

8ª JORNADA
**COMISIÓN
PERMANENTE**

del Código Modelo Sísmico para
América Latina y El Caribe

Clasificación de sitios, Geotecnia y Geofísica

Francisco Ruz Vukasovic
RyV Ingenieros

San Salvador, El Salvador
9 de octubre de 2025

www.codigomodelosismico.org

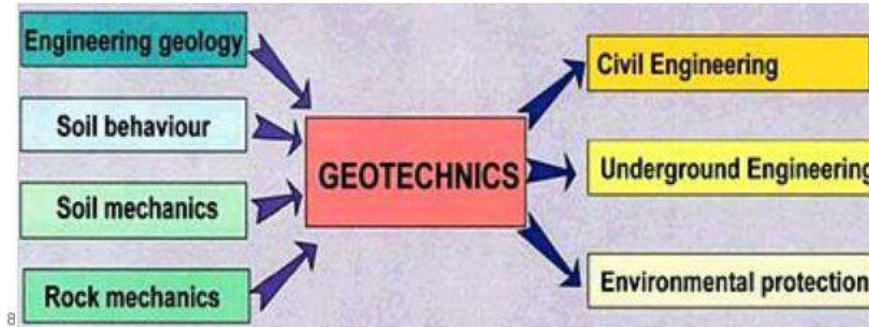
- Introduccion a la Geotecnia
- Importancia de la Geofisica en la Geotecnia
- Cambio normativo
- Casos practicos
- Dificultades en terreno

- **Geotecnia**

Rama de la ingeniería civil que estudia el comportamiento estático y dinámico de la zona superficial de la corteza terrestre bajo la acción de esfuerzos y/o la acción del agua

- **Mecánica de suelos**

Parte de la geotecnia que estudia el comportamiento estático y dinámico de un depósito de suelo bajo la acción de esfuerzos y/o la acción del agua



- **Estudio de Mecánica de suelos**

Su objetivo es determinar el comportamiento esperado del subsuelo por la acción de los esfuerzos producidos por una obra, ya sea una estructura, una excavación, un movimiento de tierra, un túnel, etc. y por la acción del agua y/o cargas dinámicas. Incluye la determinación de los parámetros del subsuelo para el diseño de la obra con un nivel de seguridad adecuado para evitar el deterioro o falla durante su vida útil.

Adicionalmente, cuando corresponda, debe proporcionar la clasificación sísmica del sitio de emplazamiento de la obra.

Proceso para un estudio de Mecánica de suelos



Informe preliminar app 7 días terminado la exploración

Informe definitivo app 45 días terminado la exploración

Estudios especiales dependen de los distintos estudios a realizar (hidrogeológico, riesgo sísmico, etc)

Términos y definiciones

- Exploración o Prospección**

Investigación realizada por métodos invasivos, o mecánicos para ser explotación del subsuelo o métodos no invasivos del subsuelo con fines geotécnicos. Habitualmente incluye la obtención de muestras del subsuelo



Términos y definiciones

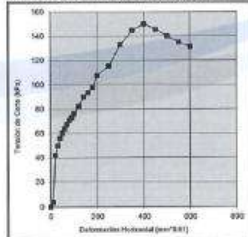
• Ensayo de Laboratorio

Documento que contiene los resultados de los ensayos y mediciones de terreno y/o laboratorio sobre muestras de suelo y/o roca, conforme a las normas pertinentes

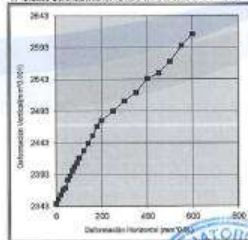
5.- Tabla de datos deformación vertical, deformación horizontal y tensión de corte

Deformación Horizontal (mm/0,01)	Deformación Vertical (mm/0,001)	Tensión de Corte (kPa)	Tensión de Corte (MPa)	Tensión de Corte (MPa)
0	2047	0,000	0,000	0,000
10	2054	0,005	14,266	4,010
20	2061	0,010	152,877	41,744
30	2069	0,015	181,911	46,999
40	2072	0,020	194,471	50,863
50	2084	0,025	200,105	50,159
60	2081	0,030	232,093	63,934
70	2069	0,040	246,548	67,385
80	2050	0,050	254,500	70,359
90	2011	0,060	267,348	73,913
100	2018	0,080	279,007	76,383
120	2006	0,100	300,108	81,568
140	2042	0,120	324,629	90,629
160	2064	0,140	341,280	93,513
180	2069	0,160	357,012	97,469
200	2078	0,180	363,708	102,528
250	2080	0,220	422,208	116,349
300	2069	0,280	492,407	135,952
350	2072	0,330	529,010	146,717
400	2044	0,340	548,026	150,107
450	2053	0,350	552,705	153,581
500	2071	0,410	513,134	140,791
550	2099	0,454	493,016	134,821
600	2014	0,481	481,038	131,421
...	...	...	...	...

6.- Gráfico Deformación Horizontal vs Tensión de corte



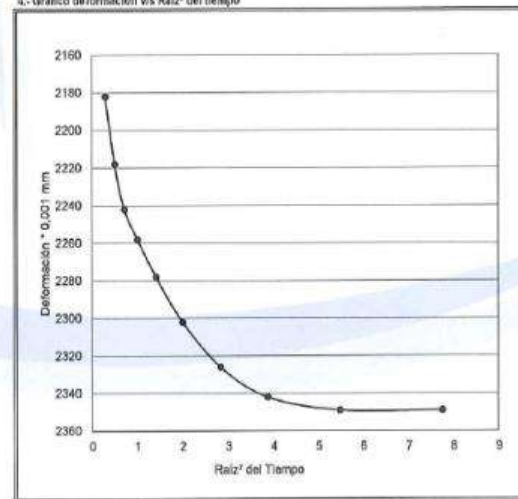
7.- Gráfico Deformación Horizontal vs Deformación Vertical



3.- Tabla de consolidación

Tiempo (Minutos)	Raiz² del Tiempo	Deformación Vertical (mm/0,001)
0,08	0,28	2182
0,25	0,50	2218
0,50	0,71	2242
1,00	1,00	2258
2,00	1,41	2278
4,00	2,00	2302
8,00	2,83	2328
15,00	3,87	2342
30,00	5,48	2349
80,00	7,75	2349
...	...	...

4.- Gráfico deformación vs Raiz² del tiempo

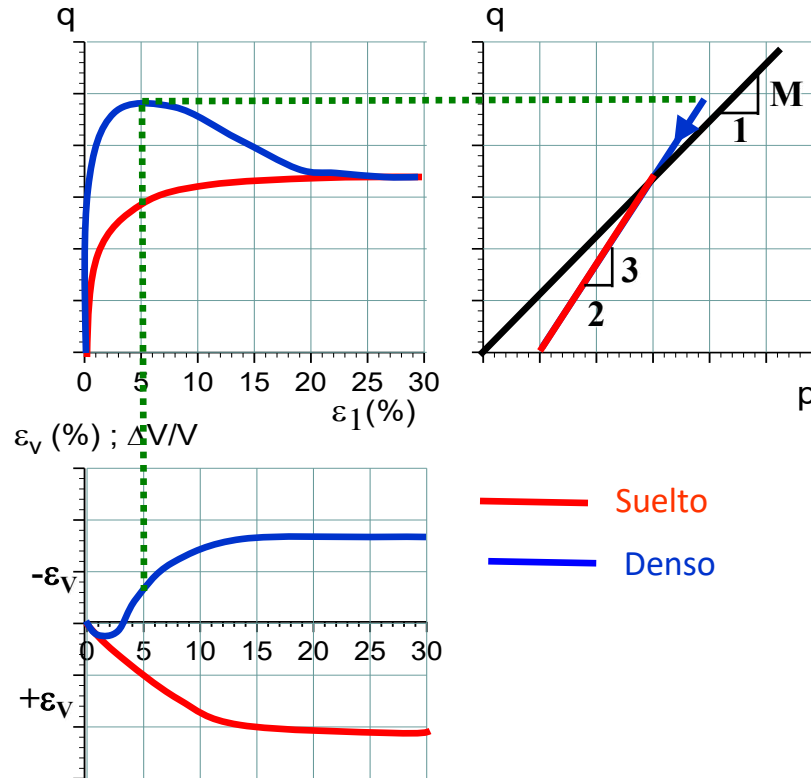


Ensayos de Laboratorio

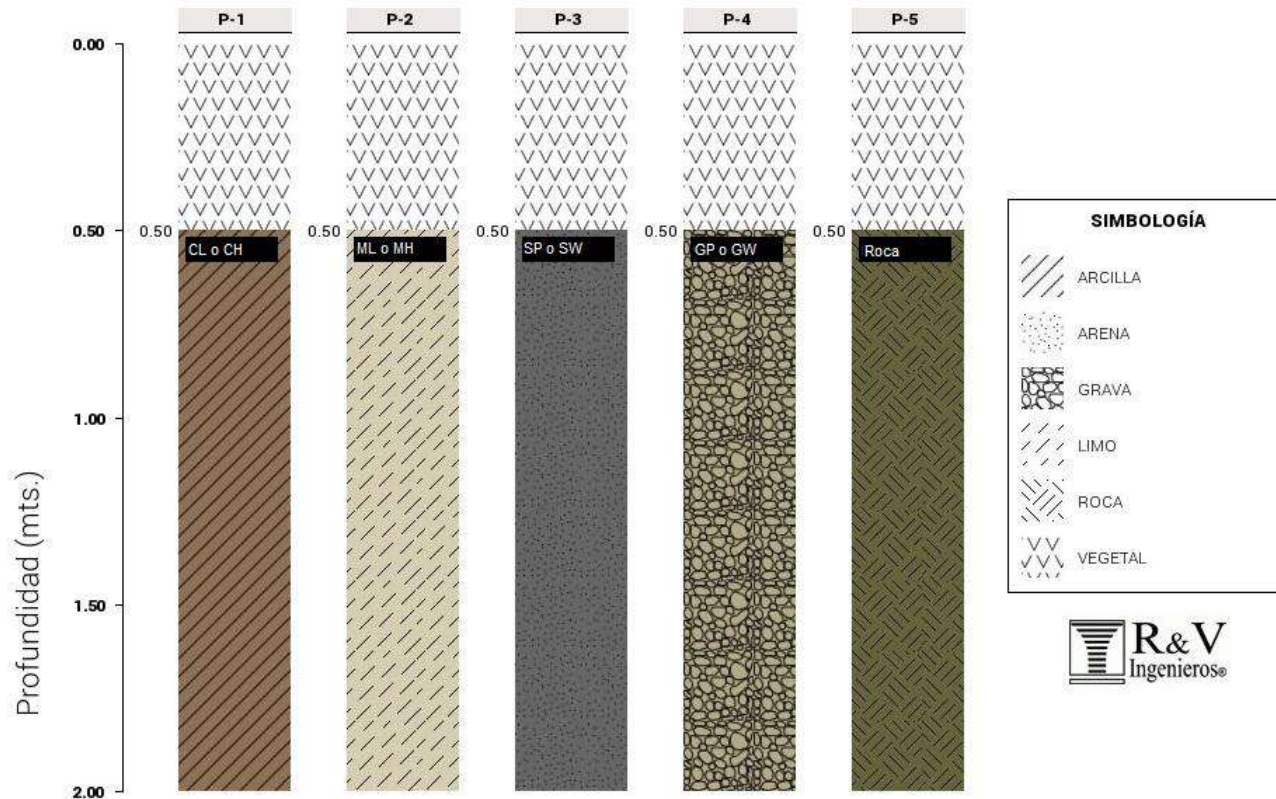
$$q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2 \cdot \sigma'_3}{3}$$

$$M = q/p'$$



Símbolos



Términos y definiciones

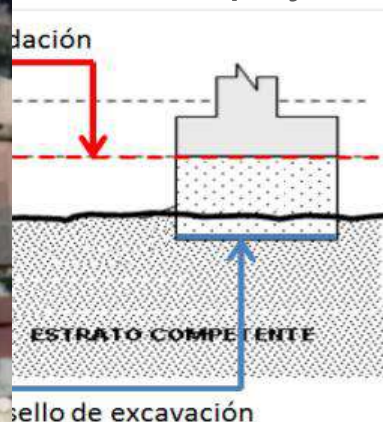
- **Superficie a explorar**

En el caso de edificaciones, se refiere a la superficie mayor entre la planta del primer piso y el mayor de los subterráneos; o bien, en el caso de conjuntos habitacionales o instalaciones industriales, la superficie que

- **Sello de fundación**
Nivel de la superficie de apoyo del suelo que recibe las cargas de la fundación

- **Sello de Excavación**

nivel correspondiente al fondo de la excavación sobre la cual se apoya una estructura o un mejor



Cantidad mínima de puntos de exploración:

Tabla A.1 – Número mínimo de puntos de exploración para profundidades de hasta 4,0 m

Superficie a explorar m ²	Cantidad de puntos de exploración
Hasta 500	2
De 501 a 1 000	3
De 1 001 a 2 000	4
De 2 001 a 5 000	5
De 5 001 a 10 000	6
De 10 001 a 20 000	8
De 20 001 a 30 000	10
Para más de 30 000	Según lo indicado por el profesional competente, con un mínimo de 12

Tabla A.2 – Número mínimo de puntos de exploración para profundidades sobre 4,0 m y hasta 8,0 m

Superficie a explorar m ²	Cantidad de puntos de exploración
Hasta 1 000	2
De 1 001 a 4 000	3
De 4 001 a 10 000	4
Más de 10 000	Según lo indicado por el profesional competente, con un mínimo de 5

- Para vías urbanas: pozos cada 150m con un mínimo de 2 pozos
- Camino, carreteras: pozo cada 250 ml con un mínimo de 2 pozos
- Pozos profundos de más de 8m, la cantidad la define el profesional competente.

Cantidad mínima de puntos de exploración:



Cantidad mínima de puntos de exploración:



Profundidad mínima a alcanzar en cada punto de exploración para cargas estáticas:

- Fundaciones Superficiales se debe cumplir:

$$Z_p \geq D_f + z$$

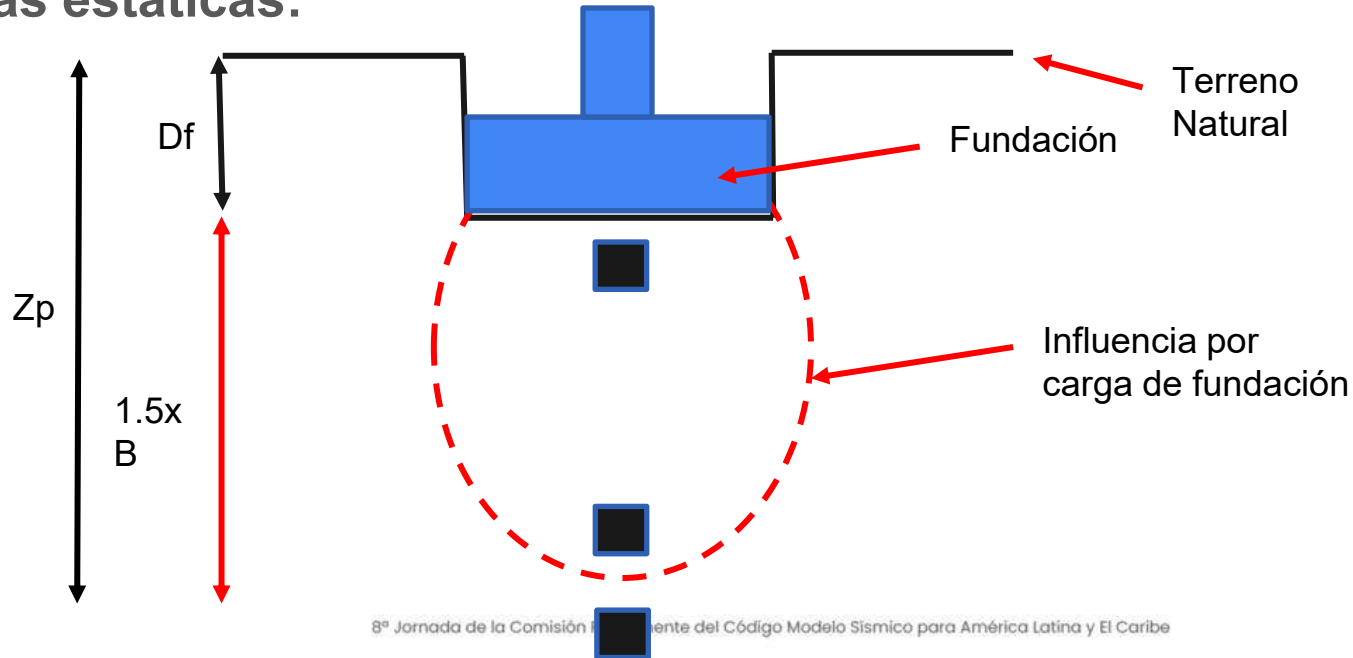
Donde

Z_p : corresponde a la profundidad mínima de exploración, con un Z_p mínimo de 2.5m

D_f : Corresponde a la distancia vertical desde la superficie del terreno hasta el sello de fundación.

Z : 1.5 B, siendo B el lado menor de la fundación

Profundidad mínima a alcanzar en cada punto de exploración para cargas estáticas:



Importancia del Vs30

Tabla 4.2 - Definición de los tipos de suelos de fundación. (Sólo para ser usada con la tabla 6.3)

a- Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

9

S_u: Resistencia al corte no-drenada del suelo

Norma sismica de edificios Nch 433

	Suelo Tipo	V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$\geq 50\%$	≥ 10 ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		$\geq 0,40$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		$\geq 0,30$ ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180			≥ 30	$\geq 0,05$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	$< 0,05$
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

N_1 : Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas

RQD: Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032

q_u : Resistencia a la compresión simple del suelo

ϵ_{qu} : Deformación unitaria desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple

S_u : Resistencia al corte no-drenada del suelo

Norma Industrial Nch 2369

Tabla 5.3 - Definición de los tipos de suelos de fundación. (Sólo para ser usada con Tabla 5.4)

Tipo de suelo	Descripción
I	Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ v_s igual o mayor a 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	a) Suelo con v_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien, b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad $ID(DR)$ (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien; c) Arena densa, con $ID(DR)$ mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien, d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 Pa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras. En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.
III	a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien, b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien, c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien, d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa). Espeor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.

