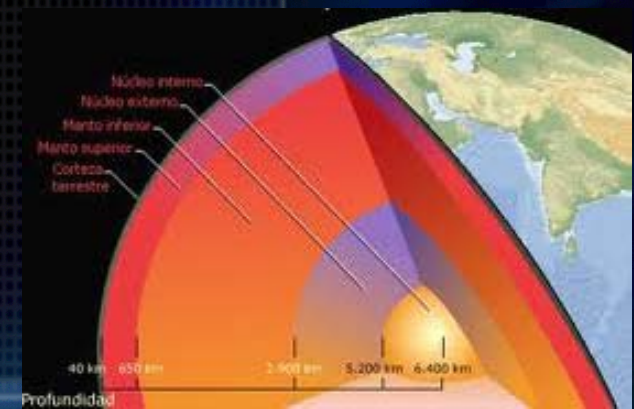
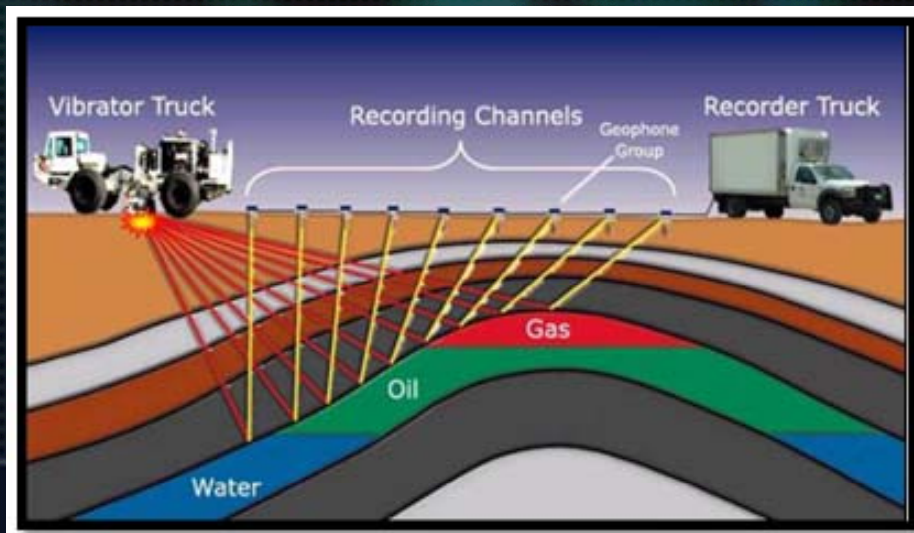
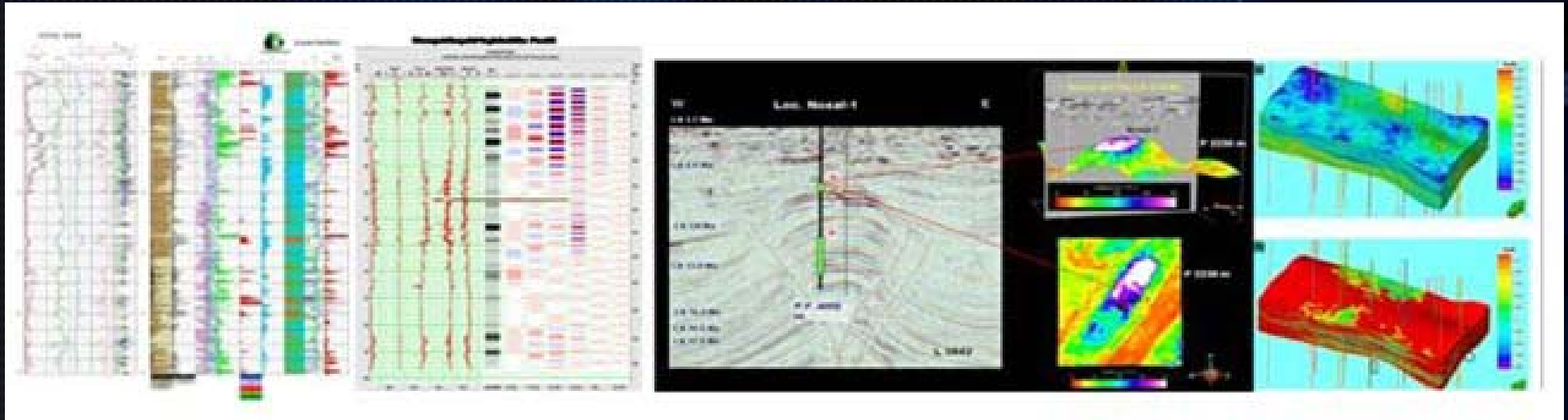




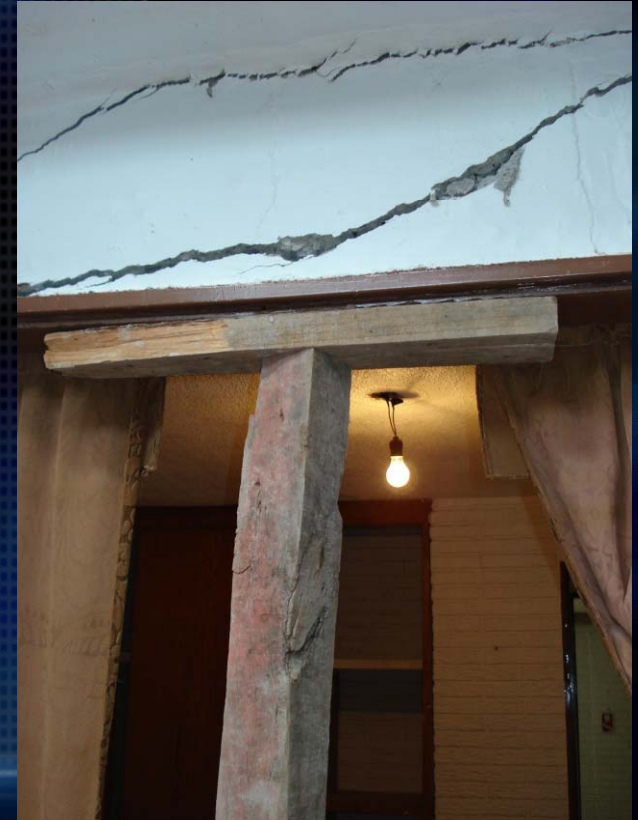
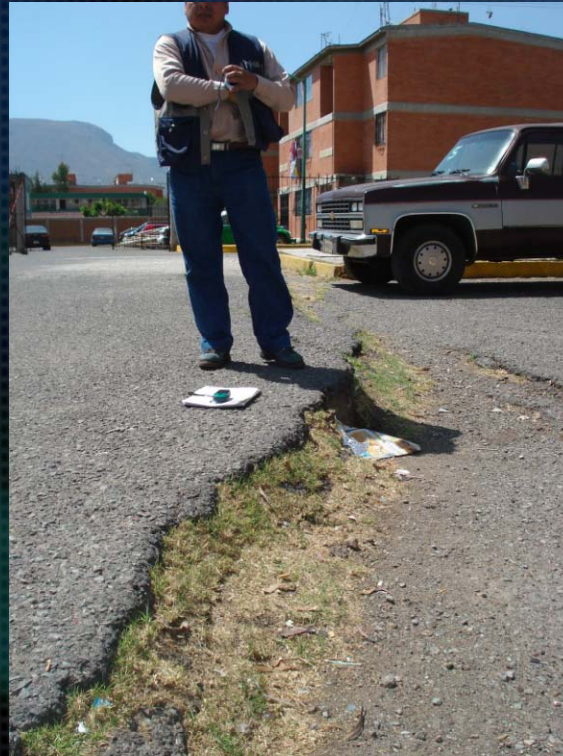
## Métodos Geofísicos de Exploración Algunos Ejemplos de Aplicación

