

Predicción de Movimientos Intensos y Microzonificación Sísmica en las Principales Ciudades de Perú

Plan de Investigación del **Grupo G1**
(Grupo Movimiento Sísmico y Geotécnico/MSGT)

Miembros Japoneses:

S. Nakai, T. Sekiguchi, D. Calderón (Universidad de Chiba),
H. Yamanaka (Titech),
H. Arai, S. Koyama (BRI),
N. Pulido (NIED)

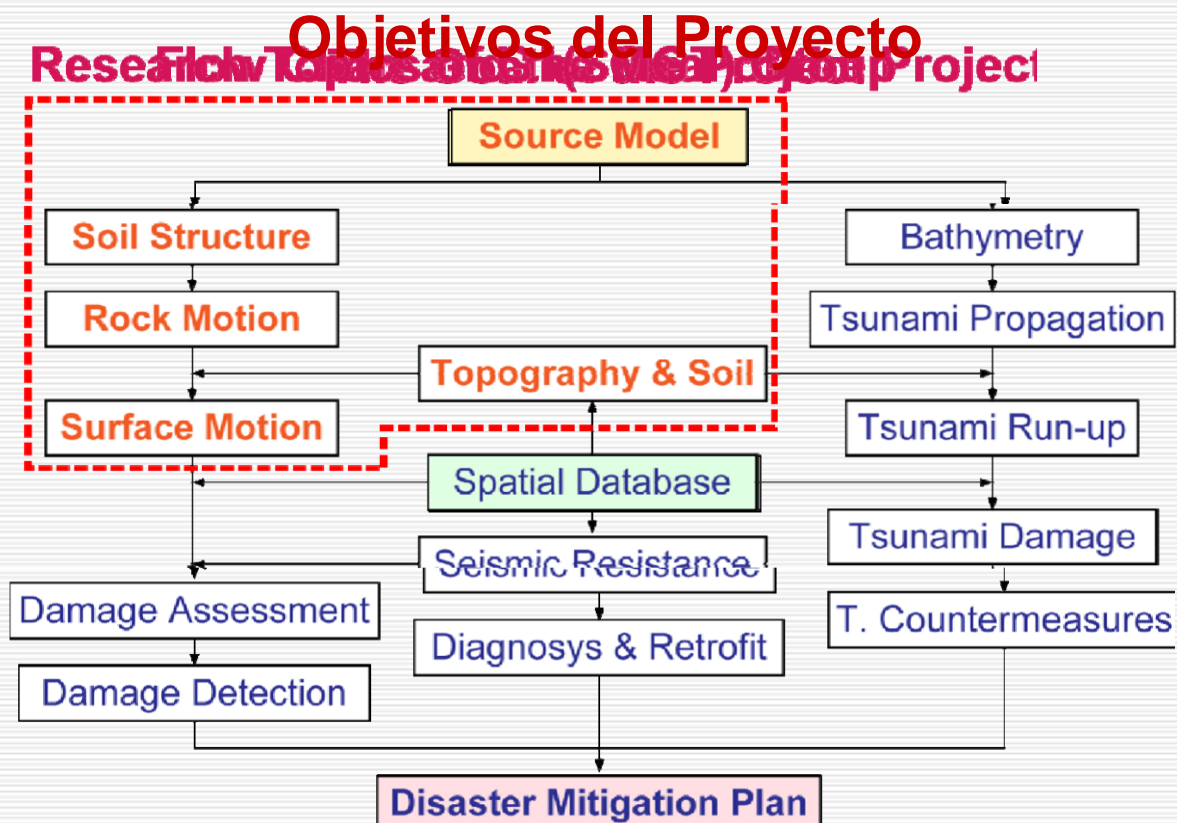
Miembros de Perú:

Z. Aguilar, F. Lazares, D. Luna, L. Chang, P. Peri, R. Piedra (CISMID),
H. Tavera, I. Bernal, L. Ocola, J. Gómez (IGP)

15 de Marzo de 2010

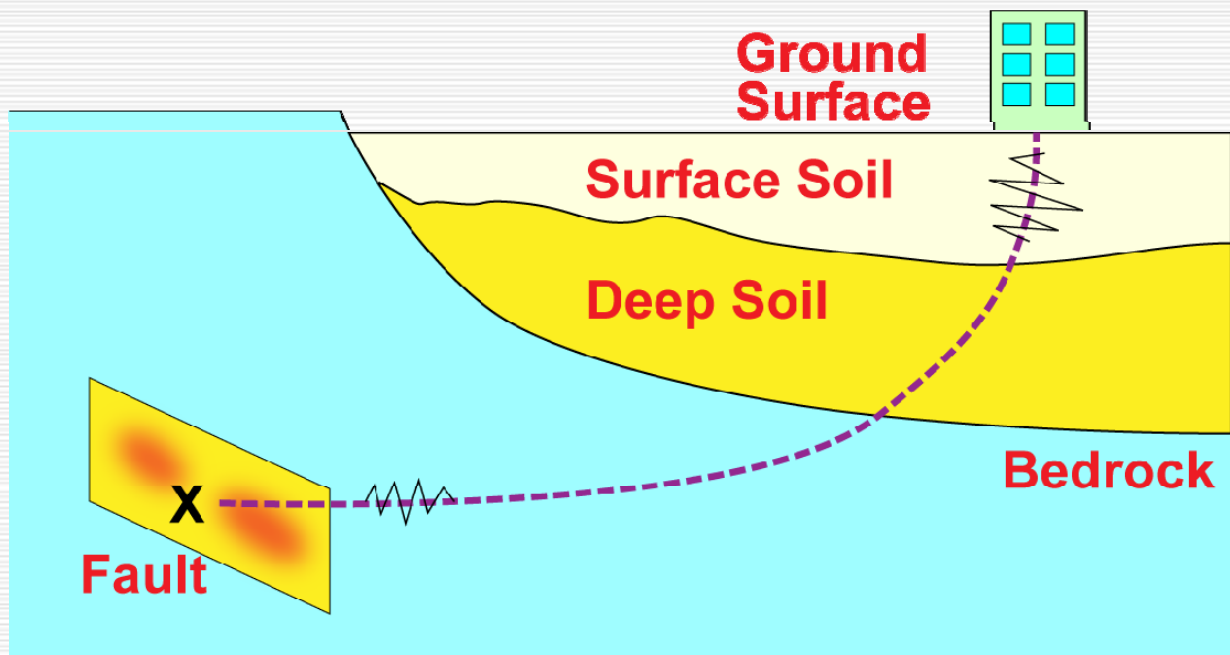
1

Diagrama de Flujo General del Proyecto



2

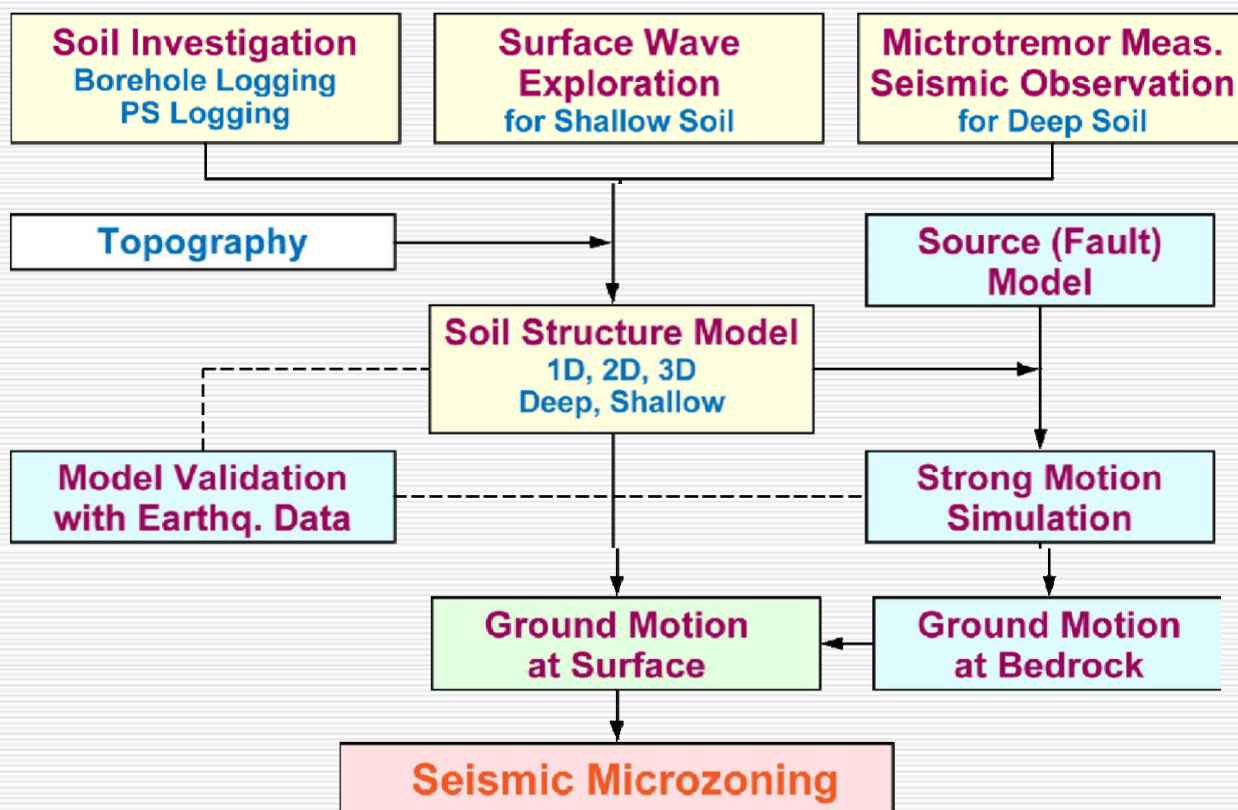
Predicción de la Intensidad de Movimientos