NORMA
CHILENA

NCh
2369

Tercera edición
2025.05.28

Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales

Seismic design of industrial structures and facilities

Tabla 4 – Definición de los tipos de suelos de fundación sólo para ser usada con Tabla 6

Suelo Tipo ^a		V_{630} [m/s]	T_g [s]
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$< 0,15$ o H/V plano
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500	$< 0,30$ o H/V plano
C	Suelo denso o firme	≥ 350	$< 0,40$ o H/V plano
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	$< 1,00$
E	Suelo de compactidad, o consistencia mediana	< 180	
F	Sitios singulares		

ICS 91 080 01

Número de referencia

241 páginas

© INN 2025

del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

Que regulación para medir Vs?

MANUAL DE APLICACIÓN DE TÉCNICAS GEOFÍSICAS BASADAS EN ONDAS DE SUPERFICIE PARA LA DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO V_{s30}

AUTORES:

FRANCISCO HUMIRE GUARACHI
ESTEBAN SÁEZ ROBERT
FELIPE LEYTON FLÓREZ



Instituto de la Construcción

30/03/2015

caribe

NAKAMURA HVSR H/V To Tg

NAKAMURA HVSR H/V To T_g

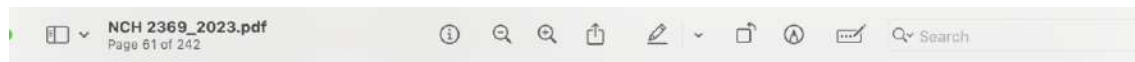


Tabla 4 – Definición de los tipos de suelos de fundación (sólo para ser usada con Tabla 5)

	Suelo Tipo	V _{s30} [m/s]	T _g [s]
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	< 0,15 (o H/V plano)
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500	< 0,30 (o H/V plano)
C	Suelo denso o firme	≥ 350	< 0,40 (o H/V plano)
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	< 1,00
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180	

NOTAS

Esta clasificación es aplicable a terrenos de topografía y estratificación aproximadamente horizontal, y para casos en que las estructuras afectadas se encuentran lejos de singularidades geomorfológicas y topográficas.

Para definiciones y lineamientos sobre la clasificación sísmica de suelos **considerar Anexo C.**

La clasificación y caracterización sísmica de suelos para el diseño estructural que se realice debe considerar los estratos de suelo que influyan en la respuesta sísmica de la estructura en estudio. **Se deben definir las disposiciones de diseño adicionales a las presentadas en esta norma que sean necesarias** a fin de garantizar los objetivos de desempeño establecidos.

Cuando la información sobre el suelo de fundación permita clasificarlo dentro de dos o más tipos de suelo, se debe optar por la Clasificación Sísmica que resulte en el caso más desfavorable.

A la luz publica recién 2023.....

Tabla 4 – Definición de los tipos de suelos de fundación sólo para ser usada con Tabla 6

Suelo Tipo ^a		V_{s30} [m/s]	T_g [s]
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$< 0,15$ o H/V plano
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500	$< 0,30$ o H/V plano
C	Suelo denso o firme	≥ 350	$< 0,40$ o H/V plano
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	$< 1,00$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180	
F	Sitios singulares		

NAKAMURA HVSR H/V To Tg
que paso ANTES del 2023?

NAKAMURA_HVSR_H/V_To Tg que paso ANTES del 2023?

2013



THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA

**AMPLIFICATION EFFECTS OF THIN SOFT SURFACE LAYERS:
A STUDY FOR NBCC 2015**

W.D. Liam Finn

The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada

Francisco Ruz

R y V Ingenieros, Santiago, Chile

ICEGE Istanbul
June 17, 2013



AMPLIFICATION EFFECTS OF THIN SOFT SURFACE LAYERS: A STUDY FOR NBCC 2015

W.D. Liam FINN¹ and Francisco RUZ²

ABSTRACT

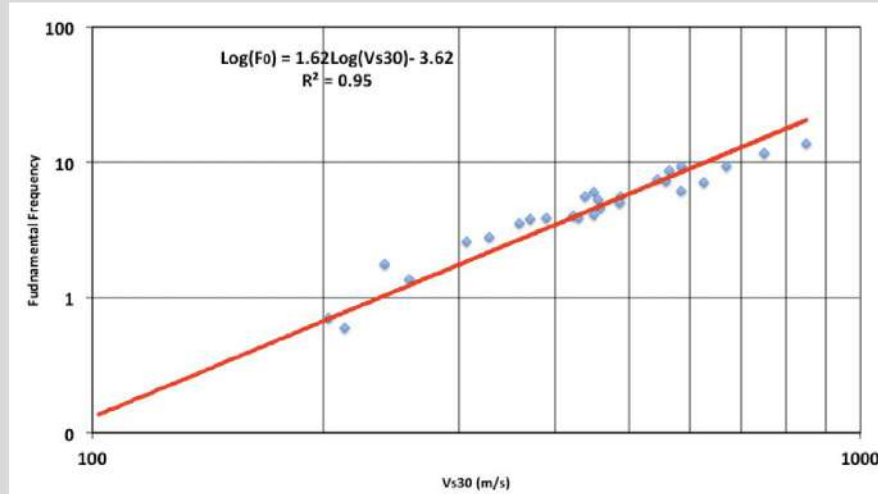
The seismic response of shallow soft surface layers is of concern in developing the seismic section of the National Building Code of Canada for 2015 (NBCC 2015). The response of such layers is studied using recorded data from the 2011 Tohoku earthquake. Fourteen sites have been studied in detail so far that had soft, shallow surface layers. At each site two records were available, one at the bottom of the borehole at a depth of the order of 100m - 500m and one on the surface. Site response analyses were conducted to determine the ground motion at the top of the rock underlying the surface layer, so that the amplification of the soil layer itself relative to the rock surface could be determined. These analyses were conducted using the program SHAKE. The properties in SHAKE were calibrated to get a good match between the measured and computed surface motions for the recorded input at the bottom of the rock.

Keywords: Site Response, Shallow Site Amplification Factors, Amplification Correlations with V_{s30} , Tohoku 2011 Data.

2013

FUNDAMENTAL SITE FREQUENCY VS MEAN SHEAR WAVE VELOCITY (Vs30)

- F0 vs Vs30



2015

FUCHIGE Fundacion Chilena de Investigación Geotécnica

FUCHIGE Fundacion Chilena de Investigación Geotécnica

DESCARGAS Y LINKS



En esta seccion se puede descargar la informacion recopilada por la fundacion Chilena de Geotecnia

IR A DESCARGAS

NOTICIAS

🕒 22 de enero de 2015

Campaña del centro

Se realizo una extensa campaña de mediciones geofisicas.

🕒 13 de enero de 2015

Campaña del sur

Se realizo una extensa campaña de mediciones geofisicas.

VER MÁS NOTICIAS

NAKAMURA_HVSR_H/V_To Tg que paso ANTES del 2023?

2016

EARTHQUAKE SPECTRA

The Professional Journal of the Earthquake Engineering Research Institute

Amplification Effects of Thin Soft Surface Layers

W.D. Liam Finn,^{a)} MEERI, and Francisco Ruiz^{b)} MEERI

The amplification effects of shallow soft surface layers with respect to an underlying hard soil layer or rock are studied using data recorded from the 2011 Tohoku earthquake. Twenty-four sites have been studied with depths to rock ranging from 4-30m. At each site two records were available, one in rock at the bottom of the borehole at depths of 100m - 500m and one on the surface of the soft soil layer. Analyses of the soil-rock columns were conducted using the program SHAKE. Good agreement was found between calculated and recorded surface spectra, which demonstrated the reliability of SHAKE analyses for the sites under study. Therefore SHAKE analyses were used to determine the outcrop motions at the top of rock. Amplification factors were determined by comparing characteristics of the surface and outcrop motions such as Fourier and response spectra. Computed amplification factors were correlated with V_{s30} , V_{soil} and soft layer period $T=4H/V_{s30}$. The results show clearly that the most reliable correlations for estimating the amplification of soft shallow surface layers less than 30m are those based on V_{s30} and soft layer period T .

2017

Performance of Chilean sites under strong earthquake shaking

Francisco Ruiz
R y V Ingenieros, Santiago, RM, Chile
W.D. Liam Finn
Department of Civil Engineering – University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada



ABSTRACT

An important contributor to effective performance based seismic design in a given region is a good understanding of what contributes to the distribution of damage in past earthquakes. This paper presents a detailed study damage distribution in Chile from earthquakes over the past 5 years. Chile has been affected by several strong subduction earthquakes such as Coquimbo Mw8.4 (2015) and Iquique Mw8.2 (2014). These would be expected to cause significant damage but no significant damage was observed. In contrast the Maule Mw8.8 (2010) earthquake caused severe damage. The difference can be attributed to soil conditions. Coquimbo and Iquique earthquakes occurred in the north of Chile where stiff soils are encountered but the Maule Mw8.8 (2010) earthquake occurred in the south of Chile where soft soils exist. To document these important differences in damage, twenty-six sites in Chile were studied. Each site has recorded ground motions from different subduction earthquakes. At each site V_s profile, soil period (T) calculated with Nakamura methodology (H/V) and a 30m borehole stratigraphy are available. The study showed that in addition to soil type, the Nakamura site period can be a useful indicator of damage potential.

1 INTRODUCTION

The seismicity of Chile is dominated by large offshore subduction earthquakes such as the Coquimbo Mw8.4 (2015), the Iquique Mw8.2 (2014), the Maule Mw8.8 (2010) and the Valparaíso Mw6.0 (1985). All Magnitudes are those reported by Centro Sismológico Nacional (CSN). Damage patterns from these and other subduction earthquakes are investigated in this report using intensity data from 26 recording sites located all over Chile. Soil stratigraphy and detailed descriptions of site conditions are available for each site from a drilled 30m borehole. Continuous measurement with depth of shear wave velocity permits a reliable estimate of V_{s30} and classification of the site according to the Canadian Code NBCC (2015).



Site	Place	*Site Class	Damage	T_H sec	Site	Place	*Site Class	Damage	T_H sec
1	Servu Iquique	B	X	$TN < 0.4s$	14	La Granja	C	X	Flat
2	Estadio La Serena	C	X	$TN < 0.4s$	15	Gob Talagante	C	X	Flat
3	Mapu	C	X	$TN < 0.4s$	16	Maipu	C	X	Flat
4	Iloca	C	X	$TN < 0.4s$	17	Curicó	C	X	Flat
5	Talca	C	X	$TN < 0.4s$	18	Hospital Coquimbo	C	X	Flat
6	Cauquenes	C	X	$TN < 0.4s$	19	Constitución	D	✓	$TN > 0.4s$
7	Angol	D	X	$TN < 0.4s$	20	San Pedro de la Paz	C	✓	$TN > 0.4s$
8	Hospital Iquique	C	X	Flat	21	Villa del Mar-Centro	D	✓	$TN > 0.4s$
9	Alto Hospicio	C	X	Flat	22	Congreso Nacional	D	✓	$TN > 0.4s$
10	Comares La Serena	C	X	Flat	23	Aeropuerto Pudahuel	D	✓	$TN > 0.4s$
11	Hospital Fach	C	X	Flat	24	Ciudad Empresarial	D	✓	$TN > 0.4s$
12	Club Militar Santiago	C	X	Flat	25	Concepción	D	✓	$TN > 0.4s$
13	Hospital Luis Trome	C	X	Flat	26	Valdivia	D	✓	$TN > 0.4s$

2017

CLASIFICACIÓN SÍSMICA DE SUELOS (Julio 2017)

1.- TERRENOS QUE REQUIEREN ESTUDIO ESPECIAL

Los siguientes tipos de terrenos requieren de un estudio especial en el cual se establezca un espectro de diseño local:

- Suelos potencialmente licuables, como arenas, arenas limosas o limos, saturados, de baja compactidad y/o consistencia
- Depósitos de Suelos Especiales como suelos susceptibles de densificación por vibración; suelos colapsibles, suelos orgánicos, turba, suelos finos saturados con Límite Líquido > 80 y espesor > 20 m, suelos finos saturados de sensibilidad mayor a 10, entre otros.
- Terrenos con topografía irregular donde pueden existir fenómenos de amplificación local, los cuales no están cubiertos por la presente clasificación.

Tabla No. 1.- CLASIFICACIÓN SÍSMICA DE SUELOS

Suelo Tipo		V_{s-30} (m/s)	T_{nak} (segundos)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	< 0.15 (o H/V plano)
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500	< 0.30 (o H/V plano)
C	Suelo denso o firme	≥ 350	< 0.40 (o H/V plano)
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	< 1.0
E	Suelo de compactidad, o consistencia mediana	< 180	/

T_{nak} : Periodo predominante del terreno estimado mediante la razón espectral H/V (método de Nakamura).

H/V Plano: Razón espectral H/V sin un valor máximo definido.

2019

VII International Conference
on Earthquake Geotechnical Engineering



NEW CHILEAN SEISMIC CODE AND THE USE OF NAKAMURA PERIOD FOR ASSESSING DAMAGE POTENTIAL.

Francisco Ruz Vukasovic

RyV Ingenieros ®

W.D Liam Finn

The University of British Columbia



THE UNIVERSITY
OF BRITISH COLUMBIA



New Chilean seismic code and the use of Nakamura period for
assessing damage potential.

Francisco Ruz

RyV Ingenieros, Santiago, RM, Chile

W.D. Liam Finn

Department of Civil Engineering – University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.

ABSTRACT: The proposed new Chilean Building Code introduced the Nakamura site period, T_N , as a parameter for classifying sites into the Site Classes A, B, C, D and E that are used widely in current building codes. The period is based on analysis of ambient vibration data recorded by a single instrument on the surface at the site, typically for a duration of 20 minutes. The procedure for developing a site classification system based on T_N , is described in detail. Initially studies were conducted on 26 sites for which the following information was available: V_{s30} , 30m site stratigraphy, Nakamura Period, and damage patterns from past earthquakes in surrounding region. The studies were later extended to many other sites with similar data. Finally, a country wide hazard map was developed for Chile based on data from 670 widely dispersed locations in terms of the Site Classes A, B, C, D and E.

NAKAMURA_HVSR_H/V_To Tg que paso ANTES del 2023?

2020

4f-0005



The 17th World Conference on Earthquake Engineering

17th World Conference on Earthquake Engineering, 17WCEE

Sendai, Japan - September 13th to 18th 2020

PROPOSED USE OF THE NAKAMURA SITE PERIOD FOR SITE CLASSIFICATION IN THE NEW CHILEAN CODE

F.Ruz⁽¹⁾ and W.D.L. Finn⁽²⁾

⁽¹⁾ Manager, RyV Ingenieros, francisco@ryv.cl

⁽²⁾ Emeritus Professor, University of British Columbia, finn@civil.ubc.ca

Abstract

Since 2013 a committee of SOCHIGE (Chilean Geotechnical Society) has been working on updating some of the seismic provisions of the current Chilean Building Code. One of the proposals for change is the use of the Nakamura site period, T_N , as a parameter for classifying sites into the Site Classes A, B, C, D, and E and as an indicator of damage potential for hazard mapping. The Nakamura period is based on analysis of ambient vibration data recorded by a single instrument on the surface at the site, typically for a duration of 20 minutes.

The database supporting the adoption of T_N was developed by RyV Ingenieros for their geotechnical projects. The company made their database available to the national code committee to support the development of a new updated building code. The database at that time consisted of 1850 sites with shear wave velocity V_{30} , 670 sites with shear wave velocity V_{30} and site period measurements T_N . In addition, 309 of these latter sites have borehole stratigraphy and SPT values. At all of these sites a minimum of 3 measurements of T_N were made and, at least, 2 measurements of V_{30} . This data base continues to grow as new projects develop.

The procedure for developing a site classification system based on T_N is described in detail for three widely distributed sites, Iquique in the north, Viña del Mar and Concepción in the south. Initially studies were conducted for which the following information was available: V_{30} , 30m site stratigraphy, Nakamura Period, and damage patterns from past earthquakes in the surrounding region. The studies were later extended to many other sites with similar data. While analyzing an extended database including 2160 sites with V_{30} , 715 sites with 30m borehole stratigraphy and 930 sites with T_N , it was found that sites with a stiff soil layer over a soft layer did not show a clear peak for identifying the Nakamura period, T_N .

Finally using data from 930 widely dispersed sites, a country wide hazard map has been updated for Chile in terms of the Site Classes A, B, C, D and E.

**ACHISINA**
Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica

Seminario online
Proyecto de
Actualización
NCh433

MÓDULO 1
Generalidades del Proyecto de Actualización de la Norma
15 de Julio 2020, 17:00 hrs.
Expositor: Diego López García

MÓDULO 2
Clasificación de Suelos
22 de Julio 2020, 17:00 hrs.
Expositores: Francisco Ruz y Ramón Verdugo

MÓDULO 3
Diseño basado en el Desempeño
29 de Julio 2020, 17:00 hrs.
Expositores: Mario Lafontaine y Jorge Carvallo

15 - 22 - 29
de JULIO
2020
17 HRS
(GMT CHILE)
ACCESO LIBERADO
CUPOS LIMITADOS
Por favor inscribirse para recibir el link de acceso a la sala online

Que paso con ese borrador?

Por una parte, el perfil de Vs es posible de ser obtenido a través del análisis de mediciones de ondas superficiales (por ejemplo, SPAC, SASW, MASW). En el caso de empleo de vibraciones ambientales, las mediciones y análisis deben estar asociados a arreglos bidimensionales de los sensores, esto debido a que la ejecución de dos líneas ortogonales de medición pueden sobreestimar los valores determinados de Vs. Las mediciones de ondas superficiales deben cumplir con las recomendaciones de ejecución del documento "Manual de Aplicación de Técnicas Geofísicas Basadas en Ondas de Superficie para la Determinación del Parámetro V_{S30} ".

La medición de vibraciones ambientales para evaluar la razón espectral H/V requiere un mínimo de 5 mediciones de al menos 30 minutos de duración cada una. La interpretación de estas mediciones deberá seguir los criterios SESAME y se deberá seleccionar aquella que resulte en una clasificación sísmica más conservadora.

NAKAMURA_HVSR_H/V_To Tg que paso ANTES del 2023?

Por una parte, el perfil de Vs es posible de ser obtenido a través del análisis de mediciones de ondas superficiales (por ejemplo, SPAC, SASW, MASW). En el caso de empleo de vibraciones ambientales, las mediciones y análisis deben estar asociados a arreglos bidimensionales de los sensores, esto debido a que la ejecución de dos líneas ortogonales de medición pueden sobreestimar los valores determinados de Vs. Las mediciones de ondas superficiales deben cumplir con las recomendaciones de ejecución del documento "Manual de Aplicación de Técnicas Geofísicas Basadas en Ondas de Superficie para la Determinación del Parámetro Vs30".

