redondeados a sub-angulares, de tamaño máximo 5'' aproximadamente y sin recuperación de matriz. Se observa una arena en el retorno de agua.

Figura 4. Modelo estratigráfico del sondaje.

6.2. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Dada las características del subsuelo no correspondía realizar ensayos de penetración estándar.

6.3. Ensayo Sísmico Downhole

Con los registros del ensayo sísmico downhole se estimaron velocidades de onda de compresión y corte para los distintos estratos, estas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Velocidades de onda de compresión y corte estimados a través de ensayo sísmico downhole para los distintos estratos.

Estrato	Cota [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]
	Inicial	Final		
I	0,00	15,00	619	507
II	15,00	32,00	1805	898
III	32,00	33,00	1805	1044
IV	33,00	36,00	1805	467
V	36,00	39,00	1805	467
VI	39,00	45,00	1805	1262
VII	45,00	48,00	1805	540
VIII	48,00	60,00	1805	540

A partir de los 8m de profundidad la velocidad de onda de compresión se encuentra influenciada por la aparición de la napa freática, lo cual concuerda con las mediciones realizadas dentro del pozo. Mayores detalles de los resultados se presentan en el Anexo B.

6.4. Resumen de muestreo, operación y RQD.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de muestreo y operación durante la perforación del sondaje.

Tabla 4. Resumen de muestreo y operación durante el sondaje.

Tipo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
SPT	0,00	0,50	0,50	0,20	40	N/A
HQ3	0,50	2,00	1,50	0,40	27	N/A
HQ3	2,00	3,50	1,50	0,94	63	N/A
SPT	3,50	4,00	0,50	0,30	60	N/A
HQ3	4,00	5,50	1,50	0,90	60	N/A
HQ3	5,50	6,00	0,50	0,49	98	N/A
SPT	6,00	6,50	0,50	0,45	90	N/A
HQ3	6,50	8,00	1,50	0,39	26	N/A
HQ3	8,00	9,00	1,00	0,33	33	N/A
SPT	9,00	9,50	0,50	0,23	46	N/A
HQ3	9,50	10,50	1,00	0,75	75	N/A
HQ3	10,50	12,00	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	12,00	13,50	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	13,50	15,00	1,50	1,00	67	N/A
SPT	15,00	15,50	0,50	0,45	90	N/A
HQ3	15,50	17,00	1,50	0,64	43	21
HQ3	17,00	18,00	1,00	0,36	36	100
SPT	18,00	18,50	0,50	0,25	50	N/A
HQ3	18,50	20,00	1,50	0,97	65	100
HQ3	20,00	21,00	1,00	1,00	100	72
SPT	21,00	21,50	0,50	0,25	50	N/A
HQ3	21,50	23,00	1,50	1,25	83	100
HQ3	23,00	24,00	1,00	1,00	100	100
HQ3	24,00	25,50	1,50	1,50	100	100
HQ3	25,50	27,00	1,50	1,36	91	100
HQ3	27,00	28,50	1,50	1,00	67	100
HQ3	28,50	30,00	1,50	1,10	73	100
SPT	30,00	30,50	0,50	0,23	46	N/A
HQ3	30,50	32,00	1,50	0,93	62	34
HQ3	32,00	33,00	1,00	0,42	42	13
HQ3	33,00	34,50	1,50	0,59	39	N/A
HQ3	34,50	36,00	1,50	0,72	48	46
HQ3	36,00	37,50	1,50	1,34	89	36
HQ3	37,50	39,00	1,50	0,91	61	N/A

Tipo	Cotas [m]		Avance [m]	Recuperación [m]	Recuperación [%]	RQD [%]
	Inferior	Superior				
SPT	39,00	39,50	0,50	0,22	44	N/A
HQ3	39,50	41,00	1,50	1,50	100	69
HQ3	41,00	41,50	0,50	0,50	100	N/A
HQ3	41,50	42,00	0,50	0,50	100	N/A
SPT	42,00	42,50	0,50	0,24	48	N/A
HQ3	42,50	44,00	1,50	0,48	32	N/A
HQ3	44,00	45,00	1,00	0,42	42	N/A
HQ3	45,00	46,50	1,50	0,79	53	50
HQ3	46,50	48,00	1,50	1,20	80	94
SPT	48,00	49,50	1,50	0,65	43	N/A
HQ3	49,50	51,00	1,50	0,90	60	N/A
HQ3	51,00	52,50	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	52,50	54,00	1,50	1,00	67	N/A
HQ3	54,00	54,50	0,50	0,23	46	N/A
HQ3	54,50	56,00	1,50	0,75	50	N/A
SPT	56,00	57,00	1,00	0,35	35	N/A
HQ3	57,00	58,50	1,50	1,10	73	N/A
HQ3	58,50	60,00	1,50	1,50	100	N/A

6.5. Control de napa interior sondaje.

Se realizó un control diario de la napa al interior del sondaje, la cual se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resumen del control diario de la napa al interior del sondaje.

Fecha	Hora	Lectura [m]	Perforación		Revestimiento	
			Tipo	Profundidad [m]	Tipo	Profundidad [m]
24-09-2011	20:00	8,0	HQ3	10,0	HW	6,0
25-09-2011	20:00	8,0	HQ3	15,0	HW	6,0
26-09-2011	20:00	8,0	HQ3	24,0	HW	6,0
27-09-2011	20:00	8,0	HQ3	39,5	HW	6,0
28-09-2011	20:00	8,0	HQ3	48,5	HW	6,0
29-09-2011	20:00	8,0	HQ3	54,5	HW	6,0
30-09-2011	20:00	8,0	HQ3	60,0	HW	6,0

6.6. Fotografías de cajas de muestras.

En las siguientes figuras se muestran las fotografías de las cajas de muestras del sondaje ejecutado.

Figura 5. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 0.00m-10.50m.

Figura 6. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 10.50m-18.50m.

Figura 7. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 18.50m-24.00m.

Figura 8. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 24.00m-28.50m.

Figura 9. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 28.50m-36.00m.

Figura 10. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 36.00m-41.50m.

Figura 11. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 41.50m-48.00m.

Figura 12. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 48.00m-56.00m.

Figura 13. Fotografía de caja de muestra entre las cotas 56.00m-60.00m.

7. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. Clasificación USCS y Curvas Granulométricas

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los ensayos de granulometría, peso especifico, límites de Atterberg y clasificación USCS.

Tabla 6. Clasificación USCS y peso específico de las muestras extraídas.

Muestra	Cotas [m]	USCS	% de finos	LL	LP	IP	G_s
M4	32.00-33.00	CL	72.3	43	21	22	2.64
M5	36.00-37.50	SM	44.9	38	25	13	2.63
M8	46.50-48.00	CH	91.6	52	19	33	2.50

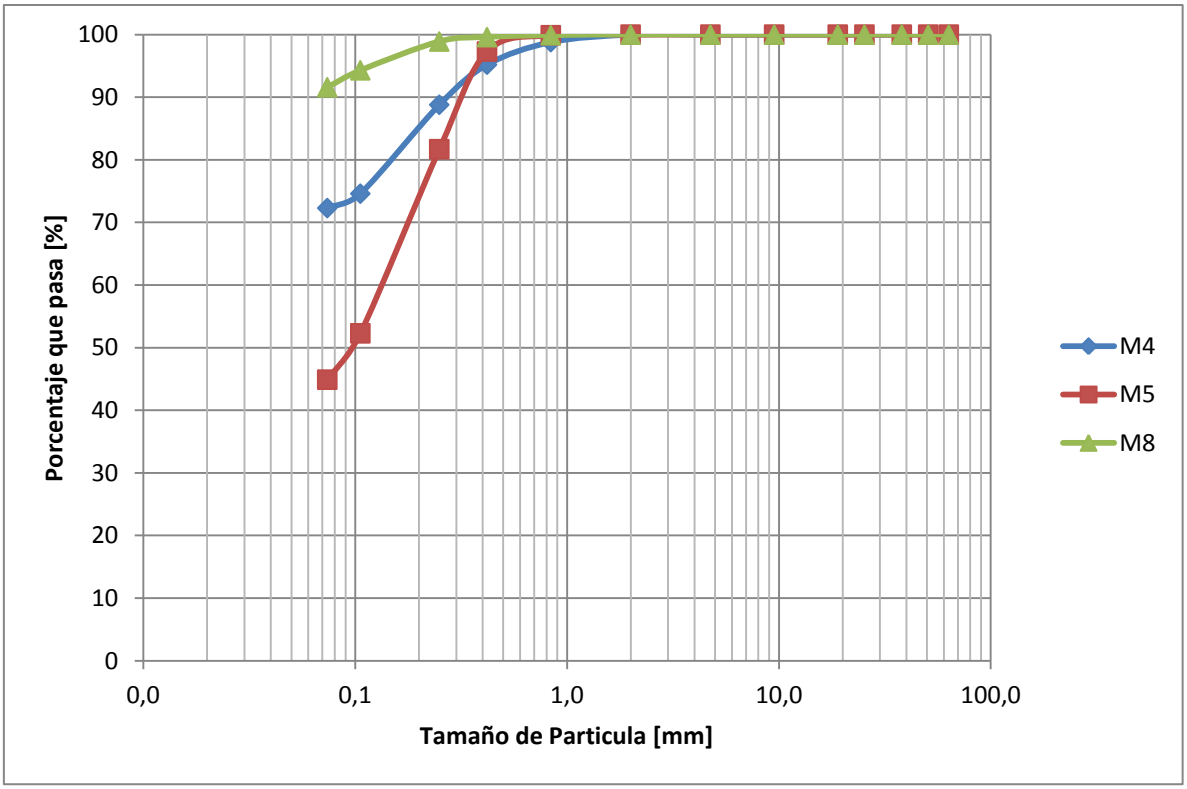


Figura 14. Curvas granulométricas de las muestras ensayadas.

7.2. Compresión Simple

Se realizaron ensayos de compresión simple sobre las muestras de toba y roca volcano sedimentaria. Los resultados muestran que la resistencia a la carga uniaxial D50 de la toba es aproximadamente 14.28 [MPa], y en el caso de la roca volcano sedimentaria alcanza un valor de 2.99 [MPa] aproximadamente.

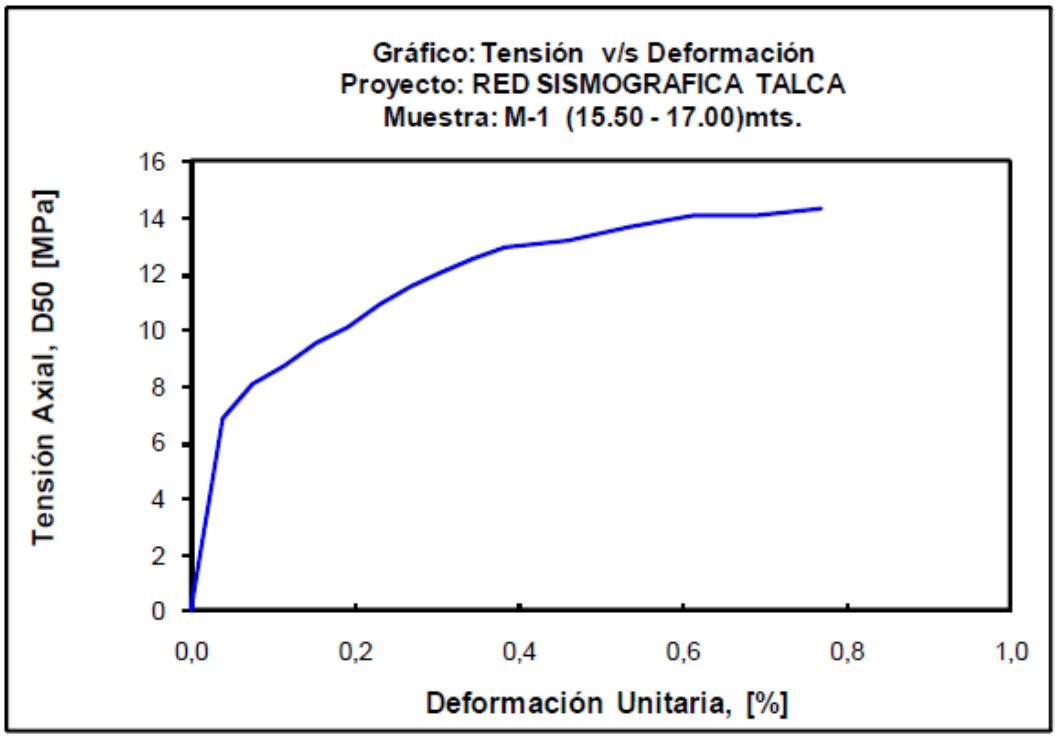


Figura 15. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-1, cotas 15.50m-17.00m.

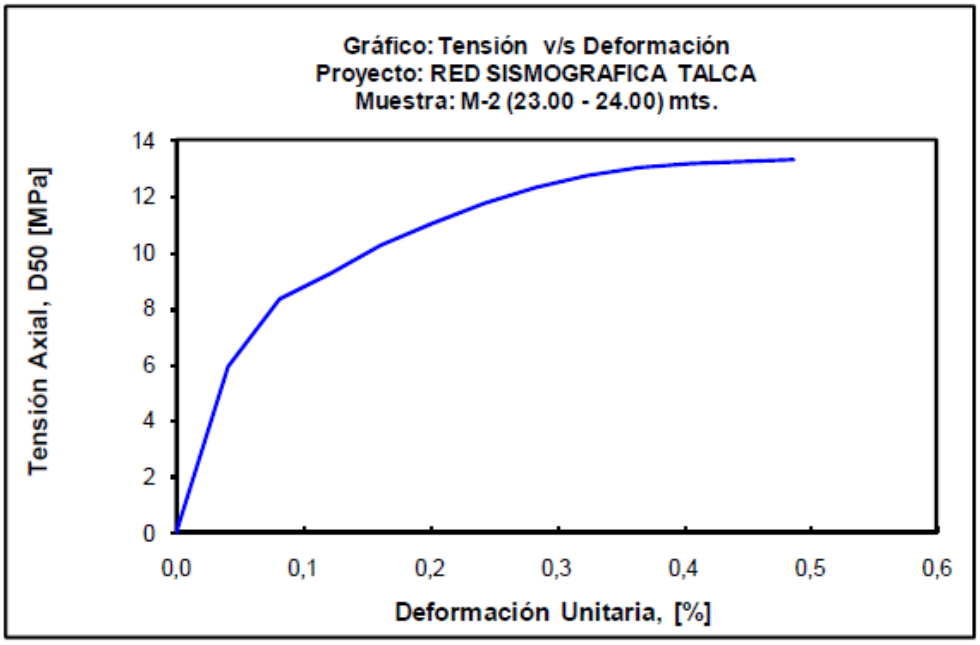


Figura 16. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-2, cotas 23.00m-24.00m.

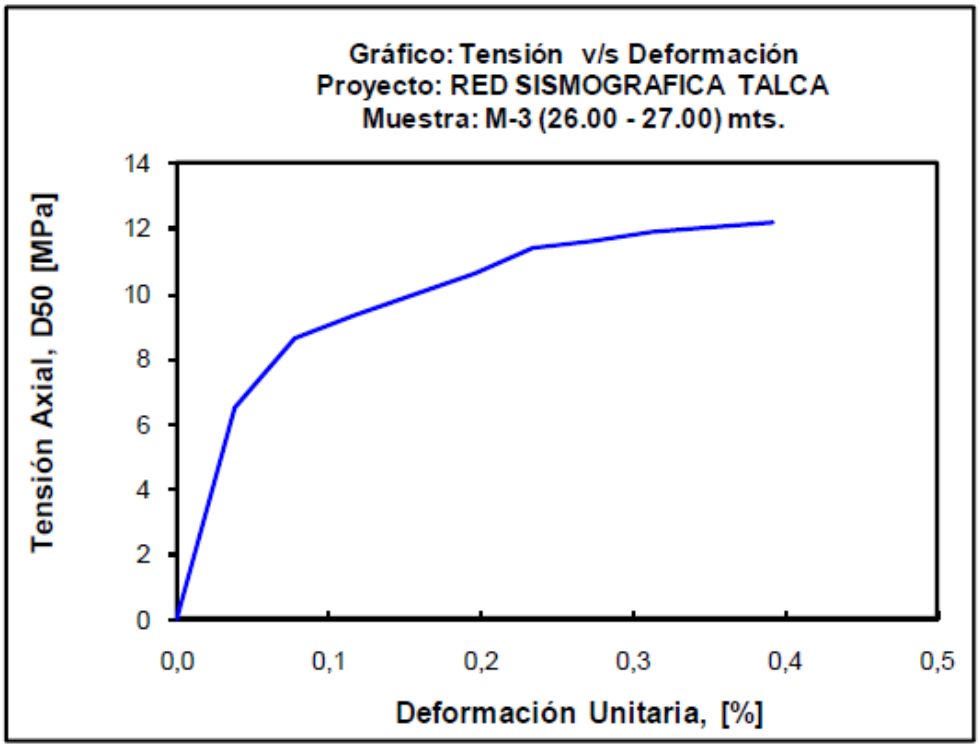


Figura 17. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-3, cotas 26.00m-27.00m.

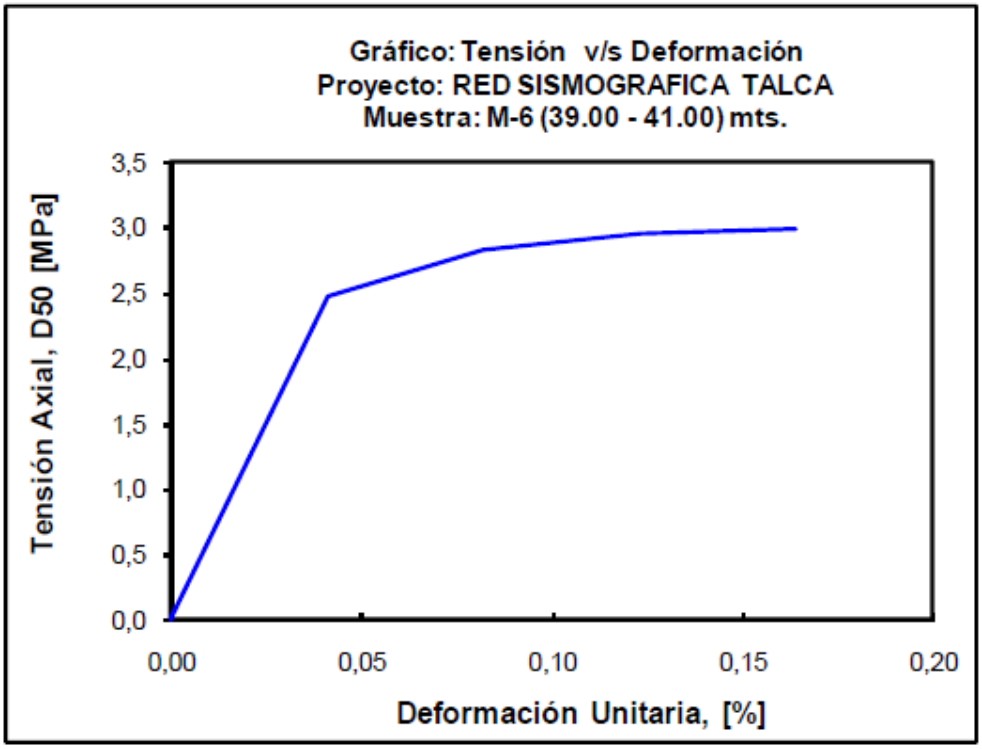


Figura 18. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-6, cotas 39.00m-41.00m.

