

Aplicación de métodos geofísicos en el proyecto de Microzonificación del Gran Santo Domingo

Julio Pavlusha Bautista, MSc.

20 Julio 2021

UNPHU

Universidad Nacional
Pedro Henríquez Ureña

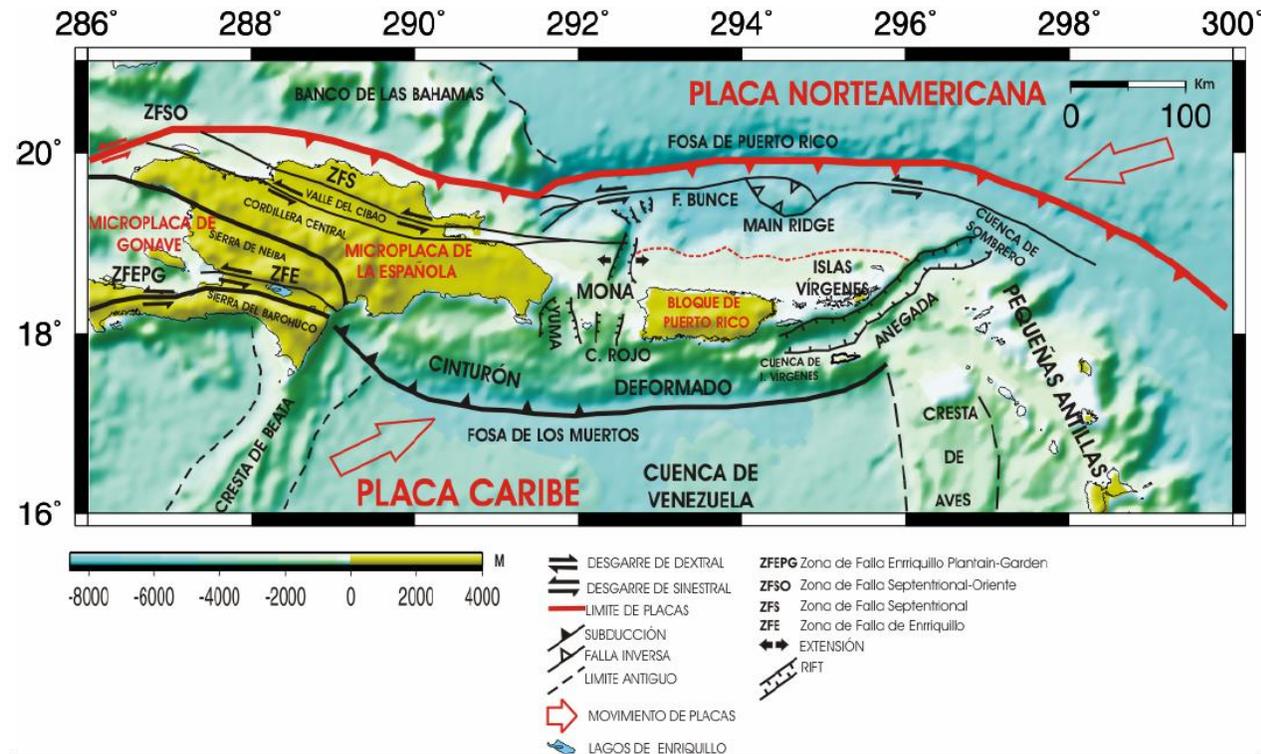
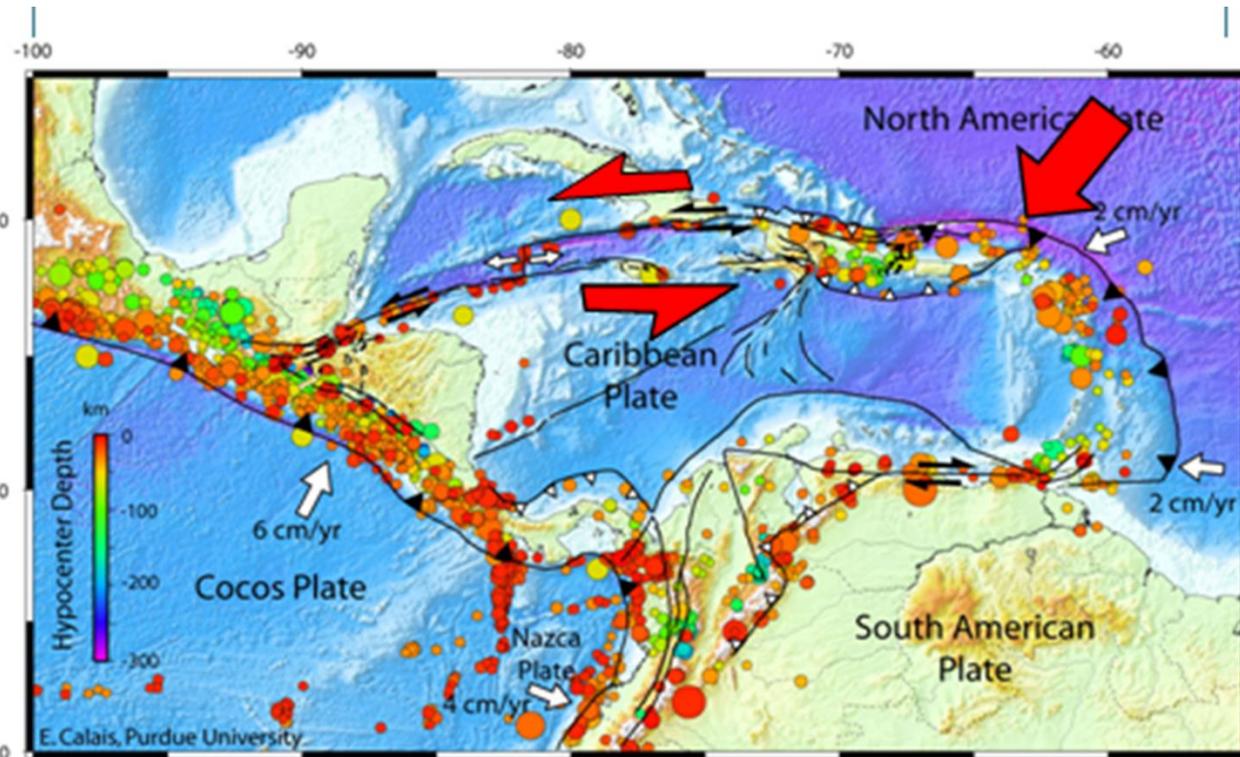


SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

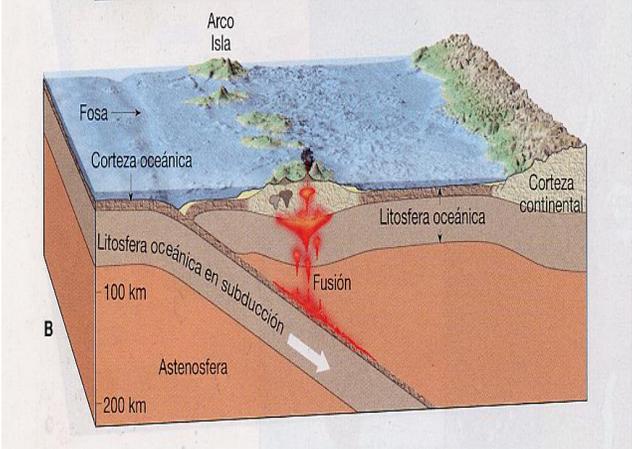
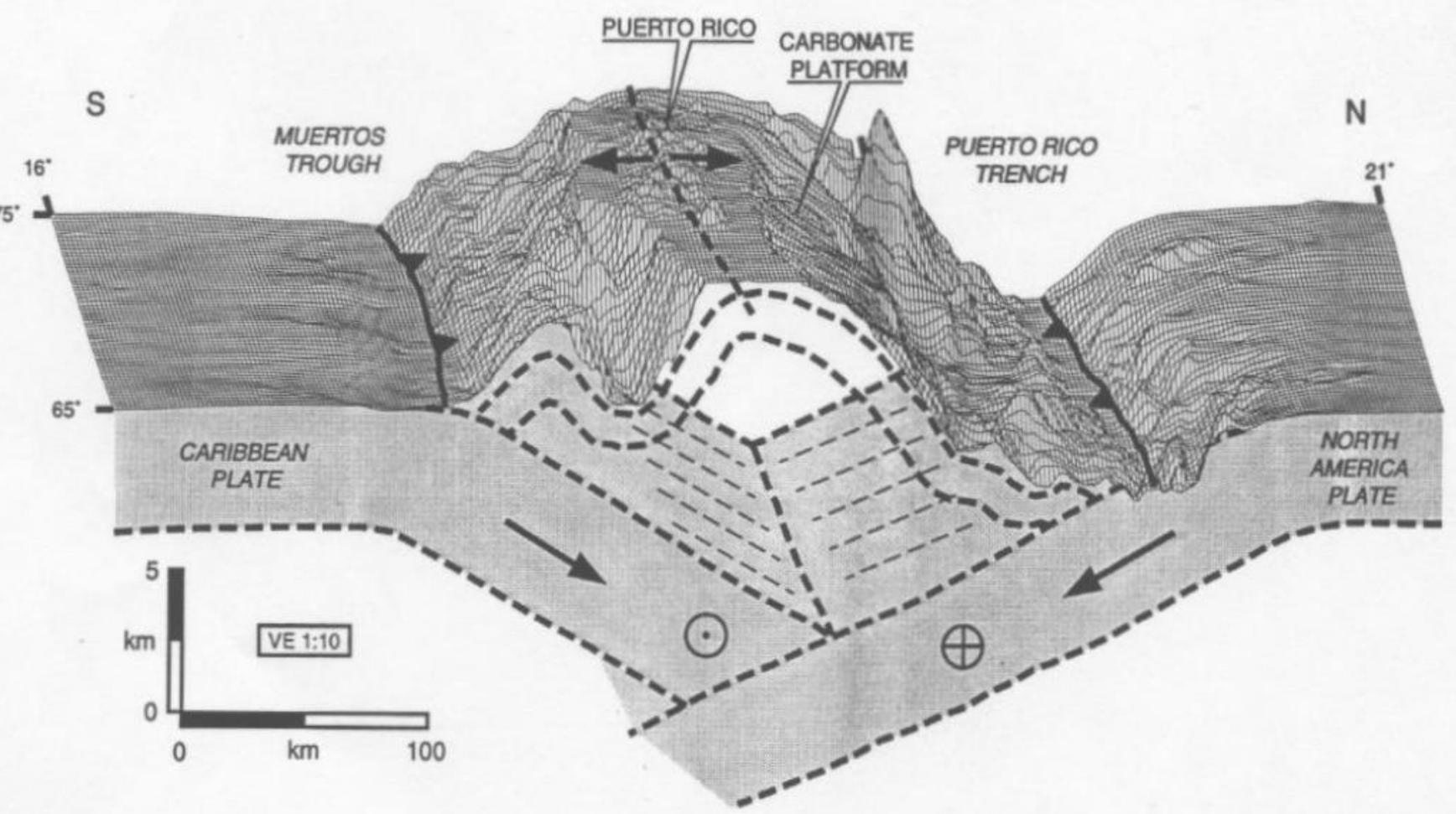
Indice