M. en C. Esteban Hernández Quintero. Instituto de Geofísica, UNAM

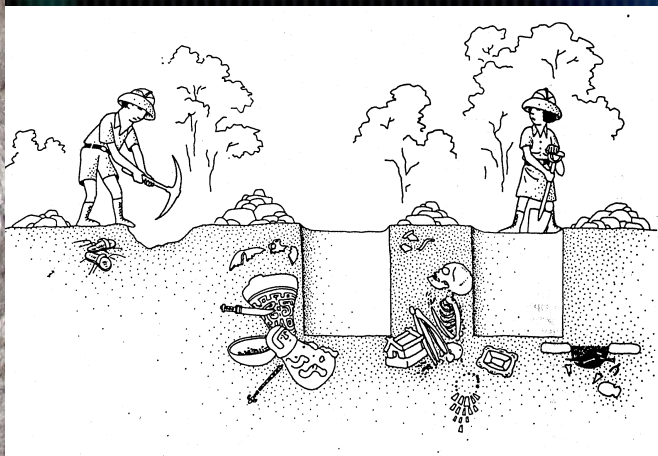














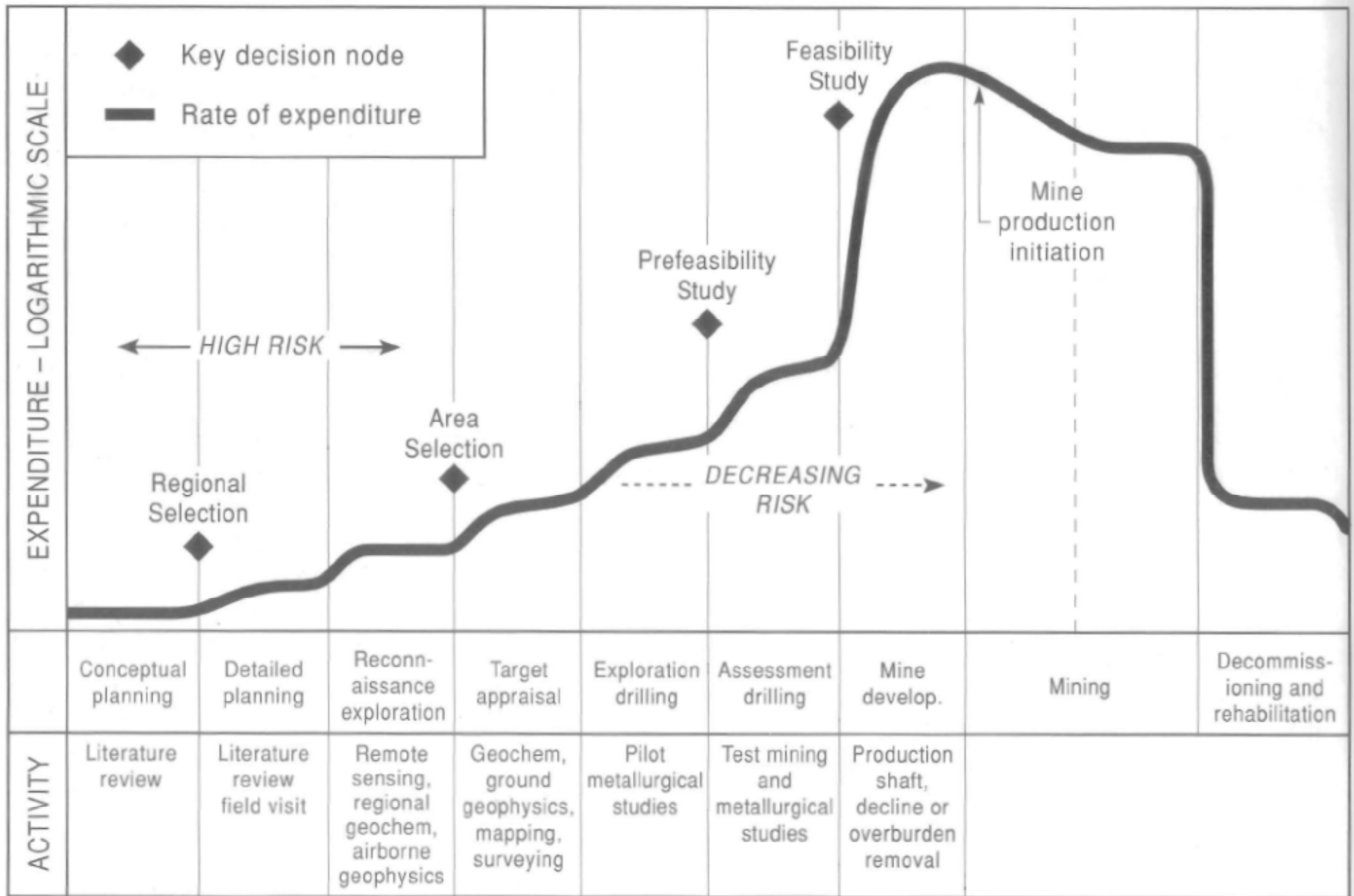


FIG. 4.1 Stages of an exploration project. (Modified from Eimon 1988.)