La medición de vibraciones ambientales para evaluar la razón espectral H/V requiere un mínimo de 5 mediciones de al menos 30 minutos de duración cada una. La interpretación de estas mediciones deberá seguir los criterios SESAME y se deberá seleccionar aquella que resulte en una clasificación sísmica más conservadora.



"Guía de Caracterización Dinámica de Sitios y Anteproyecto de Norma "Obtención de parámetro Vs y T0 basado en técnicas de ondas de superficie para clasificación sísmica de sitios"

**Proyecto
ID22I10032**

Fondef

Encuesta de opinión experta a través de SOCHIGE: - 99 participantes

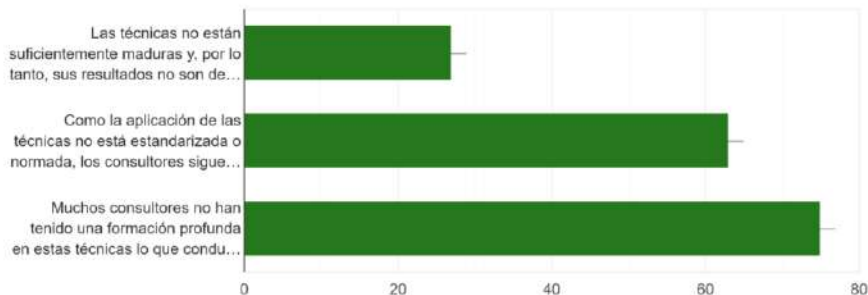
1. ¿En qué porcentaje de los proyectos que ha participado se han encontrado discrepancias importantes entre los resultados entregados por la aplicación de técnicas geofísicas sísmicas basadas en ondas superficiales (MASW, ReMi, SPAC, etc.) y/o otro tipo de exploraciones más directas (sondajes, calicatas, ensayos SPT, CPTu, etc.) y/o entre mediciones geofísicas independientes?



2. Seleccione entre las siguientes opciones la discrepancia que más frecuentemente haya observado.



3. ¿ A qué atribuye estas discrepancias ?
(puede marcar todas la que estime pertinente)



Base de datos RyV Ingeniereros



CURSO PILOTO MINISTERIO MINVU



Curso Uso de Métodos Basados en Ondas de Superficie Aplicada a la Clasificación Sismica de Sitio

Minvu, 6 y 7 agosto 2024

Proyecto Fondef ID201-10032

Resumen:

Este curso revisa los conceptos fundamentales de los métodos geofísicos basados en ondas de superficie, que se emplean en la caracterización dinámica de sitios, y su aplicación en la clasificación sísmica. El curso detalla la formulación de métodos activos y pasivos que permiten encontrar perfiles de velocidad de onda de corte (V_s) a partir de los cuales se puede obtener la velocidad de las ondas de corte promedio de los 30 metros superiores del terreno (V_{s30}). De la misma forma, el curso revisa los conceptos fundamentales del método de las razones espectrales H/V, o método de Nakamura, que permite estimar el periodo predominante de sitio (T_g) a partir de registros de ruido sísmico ambiental. El curso consiste en clases expositivas y prácticas con el software de código abierto Geopsy. Se espera que los resultados de aprendizaje sean la determinación de perfiles de V_s a partir de registros de vibraciones activas y pasivas, el cálculo de razones espectrales H/V a partir de registros de vibraciones ambientales de tres componentes y el cálculo y aplicación de los parámetros V_{s30} y T_g en la clasificación sísmica de sitio.



Material complementario: canal YouTube ^{CL}



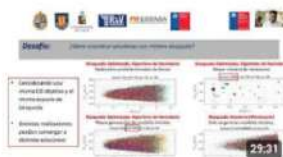
Proyecto MOS

@ProyectoMOS · 3 suscriptores · 8 videos

Más información sobre este canal ...más

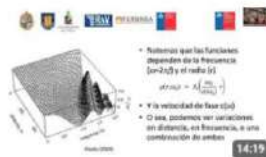
 Suscrito 

Inicio Vídeos Listas 



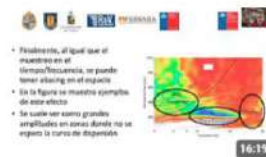
Módulo 7: Inversion

0 visualizaciones · hace 53 minutos



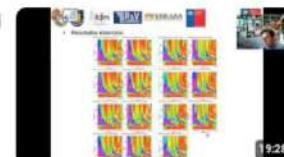
Módulo 6: SPAC

0 visualizaciones · hace 1 hora



Módulo 5: FK pasivo

1 visualización · hace 1 hora



Módulo 4: Ensayo activo

0 visualizaciones · hace 2 horas



Módulo 2: Nociones de dispersión

0 visualizaciones · hace 2 horas



Módulo 1: Introducción

0 visualizaciones · hace 2 horas



Módulo 10: Ejemplos de Clasificación

3 visualizaciones · hace 8 horas



Módulo 8: H/V

4 visualizaciones · hace 8 horas

<https://www.youtube.com/@ProyectoMOS/playlists>

Material complementario: repositorio de ejemplos

Drive

Search in Drive

My Drive > Material Apoyo del Curso

Type People Modified

Name	Owner	Last modified	File size
Módulo 2 - gplivemodel	me	4:37 PM	—
Módulo 4 - FK activo	me	4:38 PM	—
Módulo 5 - FK pasivo	me	3:49 PM	—
Módulo 6 - SPAC	me	3:50 PM	—
Guia_MOS_v231024.pdf	me	3:59 PM	100.1 MB



<https://drive.google.com/drive/folders/1kYpaJaiqixK275gWkSS5lID3LqtutVP3?usp=sharing>



F307-01-15v03

PROYECTO DE NORMA EN CONSULTA PÚBLICA – prNCh3793

Técnicas geofísicas sísmicas para la caracterización dinámica de sitios

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Este proyecto de norma ha sido preparado por el INN y está basado en antecedentes técnicos nacionales aportados por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el marco del proyecto Fondef ID22110032 financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, y se encuentra en consulta pública para que las partes interesadas emitan sus observaciones las cuales serán tratadas en un Comité Técnico.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

8ª Jornada de la Comisión Permanente del Código Modelo Sísmico para América Latina y El Caribe

ANTEPROYECTO DE NORMA/PROYECTO DE NORMA EN CONSULTA PÚBLICA/VERSIÓN FINAL COMITÉ – prNCh3793

Obtención de parámetro V_s y T_g basado en técnicas de ondas de superficie para clasificación sísmica de sitios

Estructura Guía



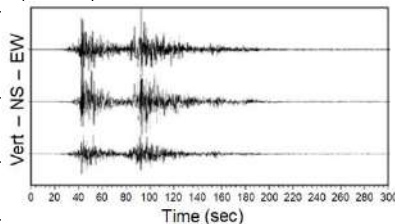
1	Introducción	7
1.1	Motivación	7
1.2	Objetivos y alcances de la Guía	8
1.3	Generalidades sobre los métodos basados en ondas de superficie	9
2	Términos y Simbología	13
2.1	Términos	13
2.2	Simbología	14
3	Teoría de Propagación de Ondas Superficiales	15
3.1	Introducción	15
3.2	Propagación de ondas unidimensional (1D)	15
3.2.1	Vibración longitudinal de un viga	15
3.2.2	Vibración torsional en vigas	23
3.2.3	Vibración de corte en vigas	25
3.2.4	Disipación de energía	26
3.3	Propagación de ondas sísmicas 2D y 3D	33
3.3.1	Propagación de ondas en un medio elástico e isotrópico	33
3.3.2	Ondas planas monocromáticas	34
3.3.3	Reflexión y refracción de ondas en una interfaz	37
3.3.4	Propagación de ondas en un medio elástico semi-infinito	37
3.4	Dispersión de ondas de superficie en un semi-espacio heterogéneo	47
3.4.1	Onda de Love en estrato sobre semi-espacio elástico	49
3.4.2	Onda de Rayleigh en estrato sobre semi-espacio elástico	53

4	Muestreo Espacial y Temporal	57
4.1	Características básicas de las vibraciones ambientales	57
4.2	Transformada $f - t$	59
4.3	Muestreo en tiempo	61
4.4	Muestreo en espacio	63
5	Geopsy: Primeros Pasos	67
5.1	Descarga e instalación	67
5.2	Importar señales y coordenadas	70
5.3	Agrupar señales	72
5.4	Acondicionamiento de señales	74
5.5	Generalidades: Ventaneo de señales	75
6	Métodos Activos	77
6.1	Adquisición de datos experimentales	77
6.1.1	Equipamiento y sensores	77
6.1.2	Fuente activa	78
6.1.3	Tiempo de registro y frecuencia de muestreo	79
6.1.4	Diseño de arreglos y ejecución en terreno	79
6.2	Análisis de ensayos activos	80
6.2.1	Método f-k activo	80
6.2.2	Ejemplo práctico	84
7	Métodos Pasivos	93
7.1	Adquisición de datos experimentales	93
7.1.1	Equipamiento y sensores	94
7.1.2	Calidad en mediciones y estabilización	95
7.1.3	Tiempo de registro y Frecuencia de muestreo	96
7.1.4	Diseño de arreglos y ejecución en terreno	96
7.2	Análisis de ensayos pasivos	97
7.2.1	Método f-k pasivo	97
7.2.2	Método FK de alta resolución (HRFK)	108
7.2.3	Método de autocorrelación espacial	112
7.2.4	Interferometría de ruido sísmico ambiental	118
8	Inversión	123
8.1	Proceso de inversión con <i>clinvr</i>	127
9	Método de la razón espectral H/V	135
9.1	Teoría	136
9.2	Adquisición de datos en terreno	137
9.3	Procesamiento de datos	138
9.4	Control de Calidad	140
9.4.1	Criterios de confiabilidad	140
9.4.2	Criterios de peak claro	140

Vamos a la práctica

CAMBIO NORMATIVO

Su		Suelo Tipo		Vs30 (m/s)	Tnak (segundos)	Su (Mpa)
A	Roca,	A	Roca, Suelo cementado	≥ 900	< 0,15 (o H/V plano)	
B	fractu	B	Roca blanda o fracturada, Suelo muy denso o muy firme	≥ 500	< 0,30 (o H/V plano)	
C	Suel	C	Suelo denso o firme	≥ 350	< 0,40 (o H/V plano)	
D	Suelo	D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	< 1,0	
E	Suelo consi	E	Suelo de compactación, o consistencia mediana	< 180	/	< 0,05
F	Suel					-

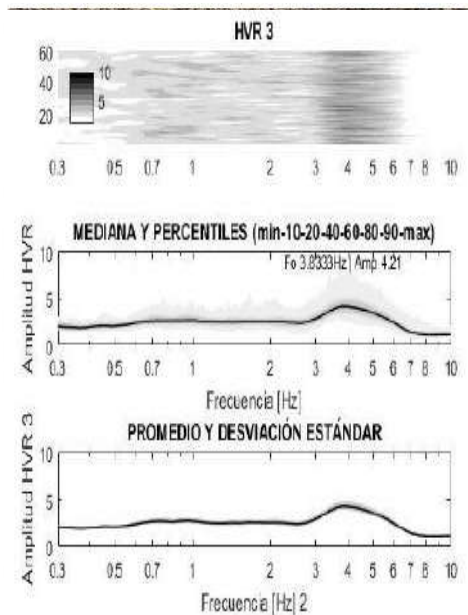


REHV

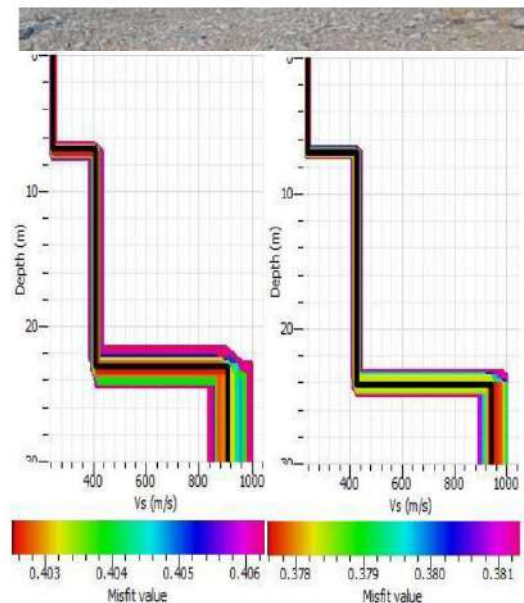
RMA
SAD
ISTIDIA



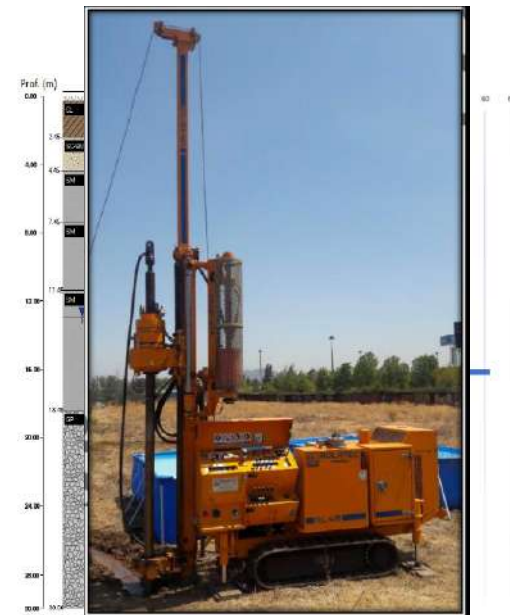
Información necesaria para clasificar



romino

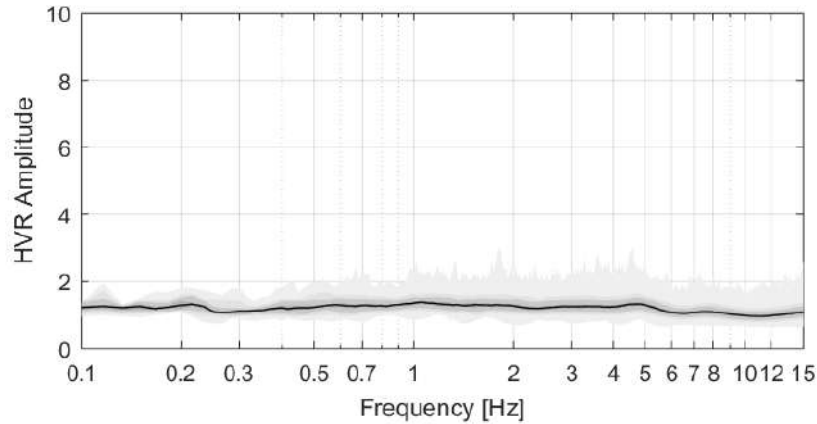


sismógrafo y computador.

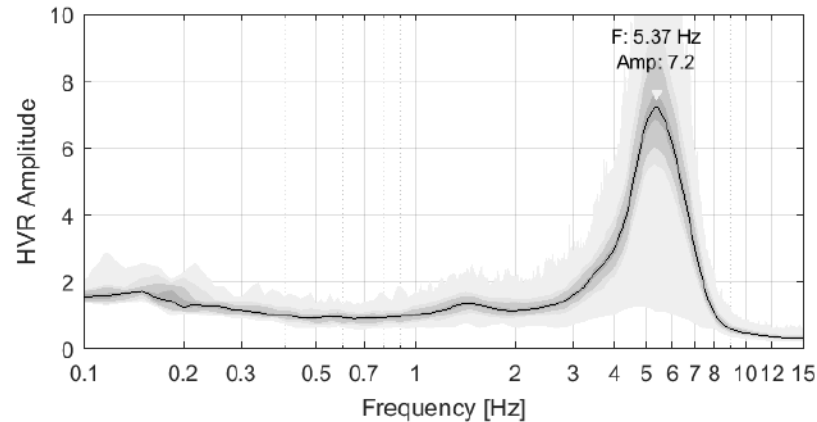


CASO SIMPLE

CASOS H/V

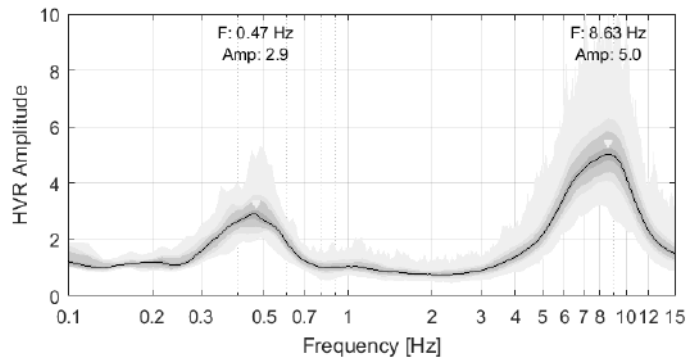


Caso 1)
Curva plana
 H/V Amplitud < 2

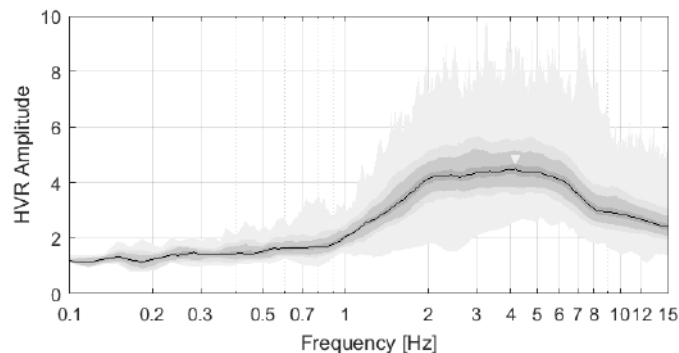


Caso 2)
frecuencia
predominante
 H/V Amplitud > 2

CASOS H/V

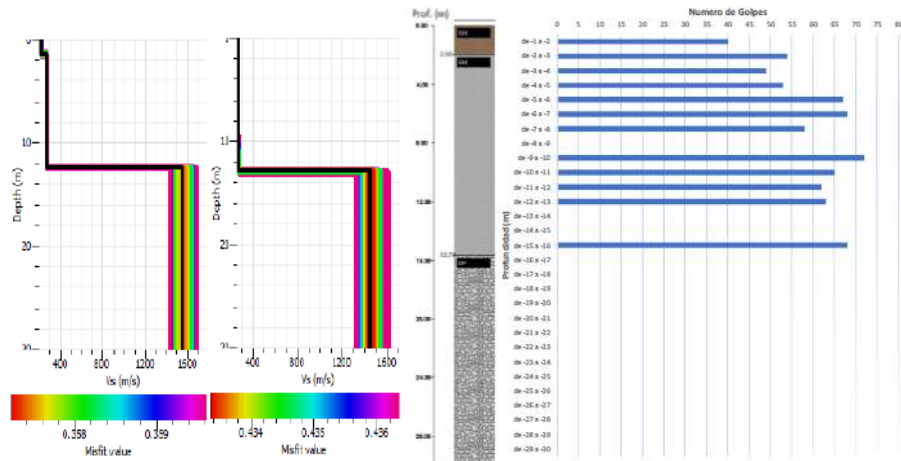
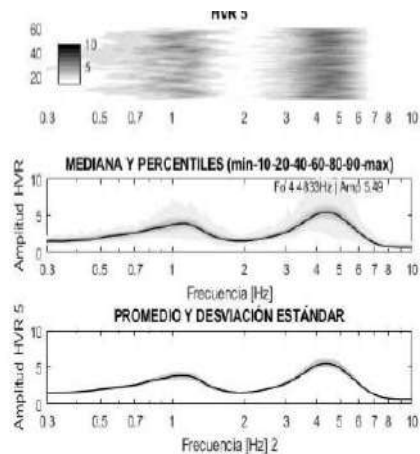