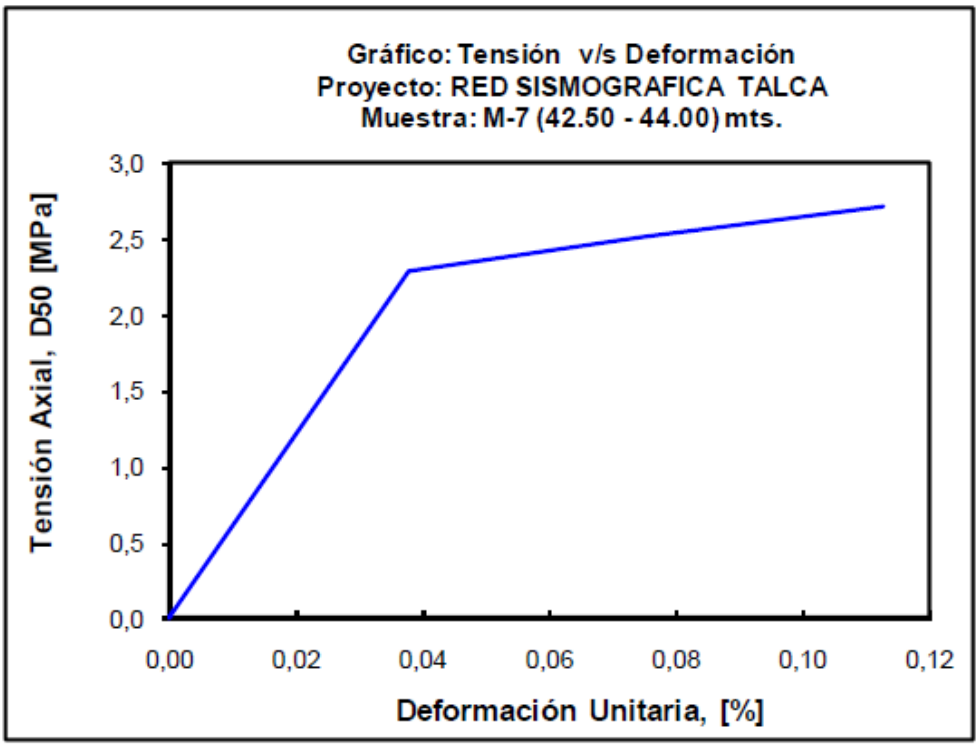


Figura 19. Resultados del ensayo de compresión simple para la muestra M-7, cotas 42.50m-44.00m.

7.3. Bender Elements

A través de *Bender Elements* se midió la velocidad de ondas de corte (V_s) en las muestras de Toba (M2) y roca volcano sedimentaria (M7). Las muestras fueron ensayadas en condición natural, drenados al aire y sin presión de cámara.

Tabla 7. Resultados de ensayo *Bender Elements* para los testigos de toba y roca volcano sedimentaria.

Muestra	Cotas [m]	Presión de Confinamiento [kg/cm2]	Tiempo de Arribo [s]	Vs [m/s]
M2	23.00-24.00	0,1	0,000100	1243
M7	42.50-44.00	0,1	0,000134	696

8. RESUMEN DE RESULTADOS

En la siguiente figura se presenta un log que contiene estratigrafía, clasificación USCS, límites de Atterberg, porcentaje de finos, peso específico y velocidad de ondas de corte.

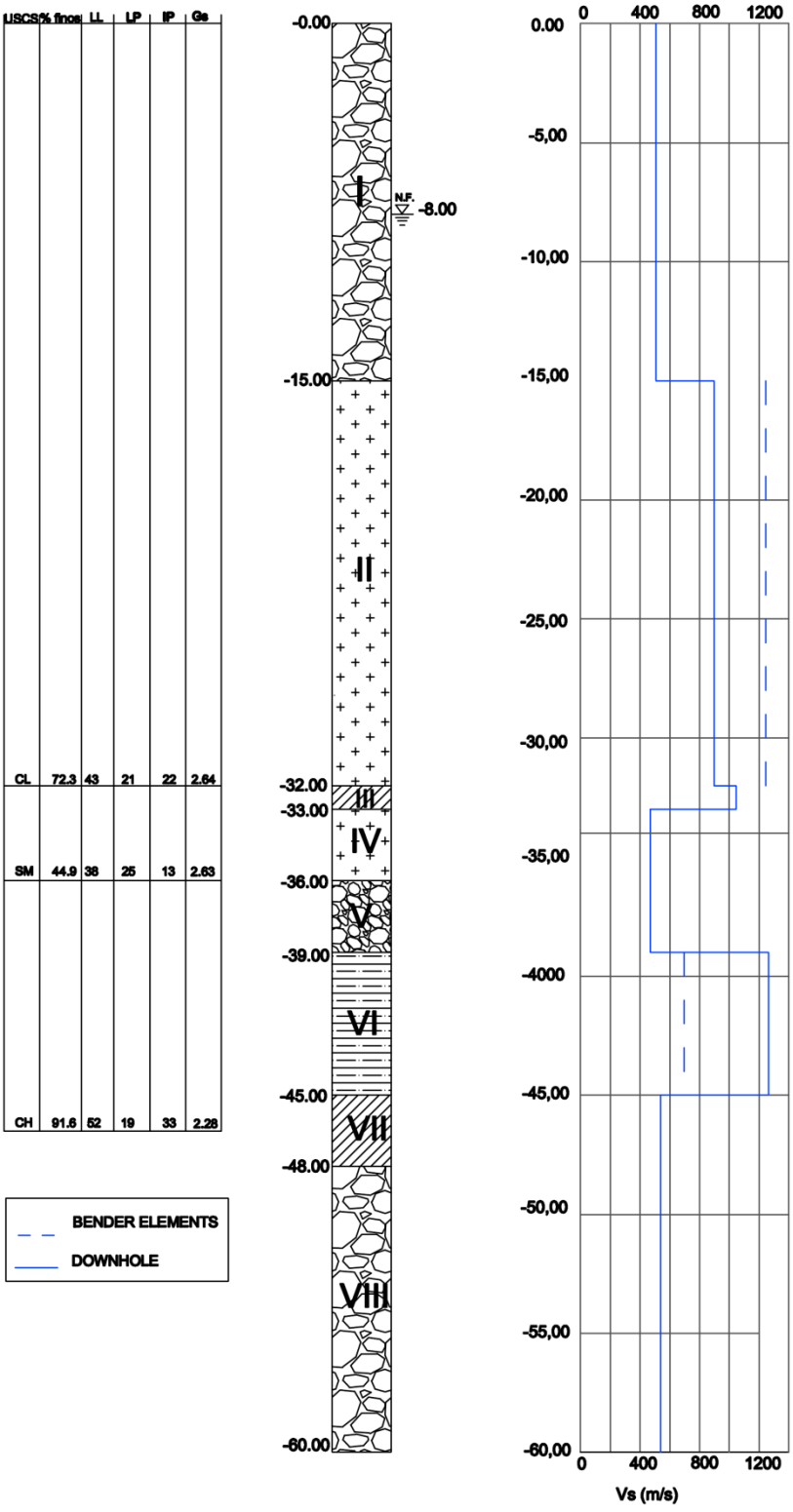


Figura 20. Log del sondaje.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

SIP – INFORME

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO

RED SISMOGRAFICA – ESTACION TALCA

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE

Acreditación LE 304
Resolución Exenta 9111 MINVU 21 de diciembre de 2009
Resolución Exenta 5464 MINVU 07 de septiembre de 2011

INFORME DE ENSAYO OFICIAL Nº 712.152-B
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – SECTOR TALCA

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 11
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** TALCA		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 09 / 11 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 11 / 11 / 2011	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 23 / 11 / 2011	**FECHA DE EMISIÓN :** 13/12/2011	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
- SLG-PP-08 IP ASTM D4318-10
- SLG-PP-09 Peso especifico bajo tamiz N° 4 ASTM D 854-10
- SLG-PP-13 Clasificación USCS ASTM D2487-06
- Compresión Uniaxial simple

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M1	---	15.50-17.00	CD	X	X
M2	---	23.00-24.00	CD	X	X
M3	---	26.00-27.00	CD	X	X
M4	---	32.00-33.00	P	X	X
M5	---	36.00-37.50	P	X	X
M6	---	39.00-41.00	CD	X	X
M7	---	42.50-44.00	CD	X	X
M8	---	46.50-48.00	P	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

La Clasificación USCS Y Compresión uniaxial simple no se encuentran en el alcance de la Acreditación LE-304

Nathalie Astorga I.	**Iván Bejarano B.**
Jefe Sección Laboratorio	**Jefe Área Geotecnia y Pavimentación**
Geotecnia –IDIEM	**Geotecnia –IDIEM**

VBO/NGD/kra

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYOS DE CLASIFICACION DE MUESTRAS DE SUELO

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	11-11-2011
Fecha Término	14-11-2011

IDENTIFICACION.

Muestra	Nº	M4	M5	M8	
Cota	[m]	**(32,00-33,00)**	**(36,00-37,50)**	**(46,50-48,00)**	
Partículas sobre 3"	[%]	0,0	0,0	0,0	

GRANULOMETRIA.

Tamaño de Partícula, mm	**Designación Malla o Criba**	**% en peso que pasa**			
63,500	2 1/2"				
50,800	2"				
38,100	1 1/2"				
25,400	1"				
19,000	3/4"				
9,520	3/8"				
4,760	Nº 4				
2,000	Nº 10	100,0	100,0	100,0	
0,840	Nº 20	98,8	99,9	99,9	
0,420	Nº 40	95,2	97,3	99,6	
0,250	Nº 60	88,8	81,7	98,9	
0,106	Nº 140	74,6	52,3	94,3	
0,074	Nº 200	72,3	44,9	91,6	

Límite Líquido	43	38	52	
Límite Plástico	21	25	19	
Indice de Plasticidad	22	13	33	
Clasificación USCS	**CL**	**SM**	**CH**	

Referencias

1. SLG-PP-06 Granulometría ASTM D422-60 (2007)
2. Límite Líquido, Límite Plástico e Indice de Plasticidad según SLG-PP-08 basado en ASTM D4318-10
3. Muestras preparadas en la determinación de los Límites de Atterberg fue preparada húmeda.
4. Límite líquido realizado por método mecánico.
5. Clasificación USCS basado en SLG-PP-13 basado en ASTM D2487-06

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO BAJO TAMIZ Nº 4

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	17-11-2011
Fecha Término	23-11-2011

RESULTADOS DE ENSAYO

Muestra	Cota [m]	Gs
M4	(32,00-33,00)	2,64
M5	(36,00-37,50)	2,63
M8	(46,50-48,00)	2,50

Referencias

1. Determinación de Peso Específico bajo tamiz Nº 4 según SLG-PP-09, basado en ASTM D854-10
2. Se utilizó el método seco para determinar el peso específico
3. El porcentaje de material que pasa el tamiz Nº 4 es el indicado en el formulario de Clasificación USCS

Observaciones

1. Peso específico informado a la temperatura de 20 ºC
2. Se utilizó agua destilada en la ejecución del ensayo.

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14-11-2011
Fecha de Término	14-11-2011

DESCRIPCION PROBETA

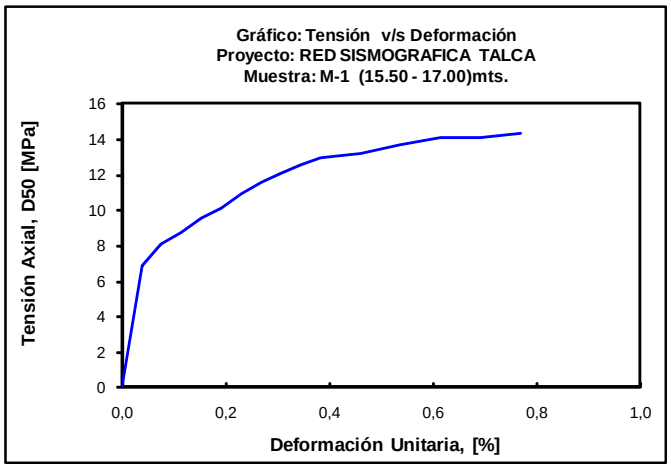
Muestra	M-1 (15,50 - 17,00)mts.
Tipo de Roca	VOLCANO SEDIMENTARIA
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	CLASTOS POLIMICTICOS CON DISTINTO GRADO DE ALTERACION

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,90
Altura Promedio	[cm]	13,01
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,68
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,68
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D59 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	6,61	6,83
0,08	7,84	8,11
0,12	8,44	8,72
0,15	9,22	9,53
0,19	9,78	10,11
0,23	10,53	10,88
0,27	11,17	11,54
0,31	11,65	12,04
0,35	12,14	12,54
0,38	12,51	12,93
0,46	12,73	13,16
0,54	13,26	13,70
0,61	13,59	14,05
0,69	13,63	14,09
0,77	13,82	14,28



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,025Mpa/s
d. D59: Diametro de testigo ensayado
e. D50: Diametro estandarizado

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14-11-2011
Fecha de Término	14-11-2011

DESCRIPCION PROBETA

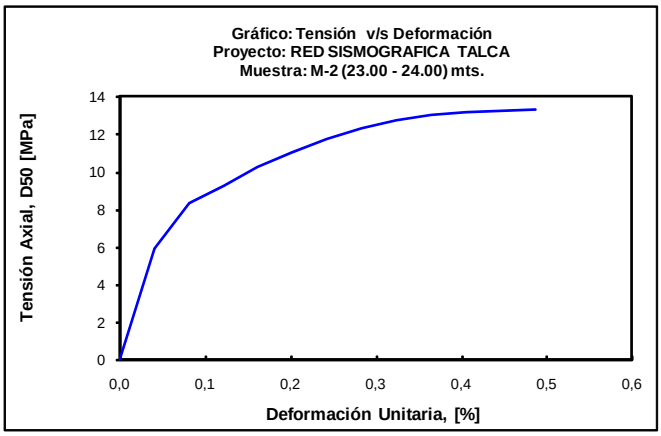
Muestra	M-2 (23,00 - 24,00)mts.
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	POMEZ DE COLOR AMARILLO, CLASTOS POLIMICTICOS CON DISTINTO GRADO DE ALTERACION

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,93
Altura Promedio	[cm]	12,34
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,62
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,62
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D59 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	5,75	5,95
0,08	8,06	8,34
0,12	8,94	9,25
0,16	9,90	10,24
0,20	10,67	11,04
0,24	11,36	11,76
0,28	11,91	12,33
0,32	12,32	12,74
0,36	12,61	13,05
0,41	12,76	13,20
0,49	12,83	13,28



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,025Mpa/s
d. D59: Diametro de testigo ensayado
e. D50: Diametro estandarizado

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14-11-2011
Fecha de Término	14-11-2011

DESCRIPCION PROBETA

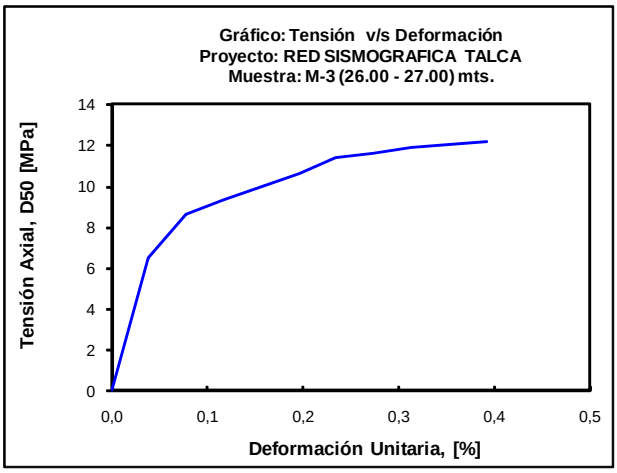
Muestra	M-3 (26,00 - 27,00) mts
Tipo de Roca	TOBA
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	CLASTOS POLIMICTICOS CON DISTINTO GRADO DE ALTERACION, POMEZ DE COLOR AMARILLO DISEMINADA EN TODA LA MUESTRA

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,85
Altura Promedio	[cm]	12,75
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,65
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,65
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D59 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	6,29	6,49
0,08	8,33	8,60
0,12	9,05	9,34
0,16	9,70	10,01
0,20	10,26	10,59
0,24	11,06	11,41
0,27	11,25	11,61
0,31	11,51	11,88
0,35	11,63	12,00
0,39	11,82	12,20



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,025Mpa/s
d. D59: Diametro de testigo ensayado
e. D50: Diametro estandarizado

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	16-11-2011
Fecha de Término	16-11-2011

DESCRIPCION PROBETA

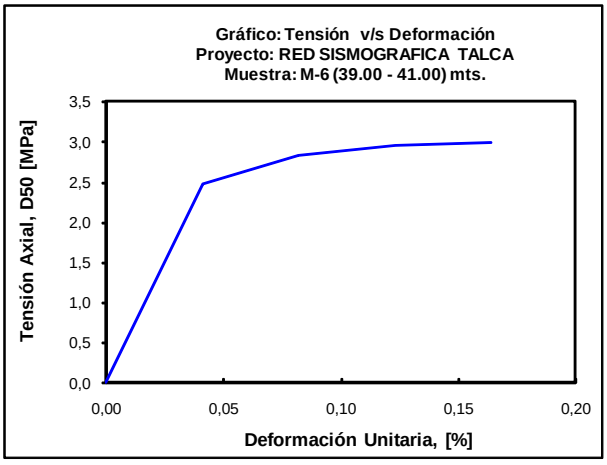
Muestra	M-6 (39,00 - 41,00) mts.
Tipo de Roca	VOLCANO SEDIMENTARIA
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	CLASTOS POLIMICTICOS CON DISTINTOS GRADOS DE ALTERACION, POMEZ DE COLOR AMARILLA, CEMENTO DE COLOR AMARILLO CLARO, DE DUREZA MUY BAJA

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,77
Altura Promedio	[cm]	12,18
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,43
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,43
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D58 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	2,40	2,47
0,08	2,75	2,83
0,12	2,87	2,95
0,16	2,91	2,99



Referencias

1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,025Mpa/s
d. D58: Diametro de testigo ensayado
e. D50: Diametro estandarizado
NO SE REGISTRARON MAS DATOS POR QUE LA MUESTRA FALLÓ EN LA PRE-CARGA

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME ENSAYO COMPRESIÓN UNIAXIAL SIMPLE EN MUESTRAS DE ROCA

Proyecto	RED SISMOLOGICA TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-B
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha de Inicio	14-11-2011
Fecha de Término	14-11-2011