## PARA QUE GEOFISICA?

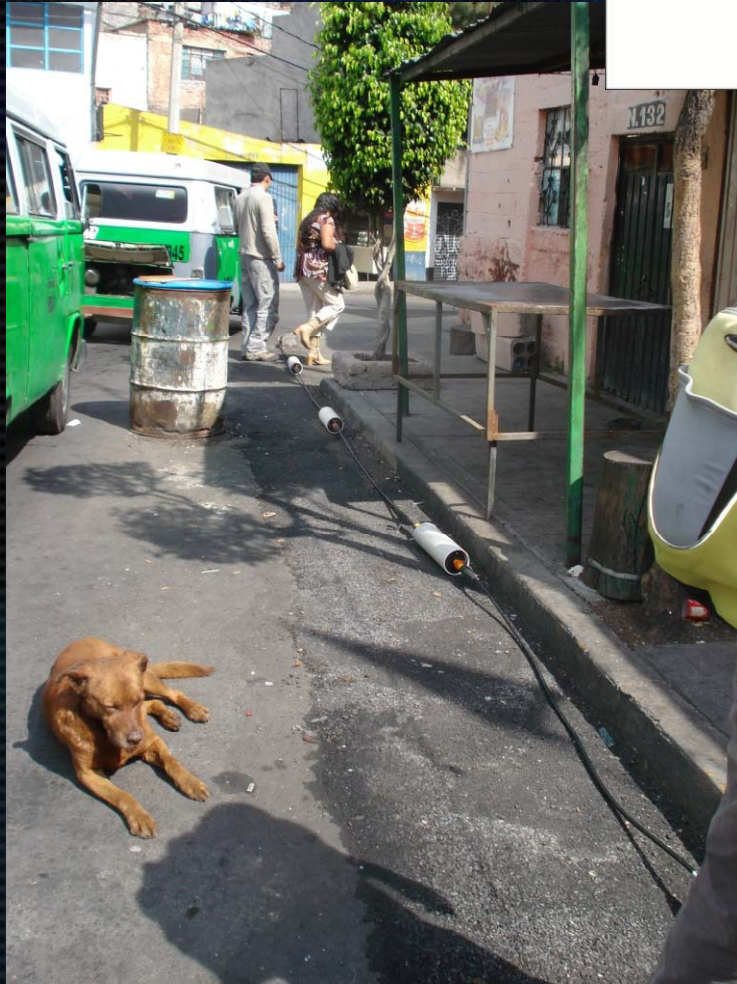
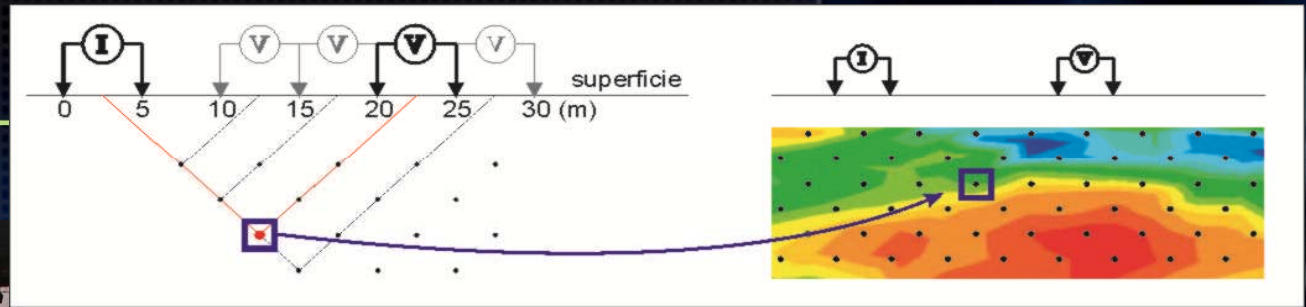
- Caracterizar el subsuelo sobre el que se asientan las ciudades.
- Dar una explicación satisfactoria de un fenómeno particular (agujeros, hundimientos, subsidencia, etc).
- Determinar la existencia y posición a profundidad de los diferentes fenómenos y objetivos a estudiar.
- Determinar la existencia y posición a profundidad de objetivos en zonas arqueológicas.



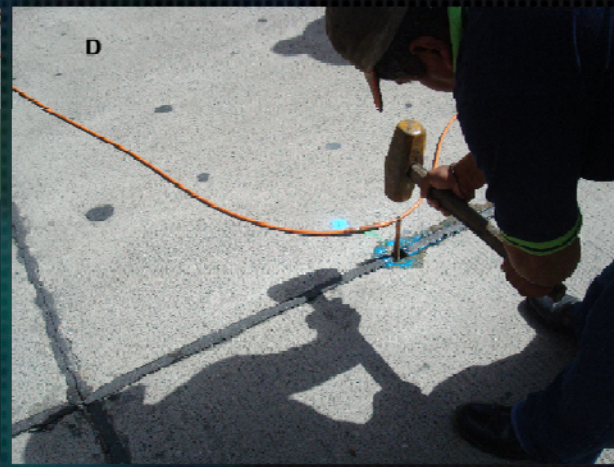
## ESTUDIOS GEOFÍSICOS

- MÉTODOS POTENCIALES (GRAVIMETRÍA Y MAGNETOMETRÍA).
- MÉTODOS ELÉCTRICOS DE DETALLE:
  - a) TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA CAPACITIVA
  - b) TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA GALVÁNICA
- MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS
- EXPLORACIÓN SÍSMICA
- ESTUDIOS DE RADAR DE PENETRACIÓN TERRESTRE
- GPS

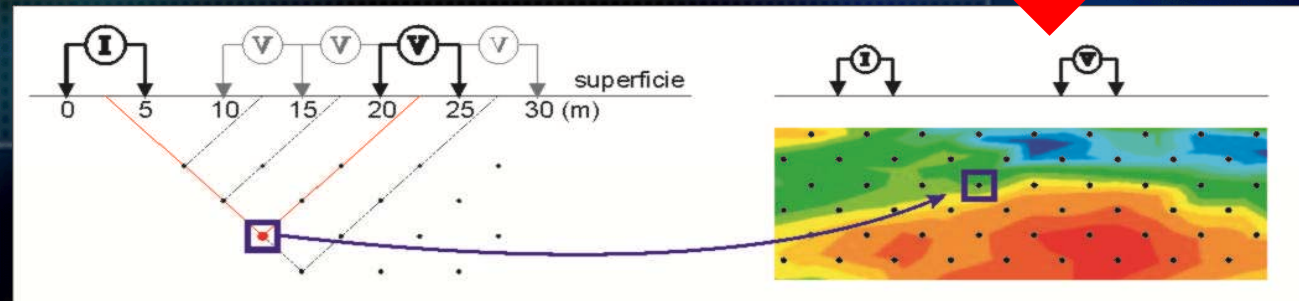




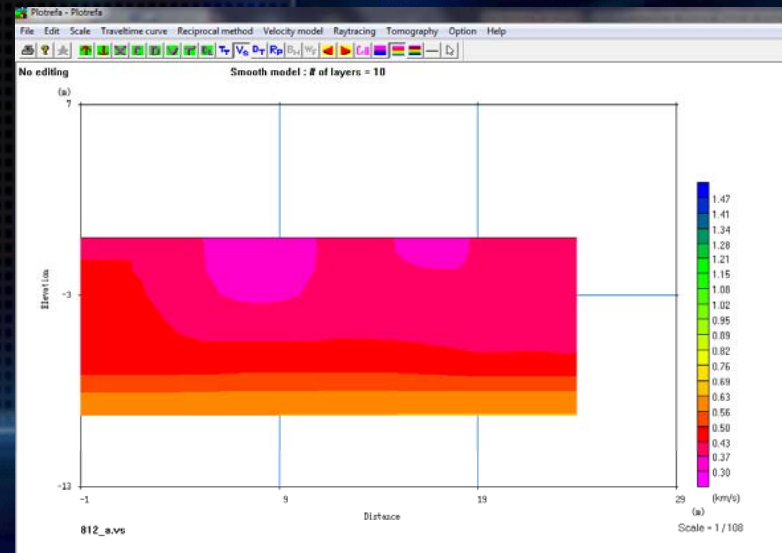
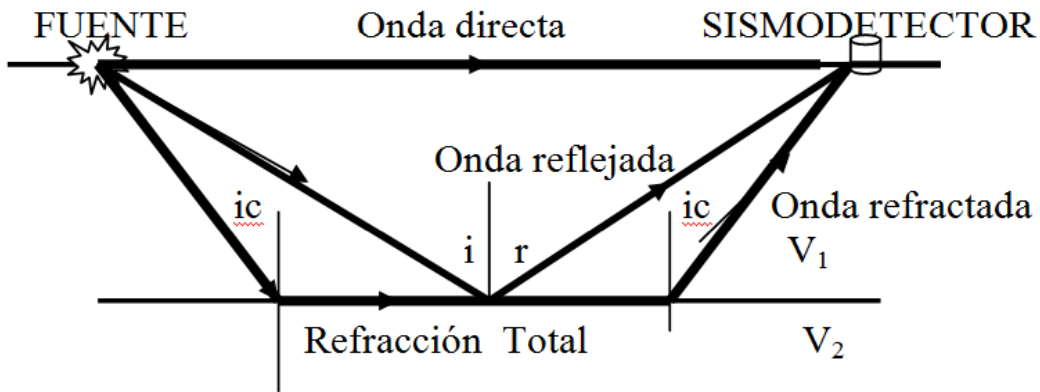