Caso 3)
Dos o mas
frecuencias
predominantes



Caso 4)
No es possible
identificar una
frecuencia
predominante

EJEMPLO CASO CON 2 PEAKS

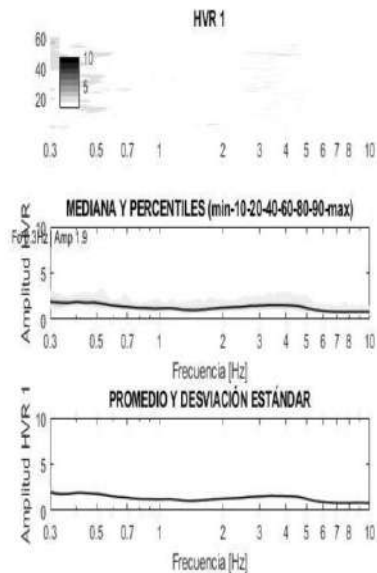


Periodo

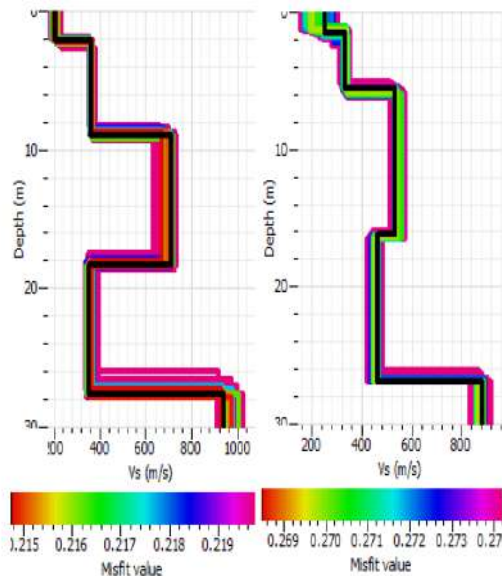
Vs

Sondaje

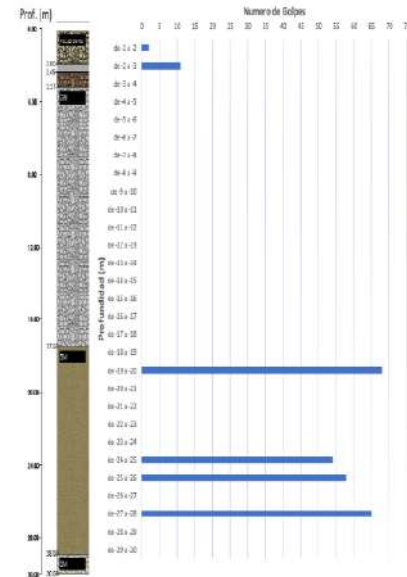
EJEMPLO CASO CON INVERSION



Periodo

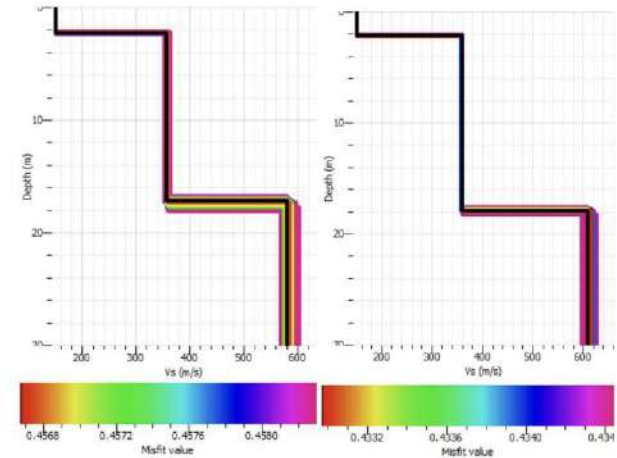
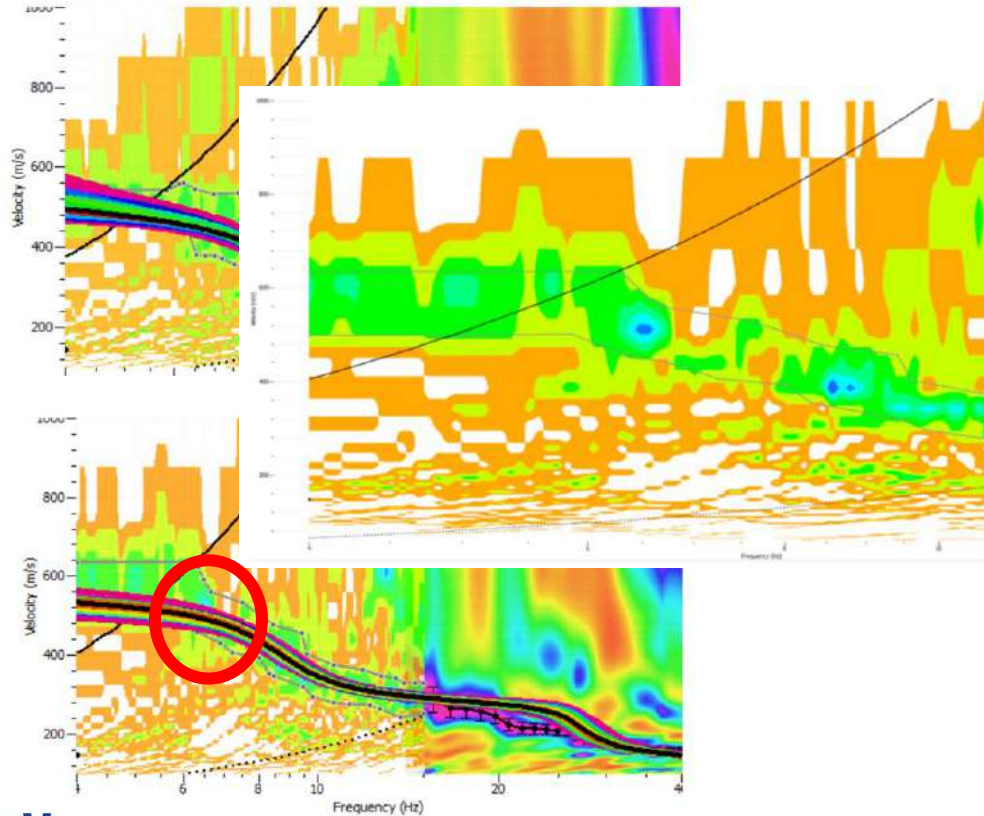


Vs



Sondaje

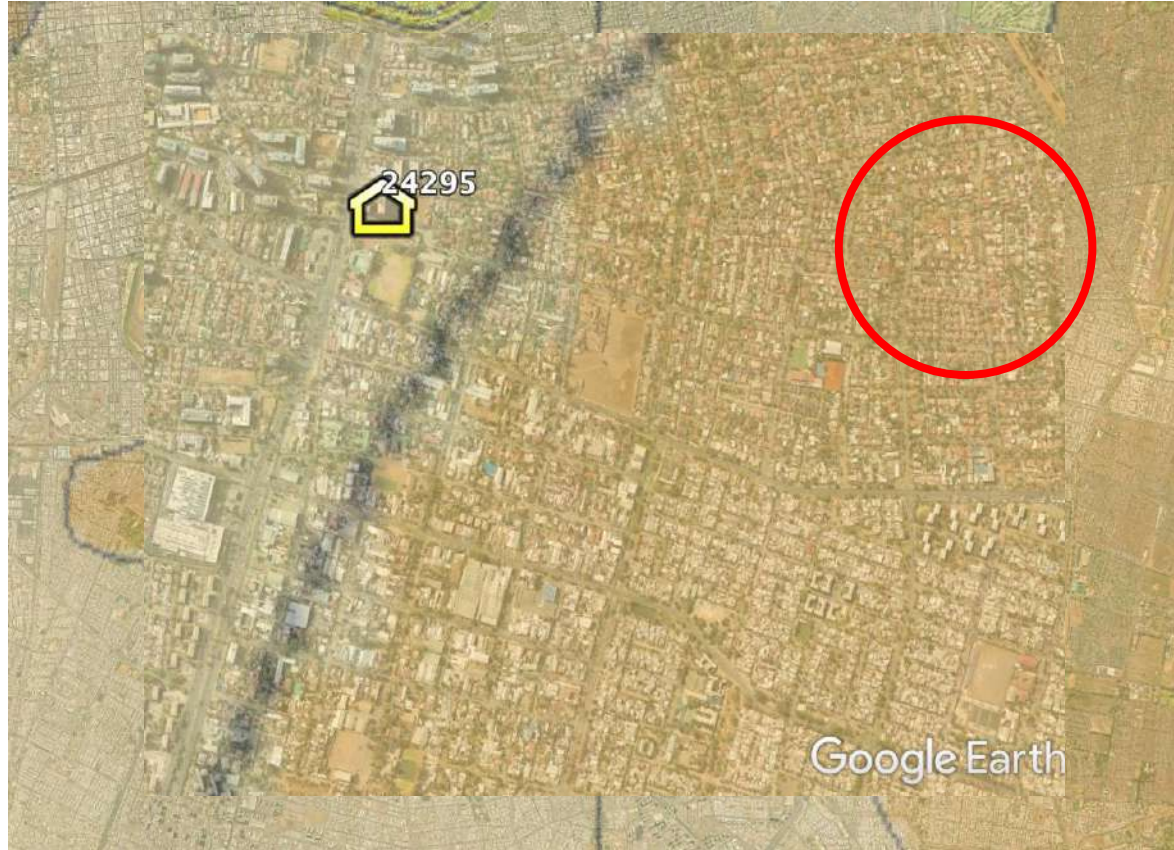
Perfil Vs sin sondaje



Perfil N°1 $V_{s_30} = 372.14 \text{ m/s}$

Perfil N°2 $V_{s_30} = 384.03 \text{ m/s}$

Perfil Vs con sondaje

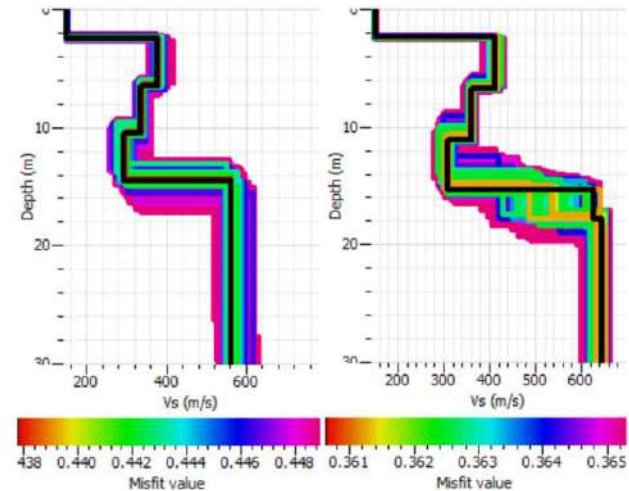
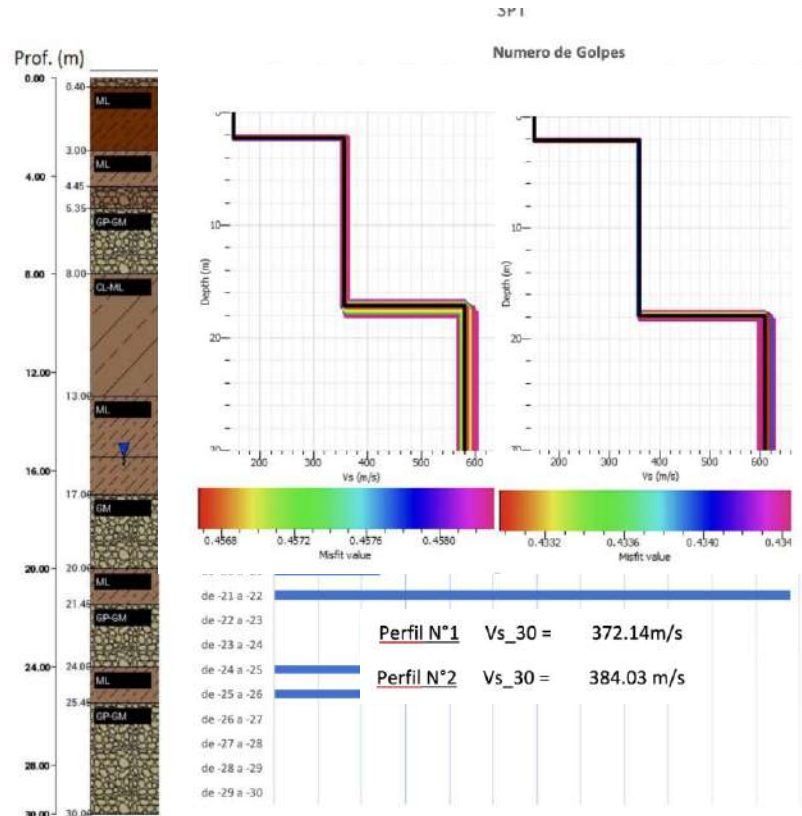


objetivo que cuantifica la diferencia entre las curvas de dispersión experimental y teórica del sitio. Así, el set de parámetros que genera la solución del problema directo (la curva de dispersión teórica) más cercana a los datos experimentales (la curva de dispersión experimental) se considera como solución del problema inverso. Sin embargo, todos los problemas inversos son inherentemente mal condicionados desde el punto de vista matemático, por lo cual no poseen solución única. Esto implica que existen varios perfiles V_s con el mismo error asociado respecto a la curva de dispersión experimental. Por lo tanto, la interpretación de resultados se debe realizar teniendo en cuenta no solo la incertidumbre propia de los datos experimentales, sino que también otros elementos de juicio ingenieril como, por ejemplo, contexto geológico del sitio e información previa de sondajes u otros ensayos geofísicos. El perfil de velocidad de ondas de corte que se determine para el sitio se debe contrastar y reportar en paralelo con la estratigrafía obtenida del sondaje geotécnico. De no existir compatibilidad entre ambos, se debe volver a analizar la información y, de ser necesario, repetir la exploración hasta obtener consistencia entre estratigrafía directa e indirecta.

diferencia de escala de representatividad al momento de comparar resultados provenientes de técnicas invasivas frente a los obtenidos utilizando MOS.

4.2.2.1 La clasificación sísmica de todo sitio requiere como elemento básico conocer la estratigrafía del subsuelo en una profundidad mínima de 30 m, medidos desde la superficie del suelo. Esto se debe llevar a cabo a través de la ejecución, como mínimo, de un sondaje geotécnico con toma de muestra. En el caso de sitios con presencia de suelos arenosos, limosos, o arcillosos, se debe cumplir con NCh3364.

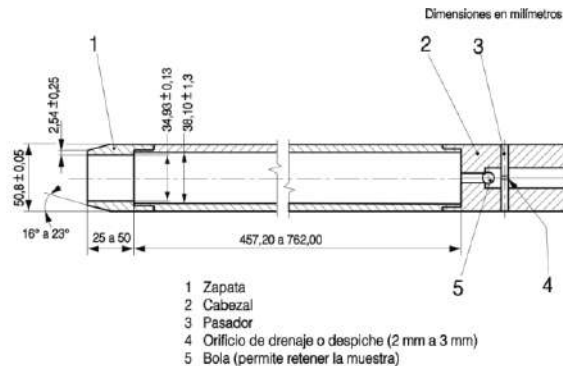
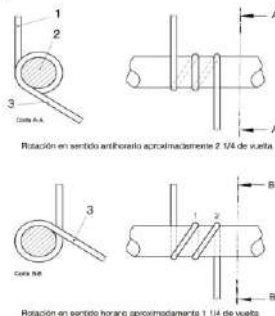
Perfil Vs con sondaje



3.- PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL TERRENO

La clasificación sísmica de todo sitio requiere como elemento básico conocer la estratigrafía del subsuelo en una profundidad mínima de 30 m, medidos desde la superficie del terreno. Esto se debe llevar cabo a través de la ejecución, como mínimo, de un sondaje a rotación de 30 m de profundidad. En el caso de terrenos con presencia de suelos arenosos, limosos, o arcillosos, se debe cumplir con la norma Chilena NCh 3364, Geotecnia — Ensayo de Penetración Estándar.

5.2 Número de vueltas de cuerda, el número de veces que la cuerda es enrollada completamente alrededor del tambor. El ensayo de resistencia a la penetración se lleva a cabo dando dos vueltas nominales alrededor del tambor. Dependiendo de la posición del operador, la dirección de rotación del tambor y el ángulo al cual la cuerda se separa del tambor, el número de vueltas varía entre 1 3/4 y 2 1/4 (ver Figura 1).