Modelo de la Falla → Estructura del Subsuelo → Estructura de la Superficie del Suelo

3

Temas de Investigación del Grupo G1 (MSGT)

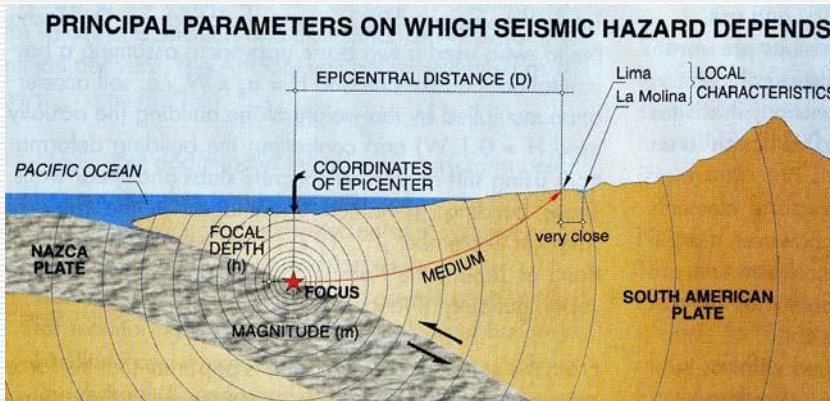
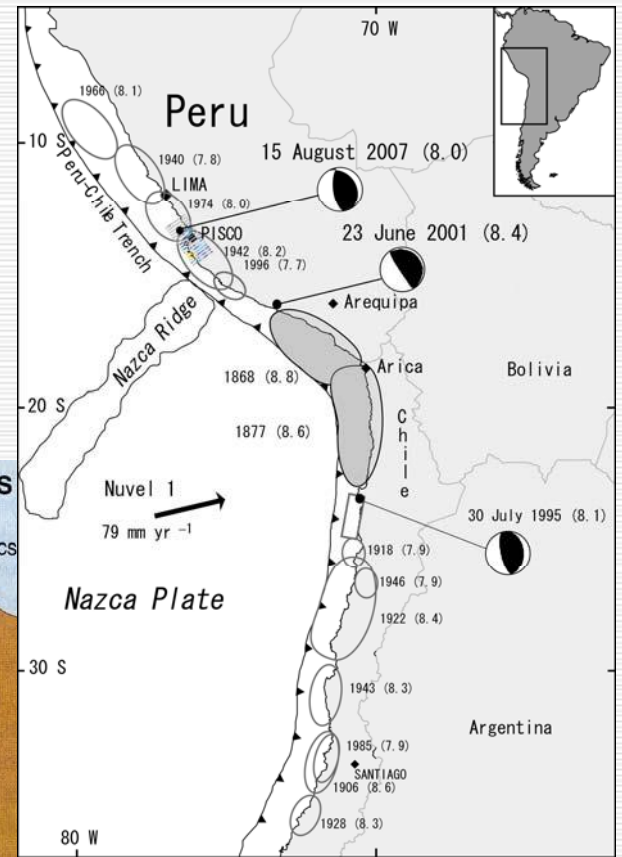


4

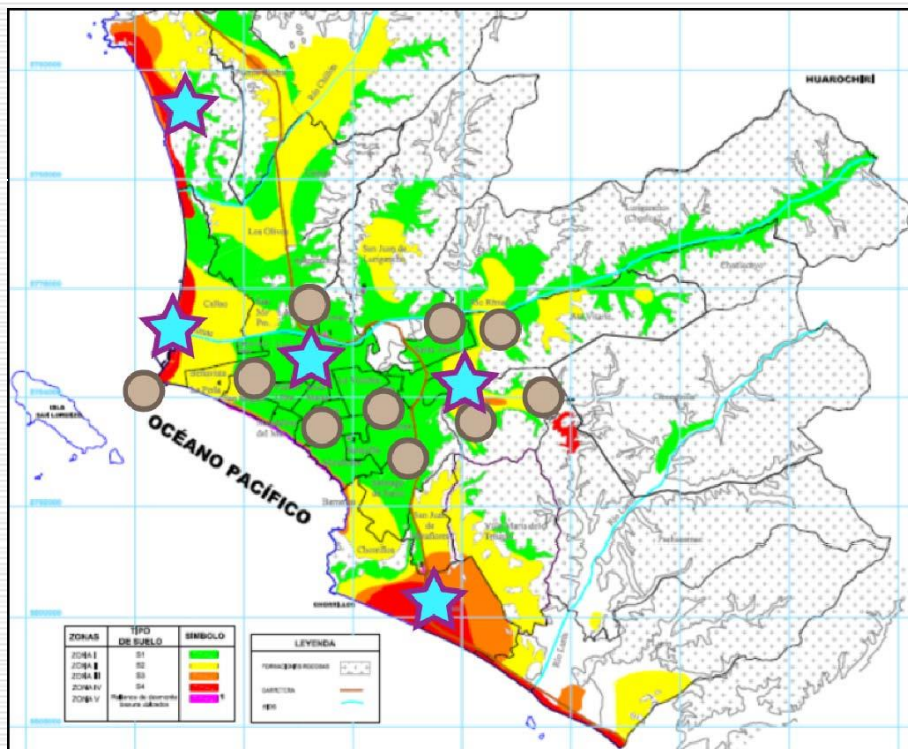
Registro de Intensidad de Movimientos e Histórico de Sismicidad

- 1960 01 13 Arequipa, Perú M7.5
- 1966 10 17 Barranca M8.1
- 1970 05 31 Chimbote, Perú M7.9
- 1974 10 03 Lima M8.1
- 2001 06 23 Atico M8.4
- 2007 08 15 Pisco M8.0

2010 02 27 Frente a la Costa de Maule, Chile M8.8

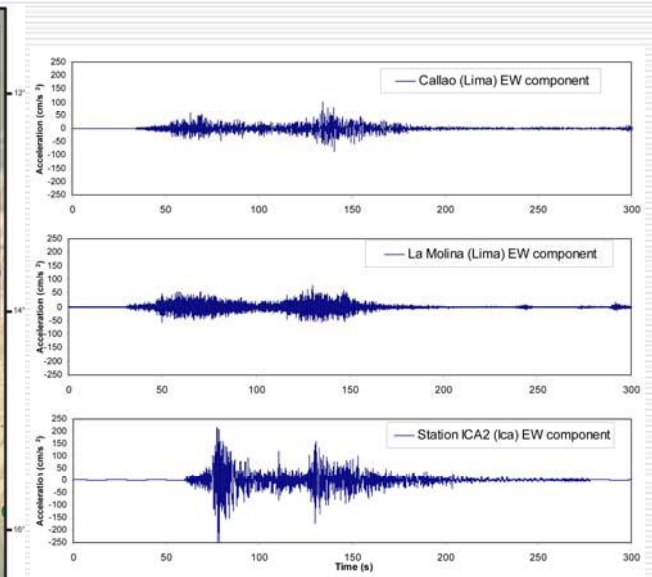
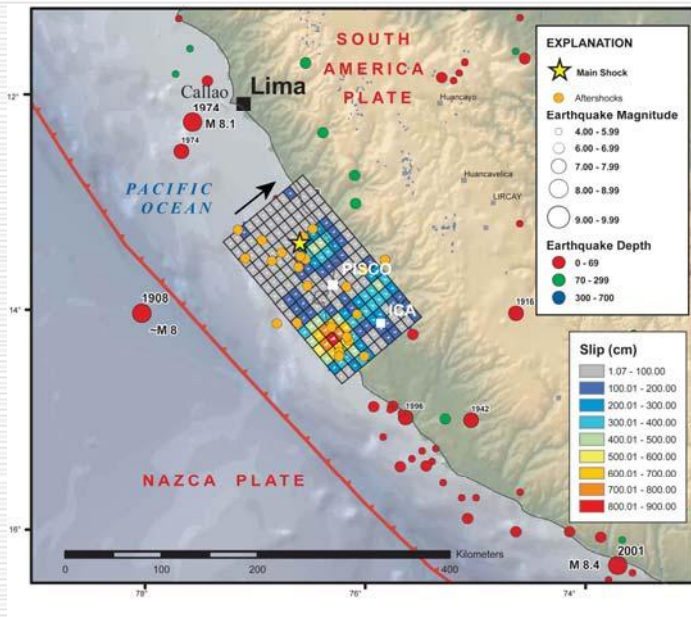