DESCRIPCION PROBETA

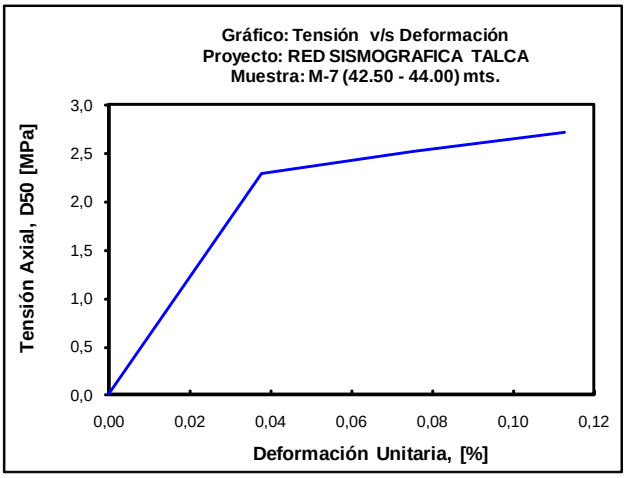
Muestra	M-7 (42,50 - 44,00) mts.
Tipo de Roca	VOLCANO SEDIMENTARIO
Fracturas / Vetillas	NINGUNA
Alteraciones	CLASTOS POLIMICTICOS CON DISTINTO GRADO DE ALTERACION, POMEZ DE COLOR AMARILLO

DATOS DE PROBETA

Diámetro Promedio	[cm]	5,98
Altura Promedio	[cm]	13,31
Densidad Húmeda	[g/cm^3]	1,45
Densidad Seca	[g/cm^3]	1,45
Contenido de Humedad	[%]	0,00

DATOS ENSAYO

Def. Unitaria [%]	Tensión Axial D60 [Mpa]	Tensión Axial D 50 [Mpa]
0,00	0,00	0,00
0,04	2,22	2,30
0,08	2,43	2,52
0,11	2,61	2,71



1. ASTM D7012-10.
2. ASTM D4543-08.
3. Determinación de Humedad según SLG-PP-07 basado en ASTM D2216-10

Observaciones

a. Lecturas de Deformación realizadas con dial analógico, sólo referenciales
b. Muestra falla por MATRIZ
c. Velocidad de ensayo: 0,025Mpa/s
d. D60: Diametro de testigo ensayado
e. D50: Diametro estandarizado

NO SE REGISTRARON MAS DATOS POR QUE LA MUESTRA FALLÓ EN LA PRE-CARGA

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

INFORME DE ENSAYO OFICIAL Nº 712.152-L
MECANICA DE SUELOS

RED SISMOLÓGICA CHILE – SECTOR TALCA

OT Nº 85-0000008-11-00

SECCIÓN LABORATORIO DE GEOTECNIA		**REF.:** SLG.PRE.AC 64	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 5
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**CLIENTE: UNIVERSIDAD DE CHILE**	
			Dirección: Av. Libertador Bernardo O`Higgins 1058, Santiago	
Valeska Barahona O.	Nathalie Astorga I. Alejandra Sanchez T.	Iván Bejarano B.	**DESTINATARIO:** Francisco Brieva Rodríguez	
FECHA DE MUESTREO: ---		**LUGAR DE MUESTREO:** TALCA		
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS : 09 / 11 / 2011	**FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS:** 13/01/2012	**FECHA DE TERMINOS DE LOS ENSAYOS:** 13/01/2012	**FECHA DE EMISIÓN :** 01/02/2012	

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

1. Antecedentes

Informe de ensayos realizados según los siguientes documentos recibidos por la Sección Laboratorio de Geotecnia

- Aceptación de presupuesto SLG.PRE.AC 64/11

De acuerdo a esto, se ejecutaron los siguientes ensayos:

- Bender Element

2. Identificación de muestras recepcionadas y ensayadas.

Las muestras recepcionadas y ensayadas corresponden al detalle indicado en la tabla Nº1.

Tabla Nº1.- Muestras recepcionadas y ensayadas

Identificación de Muestra	Calicata [Nº]	Cotas [m]	Tipo	Recibida	Ensayada
M2	---	23.00-24.00	CD	X	X
M7	---	42.50-44.00	CD	X	X

La definición del tipo de muestras corresponde a:
- P: muestra perturbada
- NP: muestra no perturbada en bloque inalterado
- SH: muestra tubo Shelby
- CN: muestra cuchara normal
- CD: muestra corona diamantina

Las muestras son almacenadas por IDIEM hasta 15 días luego de emitido este informe. Posterior a este tiempo serán eliminadas, a menos que exista una solicitud escrita del cliente para su resguardo y la ejecución de ensayos adicionales por un tiempo determinado.

Nathalie Astorga I.
Jefe Sección Laboratorio
Geotecnia –IDIEM

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentación
Geotecnia –IDIEM

VBO/kra

Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-L
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M2 (23,00-24,00)

Datos de Confección:

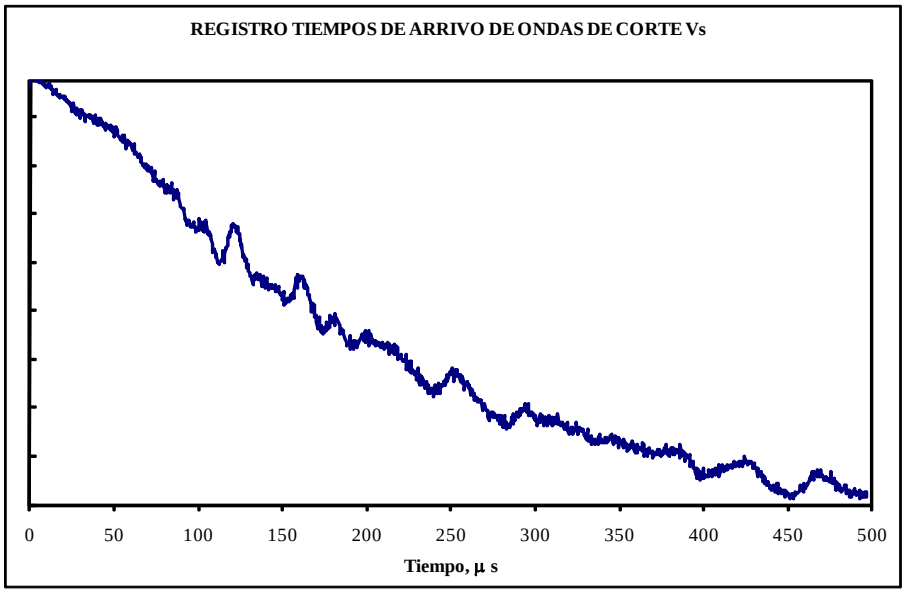
Diametro Superior	cm	5,558
Diametro Medio	cm	5,568
Diametro Inferior	cm	5,560
Peso Natural	g	524,87
Diámetro Promedio	cm	5,562
Area Promedio	cm^2	24,29
Altura Promedio	cm	12,435
Volumen	cm^3	302,07
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,738
Densidad Seca	gr/cm^3	1,7376

Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	100	0,000100	**1243**	natural seca

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

VELOCIDAD ONDA DE CORTE Vs

Proyecto	RED SISMOLÓGICA CHILE- SECTOR TALCA
Inf. Ensaye	Nº 712.152-L
Orden de Trabajo	85-0000008-11-00
Fecha Inicio	13-01-2012
Fecha Término	13-01-2012
Muestra	M7 (42,50-44,00)

Datos de Confección:

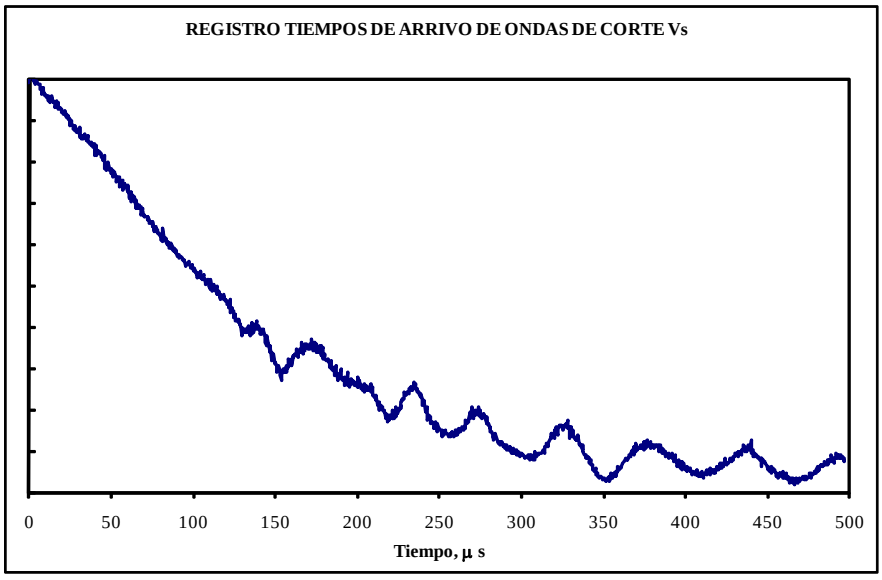
Diametro Superior	cm	6,004
Diametro Medio	cm	5,998
Diametro Inferior	cm	6,009
Peso Natural	g	338,39
Diámetro Promedio	cm	6,003
Area Promedio	cm^2	28,31
Altura Promedio	cm	9,324
Volumen	cm^3	263,92
Densidad Humeda	gr/cm^3	1,282
Densidad Seca	gr/cm^3	1,2822

Back-Pressure	kg/cm^2	0,00

Datos de Ensaye:

Presión de Confinamiento kg/cm^2	Tiempo de Arribo µs	Tiempo de Arribo s	Velocidad de Onda de Corte Vs m/s	Observaciones
0,1	134	0,000134	**696**	natural seca

Observaciones:
Muestra NATURAL y ensayada en condicion Seca drenada al aire



Nota:
La reproducción parcial del presente informe debe ser hecha con la autorización de la Sección Laboratorio de Geotecnia de IDIEM.
Los resultados son aplicables sólo a las muestras ensayadas.

SIP – INFORME

ANEXO B: ENSAYO SISMICO DOWNHOLE

RED SISMOGRAFICA – ESTACION TALCA

ENSAYO DE MEDICION DE LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE ONDAS DOWN - HOLE

Proyecto **RED SISMOGRAFICA**

Sondaje **ESTACION TALCA**
Profundidad **50m**
Coordenadas **258.057,65m E 6.075.981,25 m S**

Fecha Ejecución **14-12-2011**

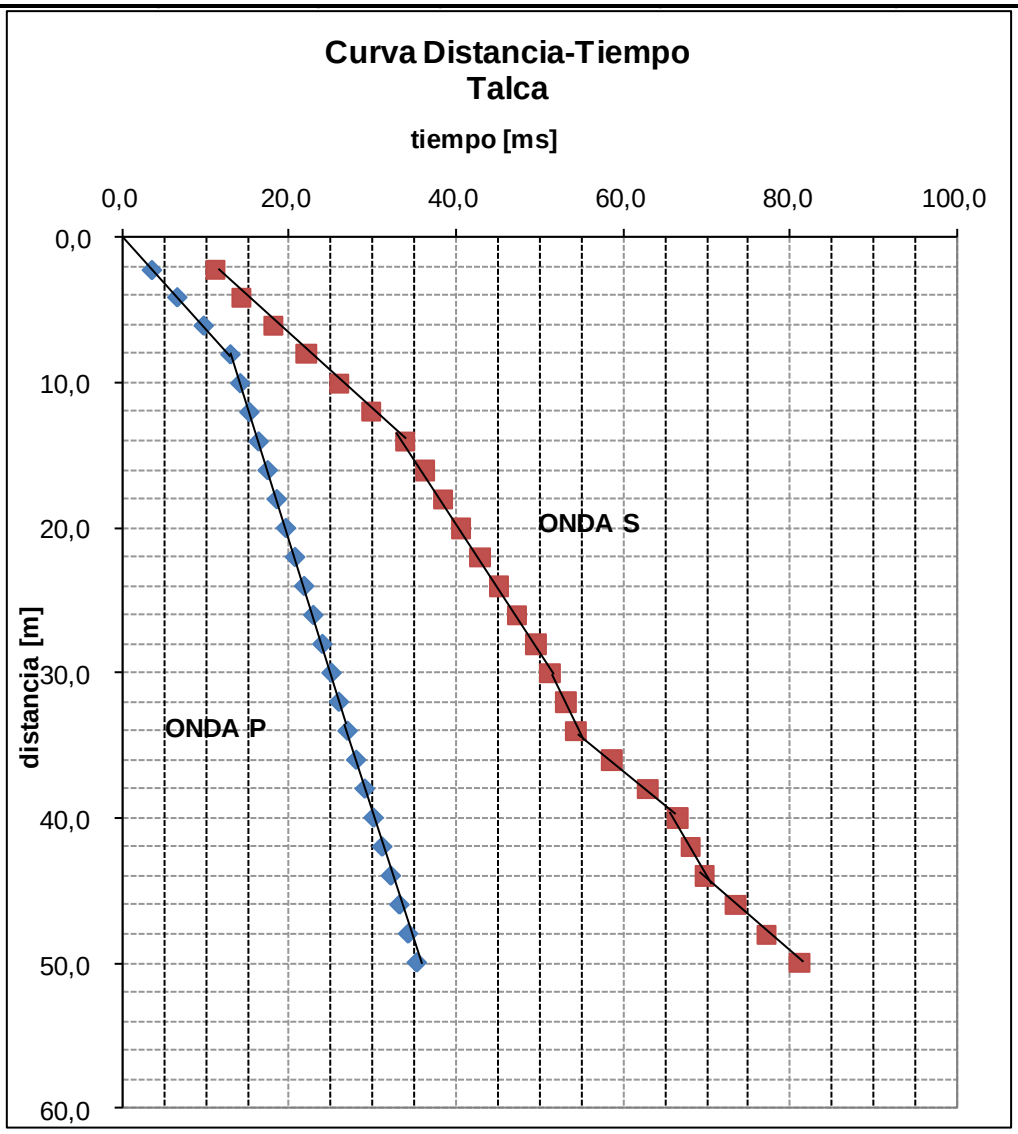
PROFUNDIDAD	DISTANCIA RECORRIDA	TIEMPOS DE ARRIBO	
		Ondas de Compresion	Ondas de Corte
[m]	[m]	[ms]	[ms]
2,0	2,2	3,6	11,2
4,0	4,1	6,6	14,2
6,0	6,1	9,8	18,1
8,0	8,1	13,0	22,0
10,0	10,1	14,2	25,9
12,0	12,0	15,3	29,9
14,0	14,1	16,4	33,9
16,0	16,0	17,4	36,2
18,0	18,0	18,5	38,4
20,0	20,0	19,6	40,6
22,0	22,0	20,7	42,9
24,0	24,0	21,8	45,1
26,0	26,0	22,9	47,3
28,0	28,0	24,0	49,5
30,0	30,0	25,1	51,2
32,0	32,0	26,0	53,1
34,0	34,0	27,0	54,4
36,0	36,0	28,0	58,6
38,0	38,0	29,1	62,9
40,0	40,0	30,1	66,5
42,0	42,0	31,1	68,1
44,0	44,0	32,2	69,8
46,0	46,0	33,2	73,5
48,0	48,0	34,3	77,2
50,0	50,0	35,3	81,1

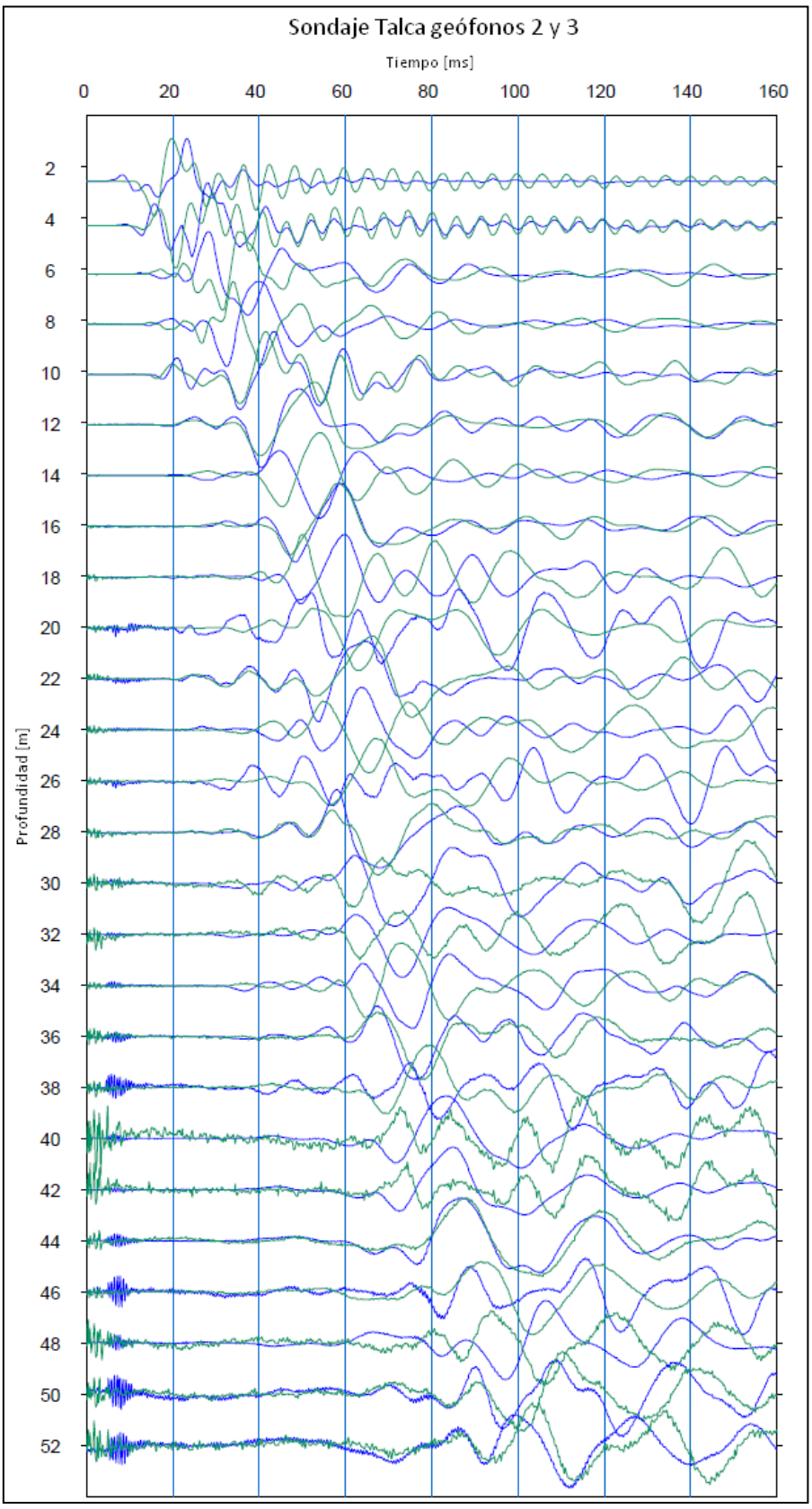
Velocidades

Cota Inferior	Cota Superior	Velocidad de ondas de Compresión [m/seg]	Velocidad de Ondas de Corte [m/seg]
0,00	2,00	610	-
2,00	8,00	610	500
8,00	14,00	1800	500
14,00	30,00	1800	890
30,00	34,00	1980	1040
34,00	40,00	1980	460
40,00	44,00	1980	1260
4,00	52,00	1980	540