REQUISITO SONDAJE



Donde NO aplica el SONDAJE

4.2.1.3 Para efectos de clasificación sísmica del terreno se consideran como casos especiales los siguientes:

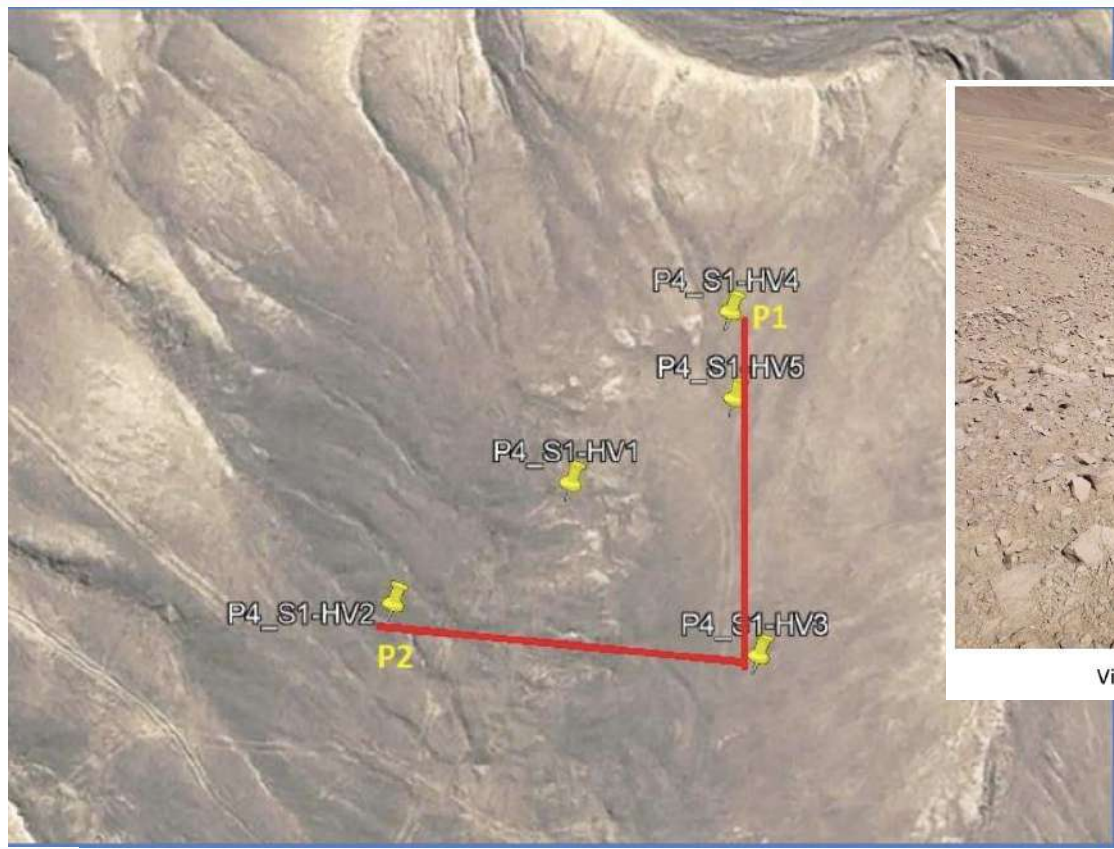
- Estructuras de menos de 500 m² construidos, de no más de 2 niveles y con una altura menor a 8 m, independiente de su clasificación de uso.
- Conjunto de viviendas en terreno de menos de 8 000 m², donde cada unidad es de no más de 2 niveles y de menos de 200 m² construidos.

En estos casos especiales no se requiere clasificar sísmicamente el sitio (no se exige un sondeo de 30 m), pero sí se requiere llevar a cabo el estudio geotécnico respectivo, cumpliendo como mínimo las disposiciones de NCh1508.

respectivo, cumpliendo como mínimo las disposiciones de NCh1508.

Si se opta por no clasificar sísmicamente el sitio (no se realiza un sondeo de 30 m) entonces las estructuras que califiquen como casos especiales se deben calcular y diseñar sísmicamente según el método estático, aplicando en su análisis el coeficiente sísmico máximo, C_{max} , asociado a Suelo Tipo E.

- 87
- 88 1 Alcance y campo de aplicación
- 89
- 90 1.1. Esta norma establece requisitos exigibles para la aplicación de técnicas basadas en ondas de superficie
- 91 para la obtención de la velocidad de propagación de onda de corte S en los primeros 30 m (V_{s30}) y el período
- 92 del sitio (T_g).
- 93 1.2. Esta norma se aplica a terrenos donde la hipótesis de estratigrafía horizontal se cumpla **preferentemente**,
- 94 es decir, que la distribución de materiales del subsuelo es adecuadamente representada por una secuencia de
- 95 capas horizontales homogéneas **cada una de ellas** de espesor constante.
- 96 1.3. Esta norma no es aplicable en sitios con pendientes superficiales superiores a 20° y con desniveles
- 97 superiores a 15 m. Cuando estos requisitos no se cumplan, existen métodos alternativos invasivos para obtener
- 98 V_s como *downhole*, *crosshole* entre otros.
- 99
- 100 2 Referencias normativas
- 101
- 102 Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo
- 103 se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado
- 104 (incluyendo cualquier enmienda).
- 105
- 106 ASTM D5777-18, *Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation*.
- 107
- 108



Vista Terreno



Vista Terreno



- 8 Ensayo Downhole.

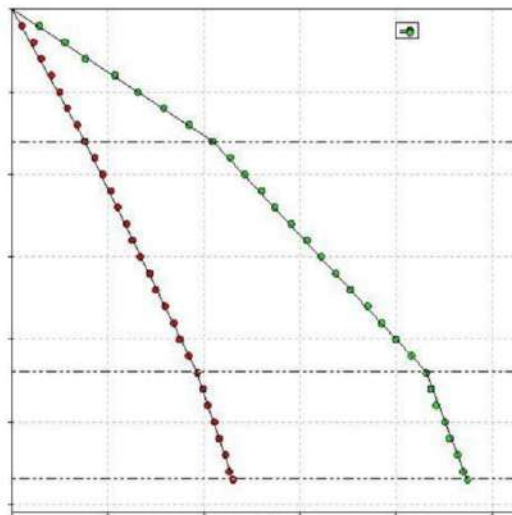


Fig. 13: Domocromas de onda "S" (Verde) y Onda "P" (Roja), profundidad máxima de sonda 28.5 metros.

Vs Estrato [-]	Profundidad [m]
383.37	8.02
629.06	21.96
1508.2	28.4

Fig. 12: Tabla Vs Downhole.

Vs_28.5 calculado por Downhole.

590.51 m/s

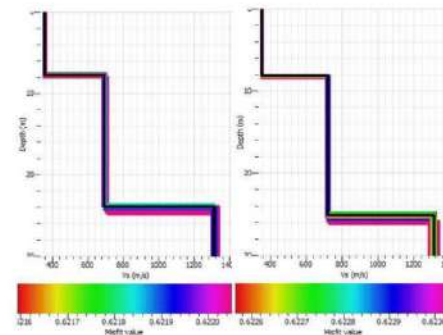


Fig. 9: Perfil de velocidades de corte (Vs) en estratos hasta 30m de profundidad. A la izquierda Perfil N°1 y a la derecha Perfil N°2.

Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	7.69	362.67
7.69	23.93	690.90
23.93	30.00	1316.12

Fig. 10: Perfil de velocidad de ondas de corte Vs, Perfil N°1.

Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	8.13	362.49
8.13	25.16	721.19
25.16	30.00	1308.16

Fig. 11: Perfil de velocidad de ondas de corte Vs, Perfil N°2.



Fig. 14: Ubicación Perfil VP 2

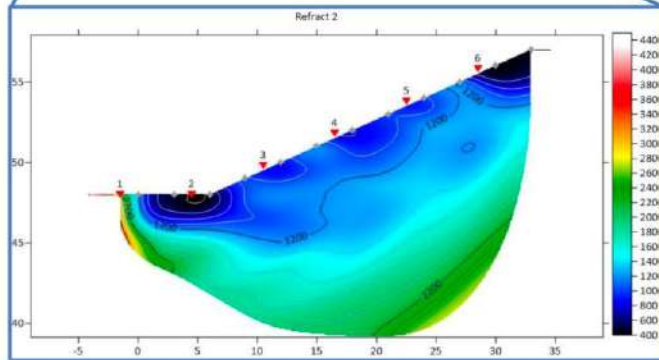


Fig. 15: Perfil de ondas de compresión Vp, Perfil N°2.



Figura N°17: Ubicación perfiles MASW y Tomografía.

Perfil N°1

Desde(m)	Hasta(m)	Velocidad (m/s)
0.00	3.84	261.39
3.84	14.51	384.50
14.51	30.00	914.62

Perfil N°2

Desde(m)	Hasta(m)	Velocidad (m/s)
0.00	2.39	338.40
2.39	19.83	497.69
19.83	30.00	1049.66

Compatibilidad V_p , V_s sondaje y que cuadre



Figura N°17: Ubicación perfiles MASW y Tomografía.

Perfil N°1

Desde(m)	Hasta(m)	Velocidad (m/s)
0.00	3.84	261.39
3.84	14.51	384.50
14.51	30.00	914.62

Perfil N°2

Desde(m)	Hasta(m)	Velocidad (m/s)
0.00	2.39	338.40
2.39	19.83	497.69
19.83	30.00	1049.66

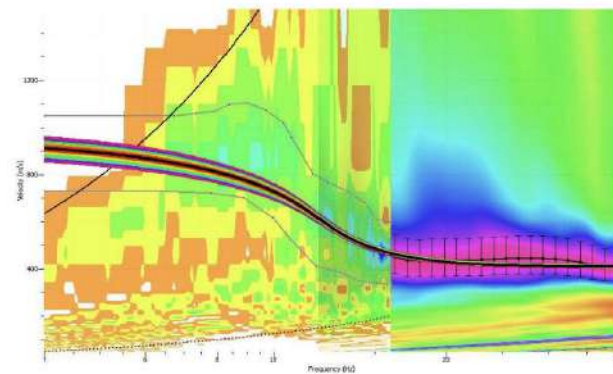
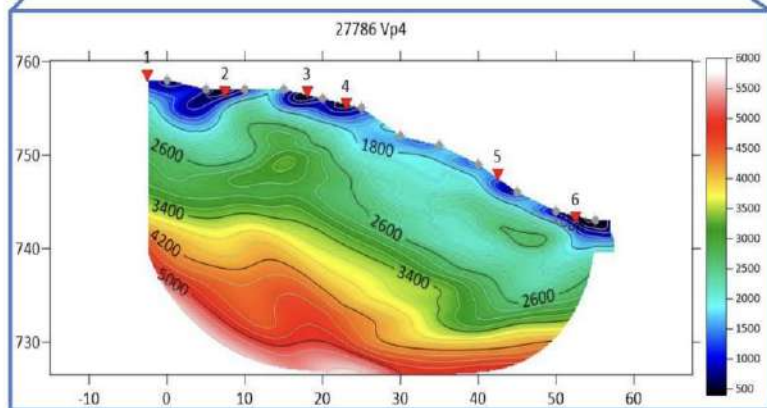
1.4. Imagen de ubicación de calicatas



Figura N°3: Ubicación calicatas



Fig. 18: Ubicación Perfil VP 4



Técnicas geofísicas sísmicas para la caracterización dinámica de sitios

7.1 Procesamiento

7.1.1 Procesamiento de mediciones de razón espectral H/V

7.2.1.1. Método Nakamura (H/V)

Tabla 1 - Número mínimo de mediciones por superficie a explorar.

Superficie a explorar	Número de Mediciones		
	<5000 m ²	<10.000 m ²	>10.000 m ²
T _g	5	10	≥11
V _{s30}	2	4	≥5

9.2 T_g

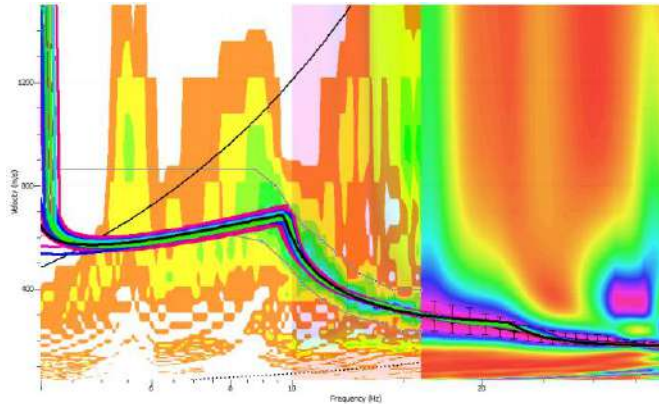
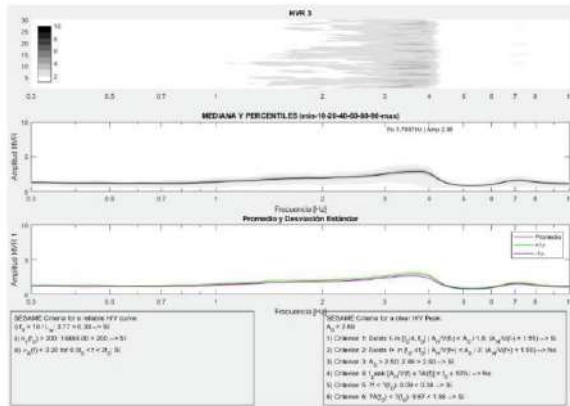
El valor de T_g seleccionado para el sitio debe ser consistente con las estratigrafías derivadas del perfil Vs, sondajes y otros antecedentes disponibles.

En el caso de que los valores de T_g obtenidos en una misma exploración conduzcan a clasificaciones sísmicas de sitio discrepantes, se debe efectuar o volver a analizar exploraciones complementarias para identificar el origen de dichas discrepancias hasta conseguir una caracterización coherente del sitio.

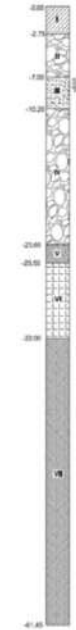
CASO INVERSION HUALAÑE

Perfil N°1 Vs_30 = 440.49 m/s

Perfil N°2 Vs_30 = 428.92 m/s



Estratigrafía



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	23,05	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	23,05	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	Arcilolita 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).

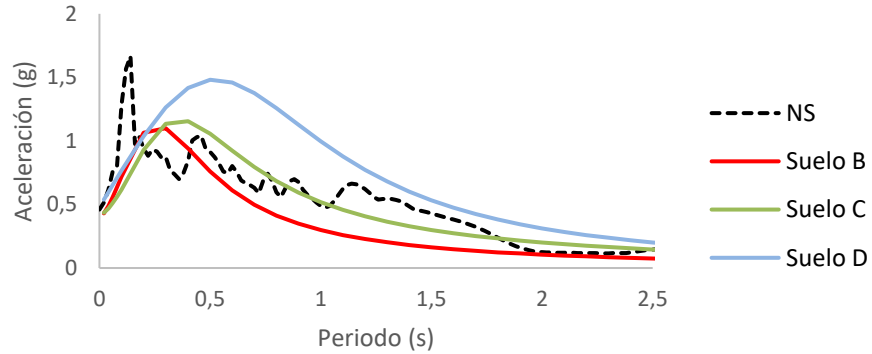
Periodo

Vs

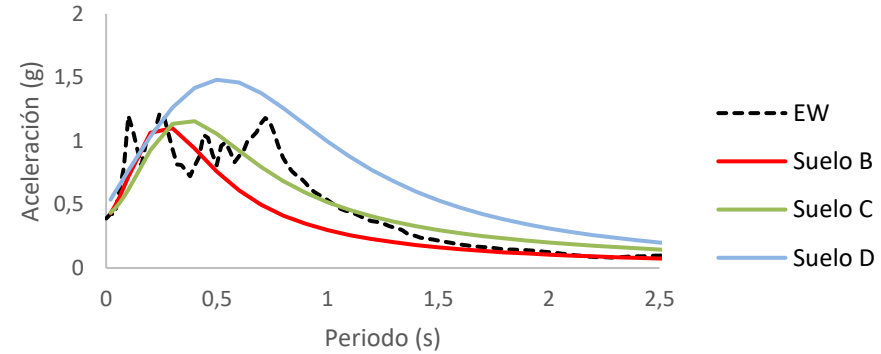
Sondaje

CASO INVERSION

Estacion Hualañe - EW



Estacion Hualañe - NS

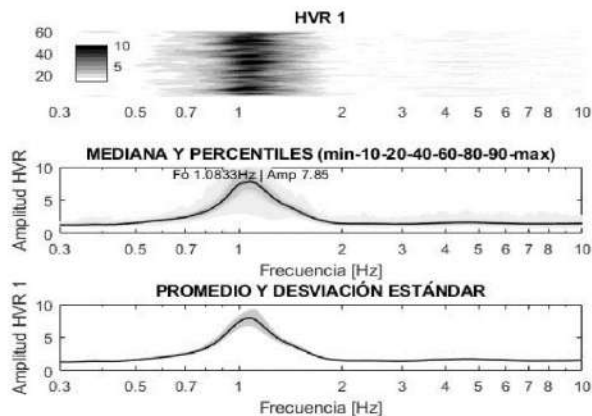


Perfil N°1 Vs₃₀ = 440.49 m/s

Perfil N°2 Vs₃₀ = 428.92 m/s

Hualañe 2010Mw= 8.8

Criterio SESAME



Max. H/V at 1.16 ± 0.02 Hz (in the range 0.0 - 10.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_{av}$	1.16 > 0.50	OK
$\eta_0(f_0) > 200$	1387.5 > 200	OK
$\sigma_s(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz	Exceeded 0 out of 57 times	OK
$\sigma_s(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz		

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

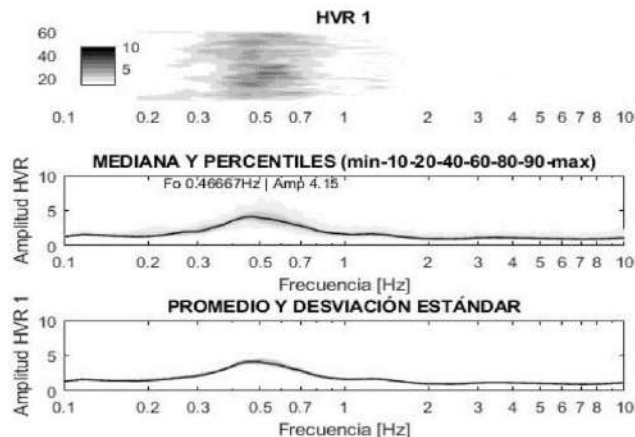
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK
$A_0 > 2$	9.88 > 2	OK
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_s(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01779 < 0.05$	OK
$\sigma_s < \sigma(f_0)$	0.02057 < 0.11563	OK
$\sigma_s(f_0) < \theta(f_0)$	1.3366 < 1.78	OK

L_{av}	window length
η_0	number of windows used in the analysis
$\eta_s = \eta_0 \cdot \Delta f \cdot f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_s	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_s < \sigma(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_s(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_s(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{log A_{H/V}}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_s(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_s and $\sigma_s(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_s(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{log A_{H/V}}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Criterio SESAME



Max. H/V at 0.16 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 10.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.16 > 0.50		NO
$\rho_0(f_0) > 200$	187.5 > 200		NO
$\alpha_N(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz	Exceeded 3 out of 9 times		NO
$\alpha_N(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz			