1. Antecedentes
2. Qué es un Proyecto de Microzonificación?
3. Geofísica
4. Aplicación de los métodos
5. Resultados
6. Conclusiones

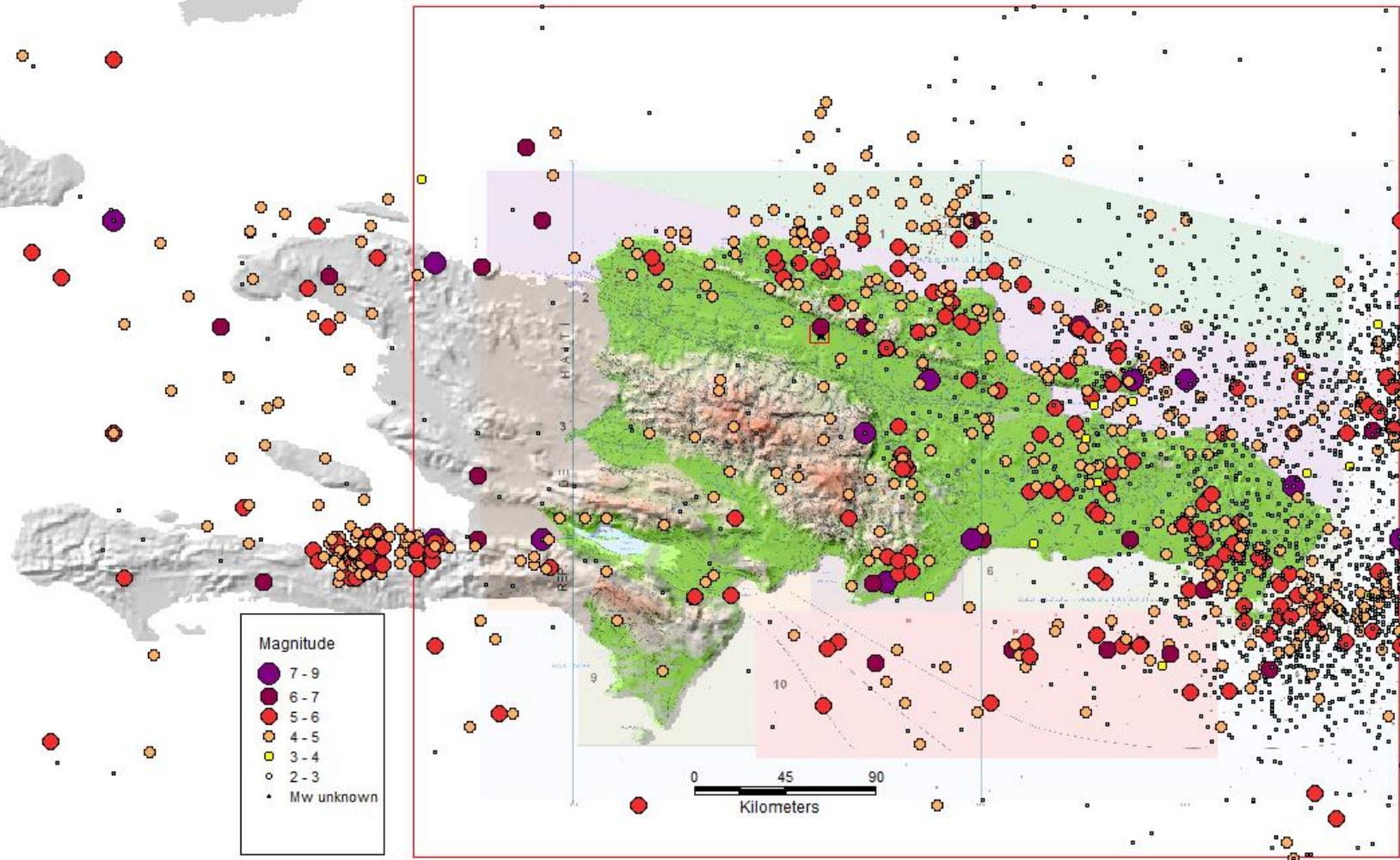
Entorno geológico



Zona de subducción



Sismos en la Hispaniola 1564-2010



Catalogo Sismico Unificado

- magnitud M_w -
period 1564-2010
- source: MIDAS, ISC,
NEIC, NOAA

Motivaciones del proyecto

Magnitude 6.5 DOMINICAN REPUBLIC REGION 2003 September 22 04:45:36 UTC

Preliminary Earthquake Report

U.S. Geological Survey, National Earthquake Information Center
World Data Center for Seismology, Denver

Magnitude 6.5

Date-Time Monday, September 22, 2003 at 04:45:36 (UTC) - Coordinated Universal Time
Monday, September 22, 2003 at 12:45:36 AM local time at epicenter
[Time of Earthquake in other Time Zones](#)

Location 19.81N 70.63W

Depth 10.0 kilometers

Region DOMINICAN REPUBLIC REGION

Reference NEAR Puerto Plata, Dominican Republic
35 km (20 miles) N of Santiago, Dominican Republic
160 km (100 miles) NNW of SANTO DOMINGO, Dominican Republic
1185 km (730 miles) ESE of Miami, Florida

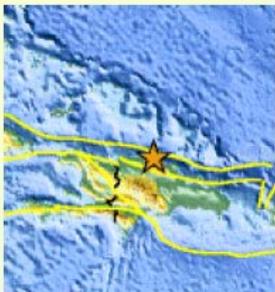
Location Quality Error estimate: horizontal +/- 4.6 km; depth fixed by location program

Location Quality Nst=182, Nph=182, Dmin=366.7 km, Rmss=1.13 sec, Erho=4.6 km, Erzz=0 km, Gp=45.5 degrees

Parameters

Source USGS NEIC (WDCS-D)

Remarks One person killed at Puerto Plata, two people died of heart attacks at San Francisco de Macoris, 15 people injured, many buildings destroyed or damaged in the Puerto Plata-Santiago area. Communications systems damaged, landslides on several highways in the epicentral area. Felt throughout the Dominican Republic. Also felt in western Puerto Rico.



MAPA PRELIMINAR DE ISOSISTAS; 22/09/03; Ms=6.5 (basado en información obtenida por medio de la prensa dominicana y por encuestas telefónicas; realizado por Sergio Mora/BID)



VIII = Valor de intensidad (Escala de Mercalli Modificada (IMM))