Indicaciones sobre la Intensidad de Movimientos



● Existing ★ New

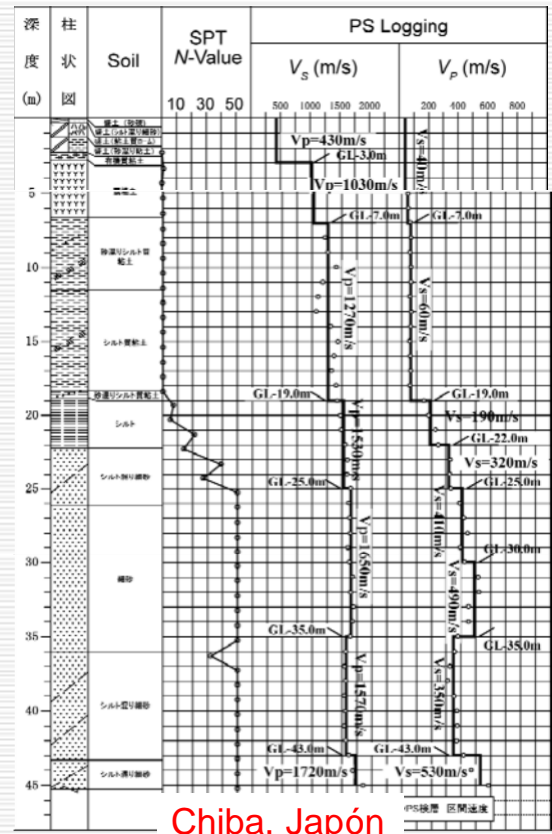
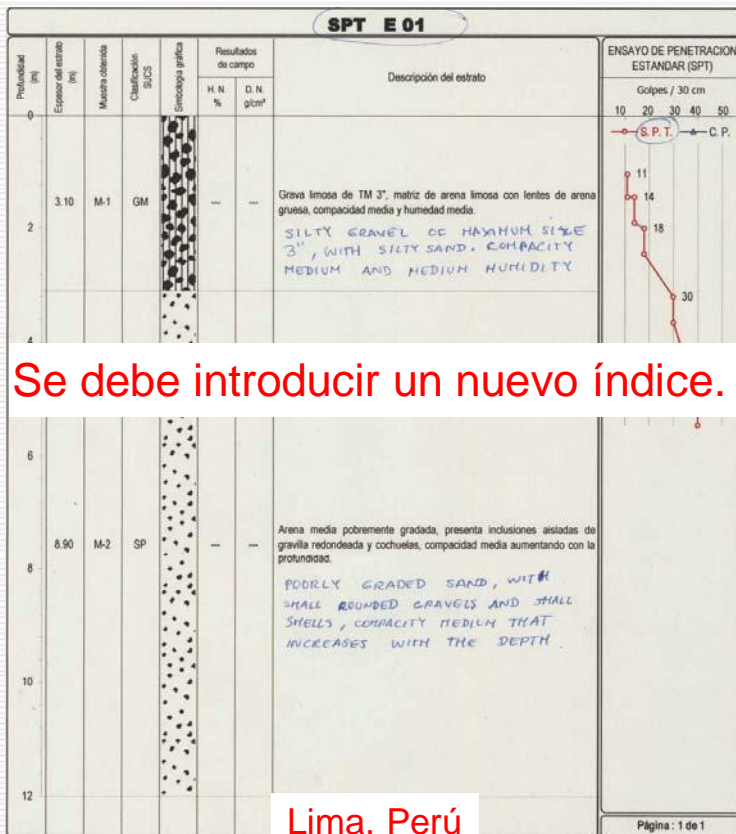
Modelo del Origen y Simulación de la Intensidad de Movimientos



Construcción Modelo del Origen

Simulación de la Intensidad de Movimientos por el Método de Diferencias Finitas en 3D

Sondeo de la Superficie del Suelo (1)



Sondeo de la Superficie del Suelo (2)

- La perforación y técnica PS logging se llevarán a cabo en varios sitios para examinar los perfiles del suelo y las propiedades superficiales.



Perforación

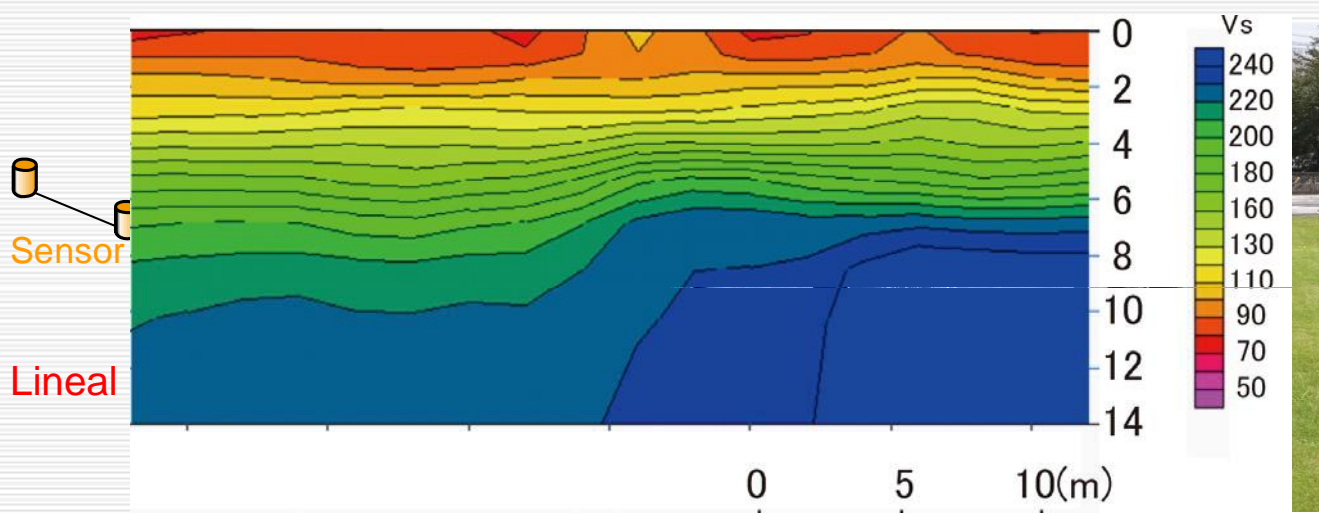


PS Logging

Método de Onda Superficial

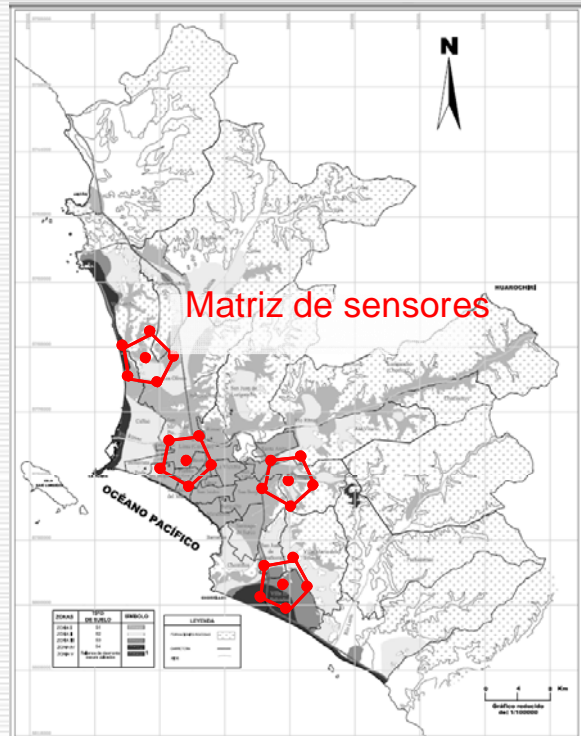
- A fin de estimar los perfiles superficiales del suelo, se efectuará el método de onda superficial, el cual es adicional a las mediciones de micro temblores en un(a) único punto/matriz.