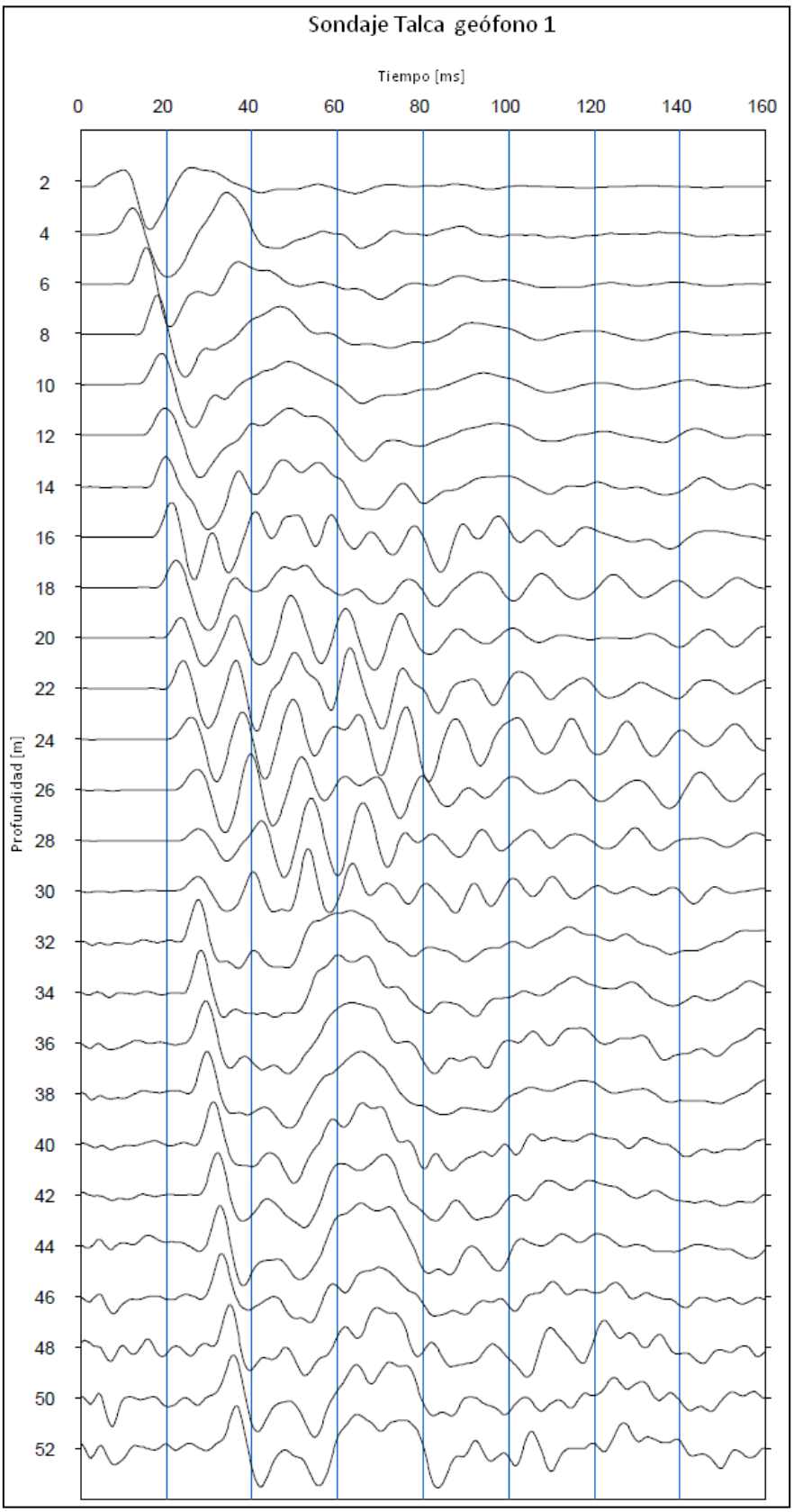
Observaciones:

Promedio de las lecturas de napa a 8m de profundidad.





Registro medición onda S



Registro medición onda P

SIP – INFORME

RED SISMOLOGICA – ESTACION UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

REVISIÓN 0

SECCIÓN INGENIERÍA Y PROSPECCIONES GEOTECNICAS		**REF.:**	**EJEMPLAR N°: 1**	**N° DE PÁGINAS: 12**
ELABORADO POR:	**REVISADO POR:**	**APROBADO POR:**	**DESTINATARIO:**	
Viviana González D.	Iván Bejarano B.	Fernando Yáñez U.	ONEMI	
FECHA : 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	**FECHA:** 28/02/2012	

TABLA DE CONTENIDOS

1. ALCANCES **3**
2. ANTECEDENTES **3**
3. INTRODUCCION **4**
4. METODOLOGIA **5**
5. GEOLOGÍA **6**
6. GEOLOGIA LOCAL **7**

ANEXO – TABLAS Y FIGURAS PARA LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN UTFSM. 5
FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). IMAGEN OBTENIDA DE GOOGLE EARTH. 6
FIGURA 3. MAPA GEOLÓGICO ESCALA 1:100.000 GANNA ET AL. (1996). LA ESTRELLA ROJA INDICA LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN SISMOLÓGICA UTFSM. 8
FIGURA 4. GNEIS DE ANFÍBOL AFLORANDO EN LA PLAYA BAJO UTFSM INTRUIDO POR DIQUES FÉLSICOS. A LA DERECHA SE OBSERVA LA ORIENTACIÓN SUBVERTICAL DE LOS MINERALES, PRINCIPALMENTE REFLEJADO EN LAS ANFÍBOLAS, Y UN ENCLAVE MÁFICO. 9
FIGURA 5. AFLORAMIENTO ROCOSO QUE MUESTRA MAYOR METEORIZACIÓN DE CARÁCTER SUPERFICIAL. SE OBSERVAN LAS INTRUSIONES FÉLSICAS COLOR BLANCO-ROSADO. 9
FIGURA 6. ARRIBA: FALLAS Y LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS EN LA VERTIENTE OCCIDENTAL DE LA CORDILLERA DE LA COSTA. ABAJO: VISTA SE DE ESTRUCTURAS RELEVANTES POR SU CERCANÍA CON LA ESTACIÓN UTFSM (ESTRELLA ROJA), ZONA DE FALLA MARGA-MARGA Y FALLA BAHÍA VALPARAÍSO (GANNA ET AL., 1996; SABAJ, 2008). 10

1. ALCANCES

El presente estudio fue solicitado por la ONEMI para determinar el modelo estratigráfico y propiedades geotécnicas en los sectores donde se encuentran posicionados algunos de los acelerógrafos que conforman la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC). En este informe, se presentarán los resultados del estudio realizado en el acelerógrafo ubicado en la Universidad Técnica Federíco Santa María (UTFSM) ubicada en la ciudad de Valparaíso, en la región del mismo nombre.

En particular para esta estación, puesto que se encuentra situada directamente sobre roca, se realizó un estudio geológico del sector.

2. ANTECEDENTES

- Alfaro, A. 2011. Peligro Sísmico en el Segmento Norte de la Región del Maule, Chile. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 141p.

- Gana, P., Wall, R., Gutiérrez, A., 1996. Geología del área Valparaíso-Curacaví: Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Escala 1:100.000. SERNAGEOMIN, Mapa geológico N°1).

- Parada, M. A., Roperch, P., Guiresse, C., Ramírez, E. 2005. Magnetic fabrics and compositional evidence for the construction of the Caleu pluton by multiple injections, Coastal Range of central Chile. Tectonophysics N°399, pp399–420.

- Rivano, S., Sepúlveda, H., Boric, R., Espiñeira, F. 1993. Hojas Quillota-Portillo. Regiones de Valparaíso y Coquimbo. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica, N°73

- Sabaj Romina. 2008. Identificación y caracterización de estructuras potencialmente activas en la cordillera de la costa entre los 33° y 33°45'S. Memoria de Título, Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago. 91p.

- SERNAGEOMIN, 2003, Carta Geológica de Chile (escala 1:1.000.000). Servicio Nacional de Geología y Minería, v. Publicación Geológica Digital 4.

- Thorson, R., 1999. La falla geológica Marga-Marga Viña del Mar. Departamento de Obras Civiles, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

3. INTRODUCCION

El departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile (DIC) ha operado desde la década del 70 la red de cobertura nacional de acelerógrafos (RENADIC), la cual está destinada a registrar eventos sísmicos.

Durante el terremoto ocurrido el 27 de febrero del año 2010 los instrumentos que componen esta red registraron valiosa información en distintos puntos del país. Entre ellas se obtuvo el registro de aceleraciones, el cual depende de la excitación sísmica y propiedades dinámicas del depósito de suelos.

Es por esta razón que la ONEMI solicitó un estudio de mecánica de suelos en las estaciones, con el objetivo de conocer la estratigrafía y caracterizar los distintos estratos identificados. Particularmente esta estación se encuentra situada directamente sobre roca, por lo que se realizó un estudio del macizo rocoso del sector.

La Tabla 1 presenta las coordenadas UTM de la ubicación de la estación UTFSM

.

Tabla 1. Coordenadas UTM ubicación estación Cerro Santa Lucía.

COORDENADAS [WGS84]		
ZONA	**E**	**N**
19 H	257590.65 m E	6341882.77 m S

La Figura 1 presenta la ubicación de la estación UTFSM en la ciudad de Valparaíso.

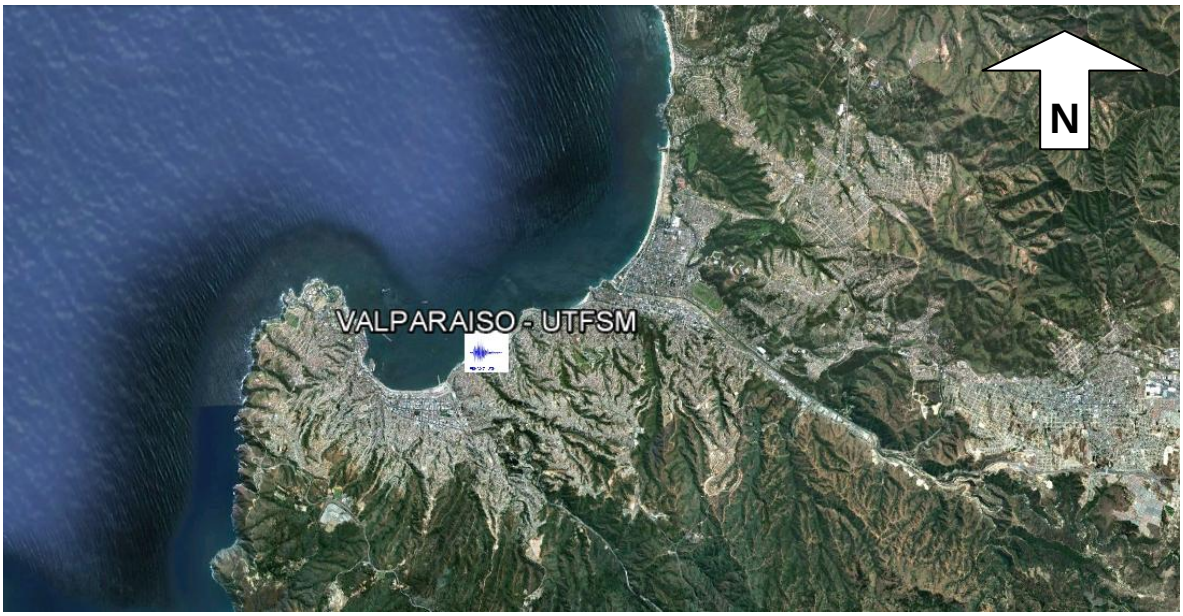


Figura 1. Ubicación de la estación UTFSM.

4. METODOLOGIA

El estudio se basó en antecedentes geológicos existentes como los mapas geológicos de Chile (SERNAGEOMIN, 2003), mapa geológico del área de Valparaíso-Curacaví (Gana et al., 1996) y área Til-Til – Santiago (Wall et al., 1999), la Hoja Quillota y Portillo (Rivano, 1993), así como trabajos de detalle realizados en las distintas zonas. Esta información se complementó con campañas de terreno.

5. GEOLOGÍA

A escala regional, 1:1.000.000, el mapa geológico de Chile (SERNAGEOMIN 2003), revela que la estación sismológica se ubica en rocas ígneas intrusivas (Figura 2).

La estación de Valparaíso se encuentra en rocas que incluyen monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda del Jurásico Superior a Jurásico Medio superior (180 – 142 Ma) (Jsg).

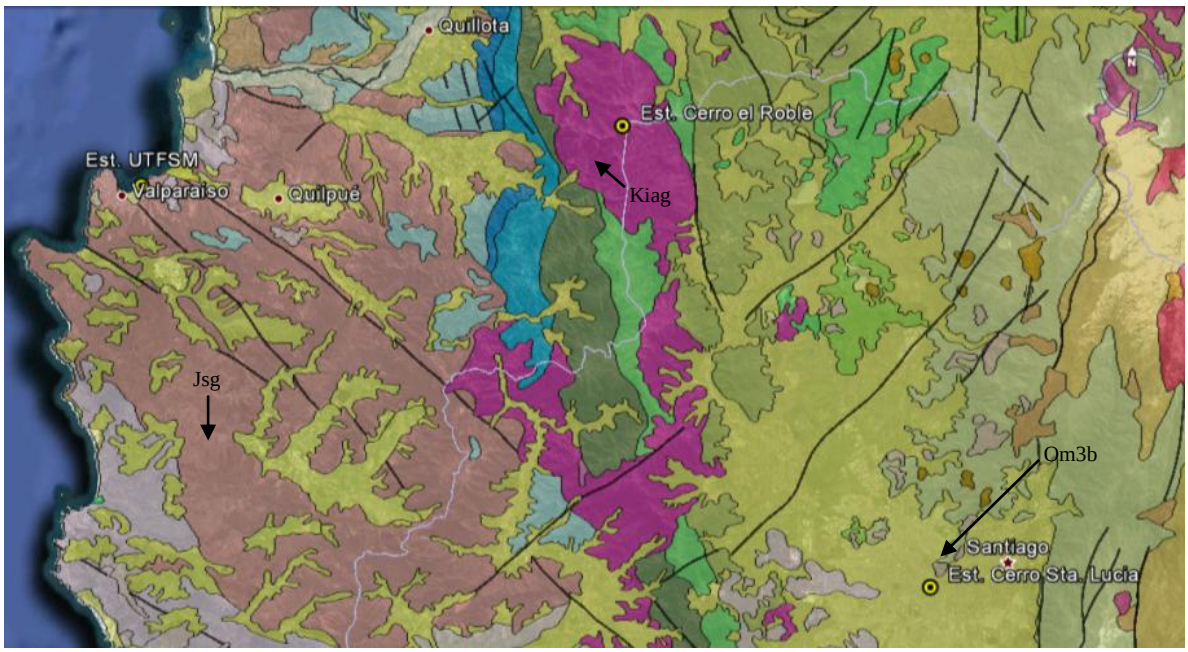


Figura 2. Mapa geológico escala 1:1000.000 (SERNAGEOMIN, 2003). Imagen obtenida de Google Earth.

Desde el punto de vista estructural, en el margen occidental de la Cordillera de la Costa se observan estructuras mayores con orientación preferencial NW-SE, en tanto hacia el margen oriental de esta unidad, las estructuras se disponen NE-SW a NS. En el margen entre la Depresión Central y la Cordillera Principal, las estructuras que controlan este borde tectónico son de orientación NS y la estructura de mayor importancia es la Falla Pucuro-San Ramón.

6. GEOLOGIA LOCAL

La estación UTFSM se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa sobre rocas pertenecientes al batolito costero constituido por anfibolitas, gneises anfibólicos, dioritas y monzodioritas foliadas de color gris oscuro a medio, grano medio a fino, con fuerte foliación magmática y en parte dinámica (gnéisica y milonítica) (Gana et al., 1996). Estas rocas agrupadas en la unidad Laguna Verde, constituyen plutones compuestos, de tamaño inferior a 16km de largo restringidos entre Laguna Verde y Punta Gallo, con edades que bordean los 160 Ma (Gana et al., 1996).

Desde el punto de vista tectónico, se caracteriza por morfología de relieve maduro, con varios niveles de terrazas de abrasión con alturas entre 100 y 500 m. s.n.m. Constituido por rocas del basamento plutónico-metamórfico de rumbo nor-noreste con inclinación de 15° al oeste. Además, predomina un sistema de estructuras en bloques, limitados por fallas noroeste y noreste, de desplazamiento vertical post-Plioceno sobreimpuesta a un movimiento de rumbo, con rotación de bloques, afectando en parte rocas cretácicas de la Cordillera de la Costa (Gana et al., 1996).

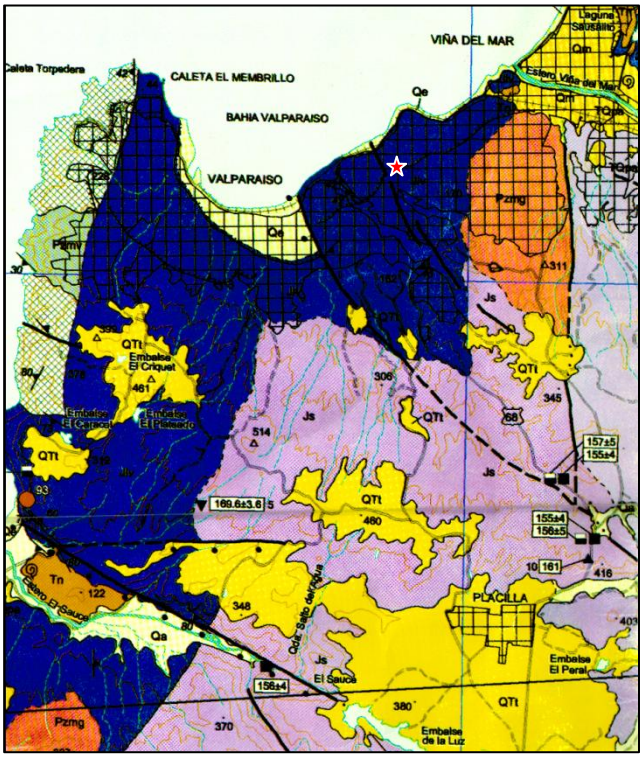


Figura 3. Mapa Geológico escala 1:100.000 Gana et al. (1996). La estrella roja indica la ubicación de la estación sismológica UTFSM.

A partir de las observaciones de terreno se constata que el basamento rocoso de la estación sismológica UTFSM corresponde a un gneis de anfíbol de composición granodiorítica, con textura Nematogranoblástica, de grano medio hasta 3mm y minerales dispuestos en una orientación subvertical (Figura 4). La meteorización de la roca se mantiene en un grado I a III en zonas de mayor exposición a la intemperización. Su resistencia es de una roca fresca extremadamente resistente (R6), pero en algunos casos presenta resistencia R3 lo cual debería representar niveles o zonas superficiales. En los sectores más competentes se estima un RQD ente 90 y 80%.

Figura 4. Gneis de anfíbol aflorando en la playa bajo UTFSM intruido por diques félsicos. A la derecha se observa la orientación subvertical de los minerales, principalmente reflejado en las anfíbolas, y un enclave máfico.

Esta roca se encuentra intruida por diques color blanco-rosado de composición granítica-feldespato granítica con espesores entre 1 a 50cm de grano medio a grueso, en muchos casos con fenocristales de feldespato potásico de 1-1,5cm (Figura 5). También se reconocen enclaves máficos con diámetros de hasta 10 cm.