Syscal Pro de 48 canales

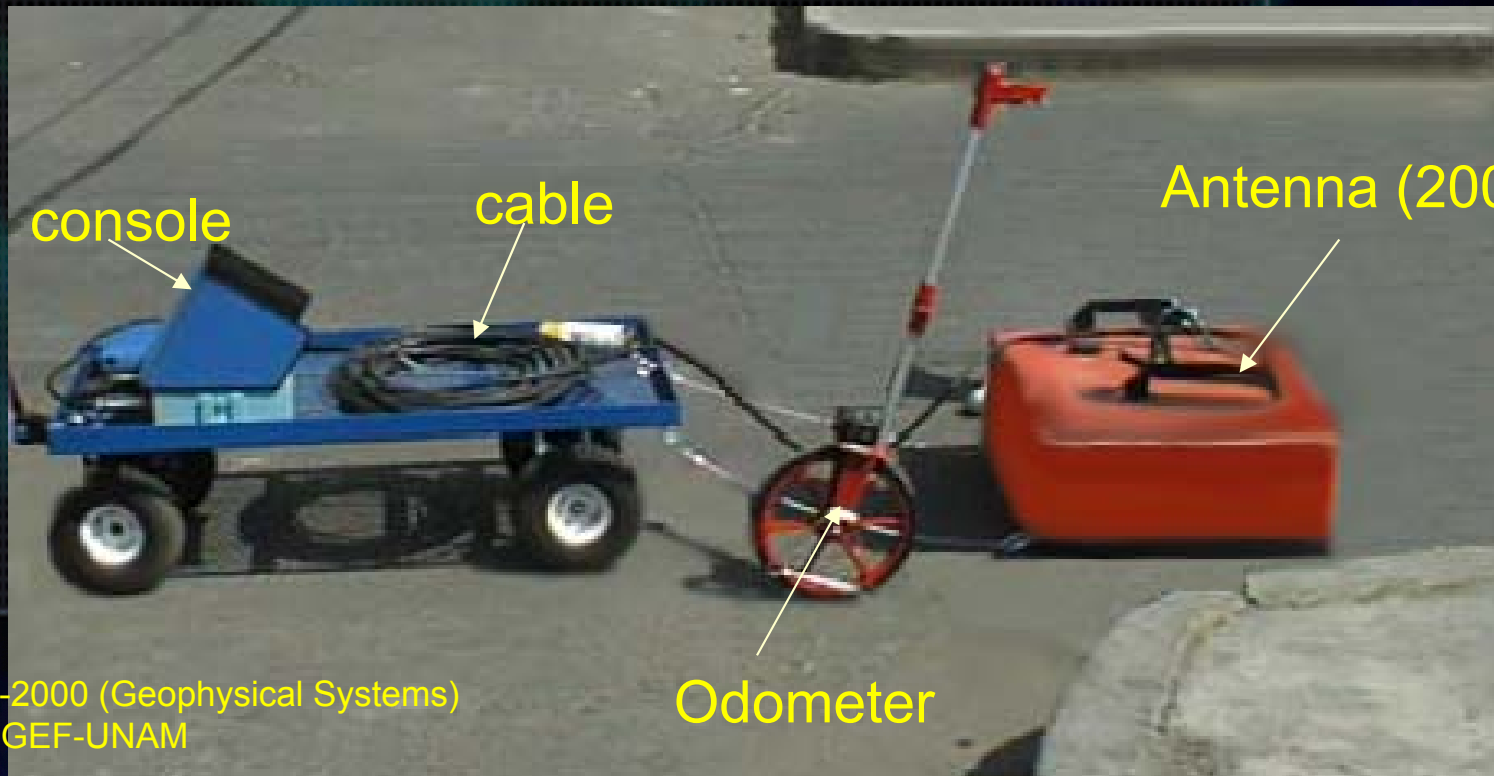








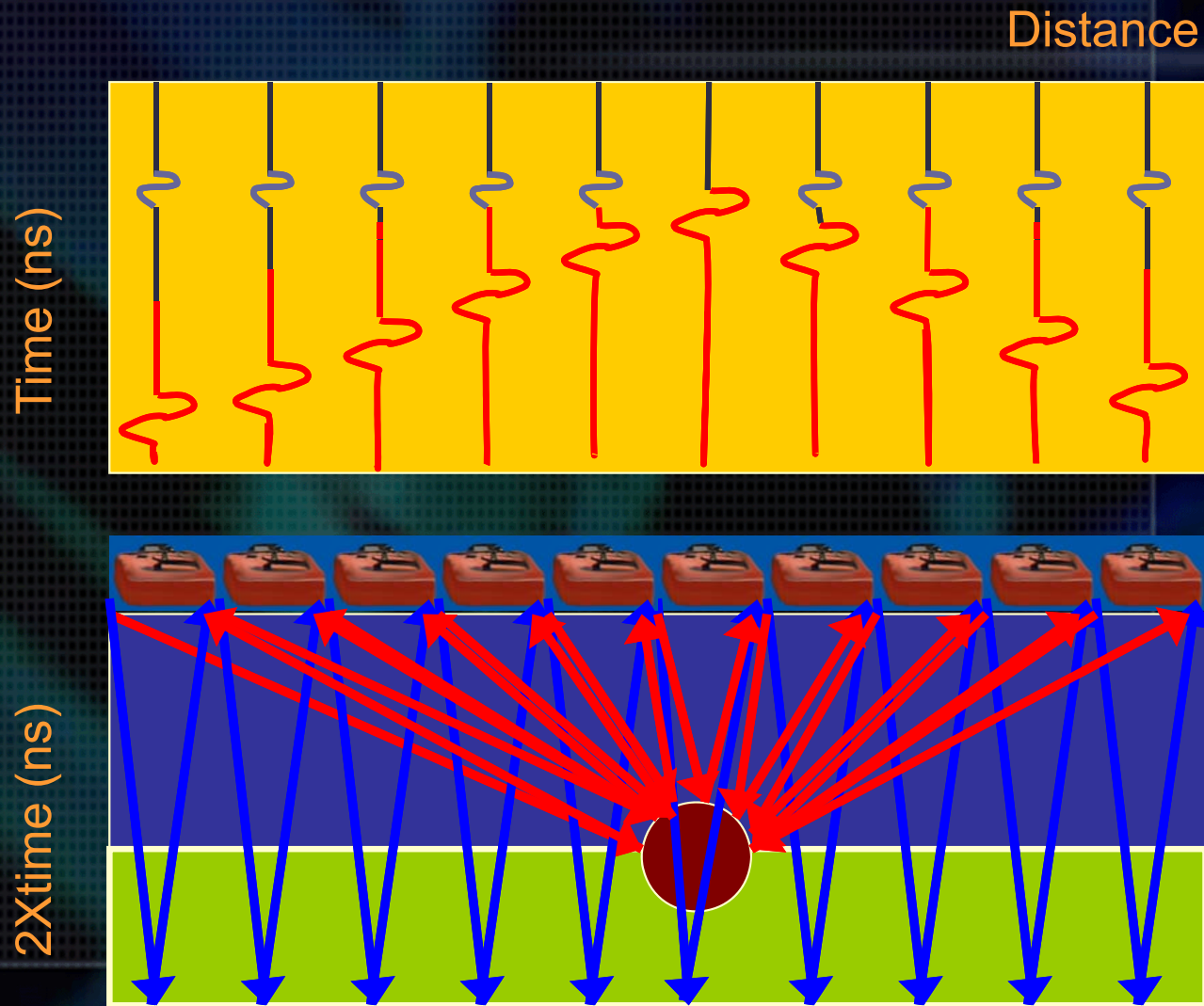
- Detect electric permittivity contrasts
- Can work with one (mono-static) and two (bi-static) antennas
- Penetration is a function of the frequency sent to the subsurface.