— = Isosista

★ = Epicentro; según NEIC-USGS



Puerto Plata





Puerto Plata

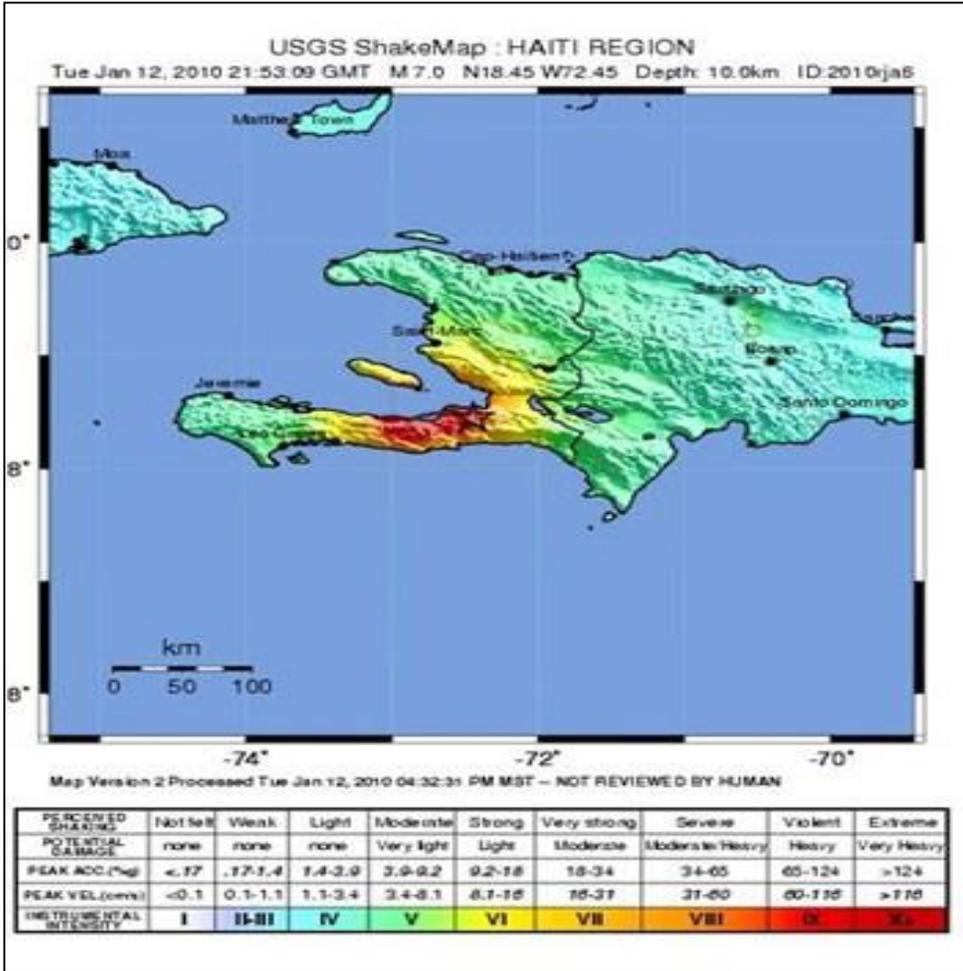


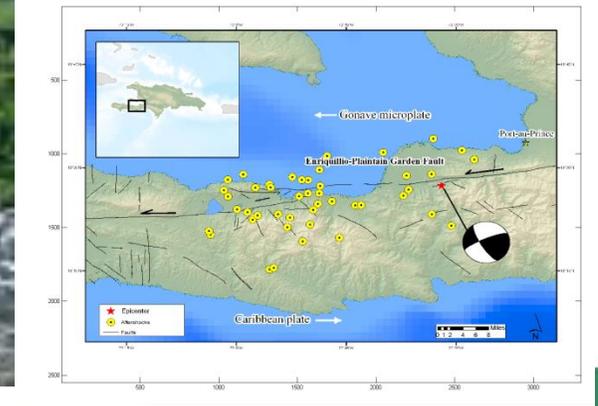
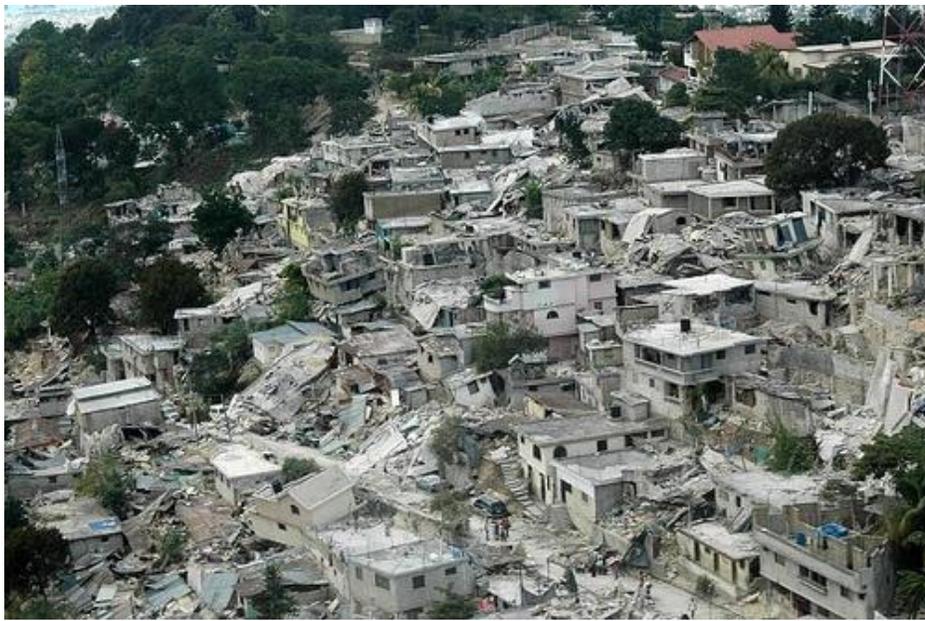


<https://www.puertoplatadigital.com/verNoticia.aspx?Id=13715>

<https://noticiasentreamigos.com.do/se-cumplen-hoy-17-anos-del-terremoto-de-puerto-plata/>

Haití 2010





ESTUDIO DE LA AMENAZA
SÍSMICA Y LA
VULNERABILIDAD
FÍSICA DEL GRAN SANTO
DOMINGO

Con el financiamiento principal de:



EL ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN DEL GRAN SANTO DOMINGO

Cliente = Estado Dominicano, SGN

Agencia de ejecución = PNUD

Duración: 30 meses

1^{er} diciembre 2013 – 31 mayo 2016

Proyecto financiado por:



*Al servicio
de las personas
y las naciones*



Unión Europea



Concepto

Un estudio de microzonificación sísmica consiste en cartografiar las zonas de respuesta sísmica homogéneas y en proponer movimientos sísmicos de referencia en cada una de estas zonas.

Microzonificación

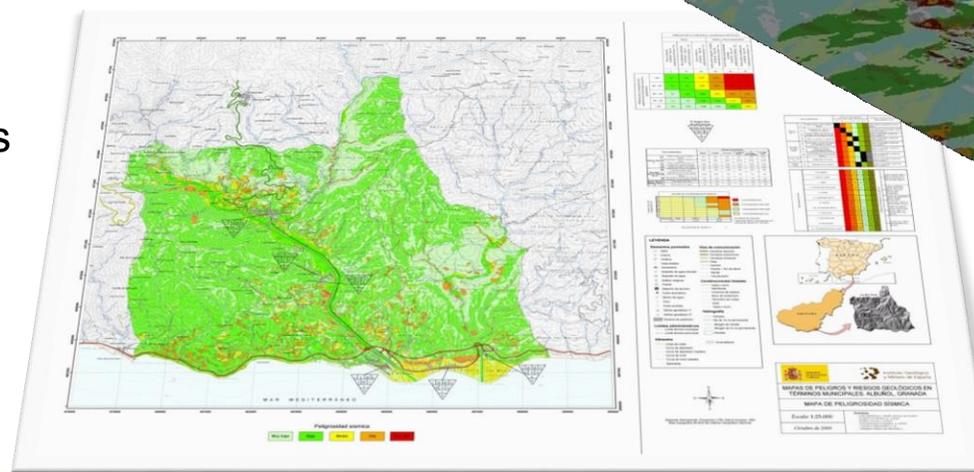
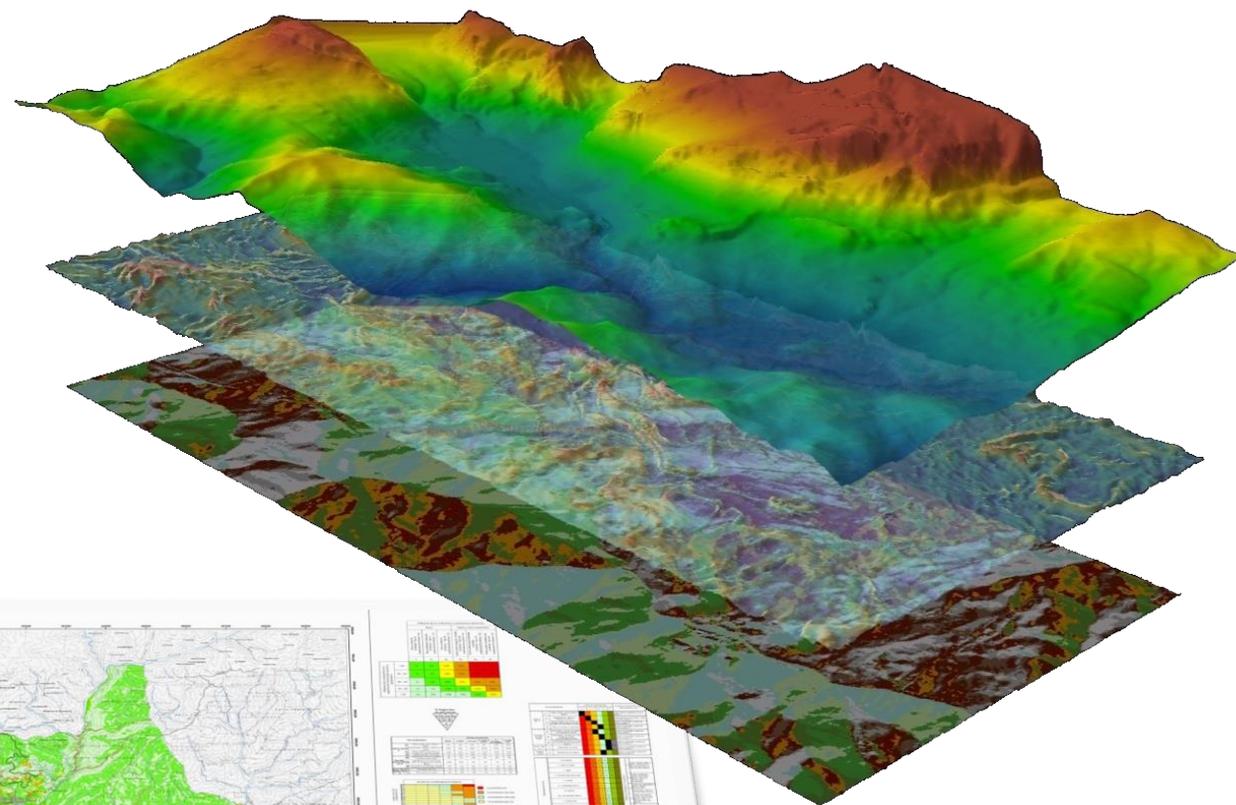
Estudio basado sobre una compilación de lo que existe

- + levantamiento geológico detallado
- + investigaciones específicas
- + análisis detallados
- + **simulaciones numéricas**

Escala 1/25.000 a 1/10.000

=> clases específicas a los suelos locales

Generar información para los tomadores de decisión





PROCESO DE MICROZONIFICACION SISMICA



1. **Compilación de datos:**

- Composición de una base de datos históricos
- Campaña de sondeos geotécnicos y geofísicos

2. **Estudio sismotectónico:** movimiento sísmico de referencia

3. **Análisis de datos:**

Geología

{ Geofísica } → **Caracterización geodinámica:**
{ Geotecnia } - zonificación preliminar
{ Topografía } - columnas de suelo tipo 1D