Figura 5. Afloramiento rocoso que muestra mayor meteorización de carácter superficial. Se observan las intrusiones félsicas color blanco-rosado.

Al Norte de la estación, aproximadamente 50-100 m se reconoce mayor presencia de rocas graníticas con abundante feldespato potásico, color blanco-rosado, del mismo tipo de roca que intruye el gneis de anfíbol.

En el contexto tectónico local, se aprecian dos fallas importantes (Figura 6). Por un lado la Zona de Falla Marga-Marga, al Norte de UTFSM, presenta una orientación N50°W con manteo sub-vertical hacia el SW. Se caracteriza por movimientos normales y cizalles dextrales - sinestrales, la zona de falla se reconoce en un ancho aproximado de 5km y 48 km de largo (Sabaj, 2008).

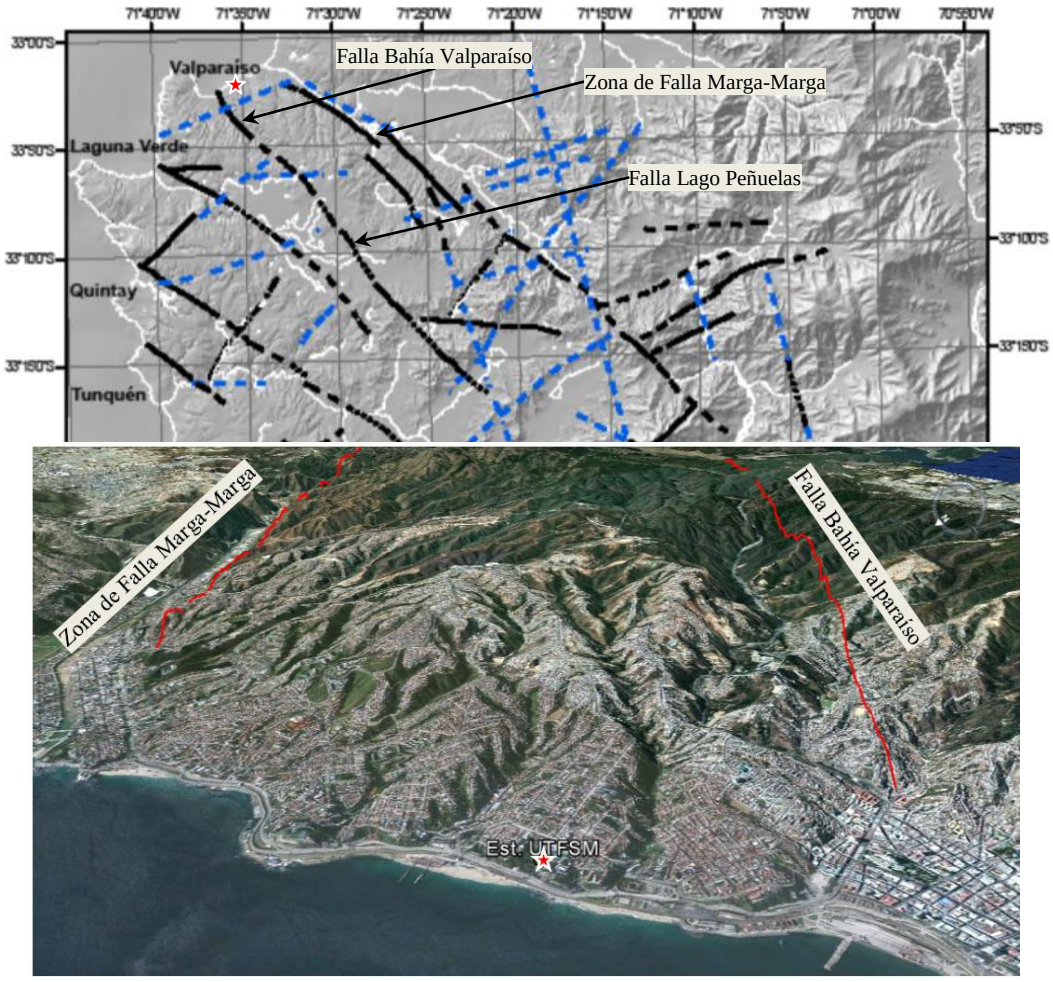


Figura 6. Arriba: Fallas y lineamientos geológicos en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. Abajo: Vista SE de estructuras relevantes por su cercanía con la estación

UTFSM (estrella roja), Zona de Falla Marga-Marga y Falla Bahía Valparaíso (Ganna et al., 1996; Sabaj, 2008).

Así, Sabaj (2008) obtiene como resultado que un posible terremoto ocurrido en la Zona de Falla Marga-Marga tendría un valor máximo en magnitud de 6.8 y una aceleración máxima en roca de hasta 49,5%g. Más aún esta autora concluye que las fallas de mayor peligro sísmico son aquella orientadas NW, muchas de ellas presentando mecanismos de movimiento normal con evidencias recientes de movimientos de rumbo.

Fernando Yáñez U.
Director
IDIEM – Universidad de Chile

Iván Bejarano B.
Jefe Área Geotecnia y Pavimentos
IDIEM – Universidad de Chile

Roberto Olguín P.
Jefe Sección Ingeniería Geotécnica
IDIEM – Universidad de Chile

ANEXO

Tablas y figuras para levantamiento geológico.

Tabla 1. Criterios para la Estimación de la Resistencia del Material

Grado	Descripción	Identificación de terreno	Rango aproximado de resistencia a la compresión uniaxial (Mpa)
S1	Arcilla Muy Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el puño.	<0,025
S2	Arcilla Blanda	Fácilmente penetrable varias pulgadas con el pulgar.	0,025-0,05
S3	Arcilla Firme	Puede ser penetrada varias pulgadas con el pulgar, con esfuerzo moderado.	0,05-0,10
S4	Arcilla Rígida	Fácilmente marcada por el pulgar, solamente puede ser penetrada con gran esfuerzo.	0,10-0,25
S5	Arcilla Muy rígida	Fácilmente marcada por la uña.	0,25-0,50
S6	Arcilla Dura	Marcada con dificultad por la uña.	>0,50
R0	Roca Extremadamente Débil	Marcada por la uña.	0,25-1,0
R1	Roca Muy Débil	Se disgrega por un golpe fuerte de la punta del martillo geológico, puede ser escarbada por el cortaplumas.	1,0-5,0
R2	Roca Débil	Puede ser escarbada por el cortaplumas con dificultad, se deforma o disgrega por un fuerte golpe de la punta del martillo.	5,0-25
R3	Roca Medianamente Fuerte	No puede ser escarbada o disgregada por una cortapluma, la muestra se fractura con un solo golpe firme del martillo geológico.	25-50
R4	Roca Fuerte	La muestra requiere más de un golpe del martillo geológico para ser fracturada.	50-100
R5	Roca Muy Fuerte	La muestra requiere de muchos golpes del martillo geológico para ser fracturada.	100-250
R6	Roca Extremadamente Fuerte	La muestra solo puede ser astillada con el martillo geológico.	>250

Tabla 2. Grado de Meteorización ISRM (1891)

Termino	Descripción	Grado
Roca Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca: tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca es su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil, que en su condición fresca	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos continuos	III
Muy Meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida en suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, son embargo el suelo no ha sido transportado significativamente	VI

Ingeniería Civil

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

RED NACIONAL DE ACELEROGRAFOS

Estimación de Razones H/V a partir de Vibraciones Ambientales En Estaciones de Movimiento Fuerte de la Universidad de Chile

Estimation of H/V ratios using Ambient Vibration For Strong Motion Stations of Universidad de Chile

Dr. Sheri Molnar
Dr. Ruben Boroschek

INFORME RENADIC 12/02

January/Enero 30, 2012

Ingeniería Civil

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Estimación de Razones H/V a partir de Vibraciones Ambientales En Estaciones de Movimiento Fuerte de la Universidad de Chile

Estimation of H/V ratios using Ambient Vibration For Strong Motion Stations of Universidad de Chile

Dr. Sheri Molnar
University of British Columbia
Dept. Civil and Structural Engineering
Vancouver, BC, Canada

Dr. Ruben Boroschek
Universidad de Chile
Depto. de Ingeniería Civil
Santiago, Chile

January/Enero 30, 2012

Introducción

Como parte de su investigación y participación en el desarrollo sustentable del país la Universidad de Chile logró medir con éxito el mega terremoto Mw = 8.8 del 27 de febrero de 2010. Un logro importante ya que estos registros fueron los primeros en el mundo en obtenerse en un terremoto de esta magnitud en áreas de desarrollo de infraestructura moderna y por lo tanto aportan información clave en estudios sísmicos y de diseño de ingeniería.

Parte indispensable para el uso de la información obtenida es el estudio de las características geológicas, geotécnicas y topográficas de los sitios instrumentados. Este informe forma parte del estudio intensivo de los sitios desarrollado por la Universidad de Chile y presenta los estudios de razones espectrales de ruido ambiental. Estos valores pueden servir como indicador del periodo predominante de sitio en cada estación.

Las vibraciones ambientales y las estimaciones de respuesta de sitio fueron obtenidas en 15 estaciones de instrumentos de movimiento fuerte de la Universidad de Chile ubicadas entre Santiago y Valdivia.

Los registros fueron obtenidos en terreno y procesados por la Dra. Molnar.

Metodología

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental se utilizaron sismógrafos triaxiales TROMINO en un rango de 0.1 a 125 Hz. Los instrumentos se ubicaron en las inmediaciones del sondaje de exploración de sitio, del instrumento de movimiento fuerte o en un sector representativo. El instrumento se coloca generalmente utilizando sus clavijas cortas de anclaje un suelo duro por ejemplo veredas o arenas o gravas

Introduction

As part of its research and continue participation on the sustainable development of the country the University of Chile recorded the large Magnitude Mw =8.8 earthquake of Feb 27, 2010. The strong motion records were the first in world for this magnitude and in areas of modern engineering development. For this reason they are extremely important for the future development of earthquake engineering and engineering seismology.

As a key element to use these records is the understanding of the geological, geotechnical and topographic characteristics of the instrumented sites. This report is part of the intensive studies undertaken by the University of Chile on the recording sites and presents the result of the studies of ambient vibration derived spectral ratios. Horizontal-to-vertical (H/V) spectral ratios from ambient vibration records are regarded by the international earthquake engineering community to provide an estimate of the peak frequency of earthquake site response.

Ambient vibrations were acquired at 15 strong-motion instrument locations between Santiago and Valdivia, Chile, to provide an estimate of site response.

The recordings and processing was done by Dr. Molnar

Methodology

The TROMINO tri-axial seismograph (0.1 – 125 Hz bandwidth) was used to acquire ambient vibrations i.e., background seismic noise. The instrument was generally located near a borehole (if applicable), or strong-motion instrument or at a “free-field” location at each site. The instrument is generally located with short spikes on hard ground, i.e. concrete sidewalks or compact sand/gravel

compactas en estacionamientos. En estos casos se limpió el área. Clavijas largas son utilizadas en suelos blandos, por ejemplo áreas con pastos, en estos casos se remueve el terreno suelto con una pala. El instrumento se orienta al norte verdadero utilizando una declinación de 40°O. En la mayoría de los casos se utilizó una duración de medición de aproximadamente 30 minutos. Para el análisis de los registros y la obtención de los valores H/V se utilizó el programa, GRILLA. En estos casos se calculó la razón espectral para la dirección NS y EO y el promedio geométrico de ambos. El procedimiento incluyó: segmentación del registro completo en ventanas no sobrepuestas de 120 segundos, aplicación de ventana y suavizamiento del espectro de Fourier. Posteriormente se busca en forma automática y se reporta la frecuencia para el máximo valor de H/V en una ventana de 0 a 10 Hz (esto quiere decir que no se consideran en la selección valores de frecuencia mayores a 10 Hz).

Resultados

Para todas las estaciones se reportan dos imagines. La superior muestra el promedio espectral H/V para la dirección NS, EO y el promedio. En el eje *y* se muestra la amplificación del movimiento horizontal con respecto al vertical. La frecuencia es mostrada en el eje x en una escala logarítmica entre 0.1 y 20 Hz. En la parte superior de cada gráfico se reporta la frecuencia para el valor máximo de H/V (y la desviación estándar del valor). Dado que se selecciona el valor máximo en forma automática debe utilizarse con precaución la frecuencia de referencia si el valor máximo de amplitud es menor a 3. En estos casos reportamos respuesta plana. Variaciones importante de los razones EO y NS ocurren generalmente en ubicaciones donde existe una fuente de ruido ambiental importante en una dirección o en lugares que tienen una

parking areas that are cleaned with a brush, or with long spikes inserted into soft soil, i.e. in grassy areas of city parks with the grass layer removed with a small shovel. The instrument was oriented to true north using a compass set to a 40°W declination. A standard recording length of ~30 minutes was chosen. The TROMINO software, GRILLA, was used to provide H/V spectral ratios of average NS, average EW, and total average H/V ratios (geometric average). Processing steps include: segmentation of the entire record into non-overlapping 120-s windows, a cosine window taper, and smoothing of the resulting FFT amplitude spectra. The frequency bandwidth over which the search and automatic reporting of the peak frequency is selected as 0-10 Hz (i.e. higher amplitude peaks above 10 Hz are not considered in the selection of peak frequency).

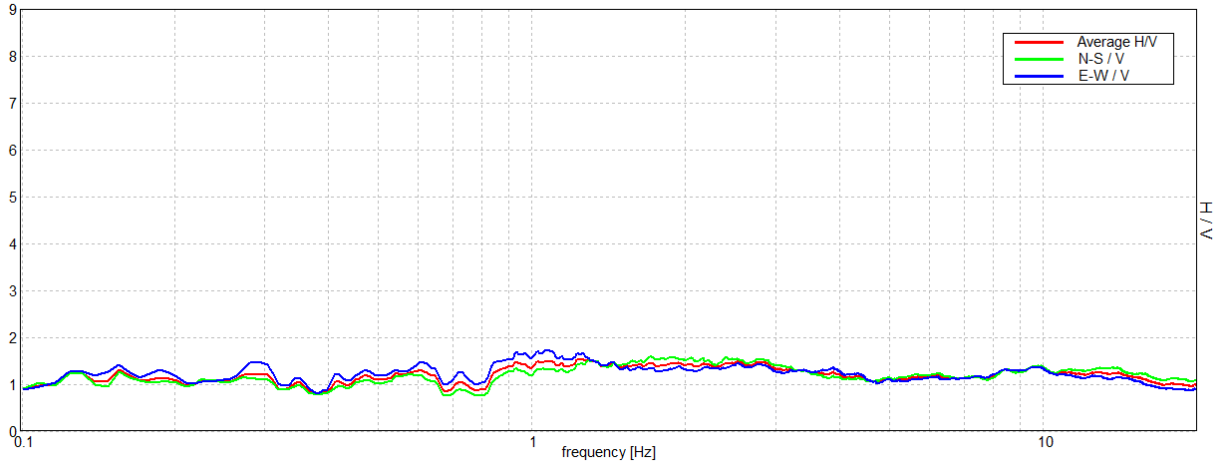
Results

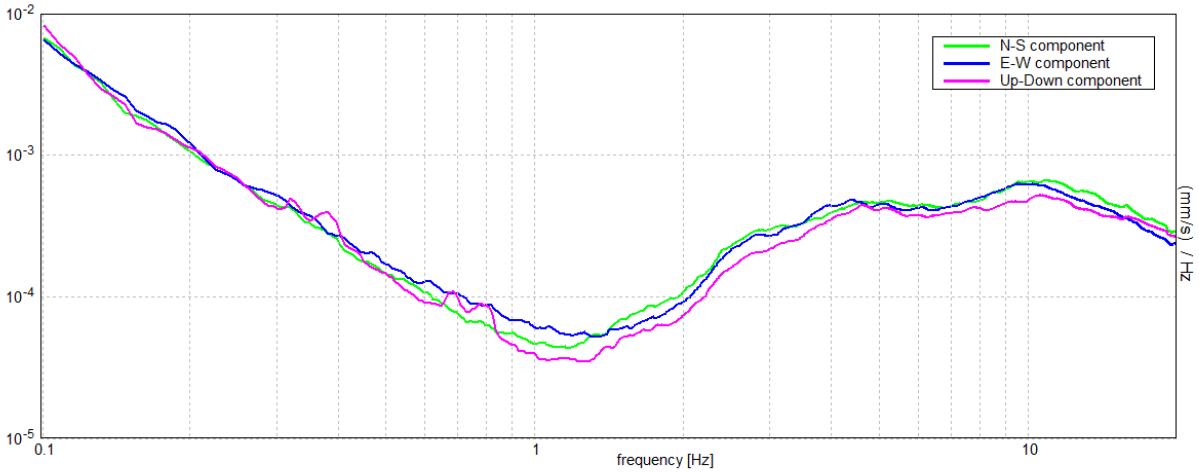
For all sites, the top image shows the resulting average NS, average EW, and total average H/V spectral ratios. Amplification of horizontal motion with respect to vertical motion is shown on the y-axis (linear from 0 to 9) and frequency is shown on the x-axis (log scale from 0.1 to 20 Hz). The automatically retrieved peak frequency (one standard deviation) for each average H/V ratio is reported at the top of the image, regardless of amplitude. Hence, peaks reported with an amplitude < 3 should be used with caution; reporting a relatively “flat” amplification response may be more appropriate in these cases. Deviation in agreement of EW and NS ratios generally occurs in locations of a nearby noise source predominant in one direction or in locations with dipping subsurface strata. The bottom image shows the average Fourier spectra of each component used to calculate the H/V ratios and is generally beneficial for interpretation.

estratigrafía no horizontal. La figura inferior en cada caso muestra el Espectro de Fourier para cada componente usado para calcular la razón H/V y es utilizado en la interpretación.