- Data acquisition is very fast
- Quality of data depends on the terrain properties
- Observations are made along profiles



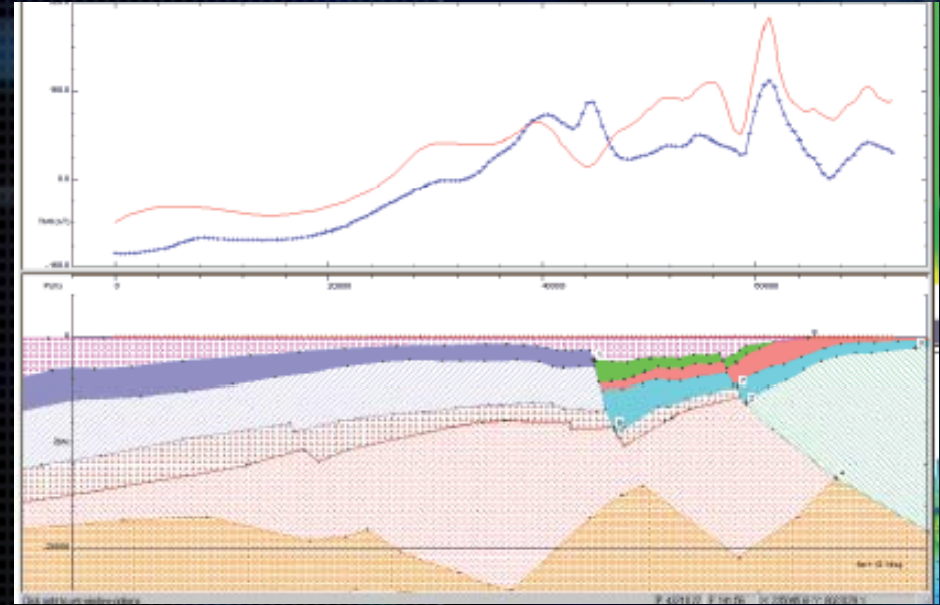
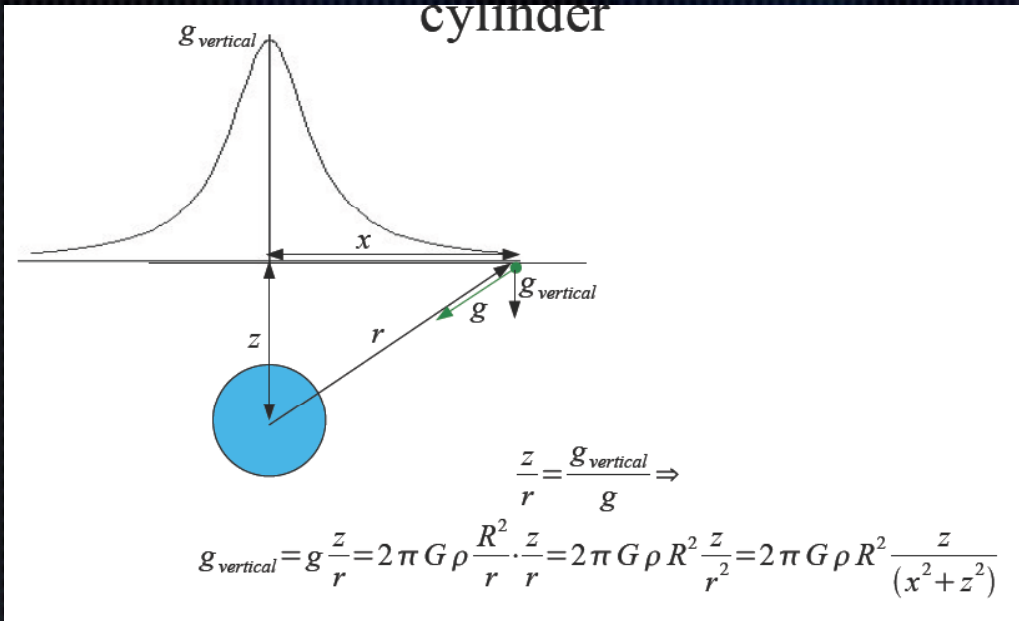
System SIR-2000 (Geophysical Systems)  
Owned by: IGEF-UNAM