S-Perfil de la Velocidad de Onda

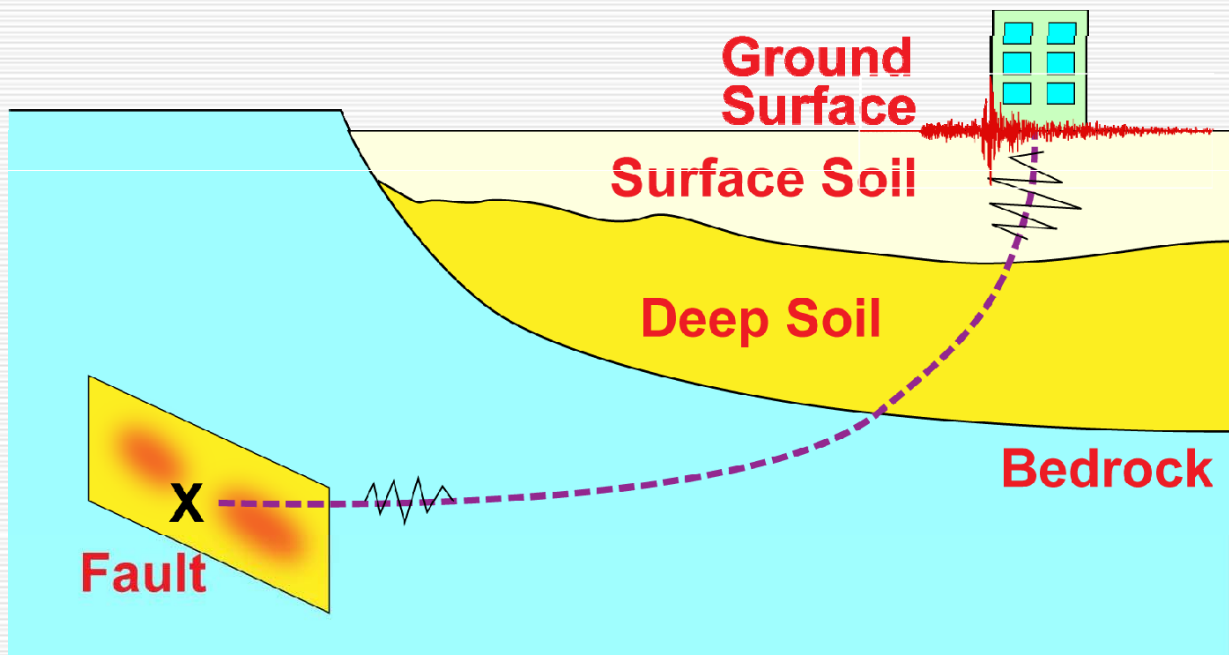


Medición Matricial de Micro temblores

- Las mediciones matriciales de micro temblores son efectuadas en varias ubicaciones a fin de determinar el perfil del subsuelo del lugar elegido en 1D, 2D o 3D.



Predicción de la Intensidad de Movimientos



Modelo de la Falla → Estructura del Subsuelo → Estructura de la Superficie del Suelo → Análisis de la Predicción de la Intensidad de Movimientos basado en la Teoría de la Propagación de Ondas

Predicción de Desplazamientos de Tierra



13

Predicción de la Reacción de los Edificios



14

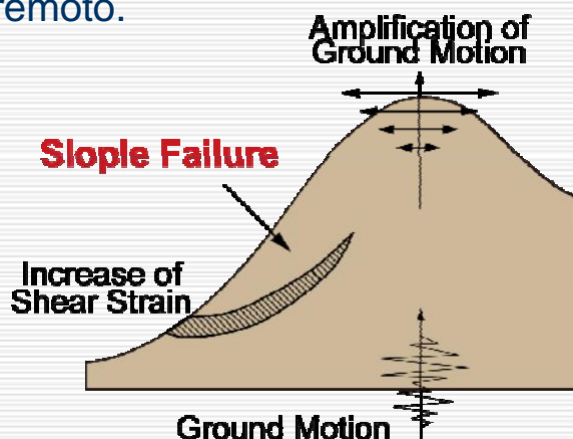
Predicción de la Altura de Penetración (Run-up) de un Tsunami



15

Riesgo Sísmico de Deslizamientos

- En Lima, hay muchas laderas escarpadas donde las casas están densamente construidas.
- El desplazamiento del suelo tiende a convertirse en un gran desplazamiento debido a su irregularidad (pendientes), el cual puede causar una falla o deslizamientos de tierra durante un terremoto.

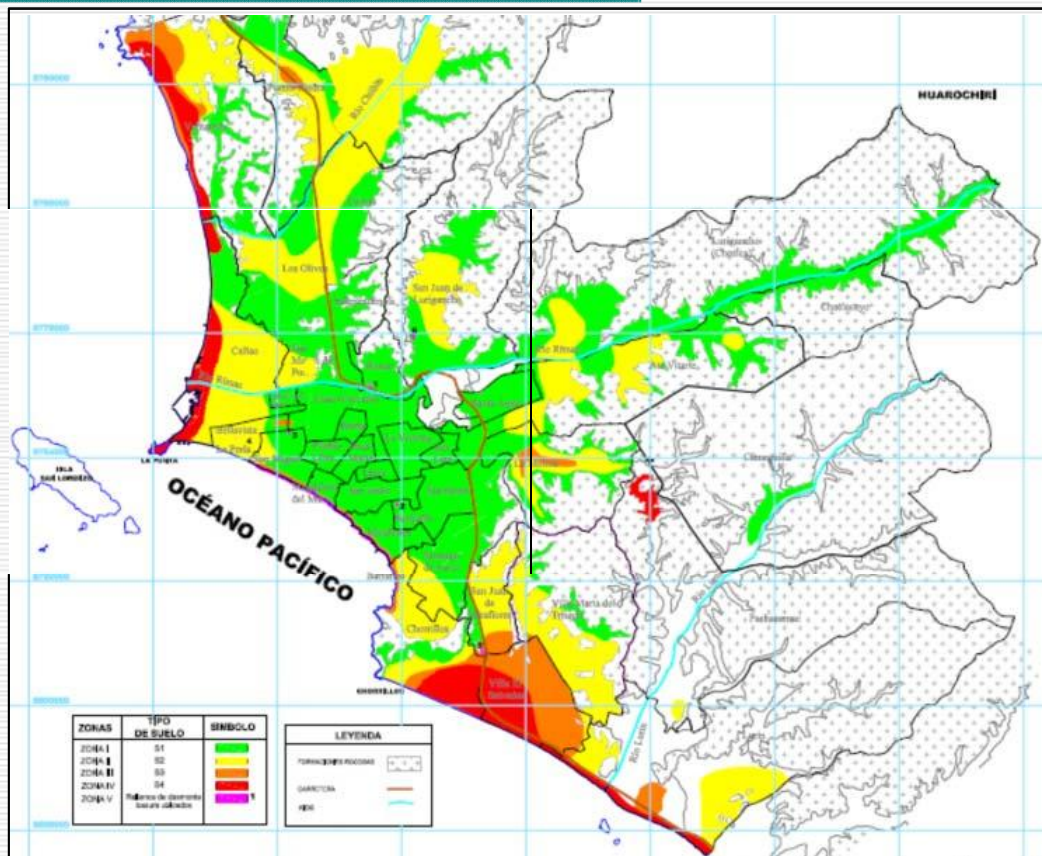


Viviendas densamente edificadas en Lima



Falla de deslizamiento durante un Terremoto

Microzonificación Sísmica



17

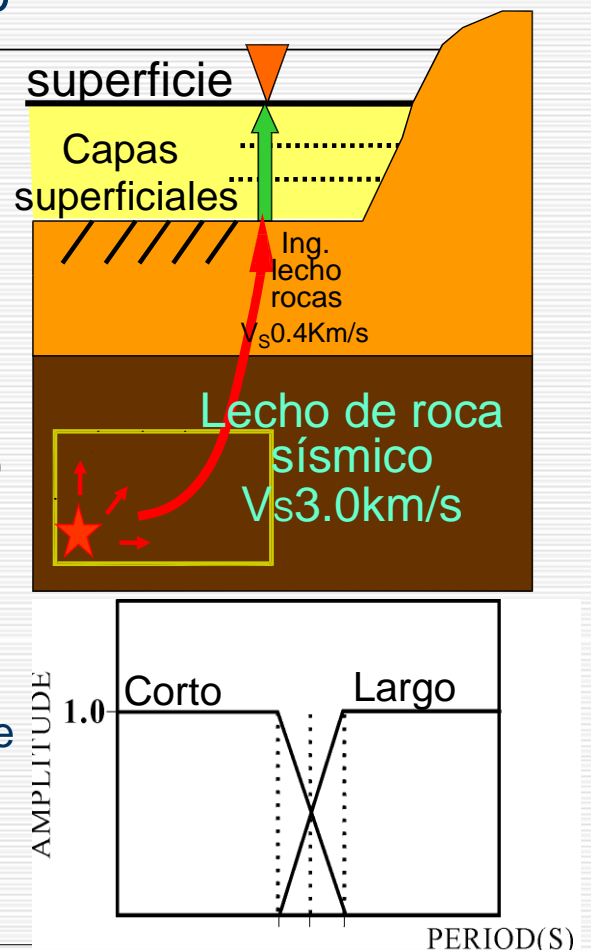
Resumen: Planes de Investigación del Grupo G1

- Elaboración de modelos de fallas en el escenario de grandes terremotos a lo largo de la placa de subducción.
 - Estudio histórico de las actividades sísmicas.
 - Comentarios sobre la Intensidad de Movimientos para la instalación de sismógrafos.
- Elaboración de los modelos del subsuelo y de la superficie.
 - Estudios geofísicos y geotécnicos incluyendo perforaciones y la técnica PS loggings.
 - Onda Superficial y medición de micro temblores.
 - Análisis de los datos de un terremoto a partir de pequeños eventos.
- Elaboración de mapas micro zonificados.
 - Simulación de la intensidad de movimientos basado en los modelos de fallas y modelos de subsuelos/superficie de suelos.
 - Estimación del incremento (amplificación) debido a la superficie del suelo.
 - Estimación de la falla por deslizamiento.