4. **Simulación numérica:**

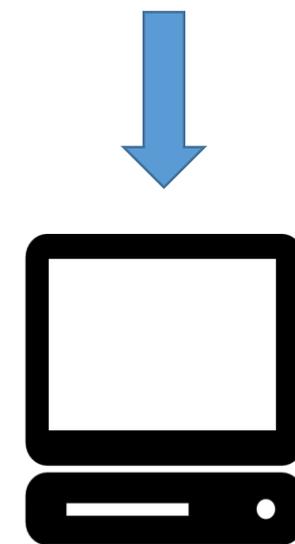
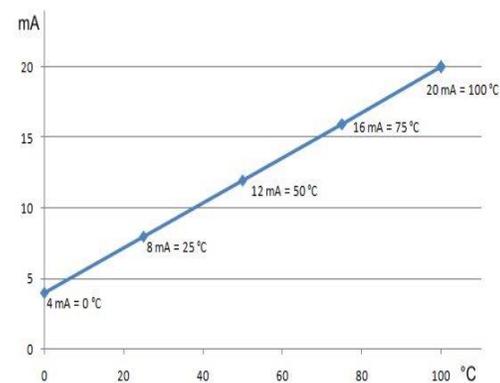
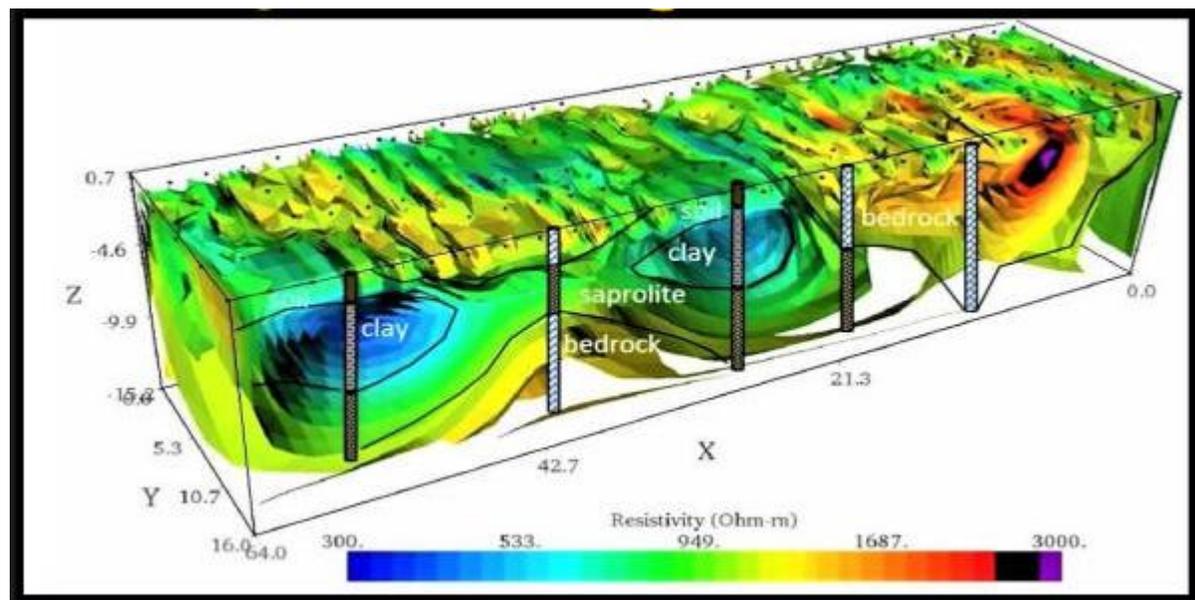
Respuesta sísmica de los suelos → espectros

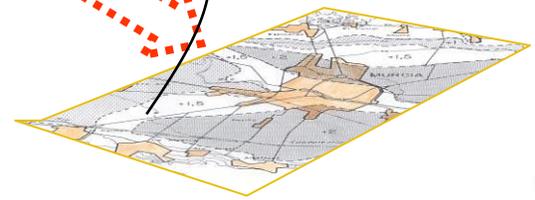
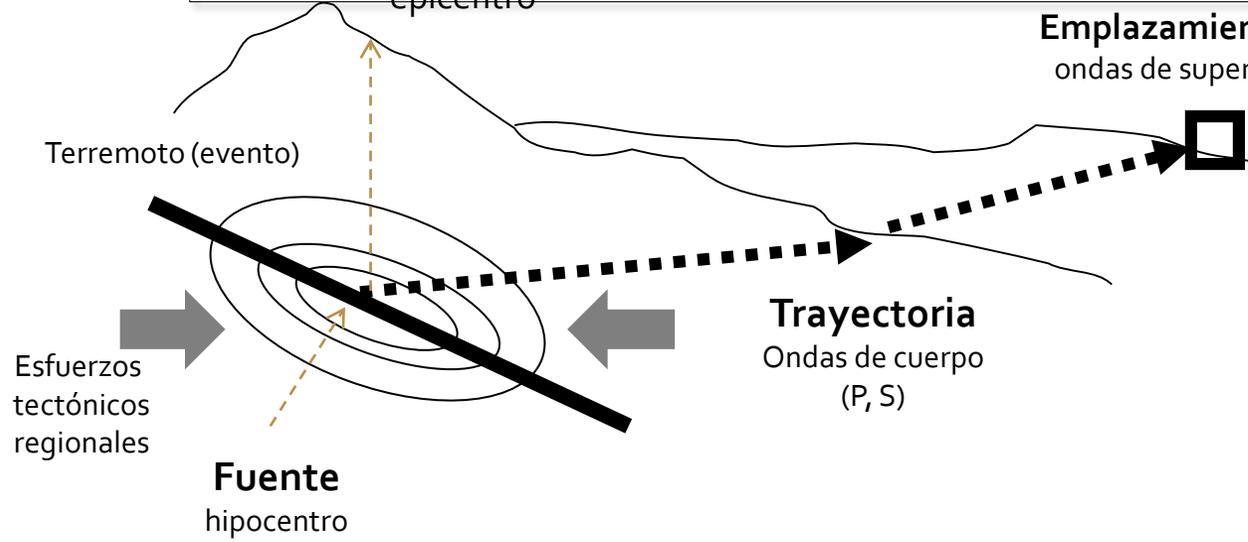
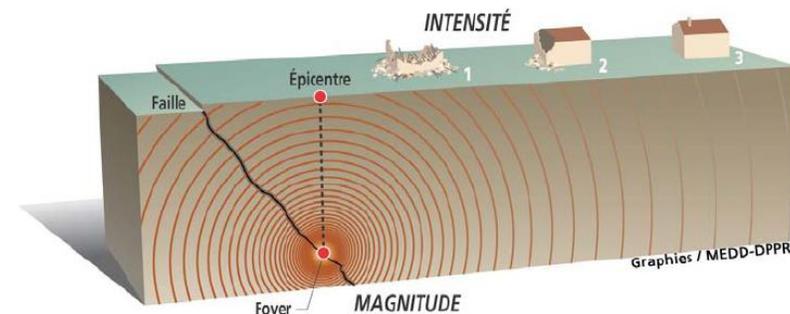
5. **Análisis de los resultados:**

Reagrupamiento de los espectros → zonificación final

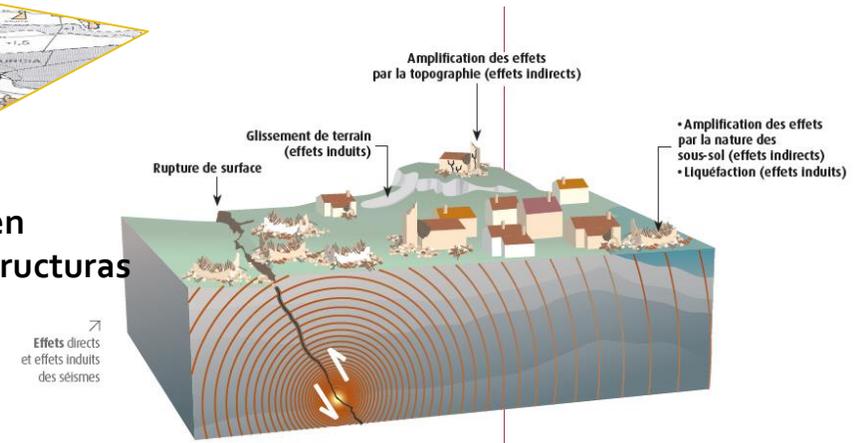


La **geofísica es una ciencia** que se encarga del estudio de la tierra y su estructura aplicando métodos matemáticos y físicos, por lo tanto, se considera una técnica indirecta de estudio del subsuelo.





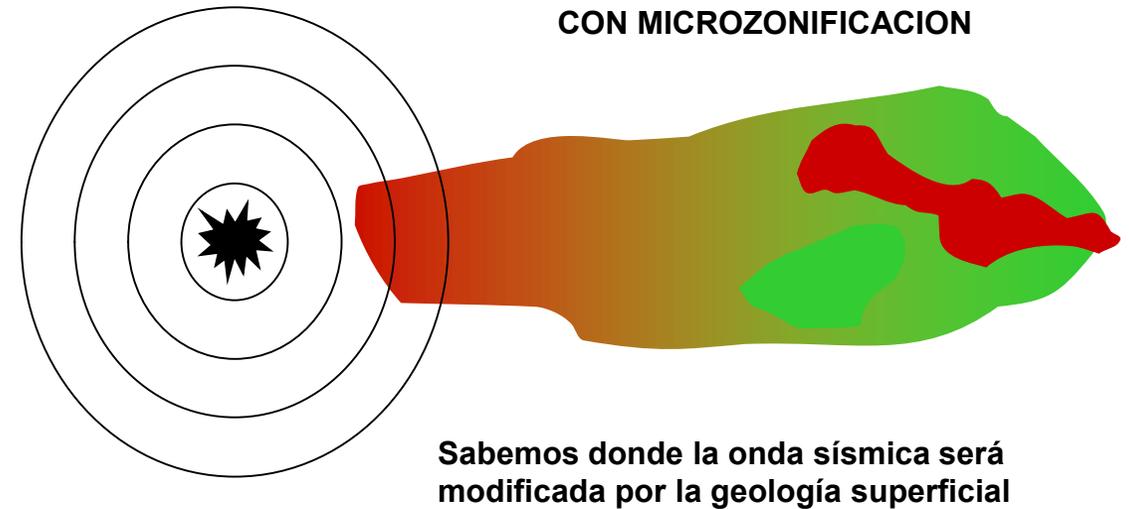
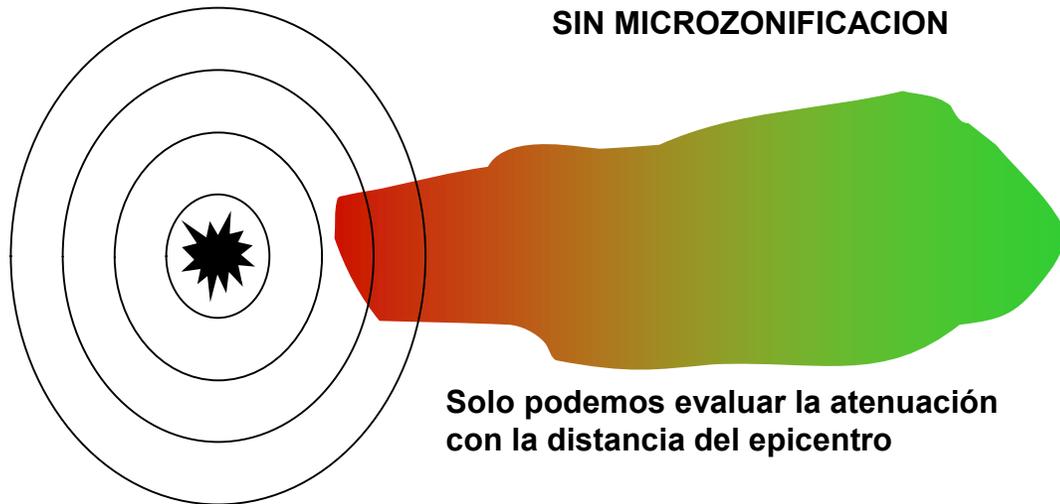
Daños en infraestructuras



MICROZONIFICACION SISMICA

En una misma ciudad, los efectos de sitio inducen de un barrio al otro, variaciones importantes del movimiento del suelo y luego de la intensidad de un sismo.