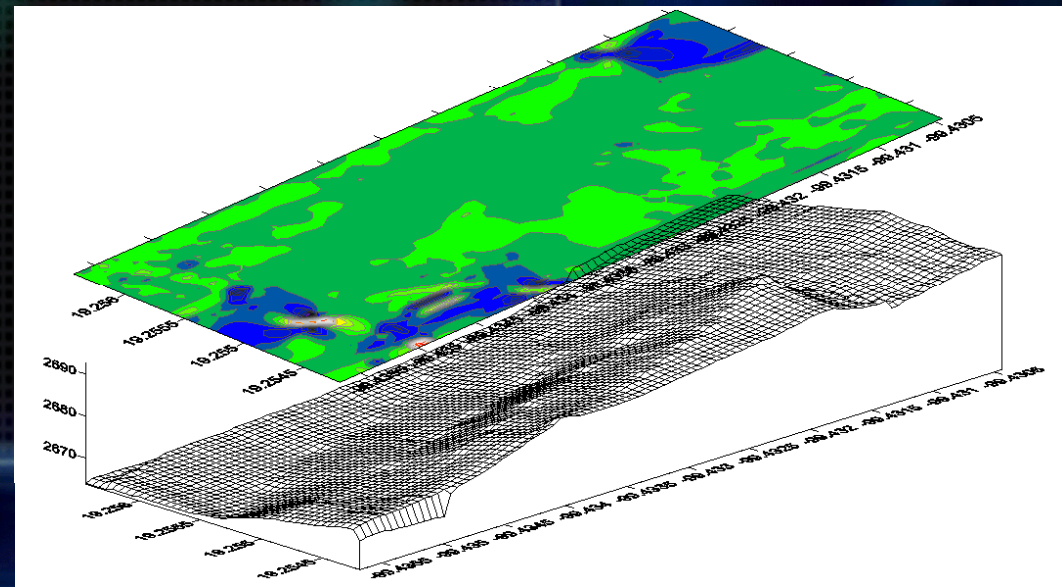
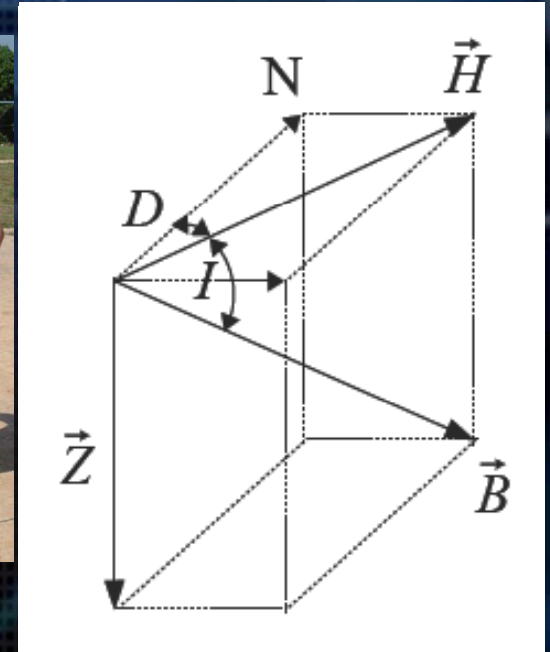
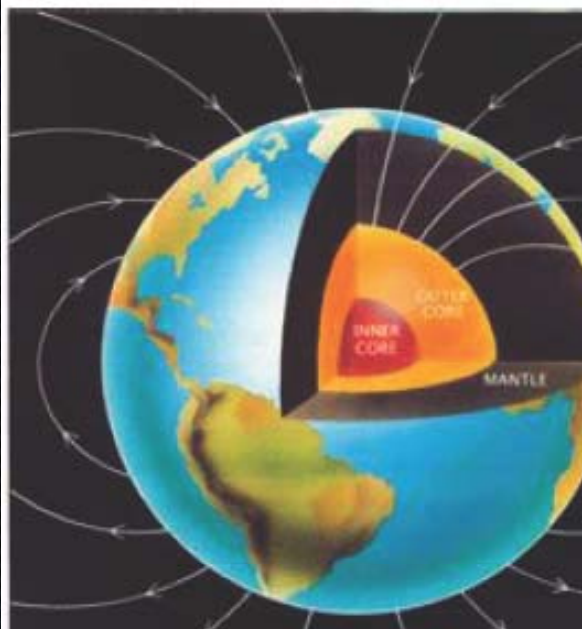
# Como trabaja la señal electromagnética de un GPR













PROBLEMA	POT. MAG/GRA V	ELEC. CAPAC.	ELEC. GALV.	GPR	EXP. SÍSM.	GPS
ESTUDIO DE LITOLOGÍA	○		○			
LECHO ROCOSO	○		○			
FRACTURAS Y FALLAS		○	○	○	○	
CAVIDADES SUBTERRÁNEAS			○		○	
RESTOS ARQUEOLÓGICOS				○		
PLUMAS CONTAMINANTES		○	○			
SUBSIDENCIA			○		○	○
TÚNELES		○	○	○		
INSPECCIÓN FUGAS FILTRACIONES		○	○	○	○	
NIVELES FREÁTICOS	○		○		○	