18

Simulación de un Movimiento Intenso

- Simulación de un movimiento intenso de banda ancha sobre la base de una ingeniería del lecho de rocas desde diferentes escenarios en las zonas de Lima, Pisco y Arequipa utilizando un enfoque híbrido.
- FDM 3D registrado en un período largo y el método estocástico utilizando el modelo 1D registrado en un período corto.
- Cálculo del desplazamiento superficial considerando la amplificación 1D en las capas superficiales debido al movimiento de entrada sobre la ingeniería del lecho de rocas.

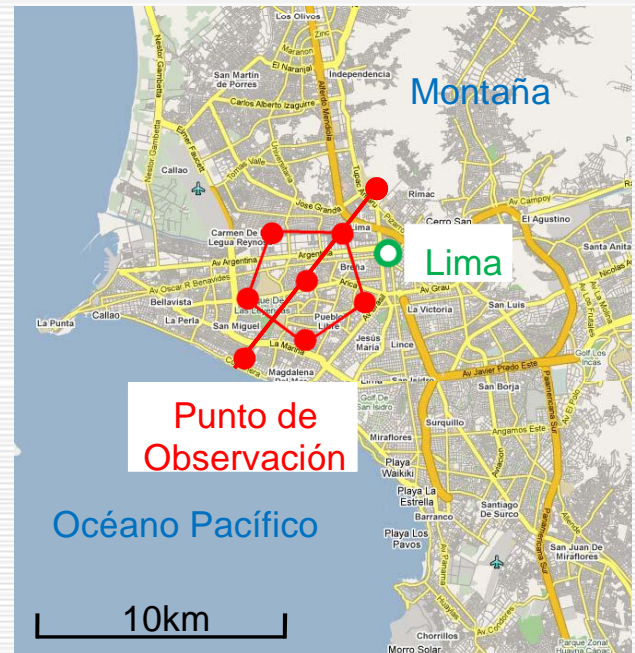


Observación Sísmica

- La observación sísmica también es efectuada para examinar el efecto de los suelos superficiales utilizando la matriz de sensores en la Ciudad de Lima.

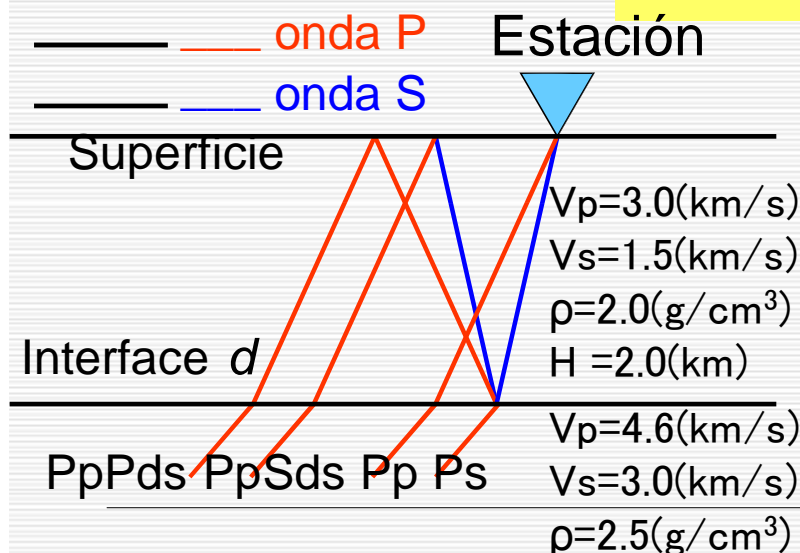
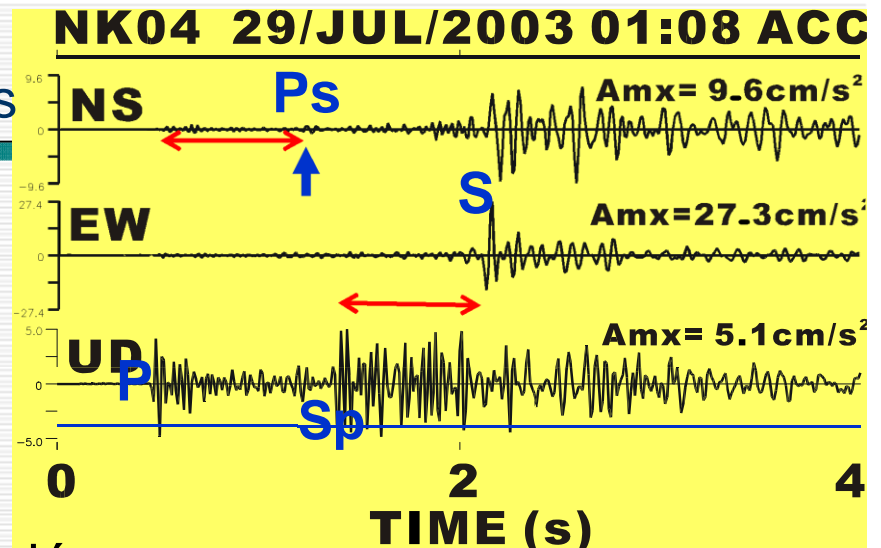


Sismómetro



Utilización de la Onda Conversa para perfiles Vs

Se pueden apreciar muchas etapas posteriores entre las ondas iniciales P y S.



La onda P inicial genera las ondas P y S en cada interface. Las ondas P y S aparecen en la superficie con sus componentes verticales y radiales. Estos datos son utilizados para obtener el perfil del subsuelo Vs.

Planes de Investigación del Grupo MSGT

- Modelos de fallas en el escenario de grandes terremotos a lo largo de la placa de subducción en cooperación con el grupo Tsunami.
- Instalación de instrumentos para la intensidad de movimientos sobre el suelo o BF de las edificaciones (en primer lugar, 5 ubicaciones en Lima).
- Estudios geofísicos y geotécnicos para la estructura de las ondas S superficial y del subsuelo incluyendo perforaciones y técnica PS loggings.
- Análisis de los datos de un terremoto a partir de pequeños eventos para caracterizar el origen, trayectoria y amplificación en sitio.
- Cálculo de la amplificación en sitio para el mapa de microzonificación.
- Estimación de la falla por deslizamiento a partir de los estudios geotécnicos.
- Simulación de un movimiento intenso basado en un enfoque híbrido de los métodos teóricos y empíricos.