Tres aspectos a averiguar sobre la amplificación: ¿dónde, cómo y cuanto?



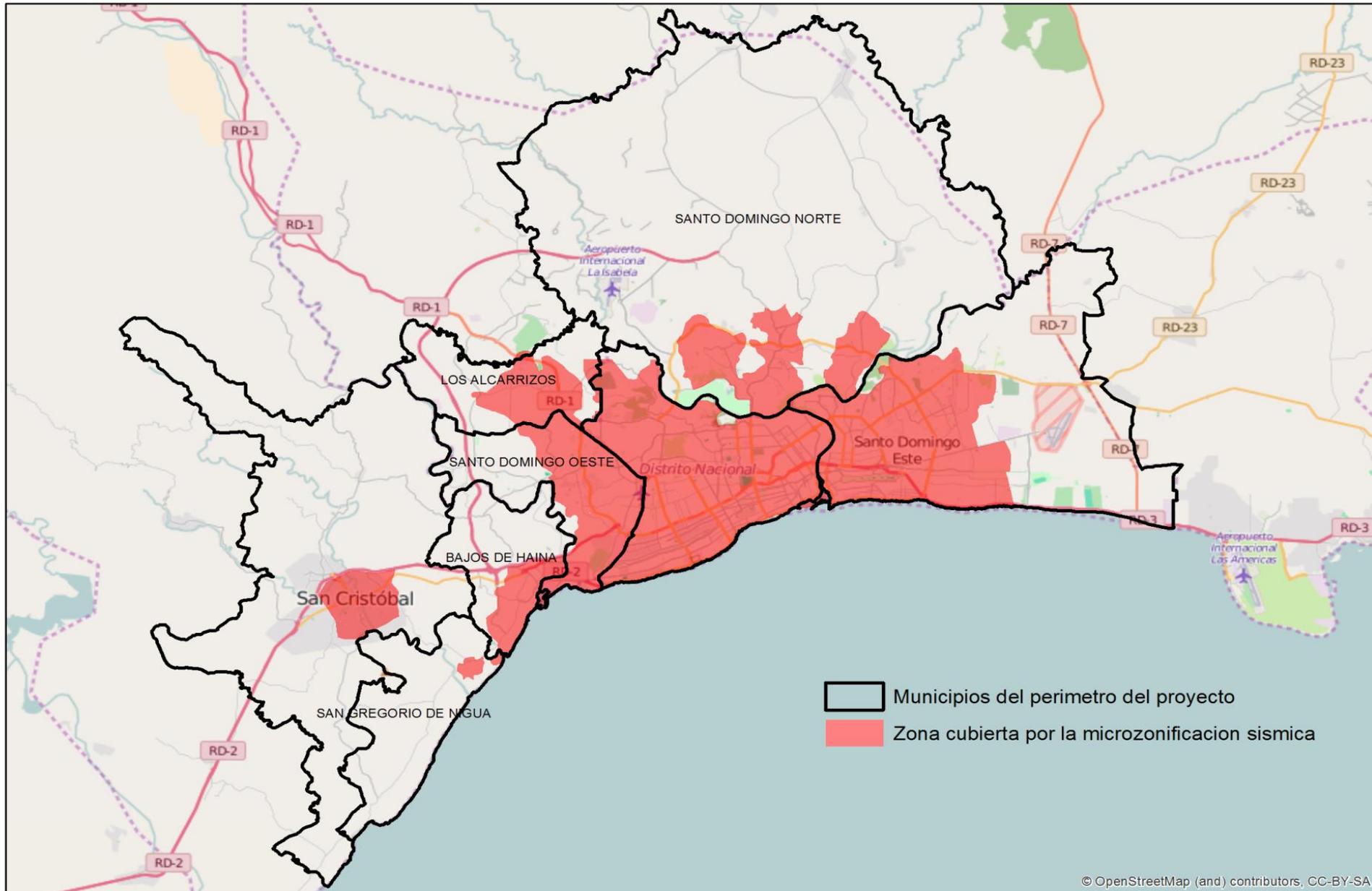
How will 3 buildings, engineered equally, on different bedrock react to an earthquake?



Two variables affect damage during earthquake:

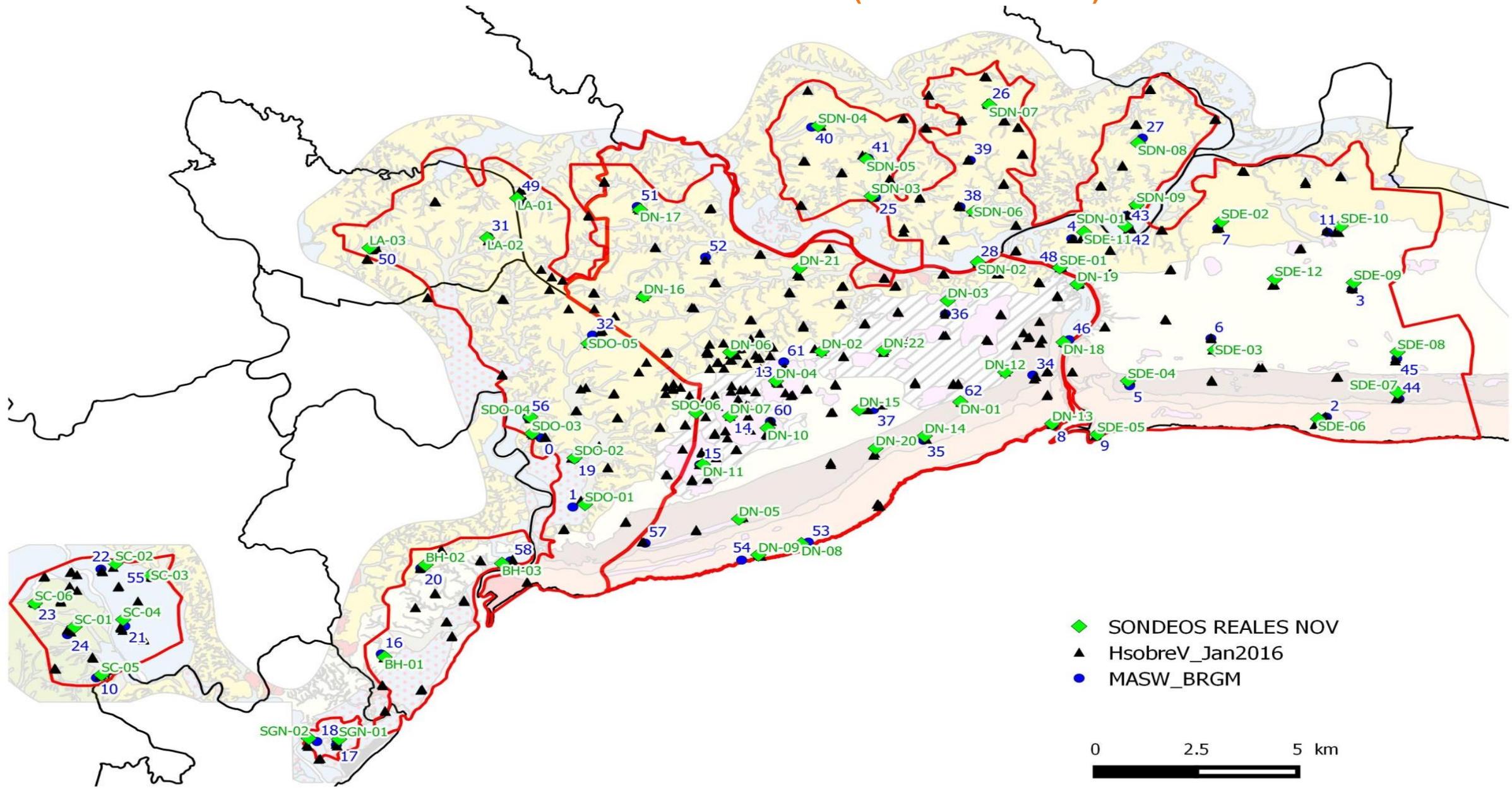
- 1) Intensity of shaking (*felt motion, not magnitude*)
- 2) engineering

EL GRAN SANTO DOMINGO (262 km²)



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

DATOS SOBRE EL SUB-SUELO (Diseño de malla)



DATOS SOBRE EL SUB-SUELO

Medidas geofísicas H/V



Sondeos geotécnicos



Levantamiento geológico



Medidas geofísicas MASW



Medidas geofísicas MASW

MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) es una técnica de investigación no invasiva que permite definir el perfil de velocidad de las ondas de corte vertical V_s basándose en la medida de las ondas superficiales, obtenida mediante sensores colocados en la superficie del suelo.