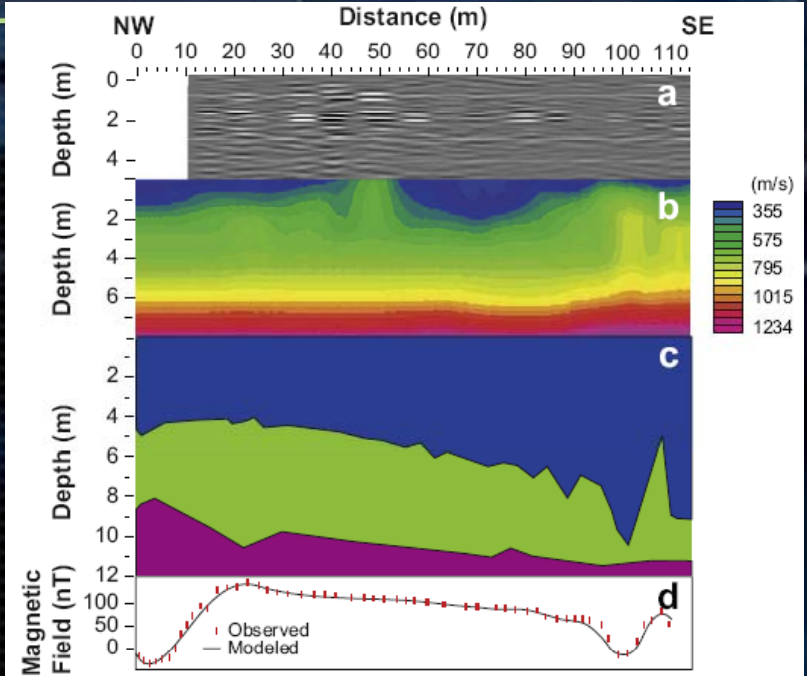
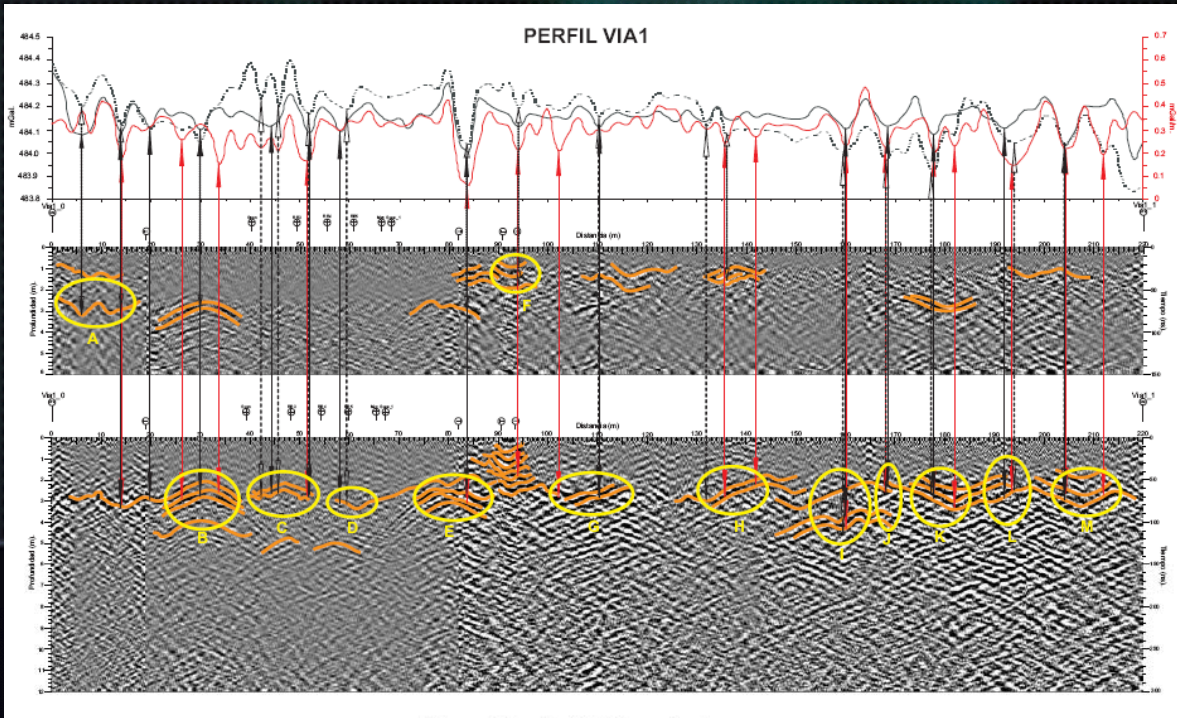
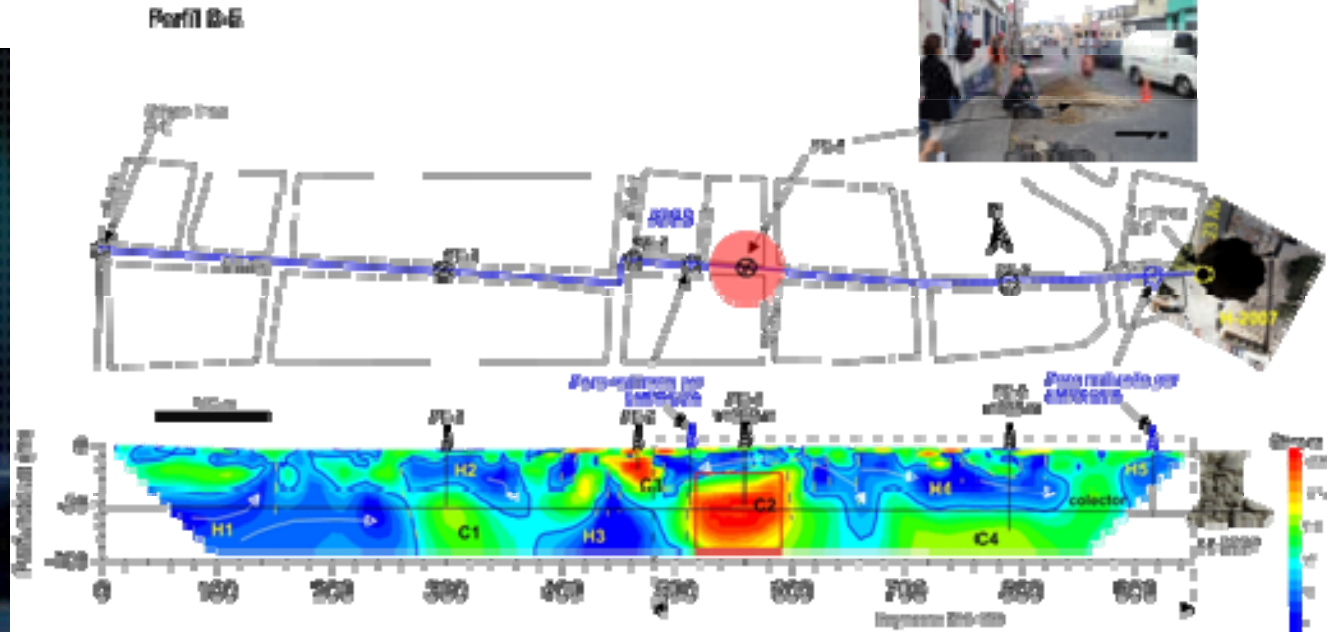
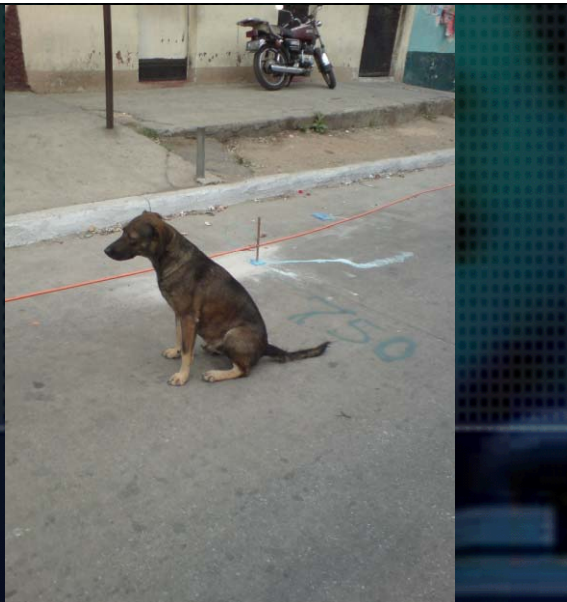
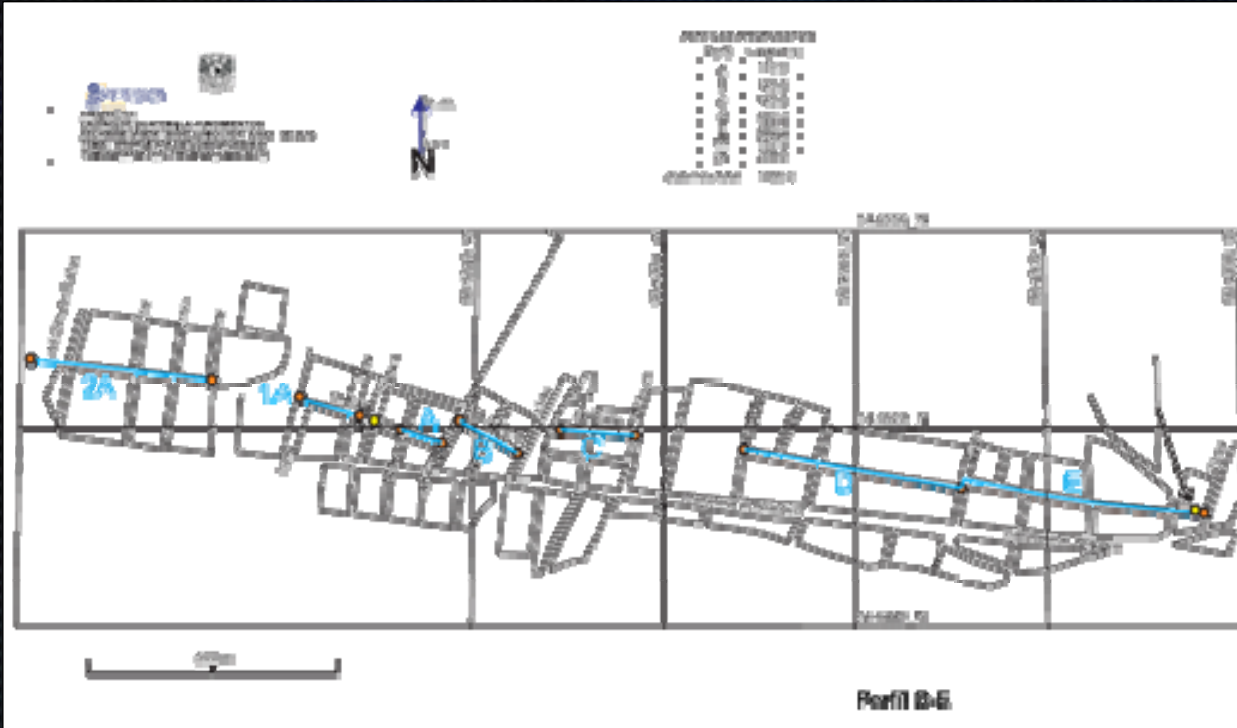