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.219 Hz	OK	
$A_0 > 2$	6.12 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \alpha_N(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\alpha_1 < \theta(f_0)$	0.0 < 0.03906	OK	
$\alpha_N(f_0) < \theta(f_0)$	9.8601 < 3.0		NO

$$D_w = \frac{L_w}{D_w D_w f_0}$$

window length

number of windows used in the analysis

number of significant cycles

current frequency

H/V peak frequency

standard deviation of H/V peak frequency

threshold value for the stability condition $\alpha_1 < \theta(f_0)$

H/V peak amplitude at frequency f_0

H/V curve amplitude at frequency f

frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

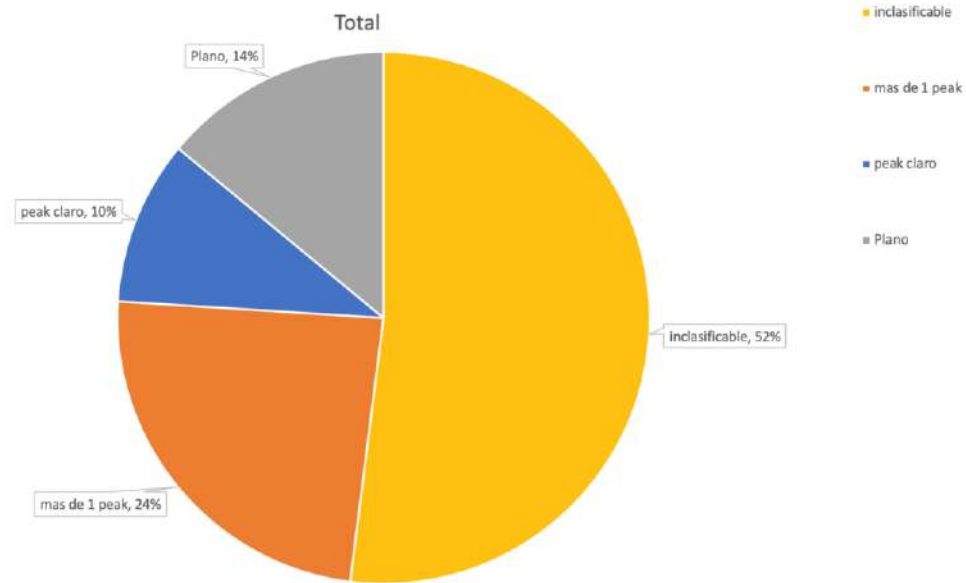
frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$

standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\alpha_N(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided

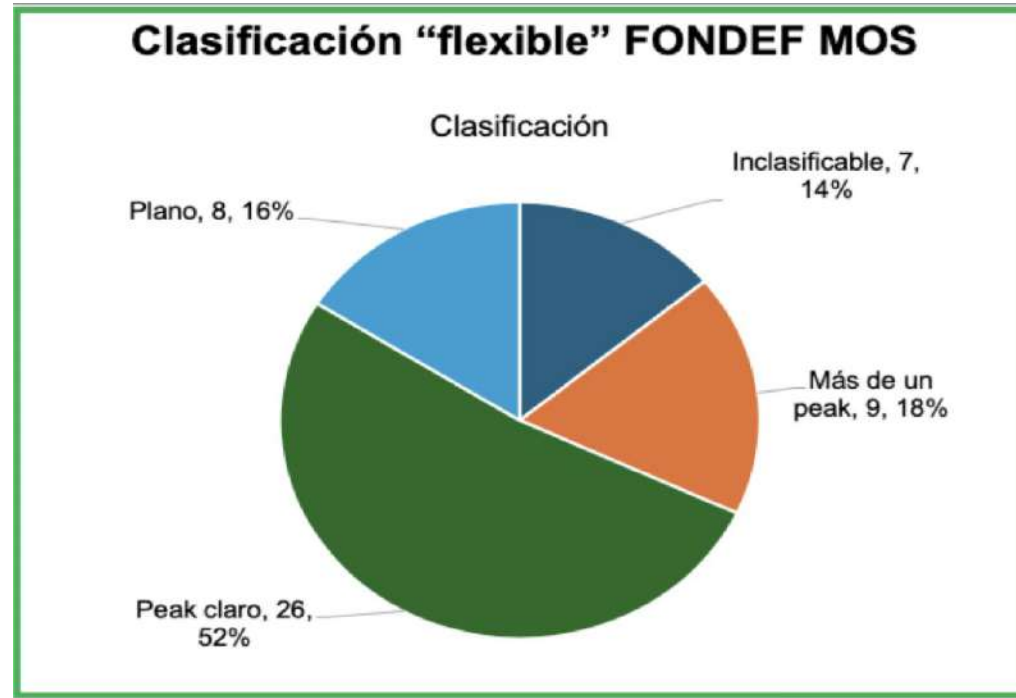
standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve

threshold value for the stability condition $\alpha_N(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for α_1 and $\alpha_N(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\theta(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\alpha_N(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Criterio de la norma Chilena: Nch 3793



Ajuste diferente al SESAME

7.1.2 Razón espectral H/V

7.2.2.1 Criterios de confiabilidad

La confiabilidad implica estabilidad, es decir, que la curva H/V obtenida de las mediciones sea representativa del sitio en estudio. Se debe asegurar, para toda medición, el cumplimiento de los siguientes tres criterios:

Para que un peak sea significativo, debe cumplirse que $f_0 > 10/t_w$. Esto para que, en el rango de la frecuencia de interés, existan al menos 10 ciclos significativos en cada ventana.

El número total de ciclos significativos (n_c) debe ser mayor a 200.

Se necesita un bajo nivel de dispersión entre todas las ventanas, por lo que $\sigma_A(f) < 2.2$ para $f_0 > 0.5$ Hz, o $\sigma_A(f) < 3$ para $f_0 < 0.5$ Hz, en un rango de frecuencia al menos igual a $[0.5f_0, 2f_0]$.

7.2.2.2. Criterios de peak claro

Se deben cumplir al menos 5 de las 6 condiciones para verificar que el peak de la curva H/V es claro:

Condiciones de amplitud:

Existe una frecuencia f^- entre $f_0/4$ y f_0 , tal que $A_0/AH/V(f^-) > 1.6$

Condiciones de estabilidad:

La frecuencia peak debe cumplir con lo siguiente:

$$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 10\%.$$

La desviación estándar de la frecuencia peak debe cumplir con: $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ con el umbral detallado en Tabla 5.

La desviación estándar de la amplitud peak debe cumplir con: $\sigma_A < \theta(f_0)$ con el umbral detallado en Tabla 5.

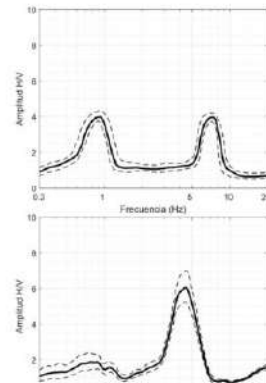
Tabla 5 - Valores umbral para condiciones de estabilidad.

Rango de frecuencia (Hz)	$\varepsilon(f_0)/f_0$	$\theta(f_0)$
< 0.2	0.25	3
0.2 – 0.5	0.20	2.5
0.5 – 1.0	0.20	2.0
1.0 – 2.0	0.20	1.78
> 2.0	0.10	1.58

Curva de múltiples peaks: Este tipo de curva se define para sitios que presentan más de una frecuencia peak. Los múltiples peaks pueden no cumplir con los criterios de peak claro, de lo cual se puede generalizar lo siguiente:

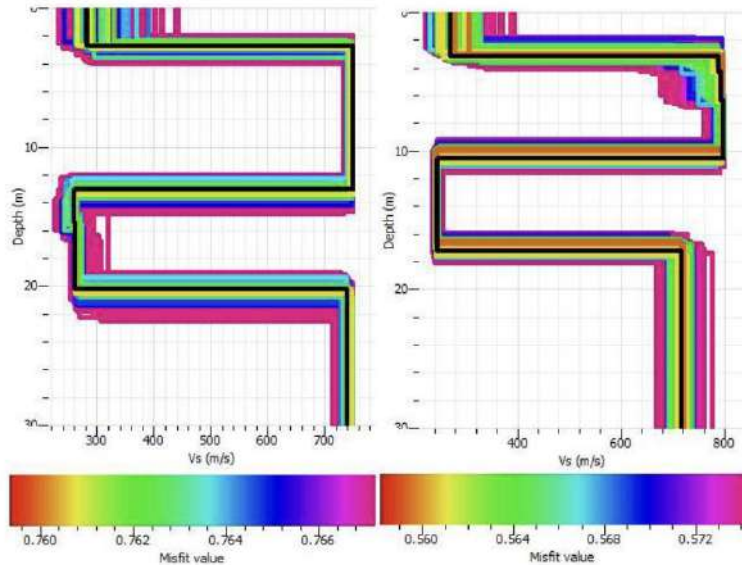
Se considera la frecuencia predominante (f_0) como la menor entre los múltiples peaks que cumplen con al menos tres de las seis verificaciones de la sección 7.2.2.2 (criterio de peak claro). (c.g., Figura 15a).

Para el caso excepcional en el que sólo un peak de los identificados sea considerado peak claro (según sección 7.2.2.2), éste se considerará como la frecuencia predominante del sitio (f_0) (por ejemplo, Figura 15b).



ALGUNOS CASOS CON INVERSION

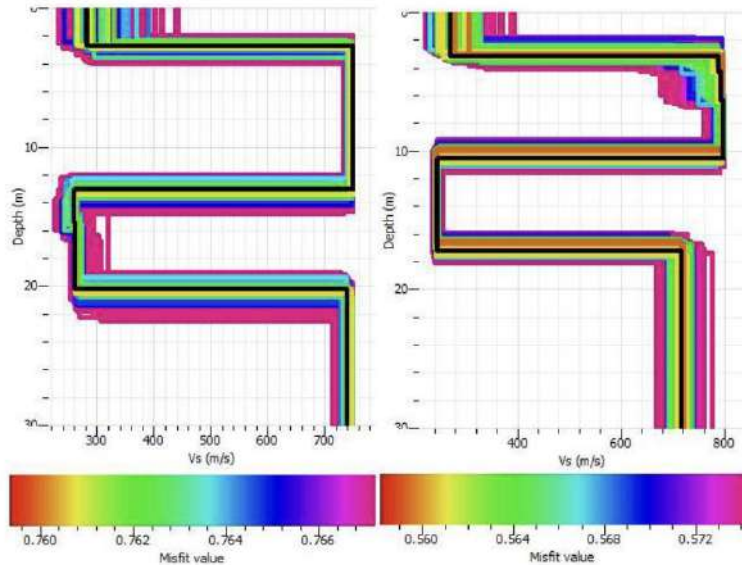
CASO CON INVERSION



Perfil N°1 Vs_30 = 461.36 m/s

Perfil N°2 Vs_30 = 455.67 m/s

CASO CON INVERSION

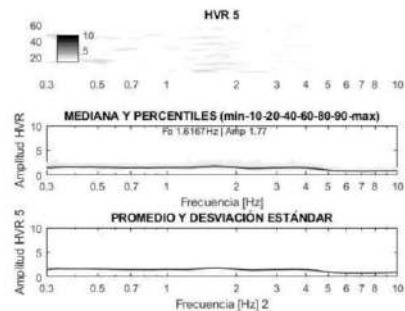
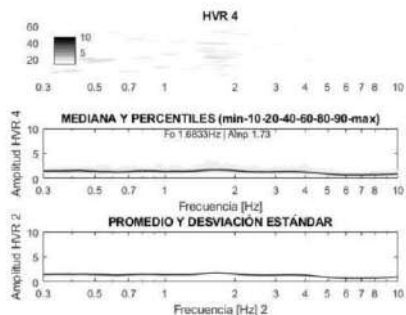
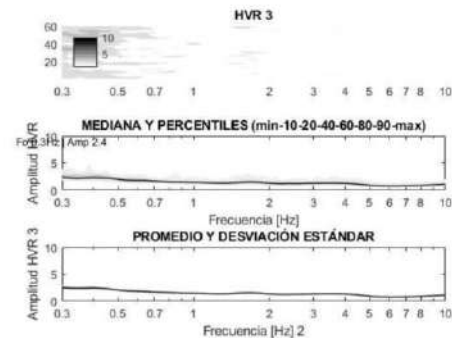
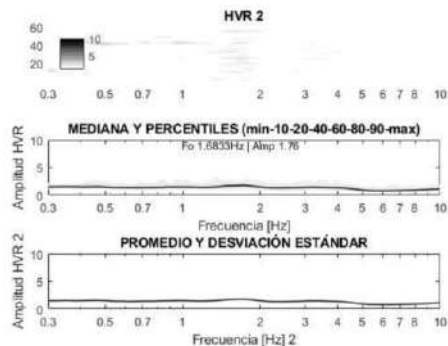
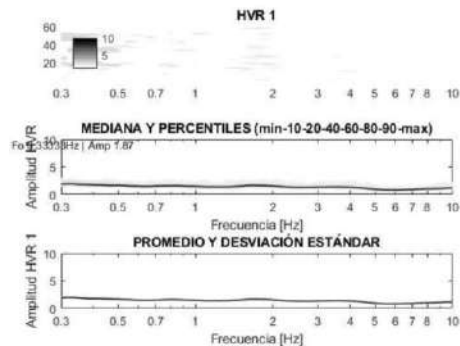


Perfil N°1 Vs_30 = 461.36 m/s

Perfil N°2 Vs_30 = 455.67 m/s

Como creen se ve H/V ?

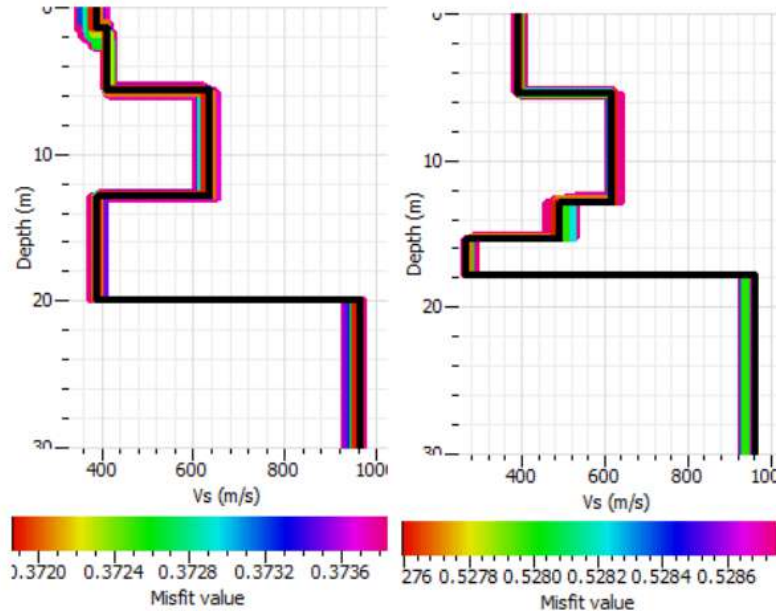
CASO CON INVERSION



CM Código
Modelo
Sismico
América Latina y El Caribe

This is an aerial map view from Google Earth showing a region in Mexico. A yellow location pin is placed at the coordinates 24.639. The map displays a network of roads, including a major yellow road labeled 'INTEGRA' and several smaller roads like 'Av. Lo Ovalle' and 'Av. El Parron'. Various towns and communities are labeled, such as 'LA CASTRINA', 'POBLACION YUNRAY DE LA GRANJA', 'BELLA VISTA DE LA FLORIDA', and 'VILLAS NUEVO AMANECER'. The terrain is a mix of urban areas and open land. A scale bar at the bottom indicates distances in kilometers, ranging from 0 to 10. The Google Earth logo is visible in the bottom right corner.