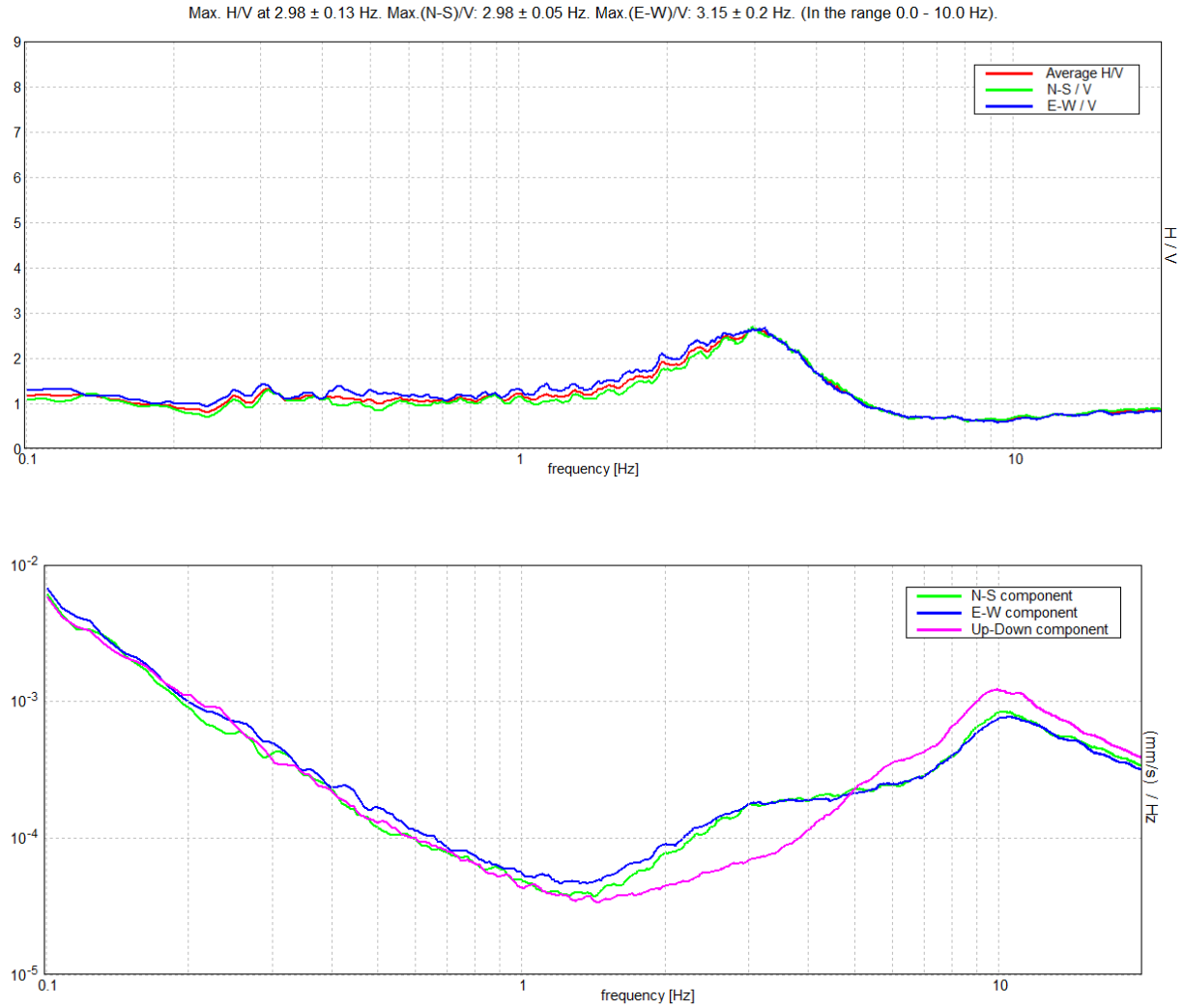
Peñalolén, Santiago: Hospital Santiago Oriente Luis Tisné.

Max. H/V at 1.26 ± 0.37 Hz. Max.(N-S)/V: 1.72 ± 0.48 Hz. Max.(E-W)/V: 1.07 ± 0.31 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).



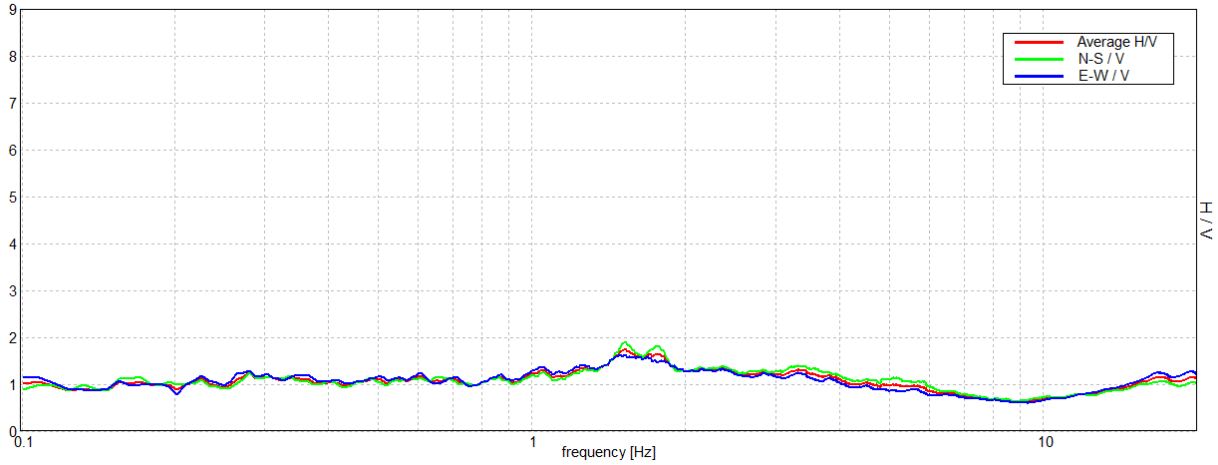


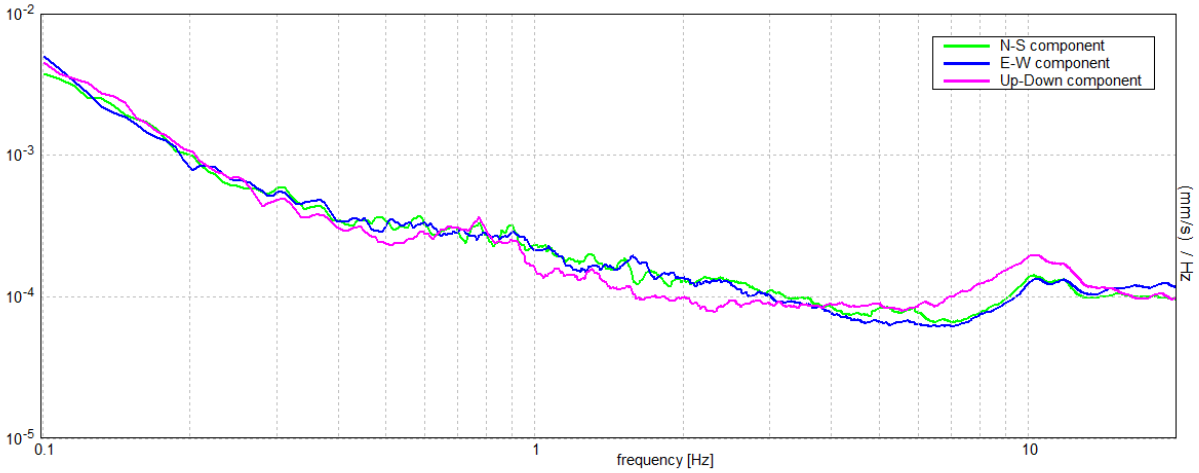
Maipú, Santiago: Centro de Referencia de Salud de Maipú (CRS).



Antumapu, Santiago: Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile

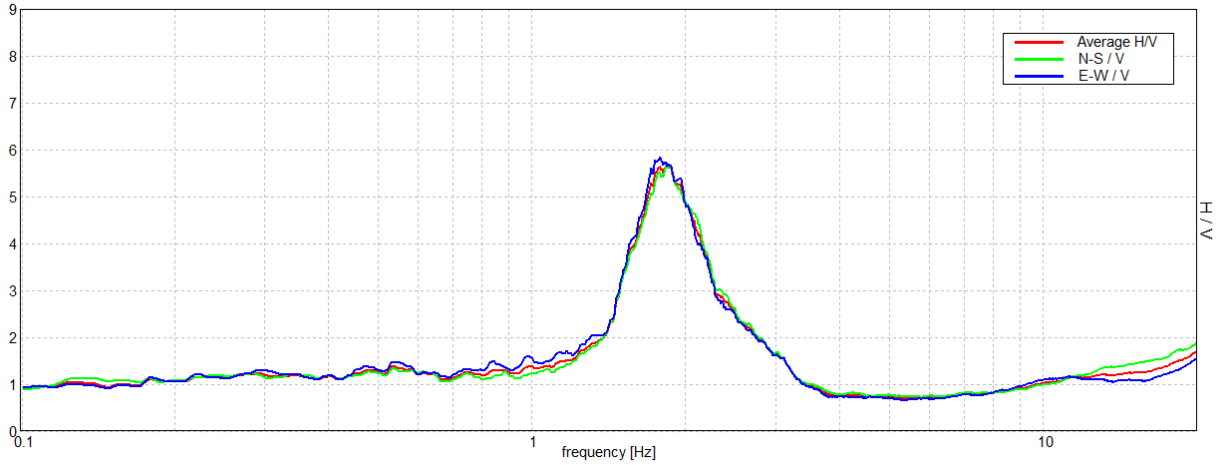
Max. H/V at 1.52 ± 0.27 Hz. Max.(N-S)/V: 1.52 ± 0.49 Hz. Max.(E-W)/V: 1.5 ± 0.48 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

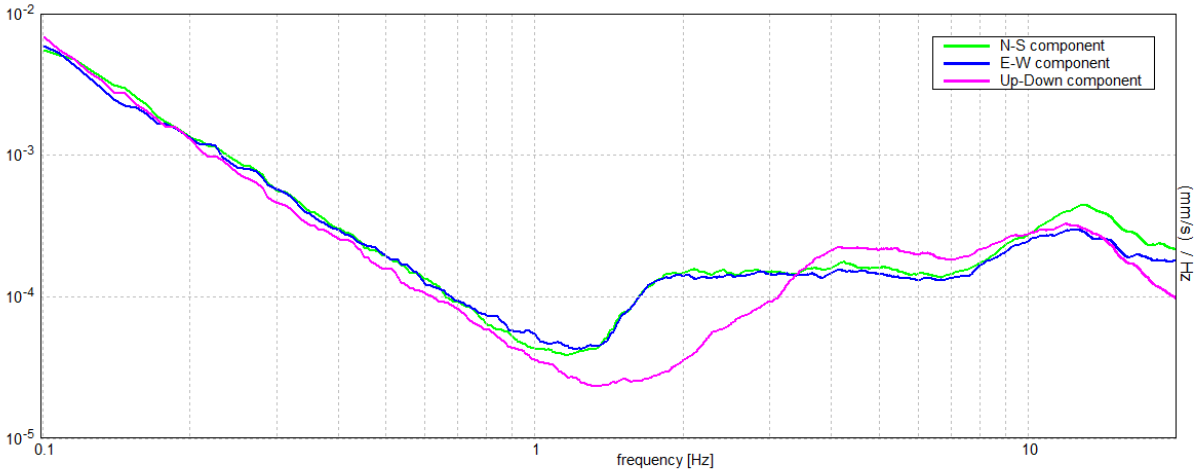




Casablanca: Teatro Municipal.

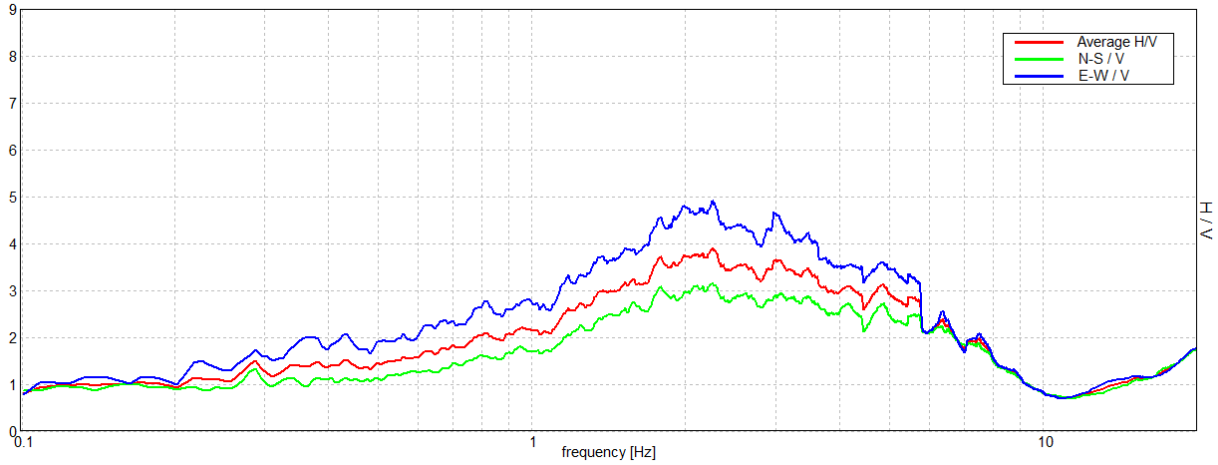
Max. H/V at 1.84 ± 0.07 Hz. Max.(N-S)/V: 1.86 ± 0.4 Hz. Max.(E-W)/V: 1.79 ± 0.3 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

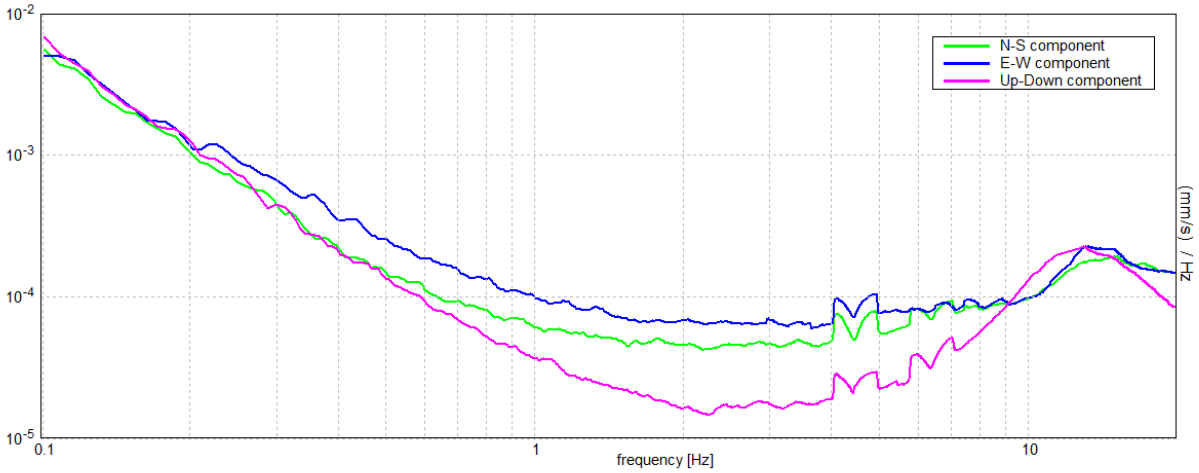




Melipilla: Compañía de Bomberos.

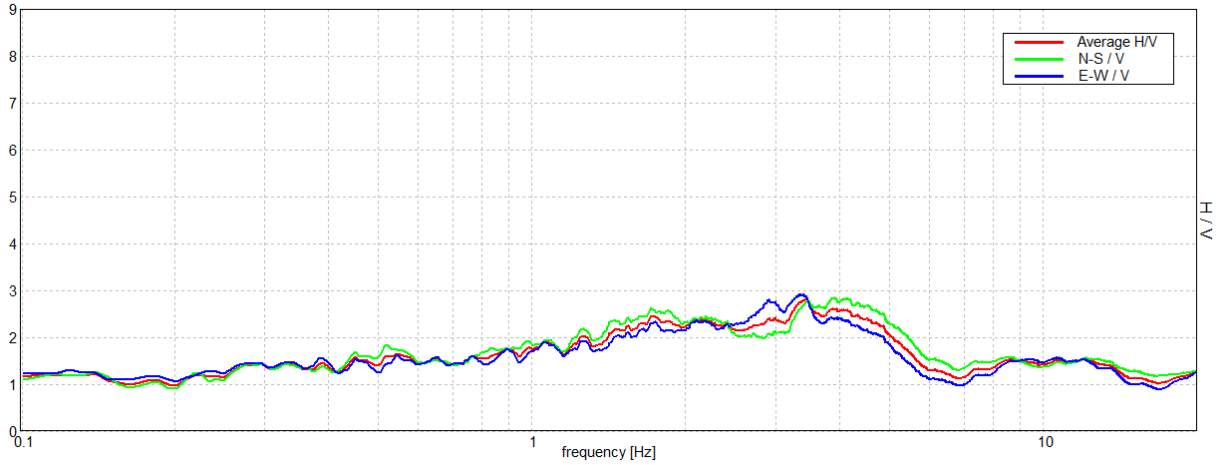
Max. H/V at 2.27 ± 0.11 Hz. Max.(N-S)/V: 2.27 ± 0.28 Hz. Max.(E-W)/V: 2.26 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

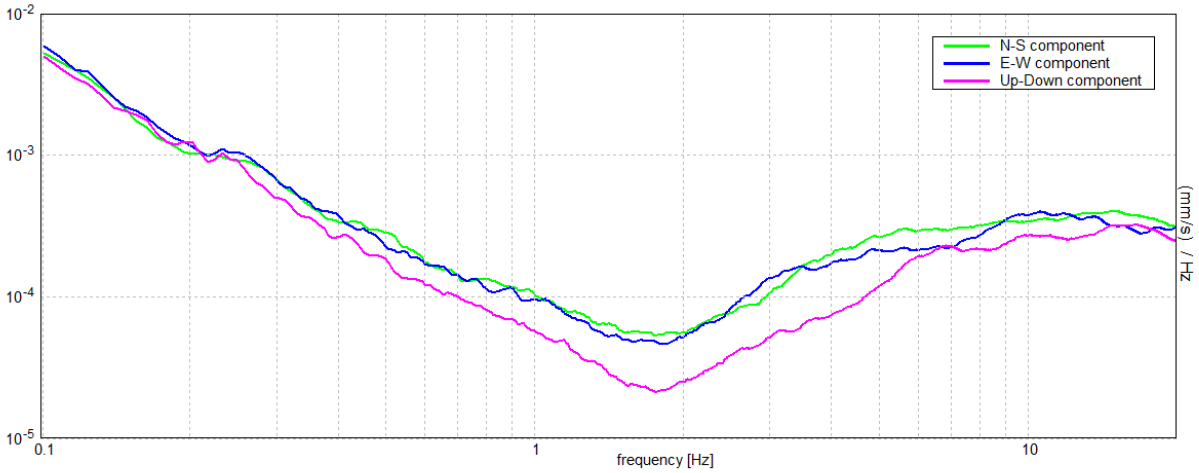




Matanzas: Escuela Carlos Ibáñez del Campo.