Medidas geofísicas MASW

Conocer las velocidades de propagación de las ondas de corte V_S dentro de los 20-30 primeros metros

-> **parámetro esencial en la evaluación de los efectos de sitio litológicos**

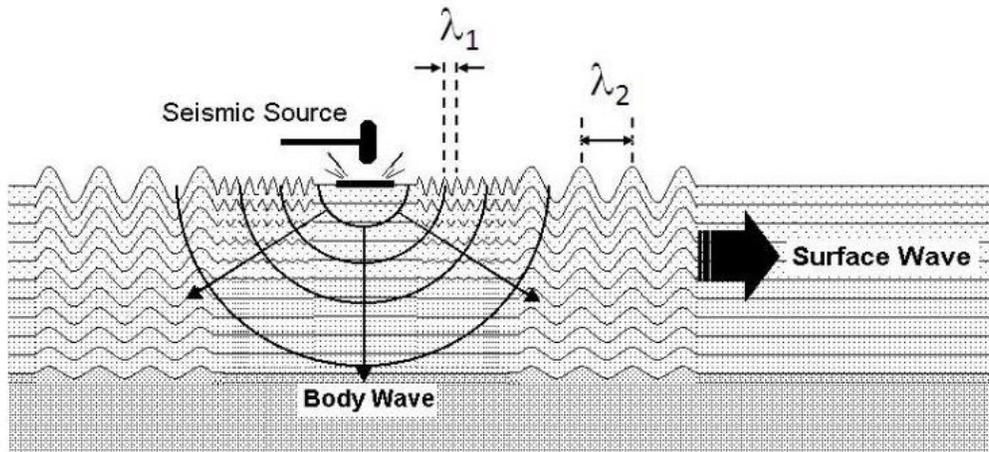
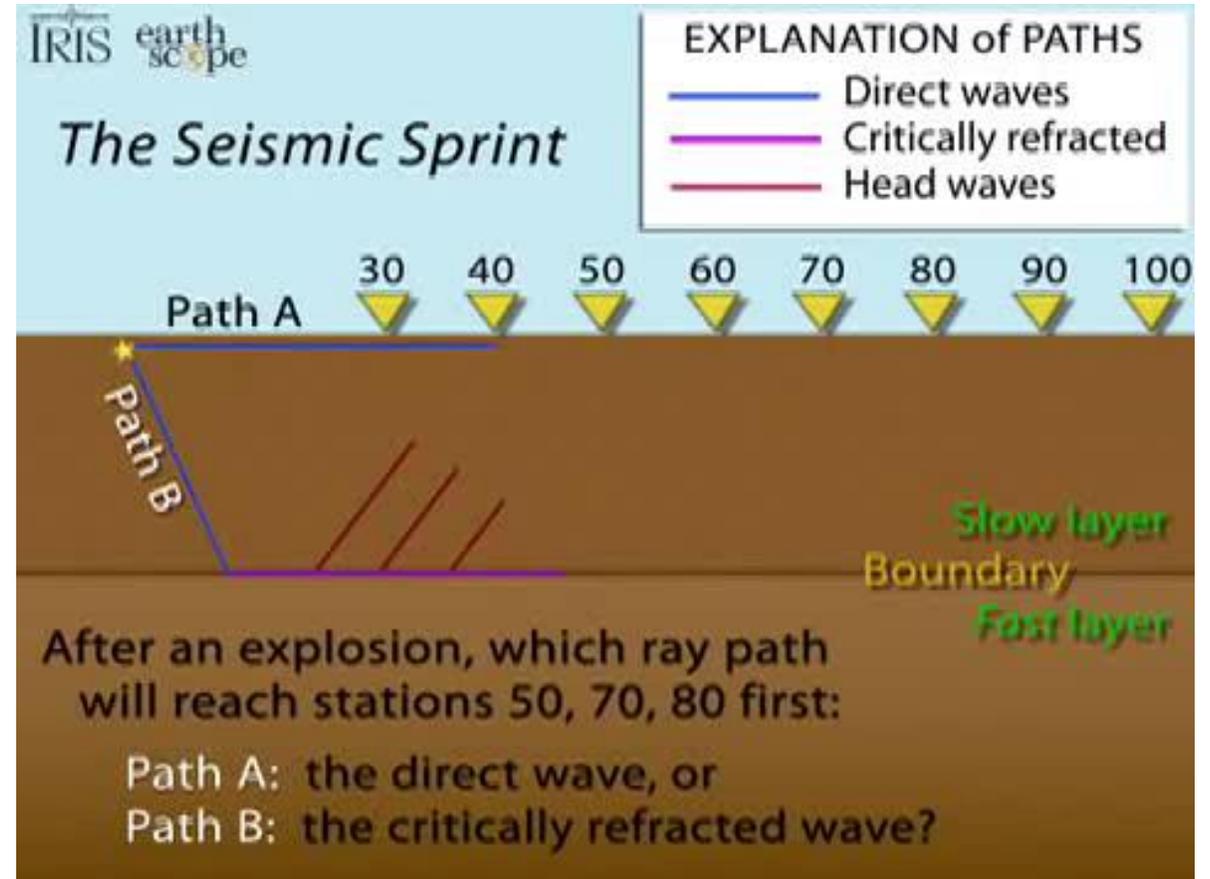
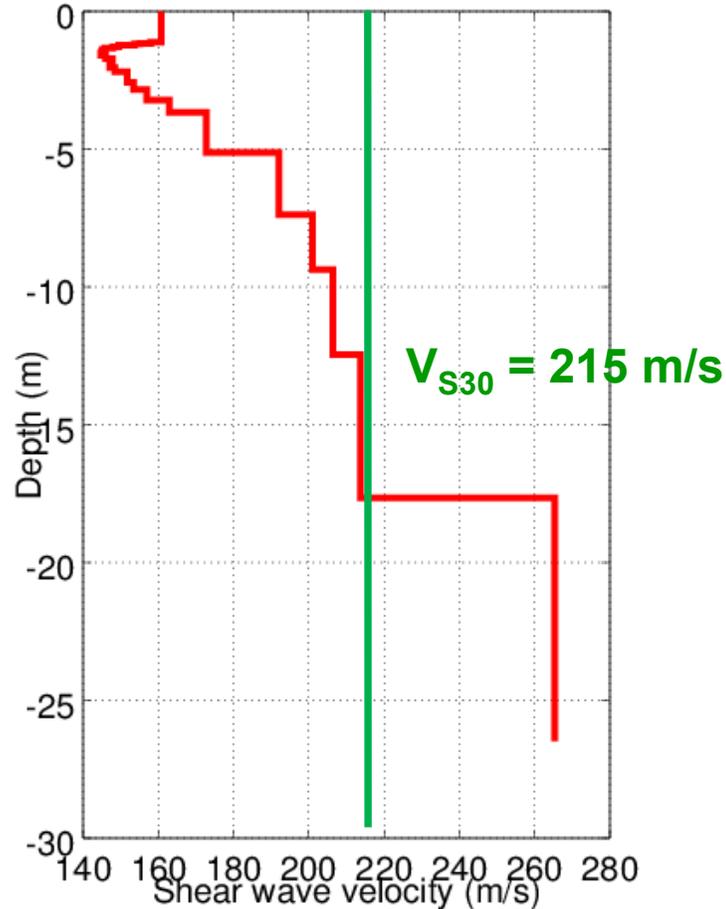
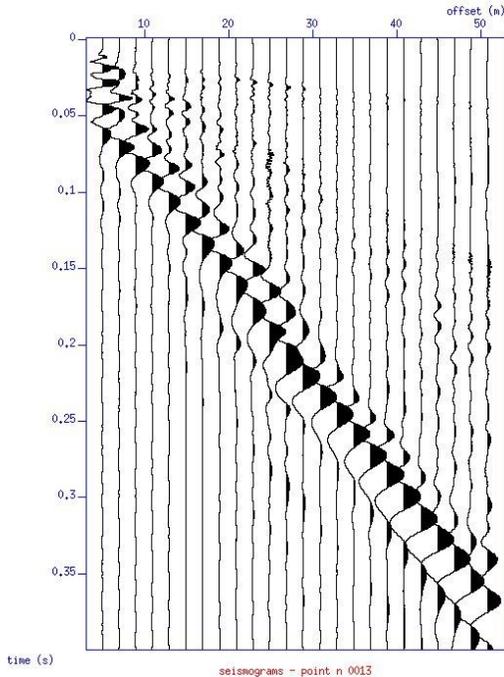


Fig. 1. Illustration showing a longer wavelength surface wave influences deeper depth of subsurface materials. In the normal case of velocity increase with depth, the longer wavelength propagates faster as a result.



VS30



perfil de V_s
con la profundidad

TABLA 3
CLASIFICACIÓN DEL SITIO

Clasificación del Sitio	Designación	Propiedades Promedio en los Primeros 30m		
		Velocidad Onda de Corte V_s (m/s)	Resistencia Penetración Estándar \bar{N}	Resistencia al corte del Suelo sin drenar S_u (Kg/cm ²)
A	Roca Fuerte	$V_s > 1,500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1,500$	N/A	N/A
C	Suelo muy Denso y Roca Blanda	$360 < V_s \leq 760$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 1.0$
D	Suelo Rígido	$180 \leq V_s \leq 360$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$0.5 \leq S_u \leq 1.0$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 0.5$
E	-	Además, se considerará un suelo tipo E, cualquier capa de suelo con más de 3 m que tenga las siguientes características:		
		<ol style="list-style-type: none"> Índice de Plasticidad ^(a) $PI > 20$. Contenido de Humedad ^(b), $w \geq 40\%$. Resistencia al Cortante sin drenar ^(c), $S_u < 0.2 \text{ Kg/cm}^2$ 		



Alcances.

Detecta variaciones tanto en profundidad como en la horizontal de la velocidad de la onda P (y de la S).

Permite la detección de la profundidad a basamento y de su relieve, dependiendo de variables como longitud del tendido, energía de la fuente sísmica, velocidades de los suelos.

Limitaciones.

Sólo funciona cuando la velocidad de propagación de las ondas aumenta con la profundidad. En el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método arrojaría resultados erróneos.

Para el caso de aplicaciones urbanas de la Ingeniería Civil, el Método de Refracción Sísmica está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad.

Prospección geofísica H/V

Las técnicas de sismica pasiva se basan en la adquisición de ruido sísmico con diferentes disposiciones de sensores y durante una ventana temporal determinada.