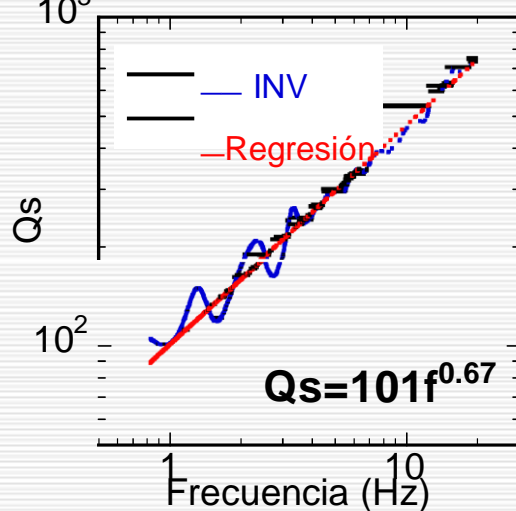
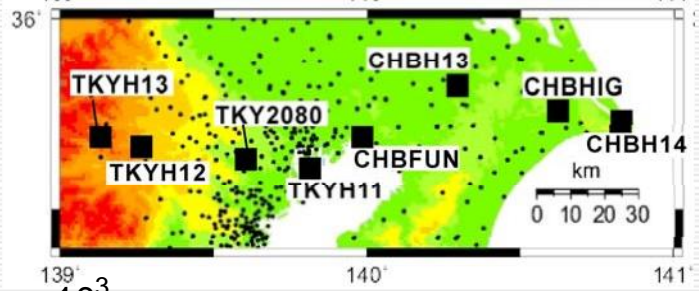
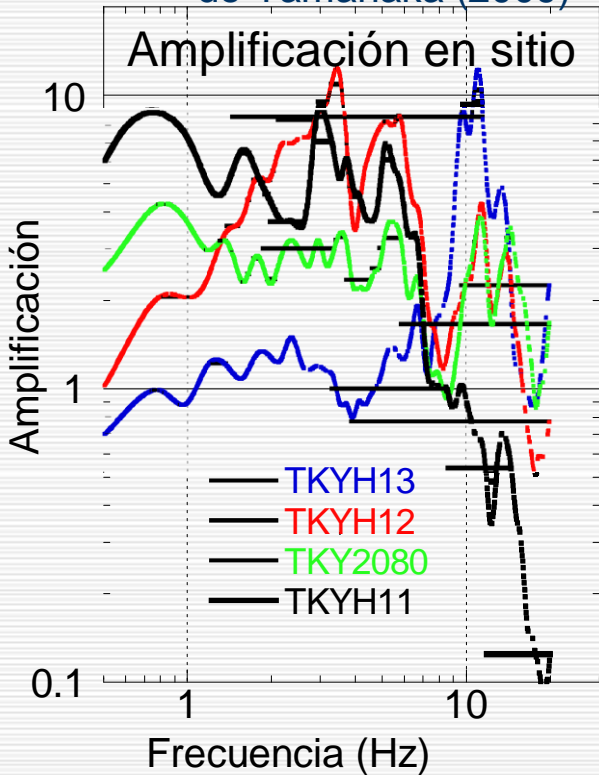
23

Análisis de Datos de Terremotos Breves

- Estimación de las características del origen de pequeños eventos, el factor Q para la corteza y manto terrestre, amplificación en sitio.
- Estimación de la función envolvente para pequeños eventos, mediante el uso de la función estocástica de Green.
- Sondeo de los perfiles de velocidad de las ondas S profundas a partir de los datos del terremoto, tal como la función de recepción, velocidad de fase y elipticidad de onda Rayleigh.
- Validación de los modelos geológicos a partir de los estudios geofísicos y geotécnicos mediante la amplificación en sitio en 1D o la simulación en 3D de eventos moderados.
- Revisión de la aplicabilidad de las actuales ecuaciones de atenuación

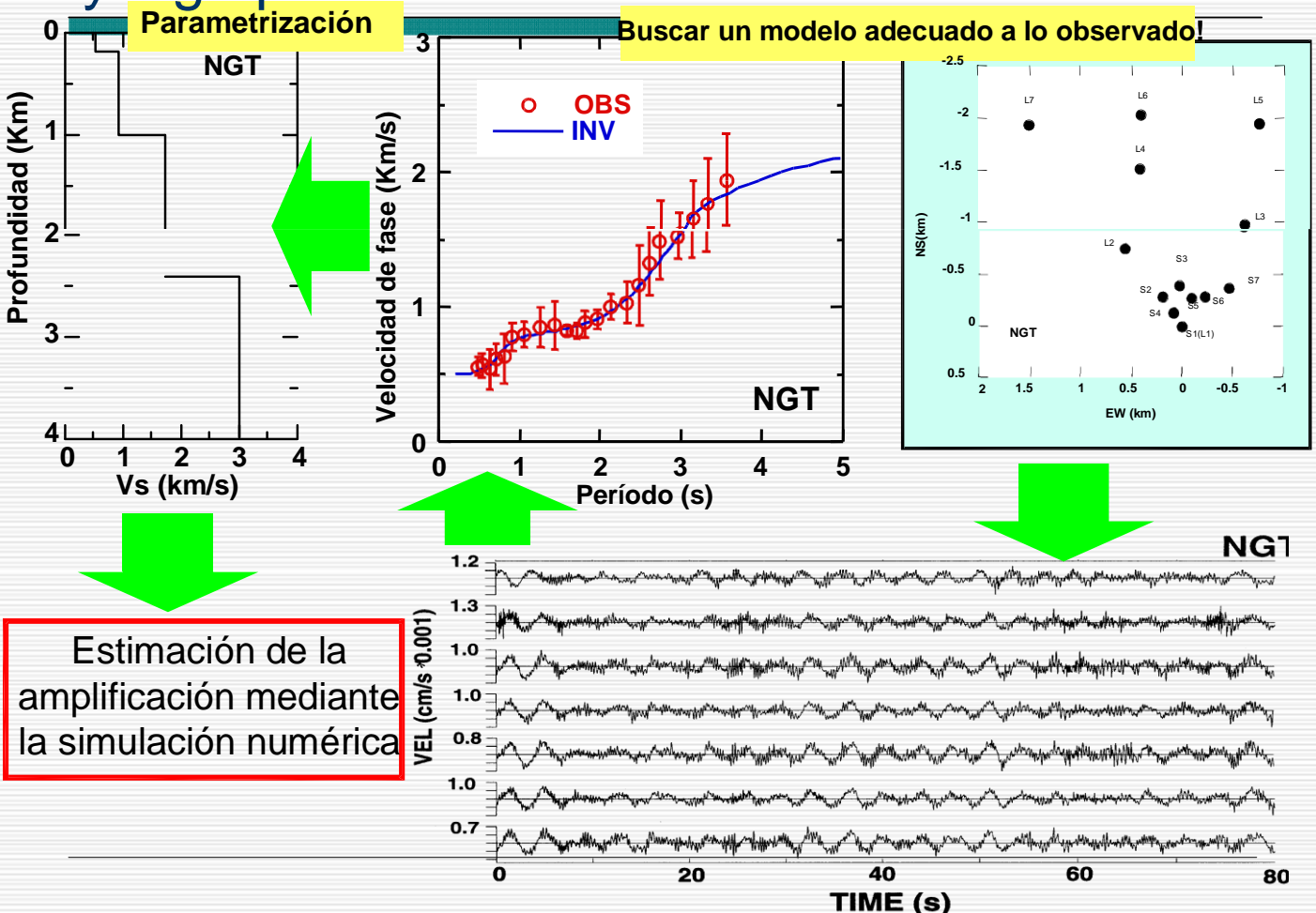
Estimación Empírica de la Amplificación en Sitio a partir de los Datos del Terremoto

Caso de Tokio, zona de Yamanaka (2009)



Valor Q para la propagación en la corteza y manto terrestre

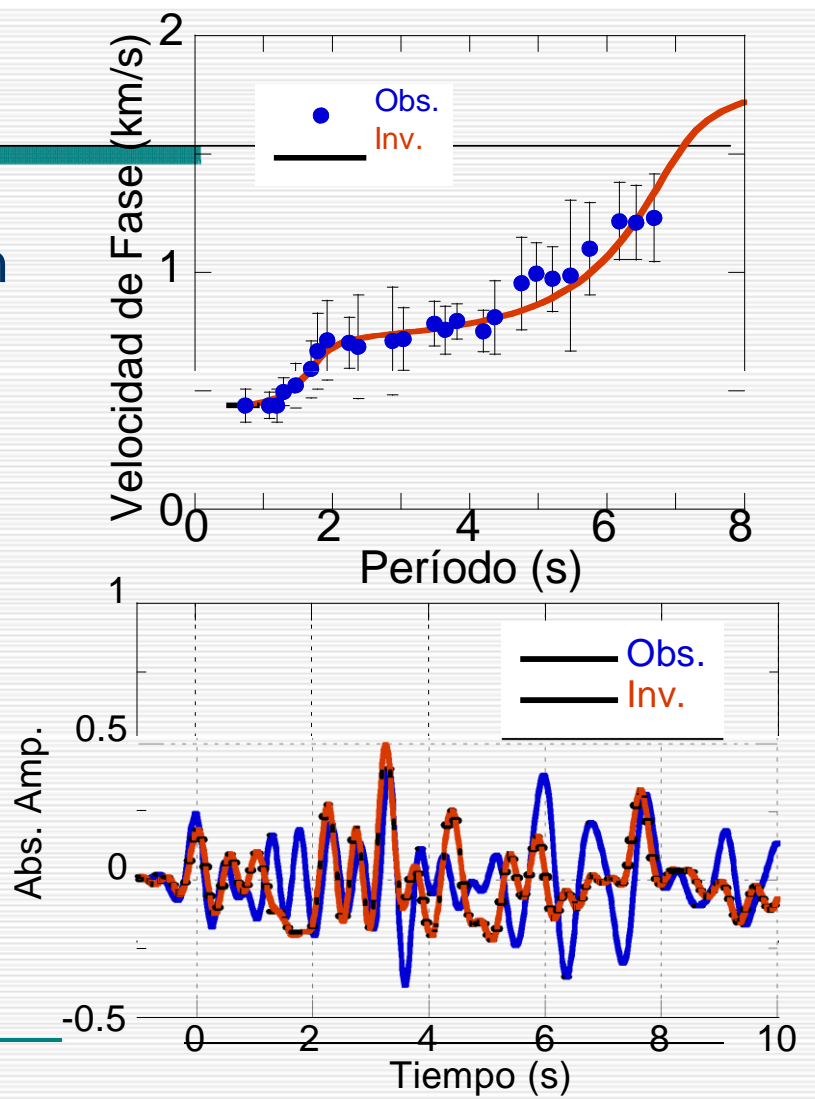
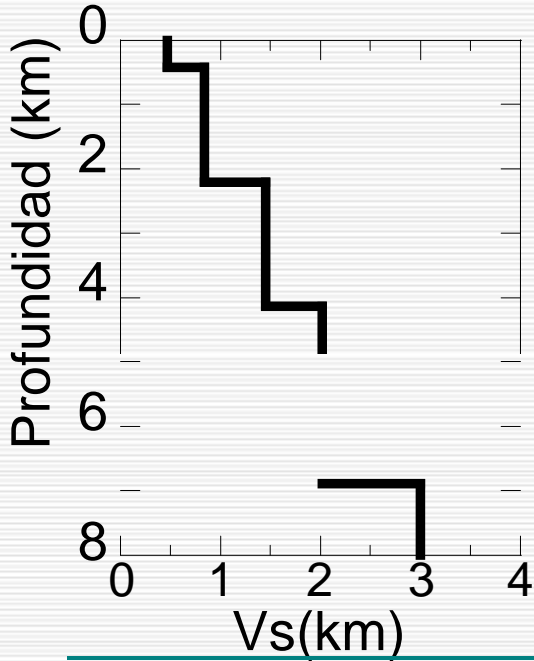
Inversión de la Velocidad de Fase de la Onda Rayleigh para el Sondeo del Perfil Profundo Vs.