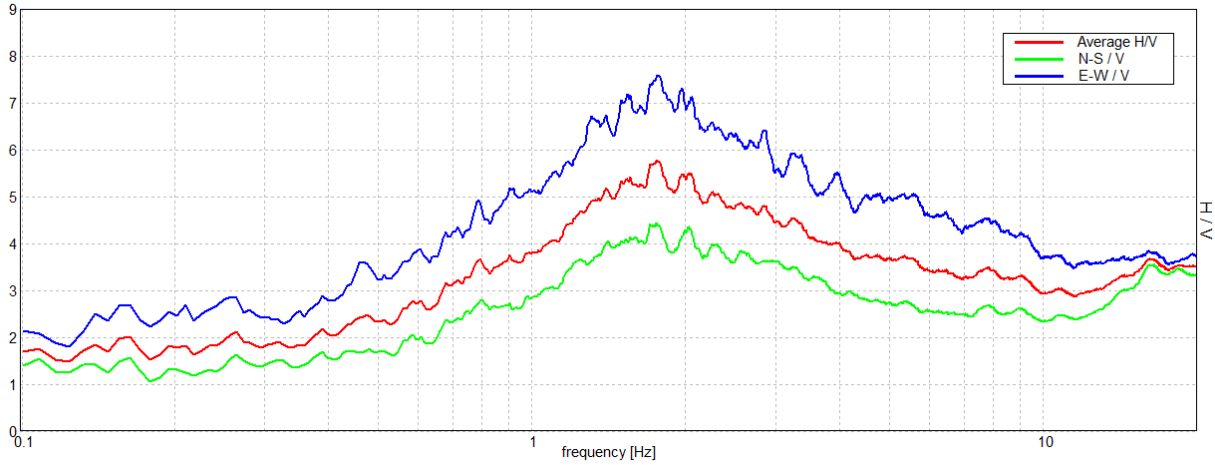
Max. H/V at 3.45 ± 0.12 Hz. Max.(N-S)/V: 3.9 ± 0.12 Hz. Max.(E-W)/V: 3.41 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

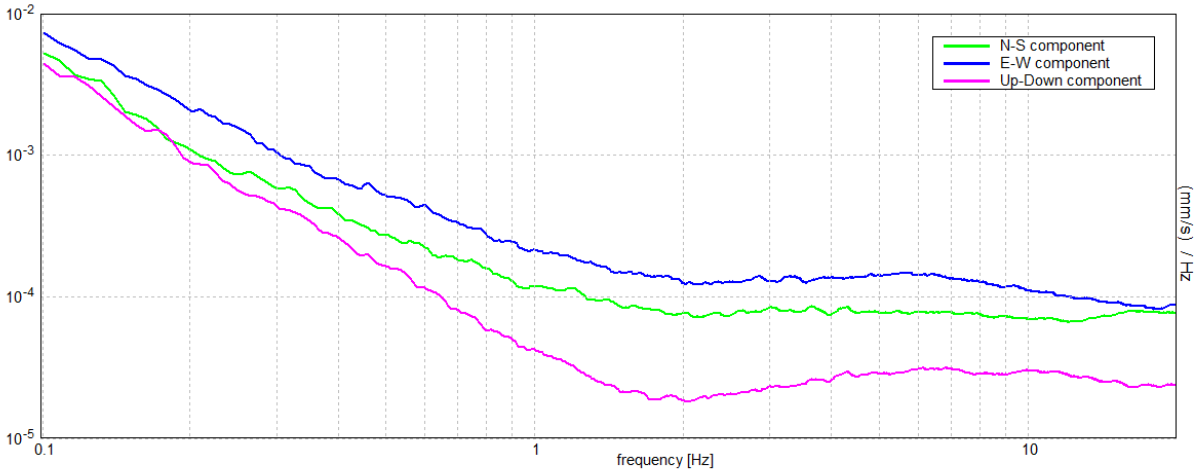




Pichilemu: Hospital.

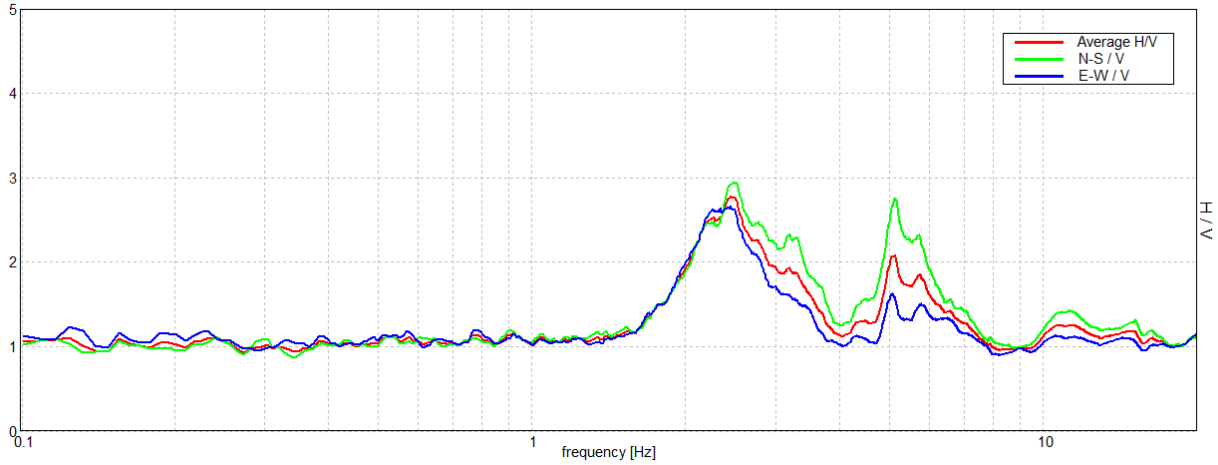
Max. H/V at 1.77 ± 0.08 Hz. Max.(N-S)/V: 1.76 ± 0.52 Hz. Max.(E-W)/V: 1.77 ± 0.84 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

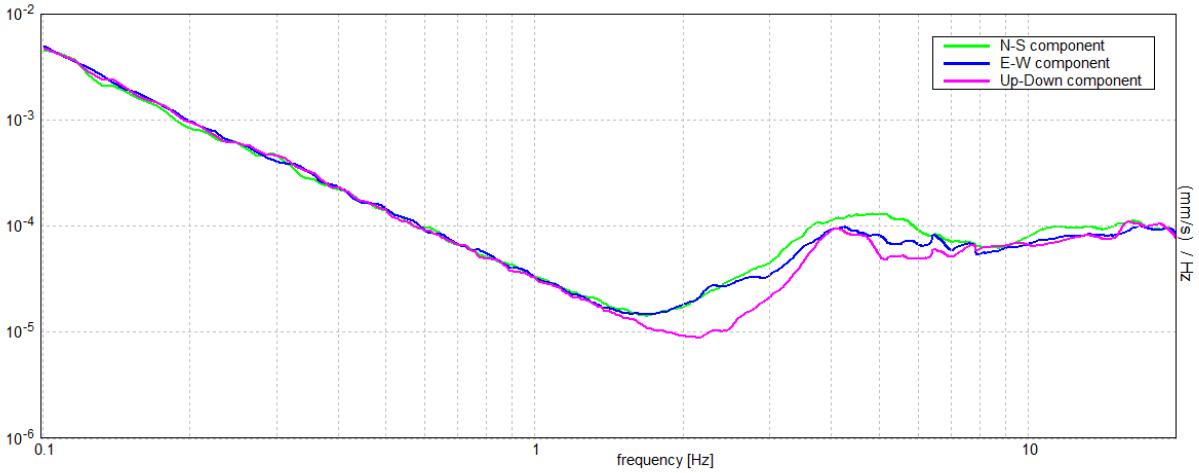




Hualañe: Hospital.

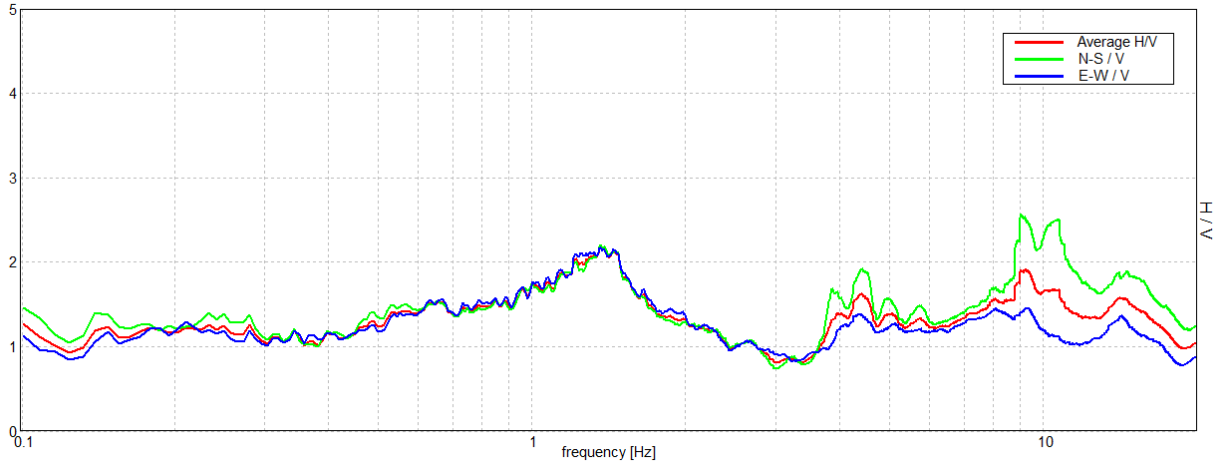
Max. H/V at 2.45 ± 0.01 Hz. Max.(N-S)/V: 2.48 ± 0.17 Hz. Max.(E-W)/V: 2.45 ± 0.9 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

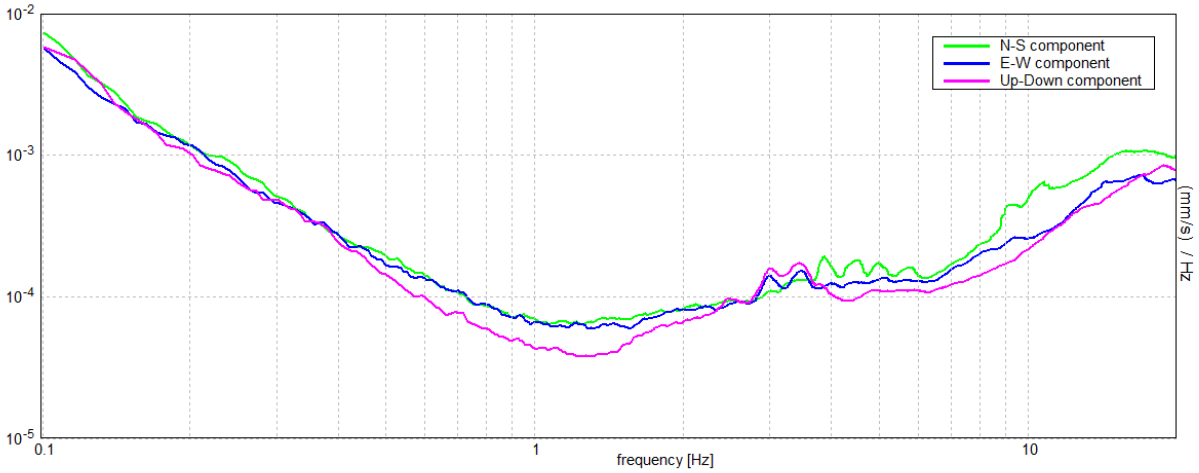




Curicó: Hospital.

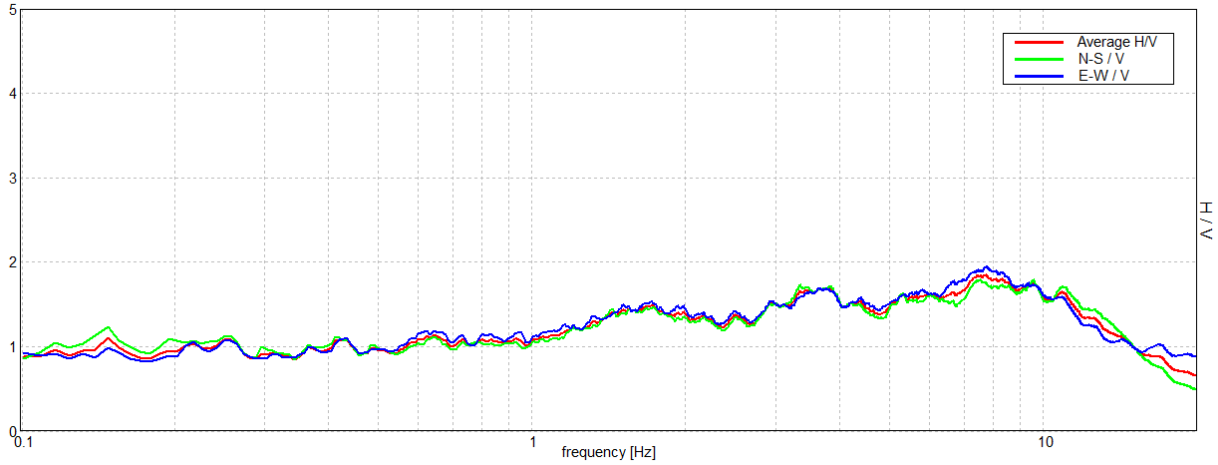
Max. H/V at 1.37 ± 0.04 Hz. Max.(N-S)/V: 9.06 ± 1.91 Hz. Max.(E-W)/V: 1.37 ± 0.66 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

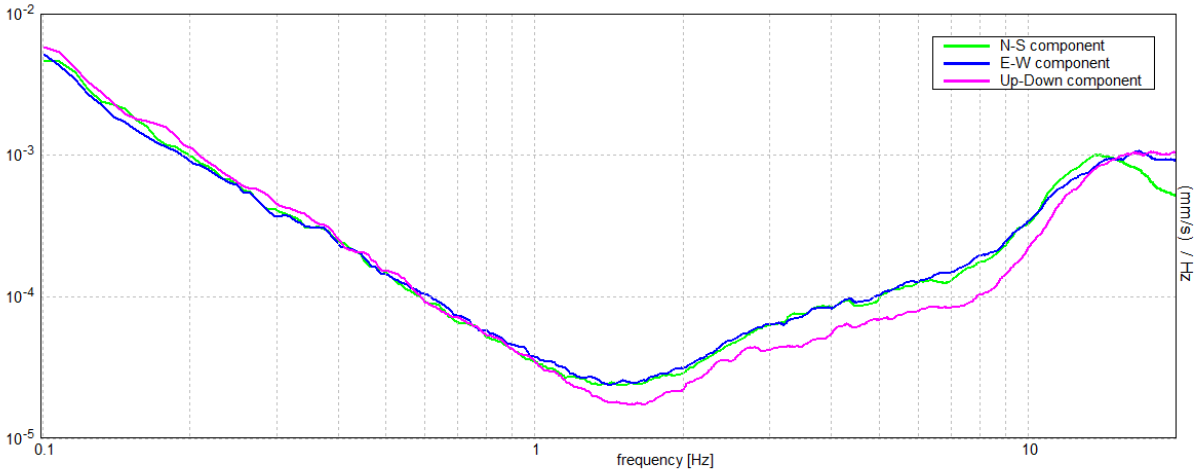




Talca: Colegio Integrado San Pio X.

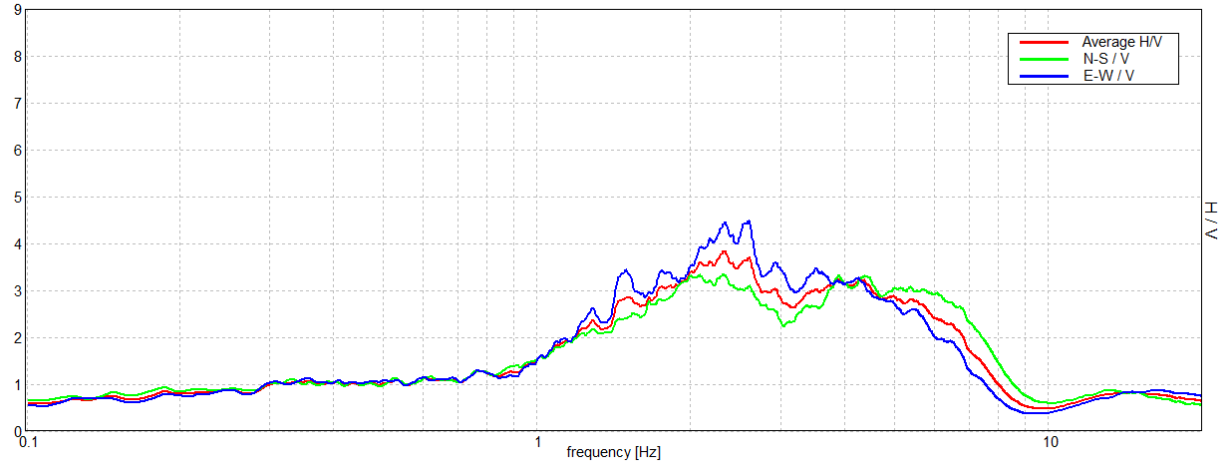
Max. H/V at 7.68 ± 1.22 Hz. Max.(N-S)/V: 7.51 ± 1.52 Hz. Max.(E-W)/V: 7.73 ± 0.69 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

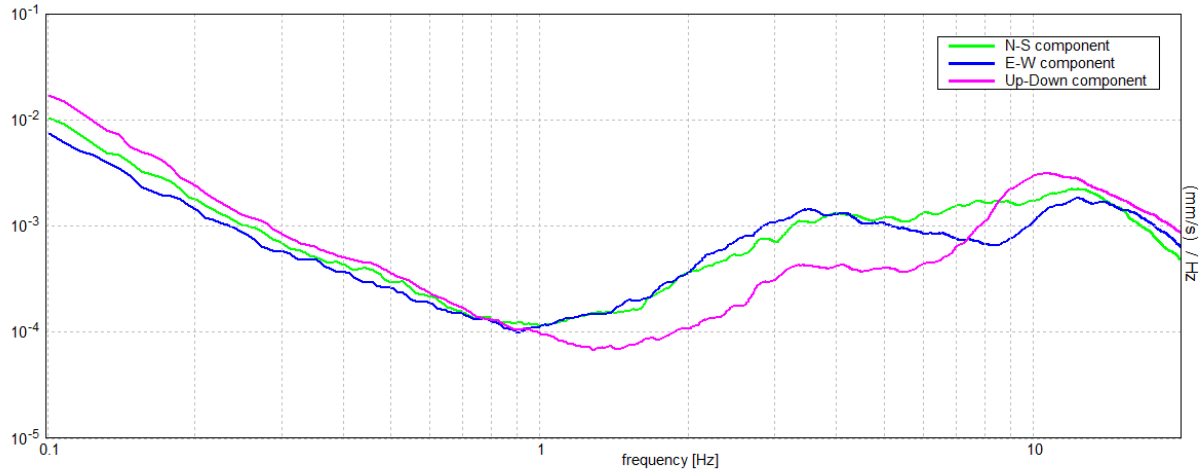




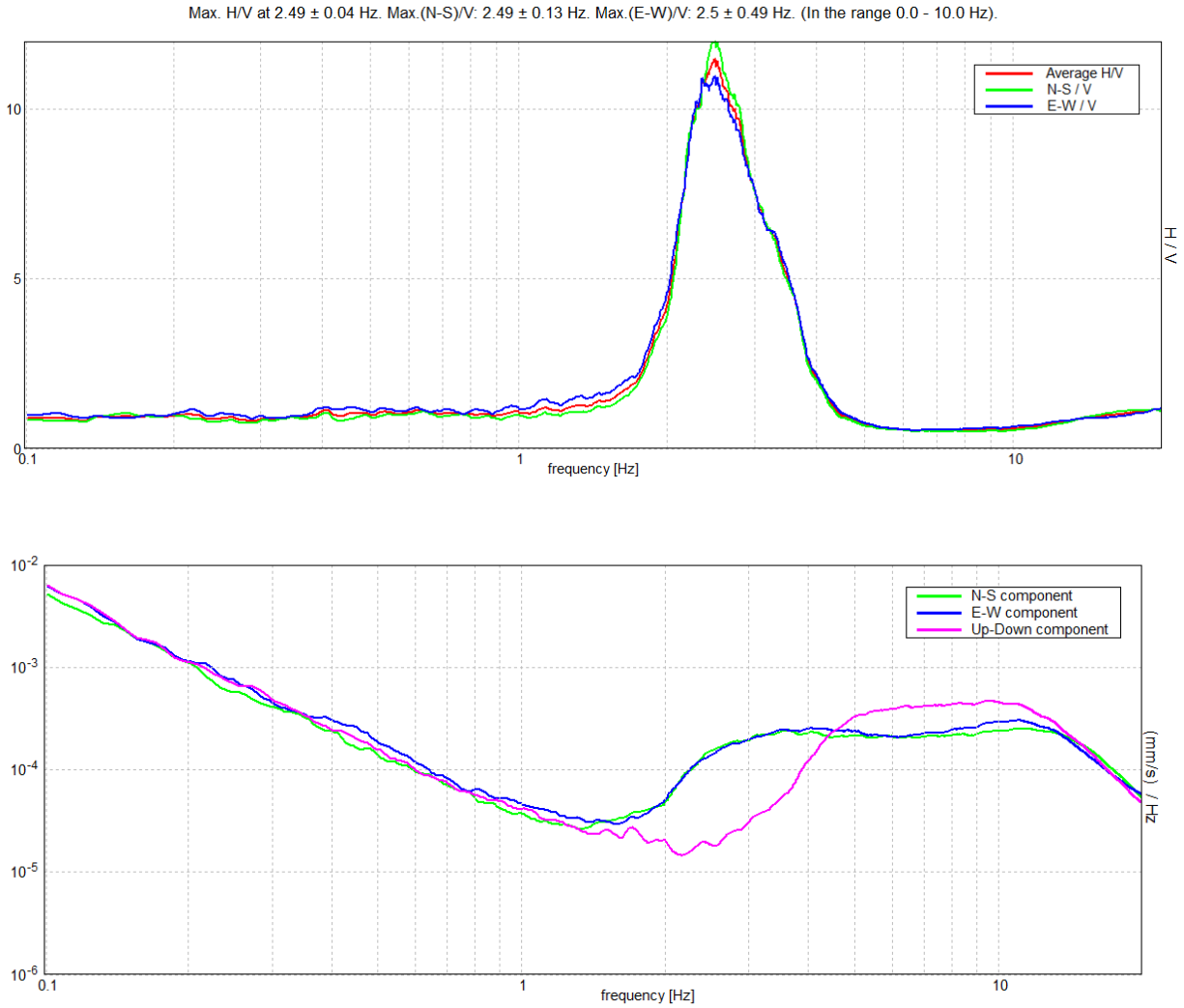
Constitución: Hospital.