Programador



GPS



Geofono



Digitalizador

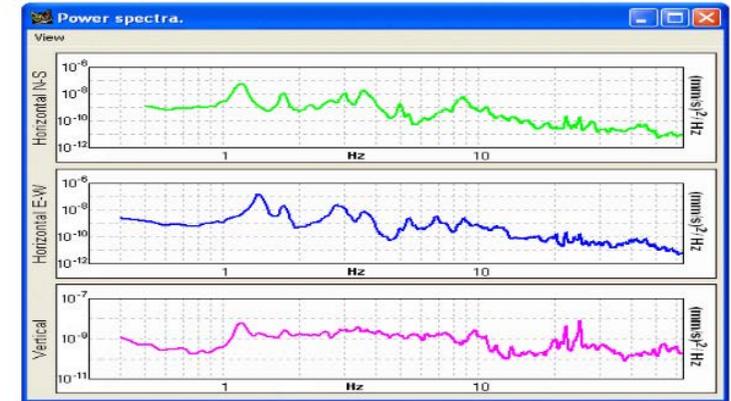


Bateria

Instalación del equipo

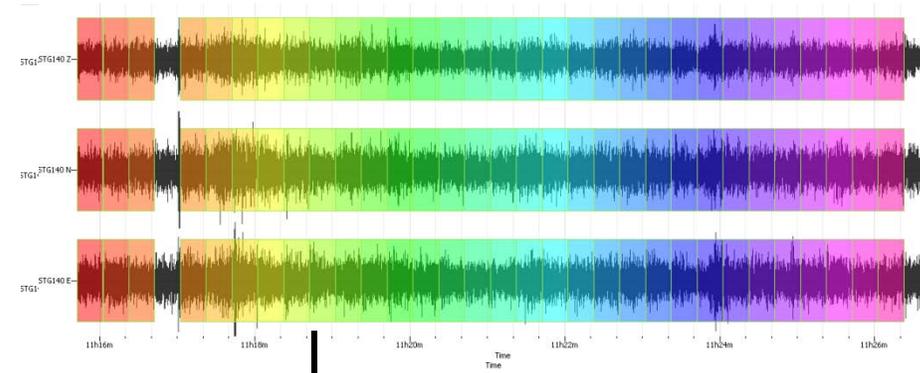
- Ubicar punto georreferenciado
- Escoger un lugar que no presente ruidos generado por:
 - Fabricas
 - Bombas de agua
 - Paso de vehículos o peatones
 - Talleres etc
- Instalar las bases para Suelo duro o suelo blando.
- Con una brújula lejos del equipo, orientarlo hacia el norte
- Programar el equipo para la adquisición de datos.
- Cubrir el equipo con una caja de cartón o cubeta plástica.
- Programar tu cronometro con el tiempo de adquisición.
- Retirar el equipo.

Registros



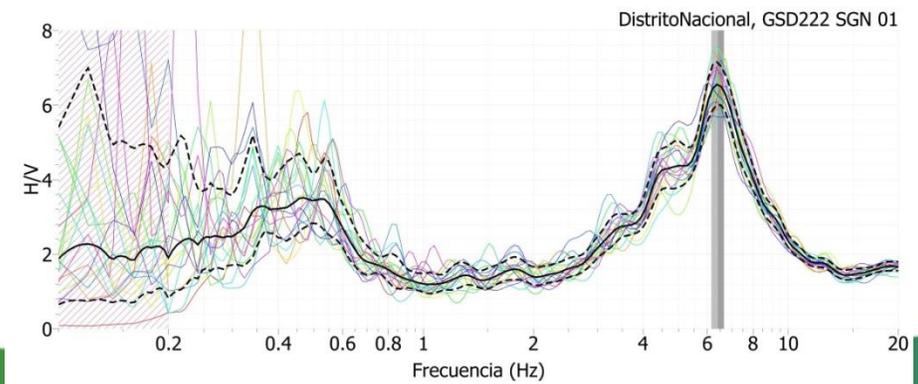
Muy simple:

- ✓ 1 instrumento
- ✓ 1 operador
- ✓ 20 minutos de registro

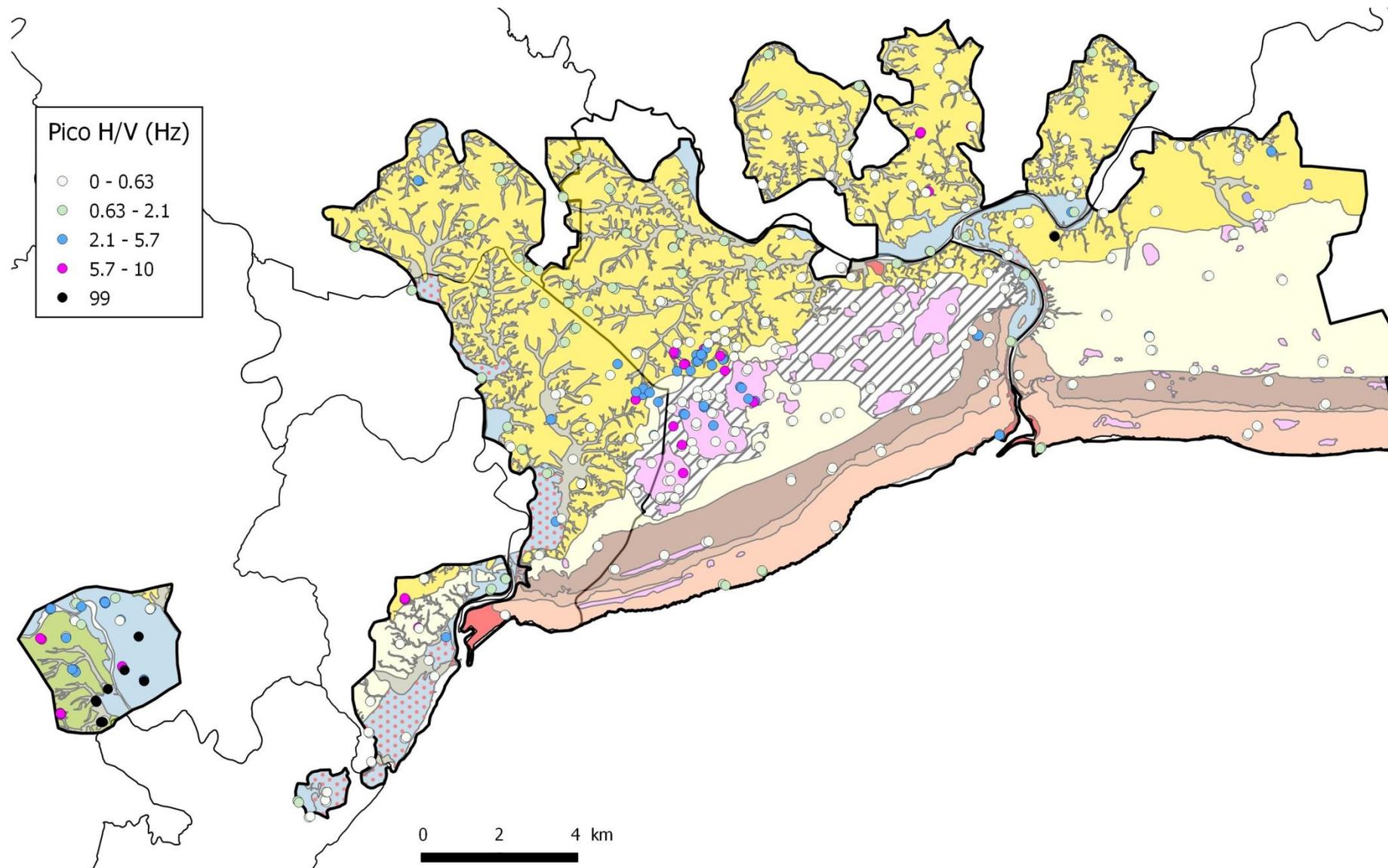


**frecuencia de
resonancia del
suelo**

**6.6 Hz
0,15 s**



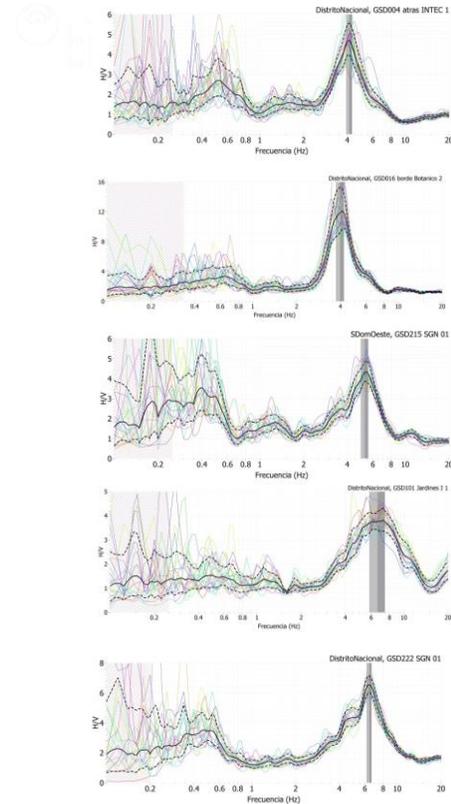
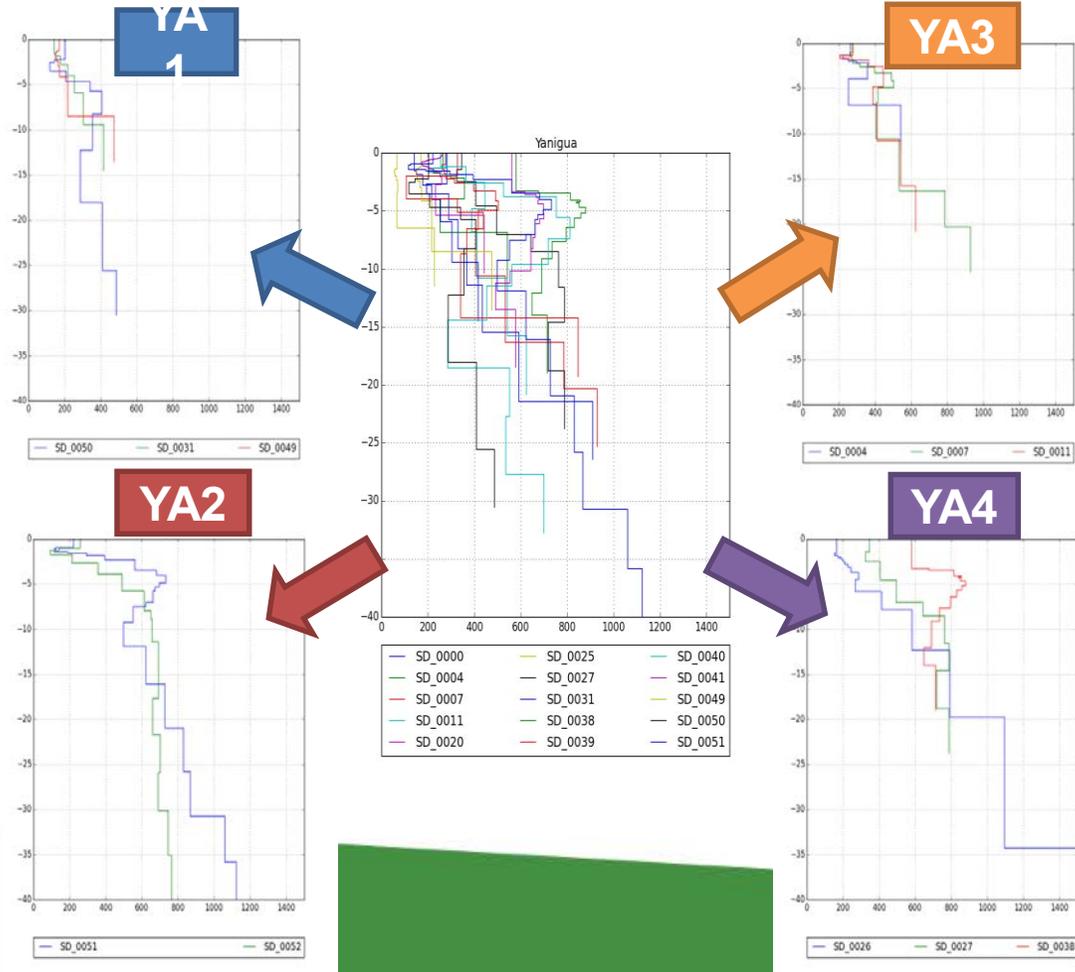
490 MEDICIONES H/V en 257 SITIOS