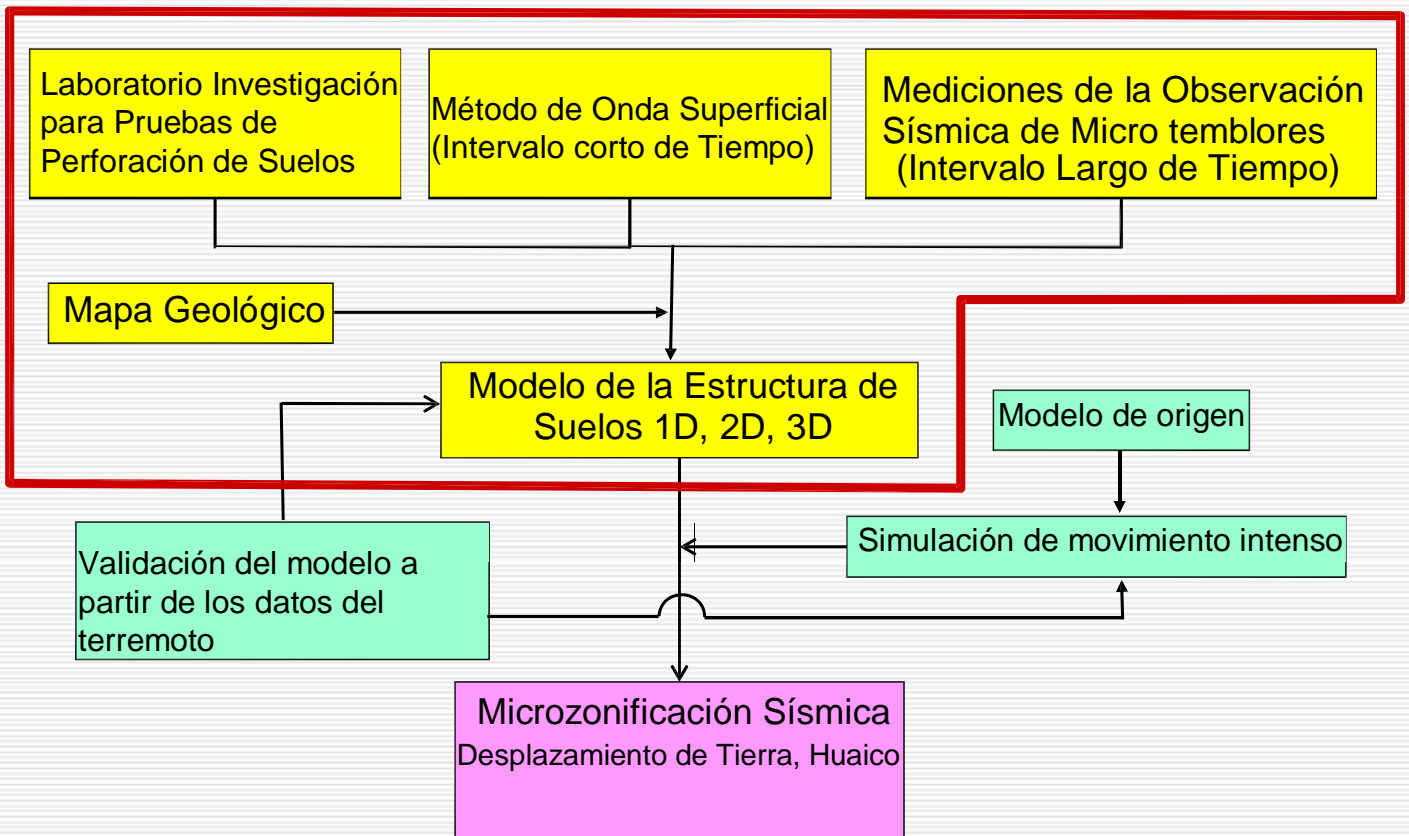
Transposición de

la Velocidad de Fase y la Función de Recepción

(Kurose y Yamanaka, 2006)

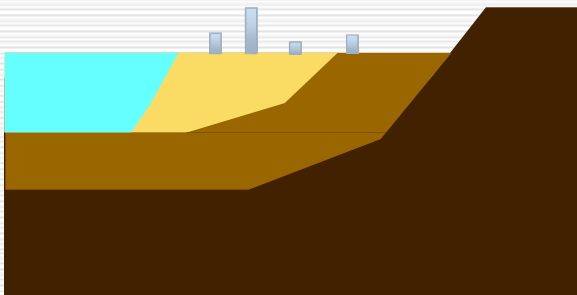


Estudios Geofísico & Geotécnico

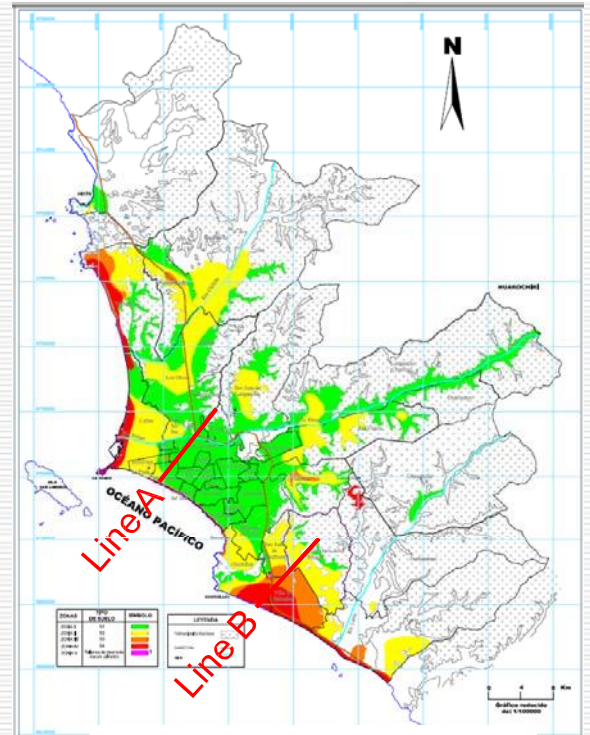


Microzonificación Sísmica

- La Microzonificación Sísmica será mejorada en base a diversos estudios de subsuelos.
- Se construirá el modelo estructural del suelo en 2 o 3 dimensiones.