Max. H/V at 2.32 ± 0.28 Hz. Max.(N-S)/V: 2.32 ± 0.3 Hz. Max.(E-W)/V: 2.6 ± 0.22 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).



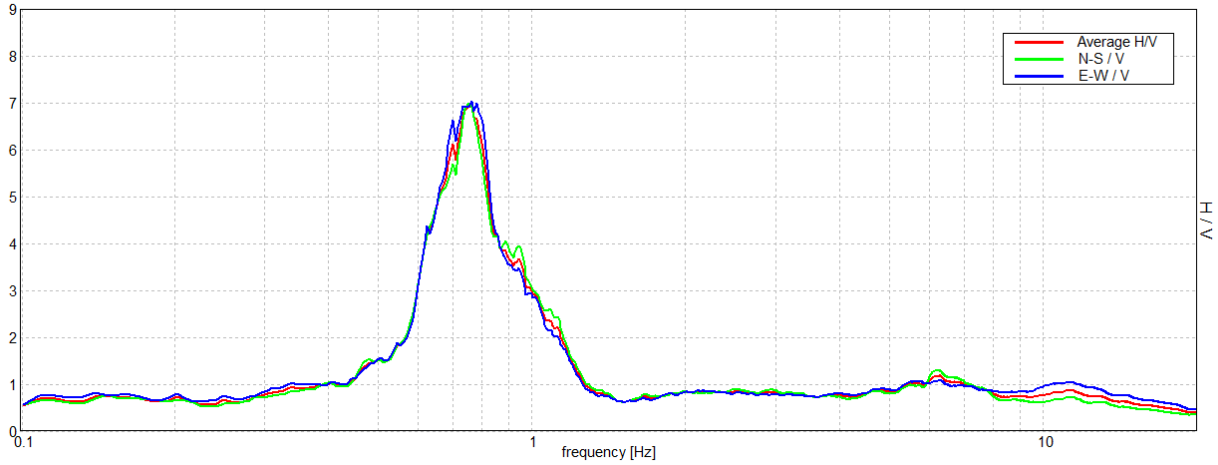


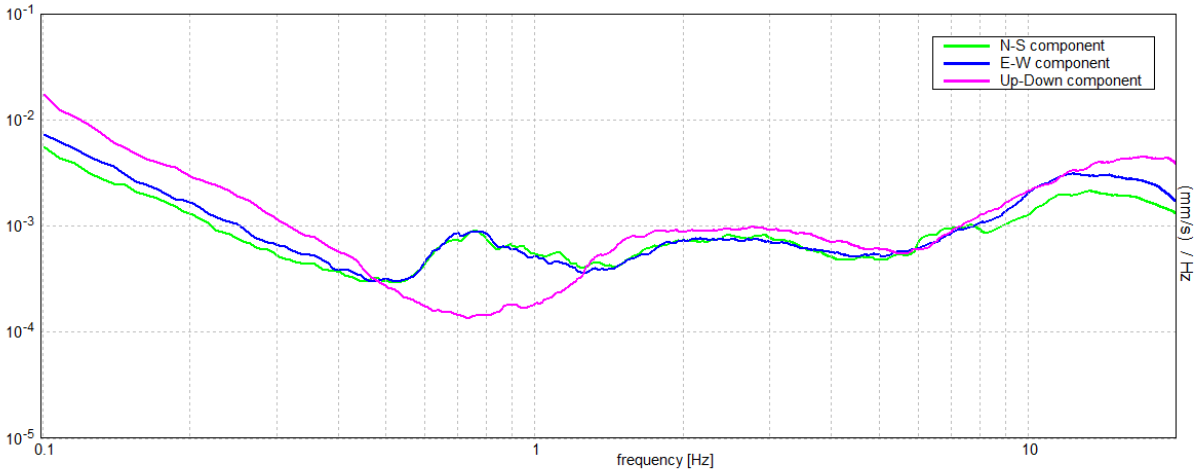
Cauquenes: Compañía de Bomberos.



Concepción: Colegio Inmaculada Concepción.

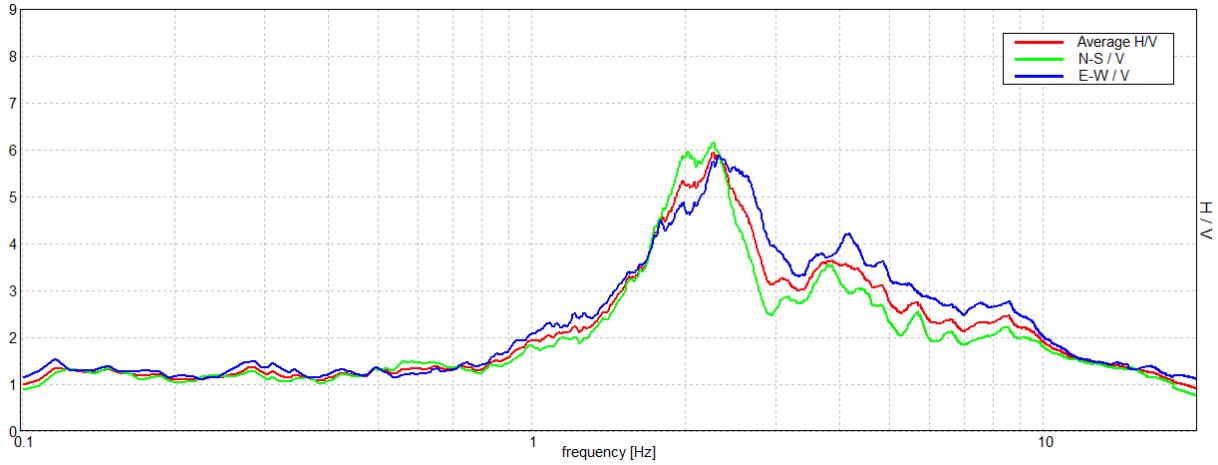
Max. H/V at 0.76 ± 0.01 Hz. Max.(N-S)/V: 0.76 ± 0.62 Hz. Max.(E-W)/V: 0.77 ± 0.51 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

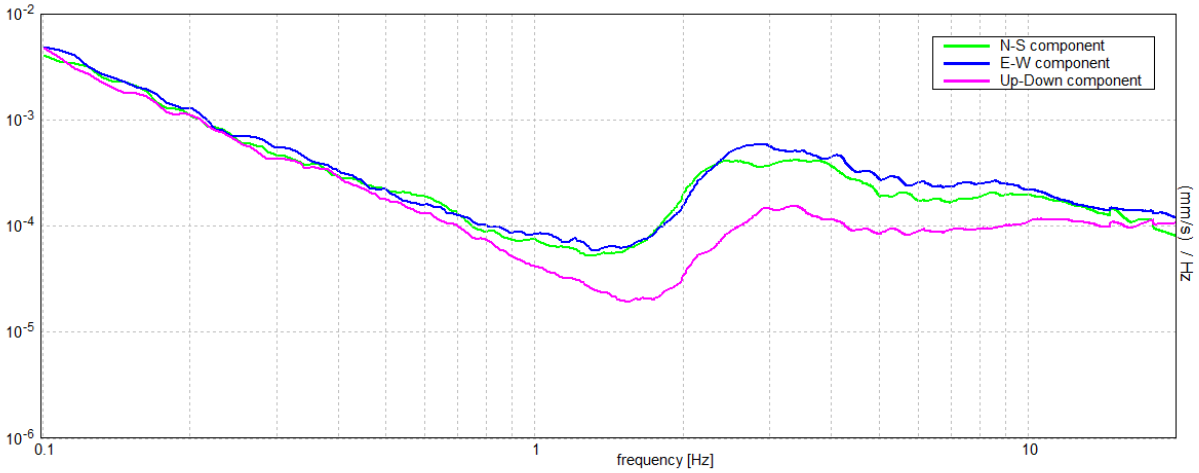




Concepción: Colegio San Pedro de la Paz.

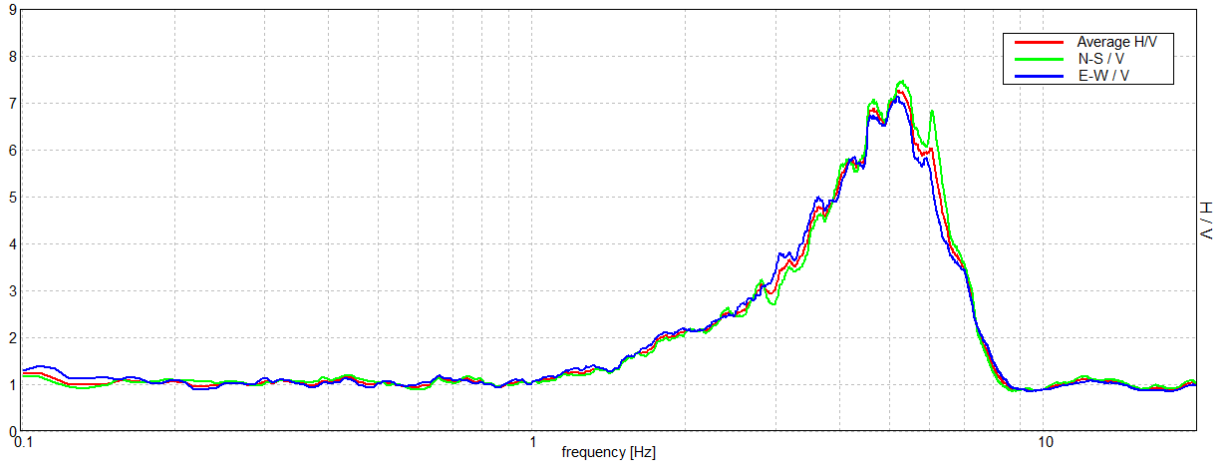
Max. H/V at 2.27 ± 0.02 Hz. Max.(N-S)/V: 2.27 ± 0.1 Hz. Max.(E-W)/V: 2.33 ± 0.14 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

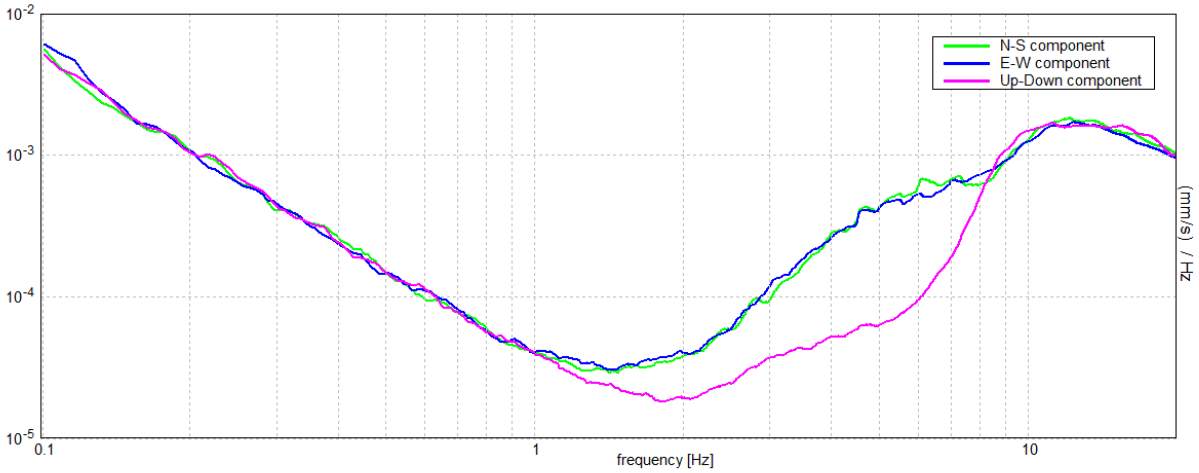




Angol: Hospital.

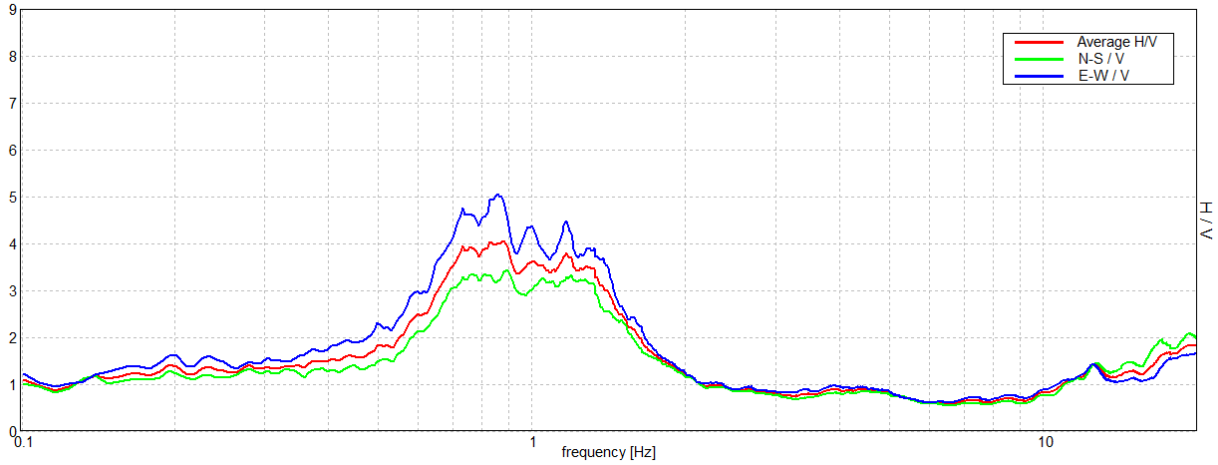
Max. H/V at 5.2 ± 0.12 Hz. Max.(N-S)/V: 5.26 ± 0.17 Hz. Max.(E-W)/V: 5.2 ± 0.2 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

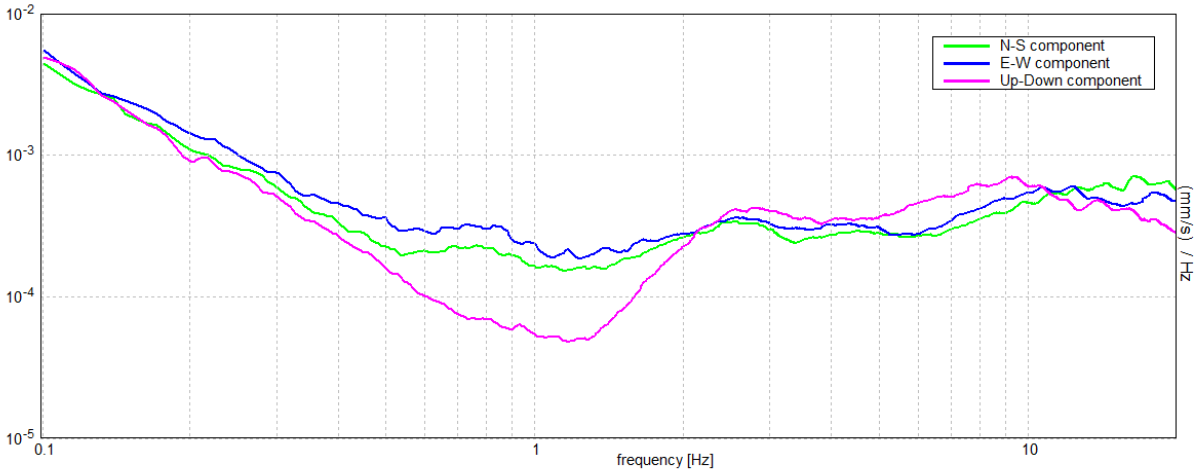




Valdivia: Hospital.

Max. H/V at 0.88 ± 0.05 Hz. Max.(N-S)/V: 0.9 ± 0.06 Hz. Max.(E-W)/V: 0.86 ± 2.4 Hz. (In the range 0.0 - 10.0 Hz).





Summary of Results – Resultados

Site-Sitio	Frequency at Peak-Frecuencia (Hz)
Peñalolén, Santiago: Hospital Santiago Oriente Luis Tisné.	Flat - Plano
Maipú, Santiago: Centro de Referencia de Salud de Maipú (CRS).	2.98 +/- 0.13
Antumapu, Santiago: Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.	Flat – Plano (1.52 +/- 0.27)
Casablanca Teatro Municipal	1.84 +/- 0.07
Melipilla: Compañía de Bomberos.	2.27 +/- 0.11
Matanzas: Escuela Carlos Ibáñez del Campo.	Flat – Plano (3.45 +/- 0.12)
Pichilemu: Hospital.	1.77 +/- 0.08
Hualañe: Hospital.	2.45 +/-0.01
Curicó: Hospital.	Flat-Plano (1.37 +/- 0.04)
Talca: Colegio integrado San Pio X	Flat – Plano
Constitución: Hospital.	2.32 +/- 0.28
Cauquenes: Compañía de bomberos	2.49 +/- 0.04
Concepción: Colegio Inmaculada Concepción	0.76 +/- 0.01
Concepción: Colegio San Pedro de la Paz.	2.27 +/- 0.02
Angol: Hospital.	5.2 +/- 0.12
Valdivia: Hospital	0.8-1.5