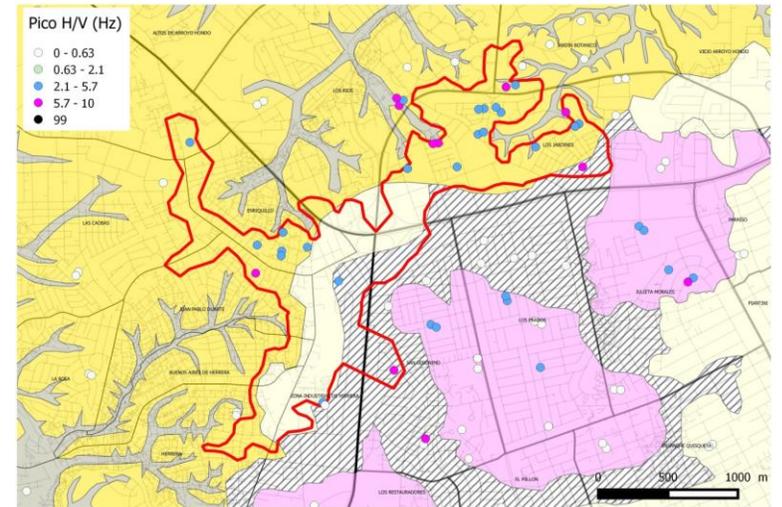
MASW

+

H/V

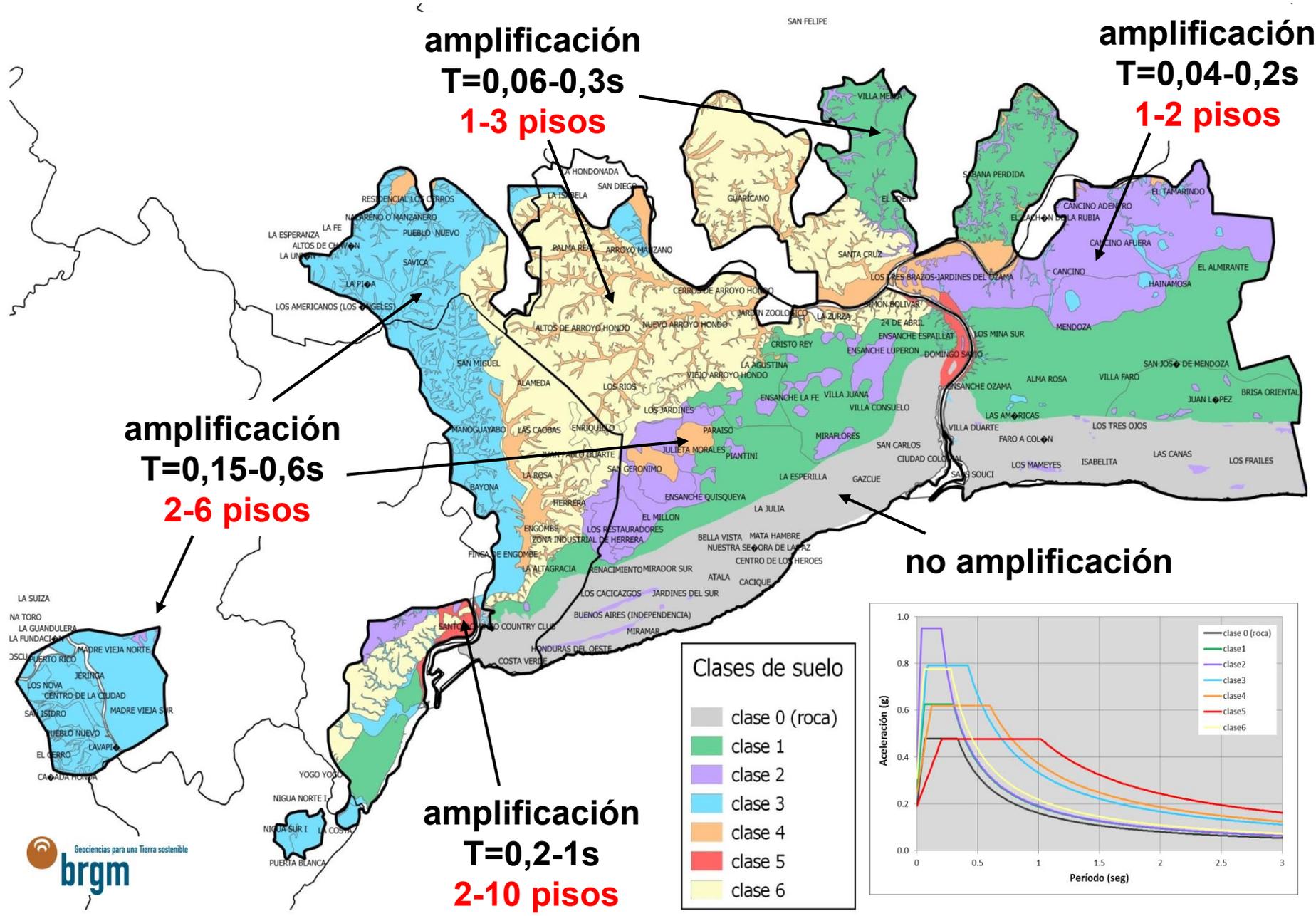


ZONA DE AMPLIFICACION ESPECIFICA



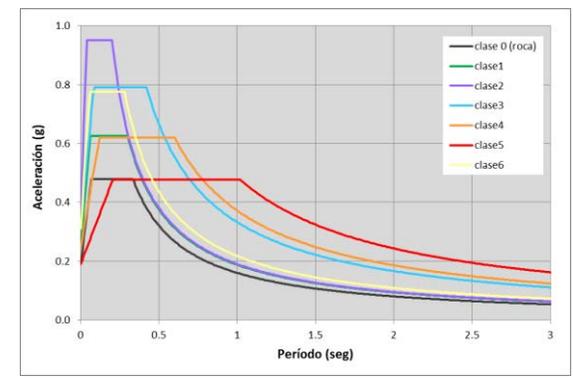
30 mediciones H/V que muestran un pico muy claro: 4 - 6 Hz

Microzonificación del Gran Santo Domingo (2016) – clases de efectos de sitio litológicos

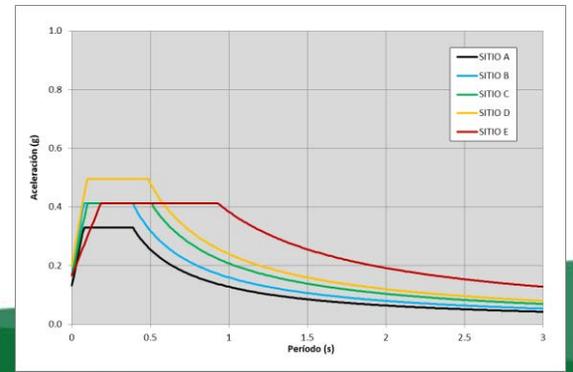
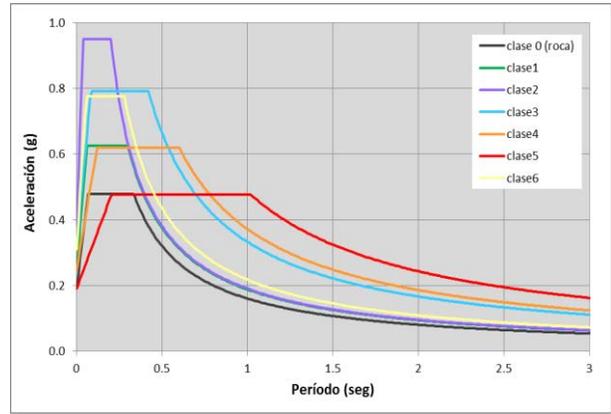


ESPECTROS DE DISEÑO

Estudio de micro-zonificación



Norma sismo-resistente (MOPC 2011)



Conclusión

La aplicación de los métodos geofísicos es un pilar de los proyectos de microzonificación por las ventajas que ofrecen:

- No son estudios relativamente costosos
- No son métodos invasivos (Pueden ser hecho en vías publicas sin destrucción de estructuras)
- Permiten optimizar los procesos de exploración en el subsuelo de grandes áreas
- La información de adquiere de forma rápida
- **Contribuyen a una ubicación adecuada de obras civiles y en la prevención de desastres naturales**



“Enseñar no es transferir el conocimiento, sino crear las posibilidades para su propia producción o construcción” – Paulo Freire

!Muchas gracias!

jb7431@unphu.edu.do