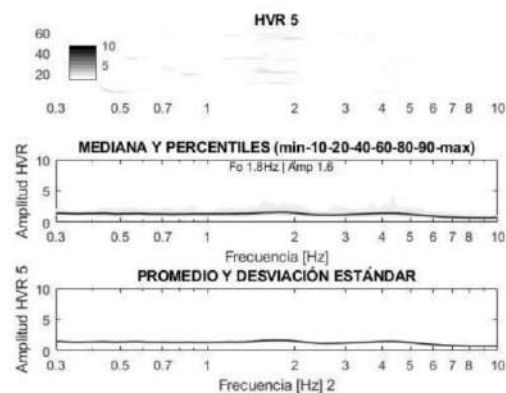
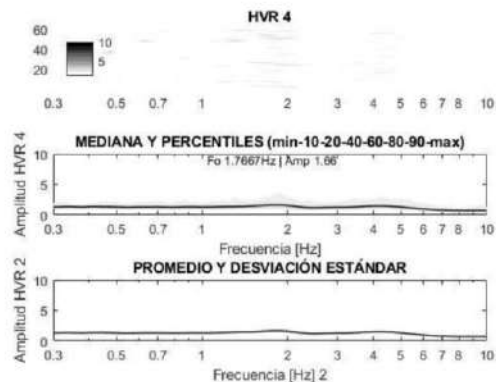
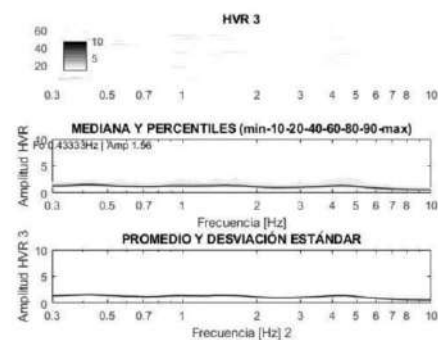
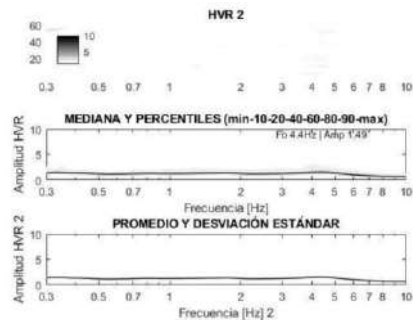
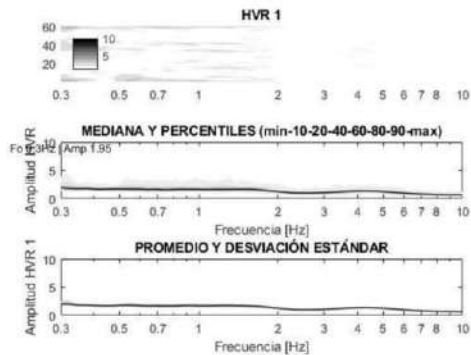
CASO CON INVERSION



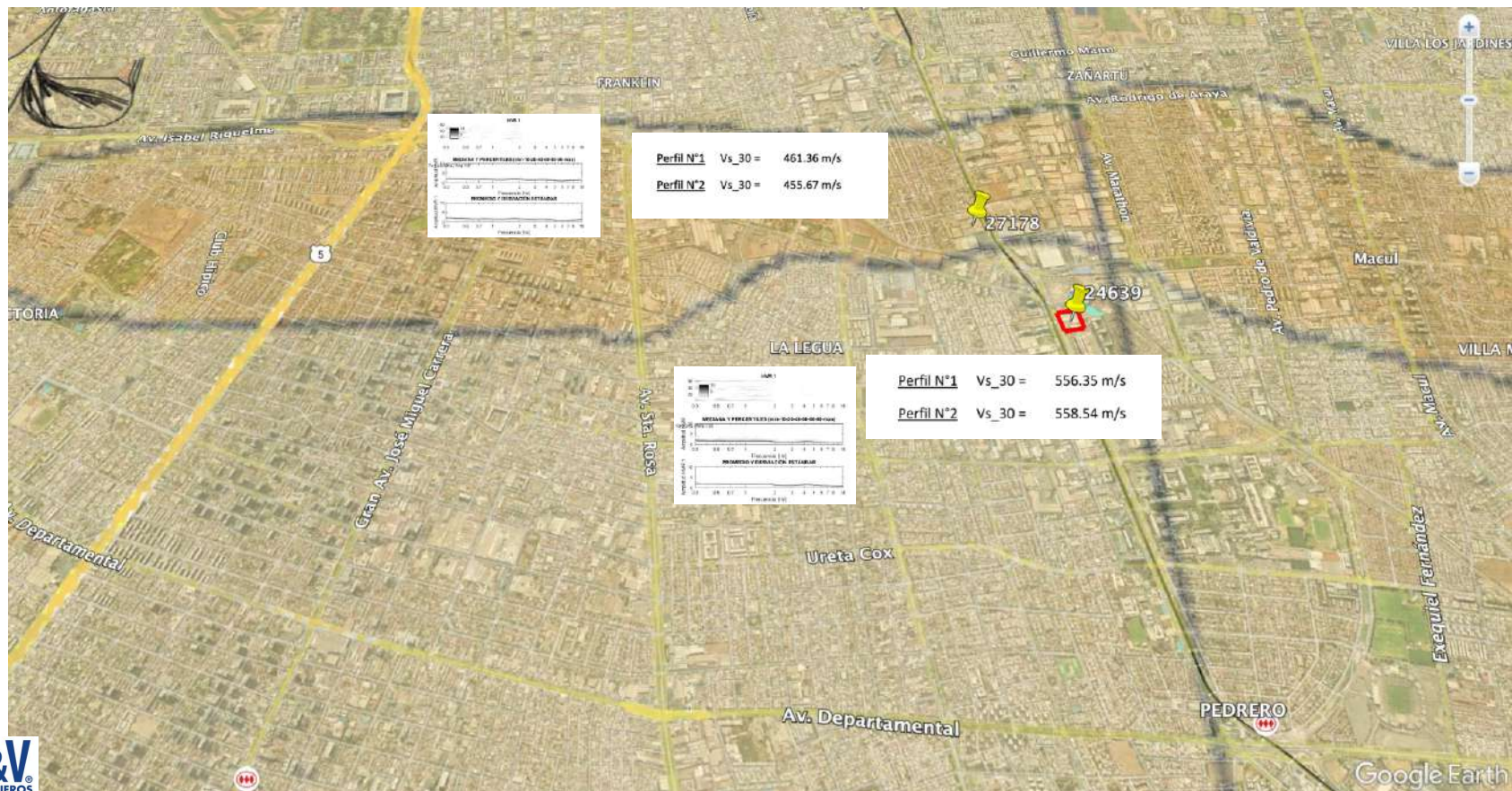
Perfil N°1 $V_{s_30} =$ 556.35 m/s

Perfil N°2 $V_{s_30} =$ 558.54 m/s

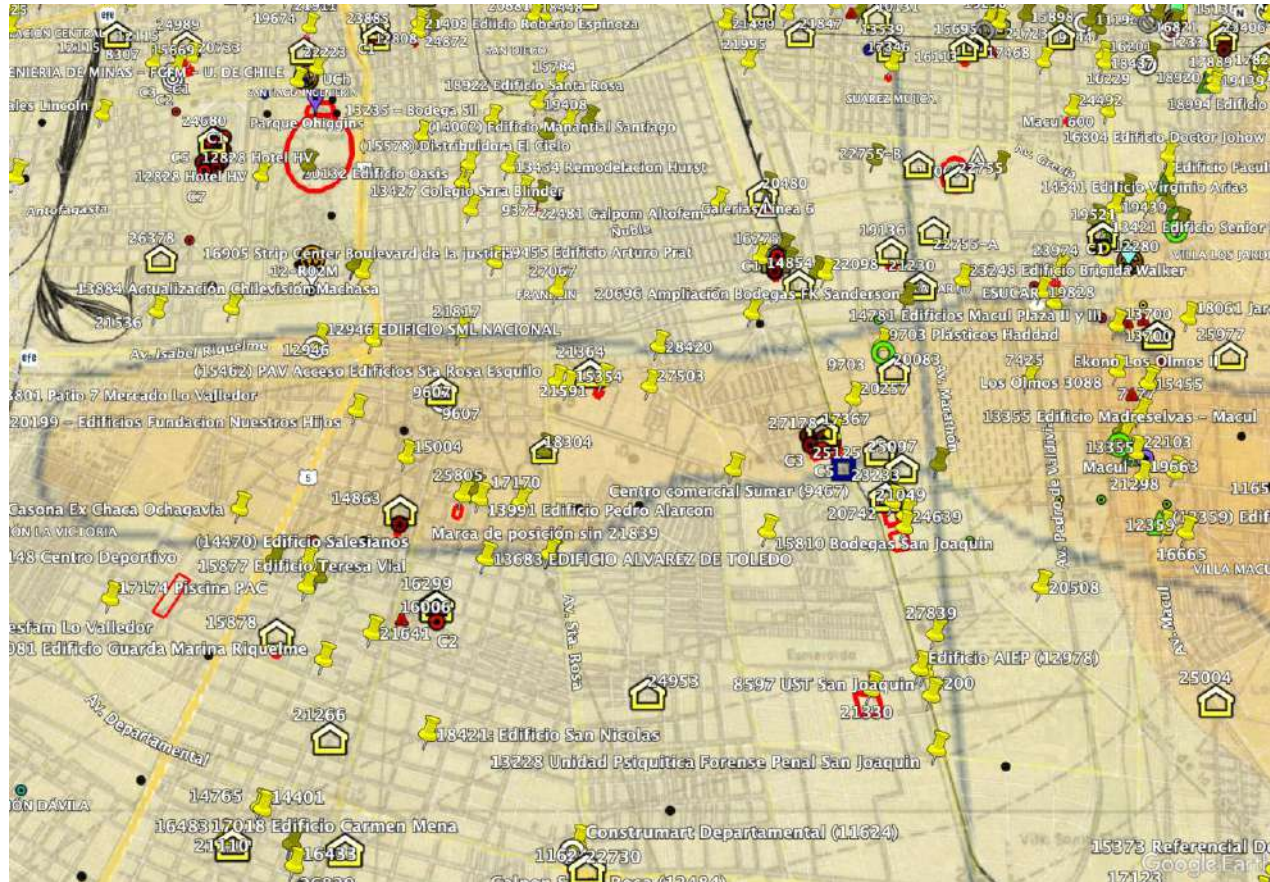
CASO CON INVERSION



Importancia del Vs bien medido



Importancia del Vs bien medido



329

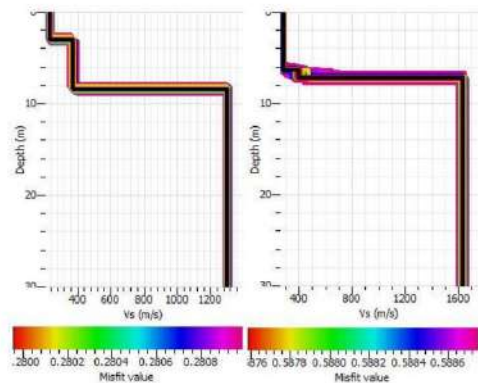
Por sus características singulares, los sitios Tipo F requieren estudios específicos para determinar espectros de diseño, y/o seleccionar registros sísmicos. Los sitios Tipo F incluyen:

INSTITUTO NACIONAL
DE NORMALIZACION

- Configuraciones de estratos de suelos contiguos de rigideces muy diferentes, tal que la amplitud de la razón espectral H/V en la vecindad de T_g , estimada según NCh3793, debe ser mayor que 4,5. Estas configuraciones deben incluir un estrato con una velocidad de propagación de la onda de corte mayor que o igual a 650 m/s, dentro de una profundidad menor que o igual a 25 m.

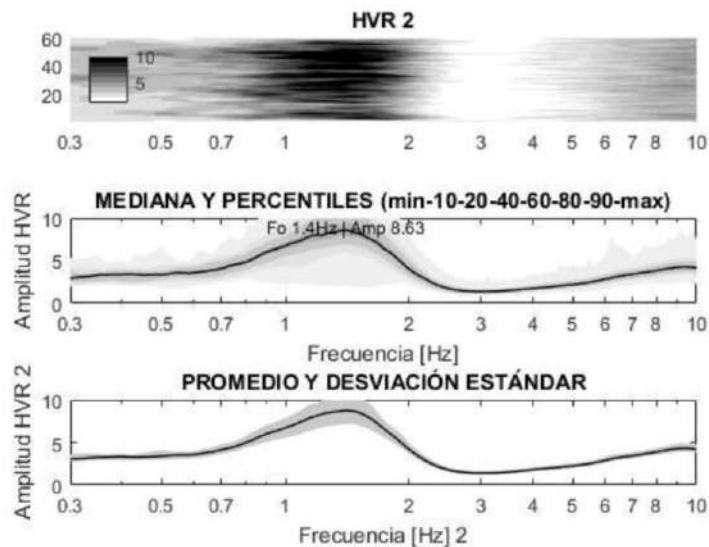
CASO ONDAS SOBRE 500m/S pero H/V no plano



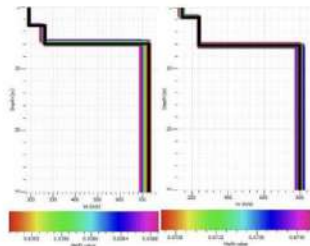


Perfil N°1 Vs₃₀ = 683.27 m/s

Perfil N°2 Vs₃₀ = 774.72 m/s



CASO ONDAS SOBRE 500m/S pero H/V no plano



Perfil N°1 Vs₃₀ = 505.28 m/s

Perfil N°2 Vs₃₀ = 507.71 m/s

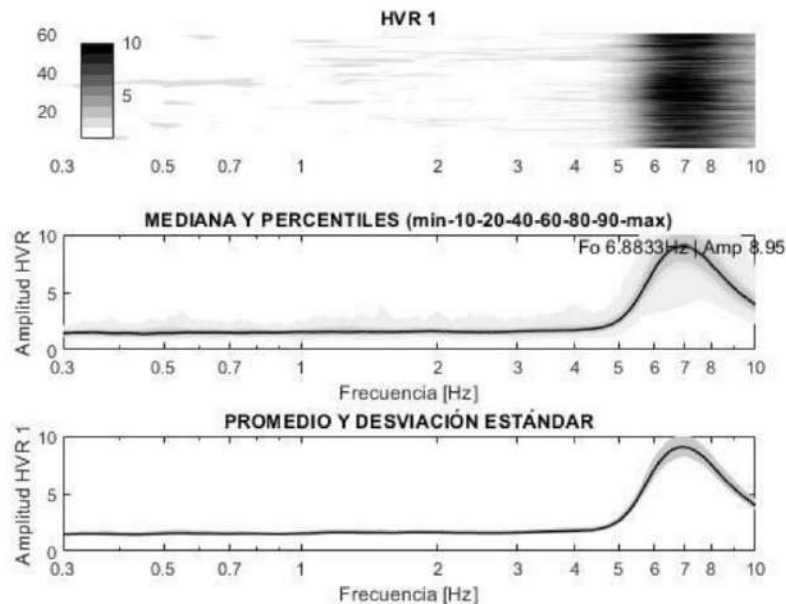
Fig. 9: Perfil de velocidades de corte (Vs) en estratos hasta 30m de profundidad. A la izquierda Perfil N°1 y a la derecha Perfil N°2.

Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	2.96	199.47
2.96	5.94	260.09
5.94	30.00	727.42

Fig. 10: Perfil de velocidad de ondas de corte Vs, Perfil N°1.

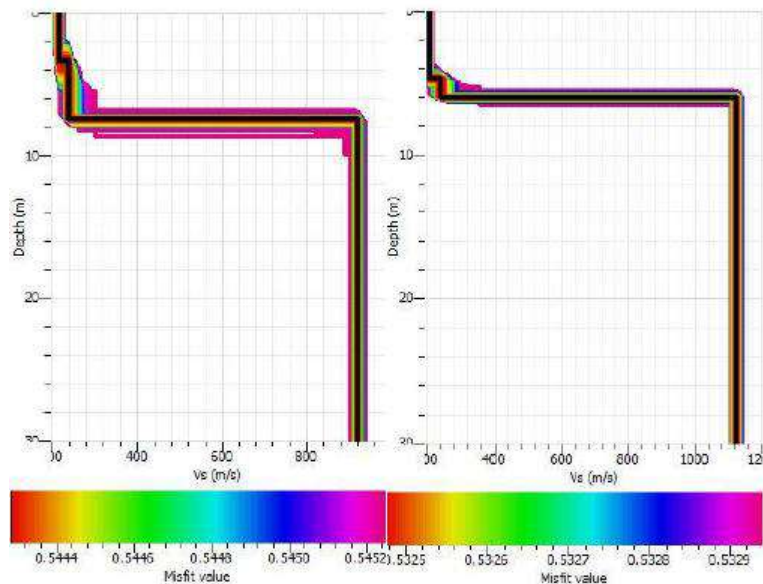
Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	1.57	151.62
1.57	6.19	243.81
6.19	30.00	799.40

Fig. 11: Perfil de velocidad de ondas de corte Vs, Perfil N°2.



Estructura emplazada en la comuna de Calama con
una superficie proyectada de 750m² y 6m de altura





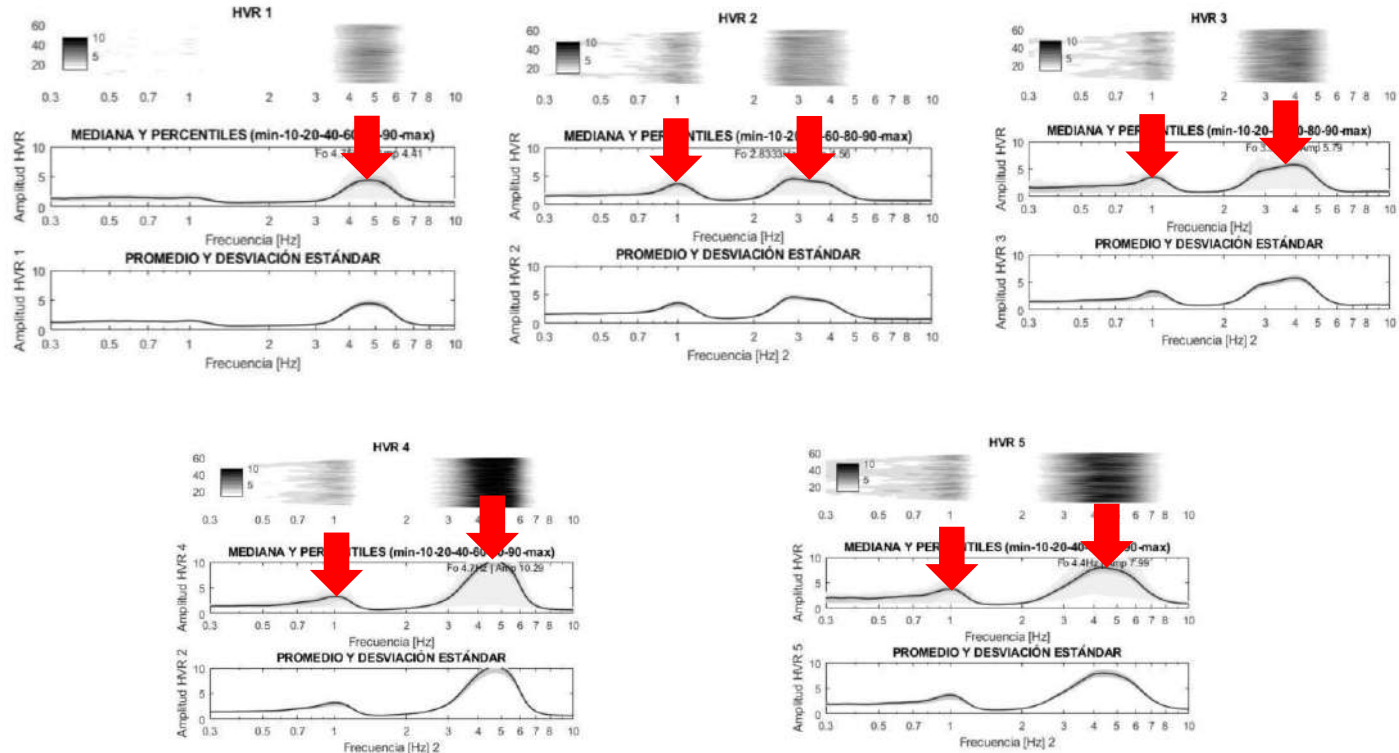
Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	3.34	216.69
3.34	7.46	239.55
7.46	30.00	919.77

Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	4.57	203.64
4.57	6.02	244.08
6.02	30.00	1120.58

Perfil N°1 Vs₃₀ = 525.22 m/s

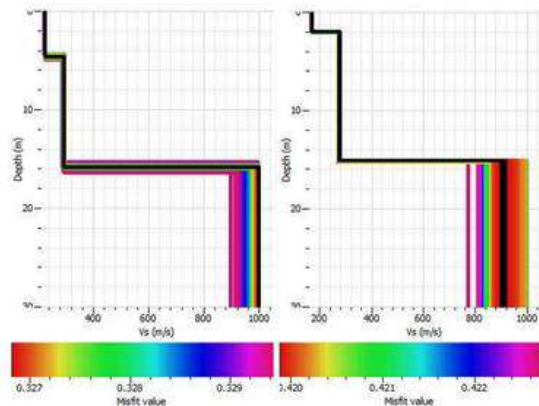
Perfil N°2 Vs₃₀ = 602.63 m/s

CASO DOBLE PEAK



CASOS DOBLE PEAK

Fig. 9: Perfil de velocidades de corte (V_s) en estratos hasta 30m de profundidad. A la izquierda Perfil N°1 y a la derecha Perfil N°2.



Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	2.83	215.34
2.83	15.12	266.62
15.12	30.00	953.44

Fig. 10: Perfil de velocidad de ondas de corte V_s , Perfil N°1.

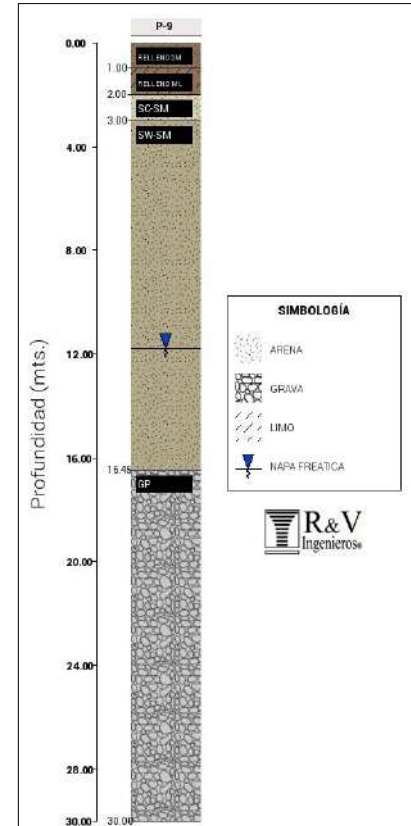
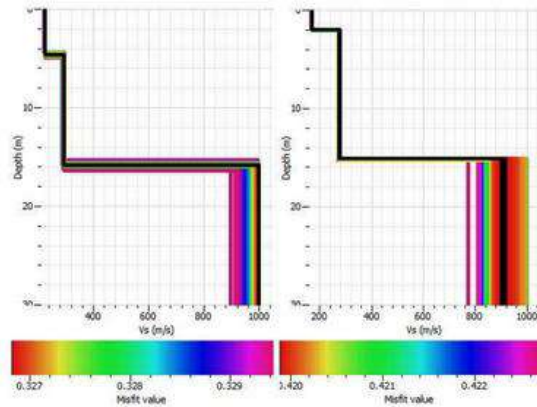
Desde (m.)	Hasta (m.)	Velocidad (m/s)
0.00	2.11	175.11
2.11	15.25	278.98
15.25	30.00	931.88

Fig. 11: Perfil de velocidad de ondas de corte V_s , Perfil N°2.

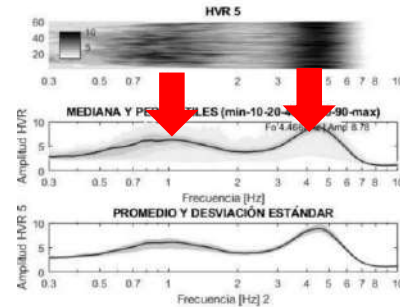
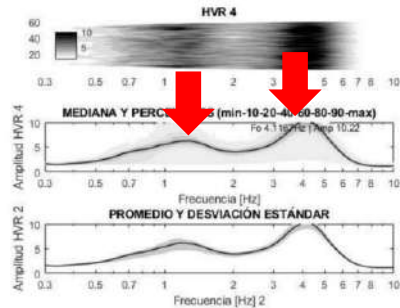
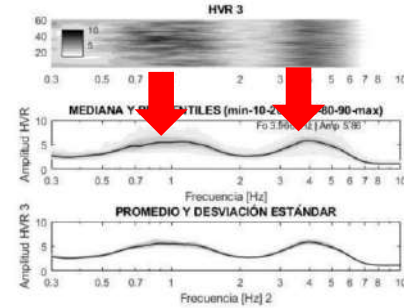
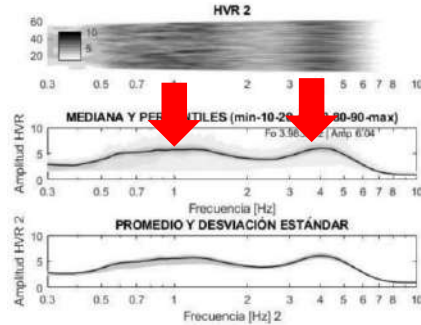
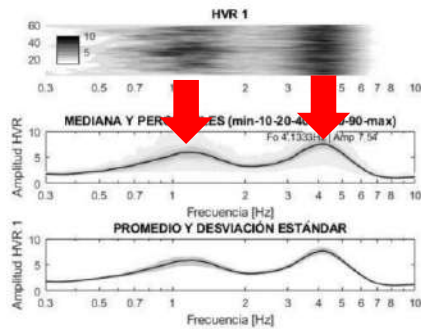
Perfil N°1 $V_{s_30} = 403.66 \text{ m/s}$

Perfil N°2 $V_{s_30} = 400.65 \text{ m/s}$

CASO DOBLE PEAK



CASO DOBLE PEAK



Cuando los parámetros F_{10} y T_p se estiman mediante técnicas basadas en ondas de superficie, se debe **destacar** según NCh1793.

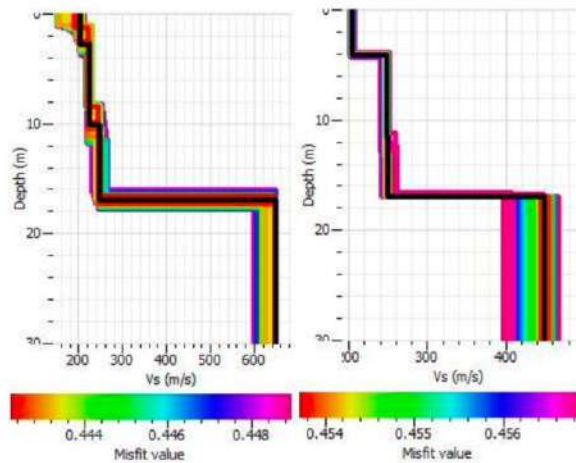
La clasificación y caracterización sísmica de suelos para el diseño estructural que se realice debe considerar los estratos de suelo que influyen en la respuesta sísmica de la estructura en estudio. Se deben definir las disposiciones de diseño adicionales a las presentadas en esta norma que sean necesarias a fin de garantizar los objetivos de desempeño establecidos.

Cuando la información sobre el suelo de fundación permita clasificarlo dentro de dos o más tipos de suelo, se debe optar por la Clasificación Sísmica que resulte en el caso más **desfavorable**. De **cualquier** manera de reconstrucción con la estratigrafía de las primeras 30 m, se debe clasificar y definir a través de exploraciones complementarias para identificar si existen o no discontinuidades laterales que requieran una caracterización coherente del sitio.

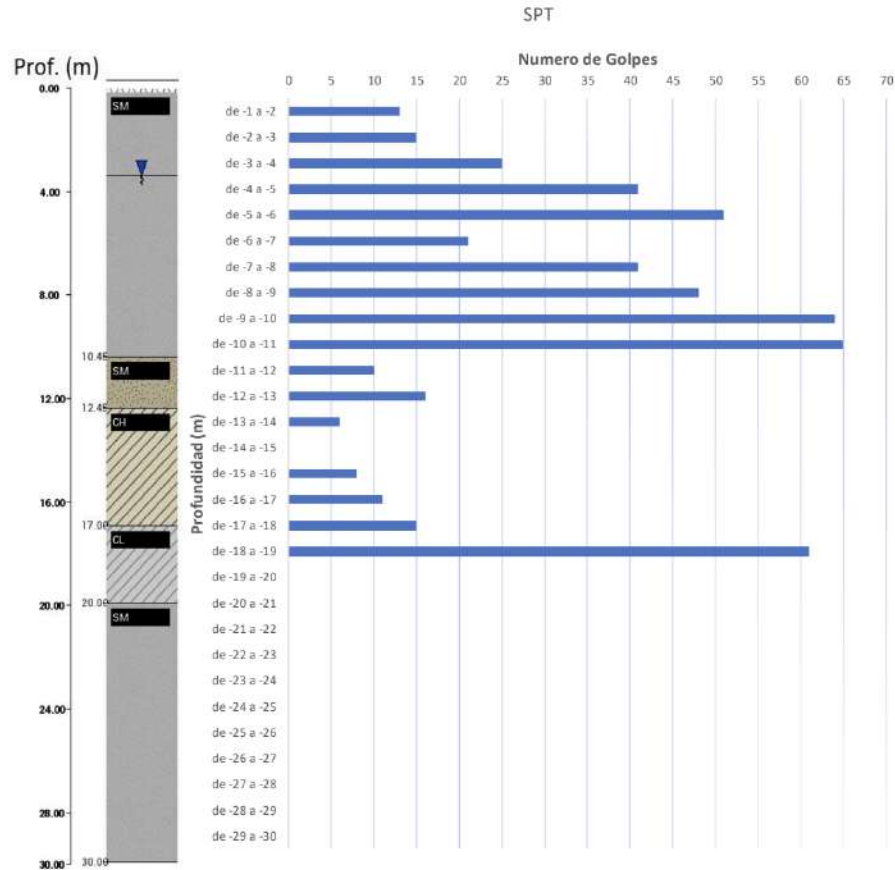
Para clasificar un sitio se debe utilizar la Tabla 4, considerando como primer requisito el valor de F_{10} del sitio en estudio. Con esto se establece una primera posible clasificación. Para definir esta clasificación, se debe verificar el cumplimiento del periodo predominante, T_p , determinado por la F_{10} . En el caso que no se cumpla el segundo requisito (periodo predominante, T_p) indicado en Tabla 4, la primera posible clasificación se debe reducir en un grado. Sin embargo, el criterio de diseño debe ser el mayor entre el obtenido con la clasificación reducida y la primera obtenida por F_{10} .

La clasificación sísmica requiere conocer la estratigrafía del subsuelo hasta una profundidad mínima de 30 m, medidos desde la superficie natural del terreno.

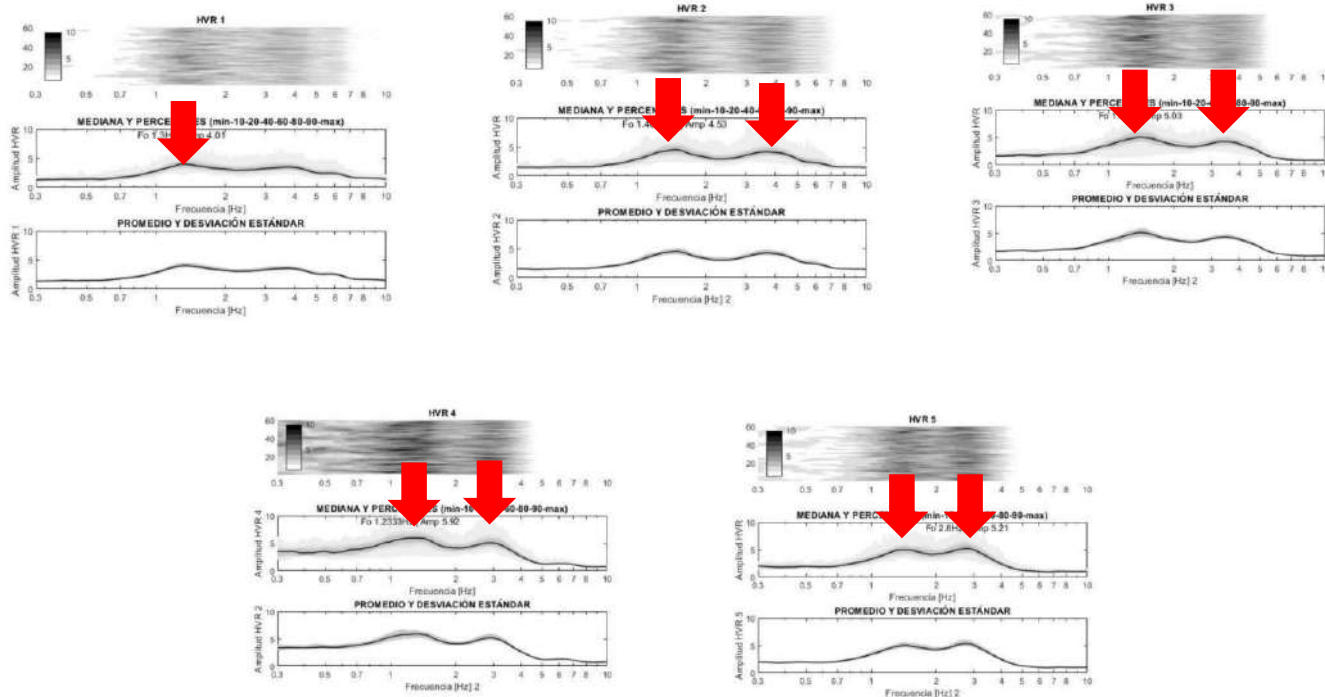
CASO DOBLE PEAK



CASO DOBLE PEAK

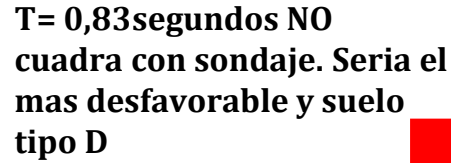


CASO DOBLE PEAK

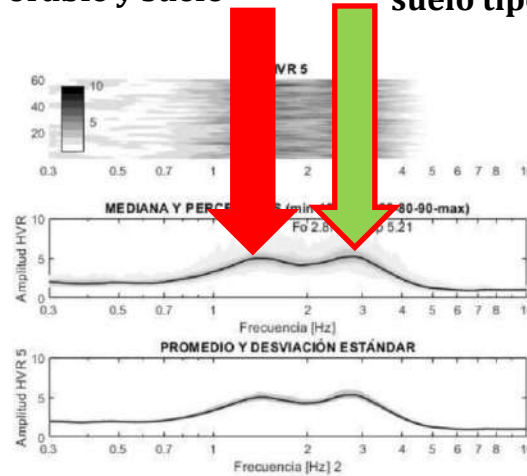


CM Código
Modelo
Sismico
América Latina y El Caribe

T= 0,33



T= 0,33segundos OK
cuadra con sondaje.
suelo tipo C



Suelo Tipo		V_{s30} [m/s]	T_g [s]
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$< 0,15$ (o HVV plano)
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500	$< 0,30$ (o HVV plano)
C	Suelo denso o firme	≥ 350	$< 0,40$ (o HVV plano)
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180	$< 1,00$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180	

CASO DOBLE PEAK

Figura 14 - Ejemplo curva H/V con único *peak*

- II. Curva de múltiples *peaks*: Este tipo de curva se define para sitios que presentan más de una frecuencia *peak*. Los múltiples *peaks* pueden o no cumplir con los criterios de *peak* claro, de lo cual se puede generalizar lo siguiente:

Vencimiento consulta pública: 2024.12.11

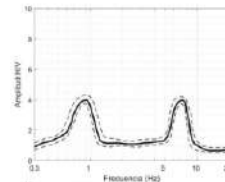
29



F307-01-15v03

PROYECTO DE NORMA EN CONSULTA PÚBLICA – prNCh3793

- Se considera la frecuencia predominante (f_0) como la menor entre los múltiples *peaks* que cumplen con al menos tres de las seis verificaciones de 7.2.2.2 (criterios de *peak* claro) (p.e., Figura 15a).
- Para el caso excepcional en el que sólo un *peak* de los identificados sea considerado *peak* claro (según 7.2.2.2), éste se considera como la frecuencia predominante del sitio (f_0) (por ejemplo, Figura 15b)



PÚBLICA

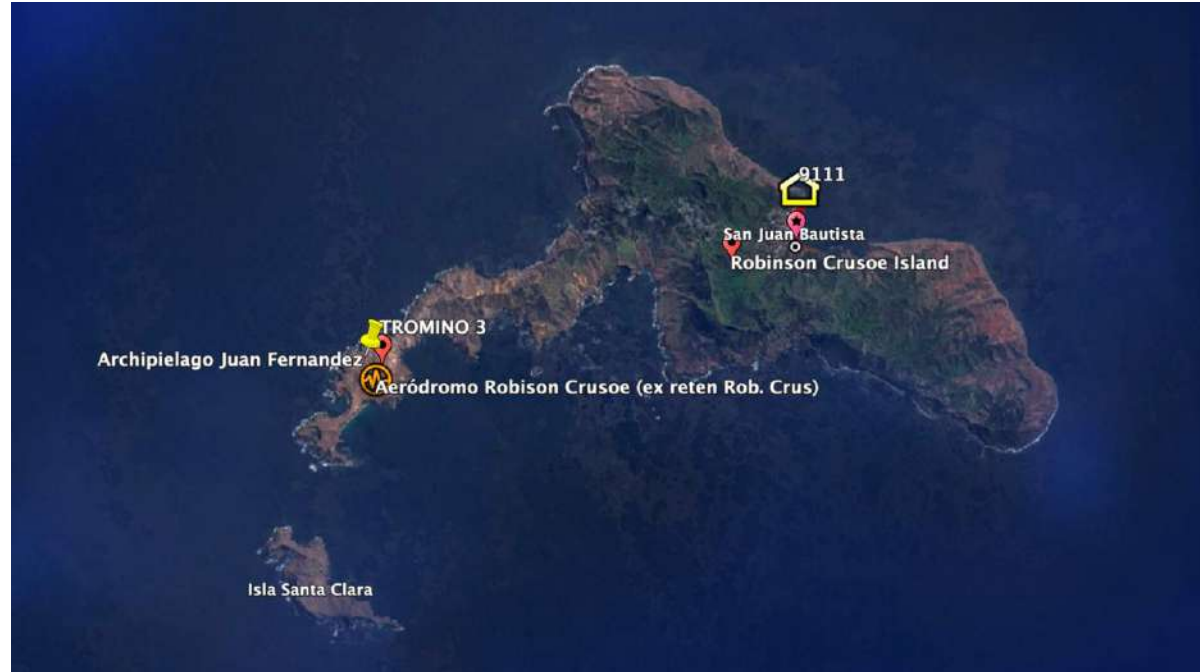
Dificultades en terreno



Dificultades en terreno



Dificultades en terreno



Dificultades en terreno



Gracias por su atención



América Latina y El Caribe

www.codigomodelosismico.org