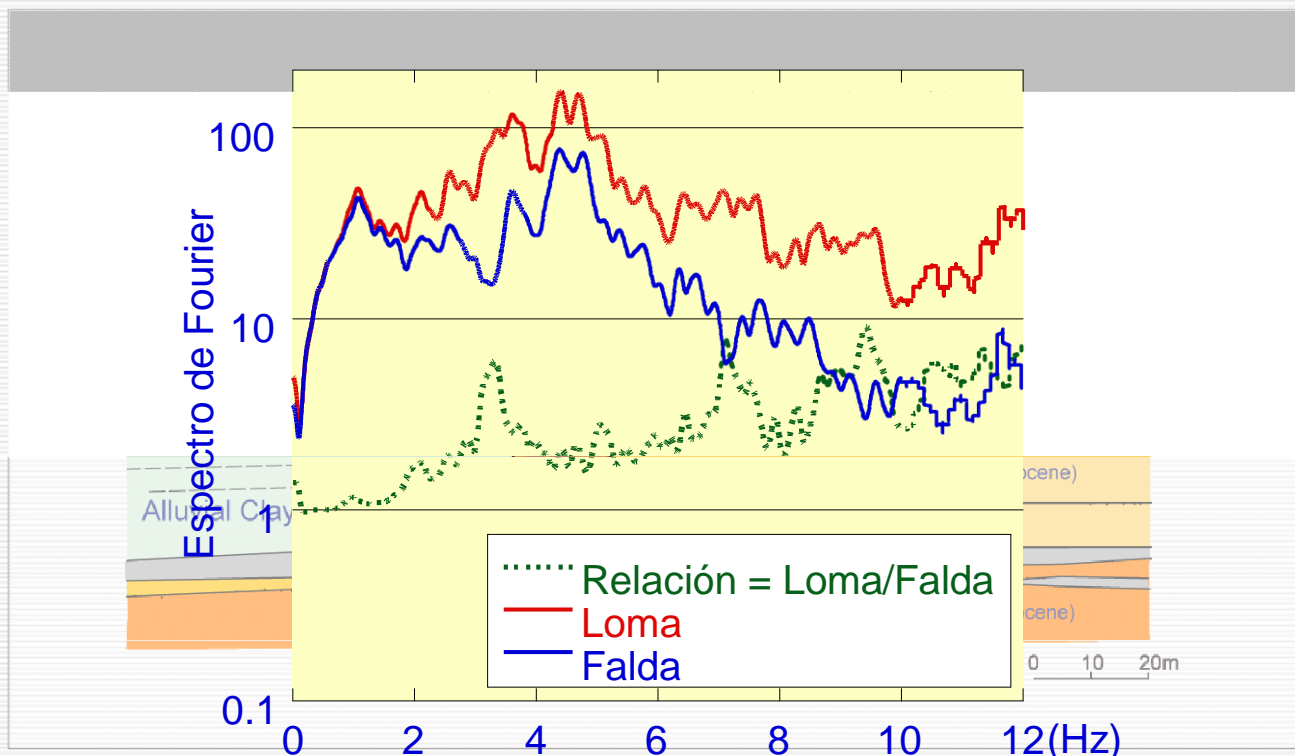
Modelo en 2 Dimensiones de la Estructura del Suelo



Mapa de Riesgo Sísmico en Lima (CISMID)

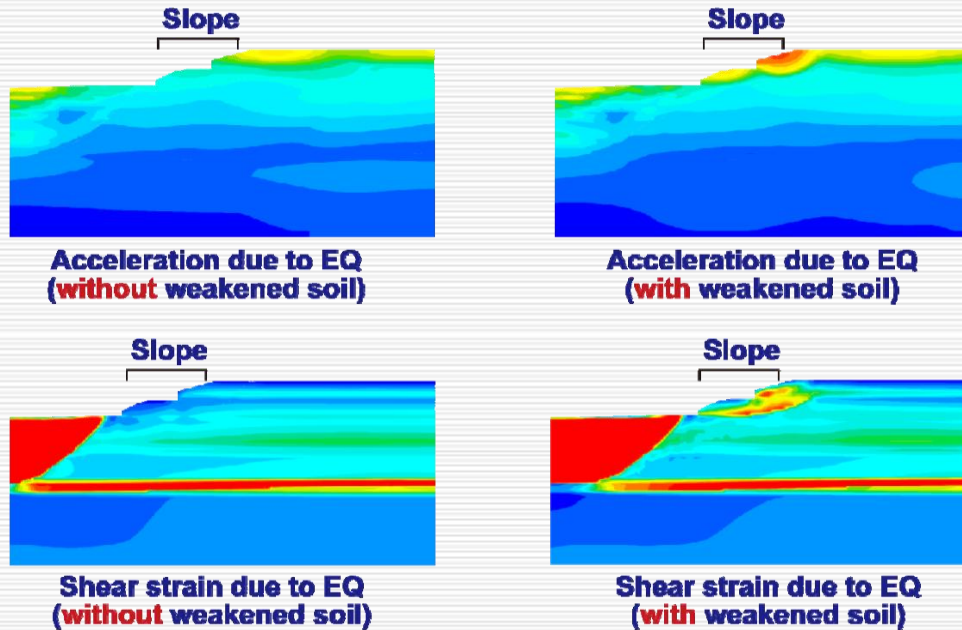
Riesgo Sísmico de Deslizamientos (2)

- Se sabe que la reacción debido a un terremoto tiende a incrementarse en la Loma de una pendiente.



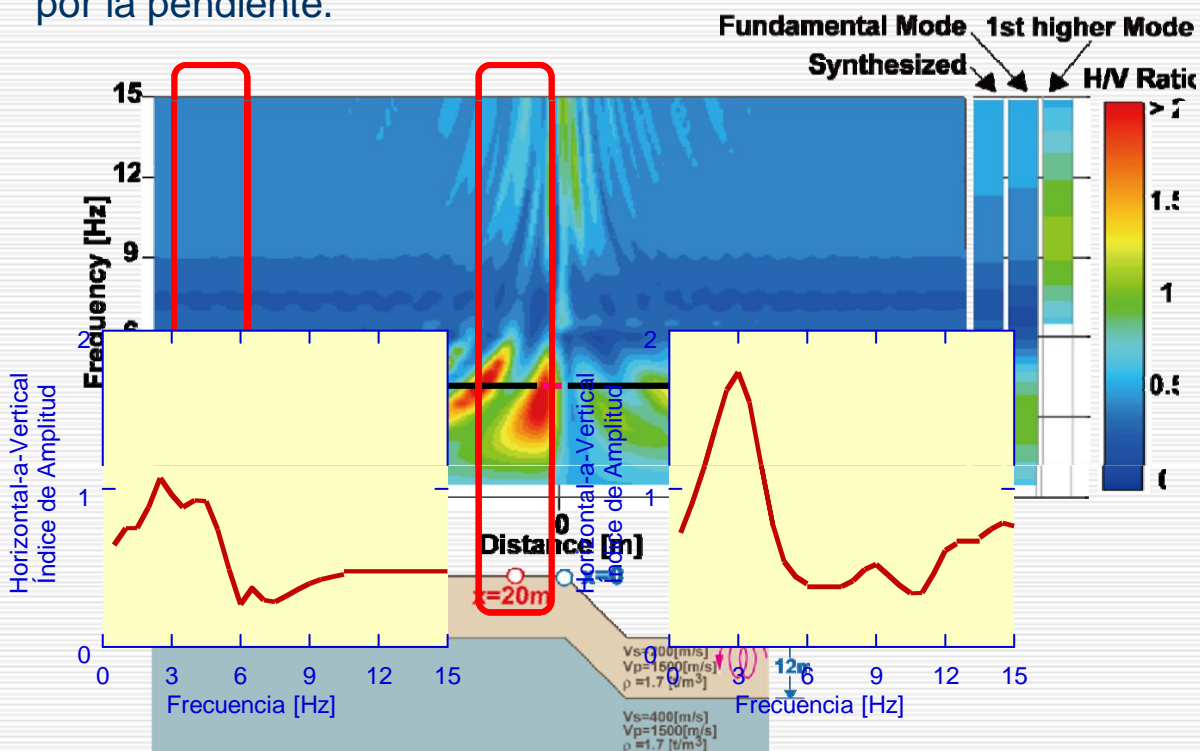
Riesgo Sísmico de Deslizamientos (3)

- Se cree que una de las razones para que la superficie del suelo de una ladera esté “debilitada”, se deba a la erosión.
- La existencia de este suelo debilitado, tiene una influencia negativa en cuanto al riesgo sísmico en diversos aspectos.



Relación Espectral H/V

- Se presenta otro ejemplo del efecto de una pendiente. Los resultados de la medición de micro temblores también son afectados por la pendiente.



Plan de Investigación para la Evaluación del Riesgo de Laderas

- El plan de investigación incluye:
 - Selección de unas pocas ubicaciones objetivo en Lima, donde las casas estén densamente construidas.
 - Recopilación de los datos de la investigación del suelo, si lo hubiera.
 - Efectúe un examen del suelo, si fuera posible.
 - Proceda con la serie de mediciones de micro temblores.
 - Elabore los modelos del suelo y realice el análisis de los elementos determinados.
 - Evalúe los riesgos sísmicos de la zona con pendientes (laderas) en base a estos datos junto con los resultados de otros grupos en este proyecto.