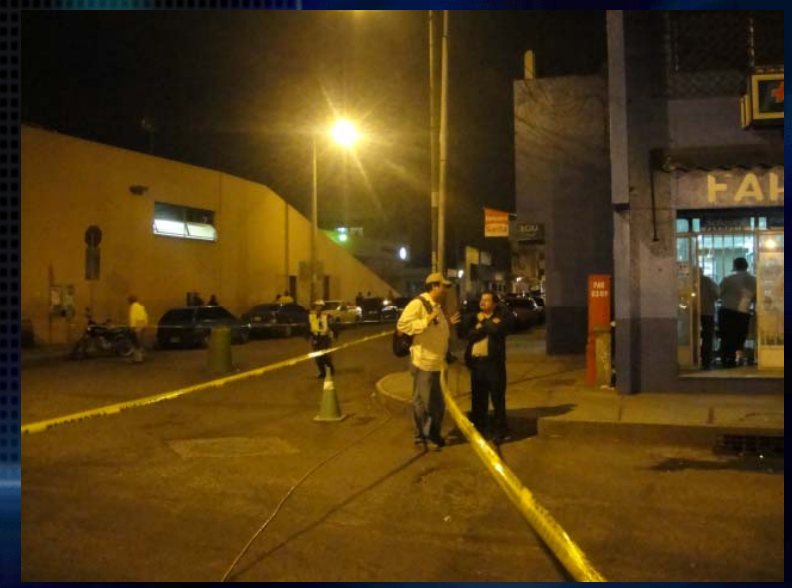
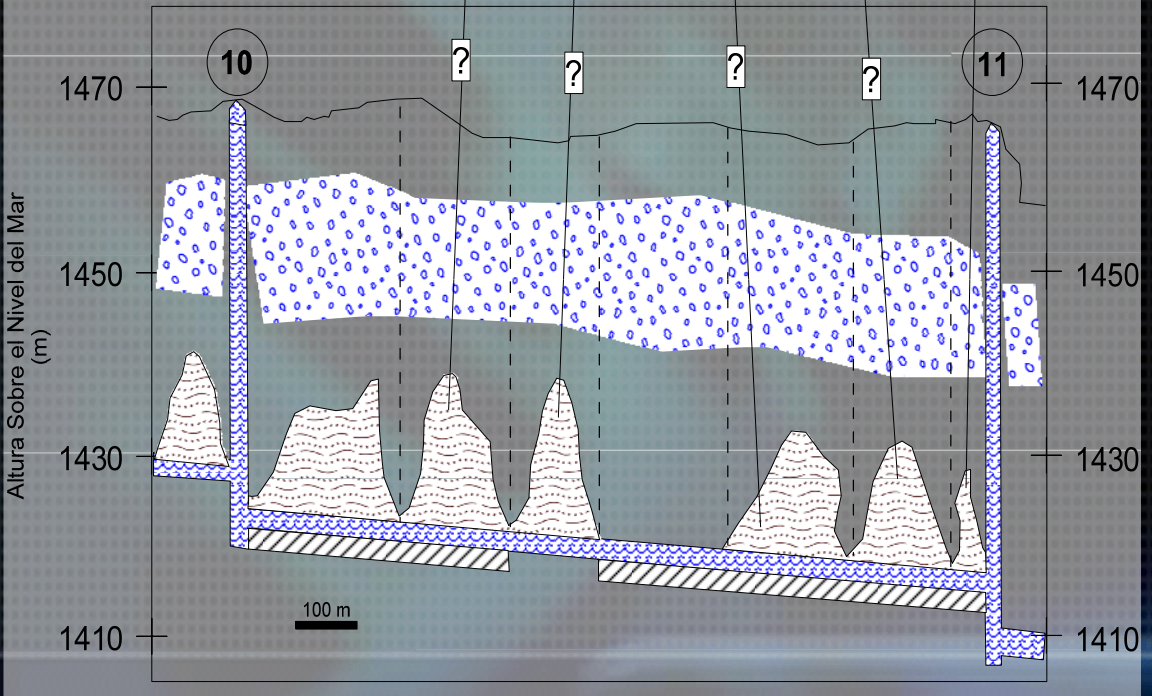
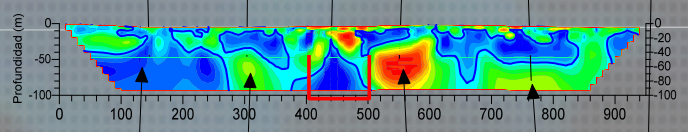
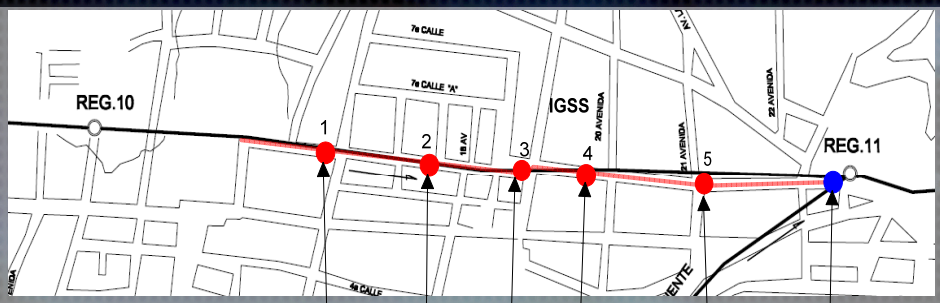
Fig. 8. Same as in Fig. 6 along section P5.















37 m

14.66°



Excavación del PE-1 por EMPAGUA



90.5°



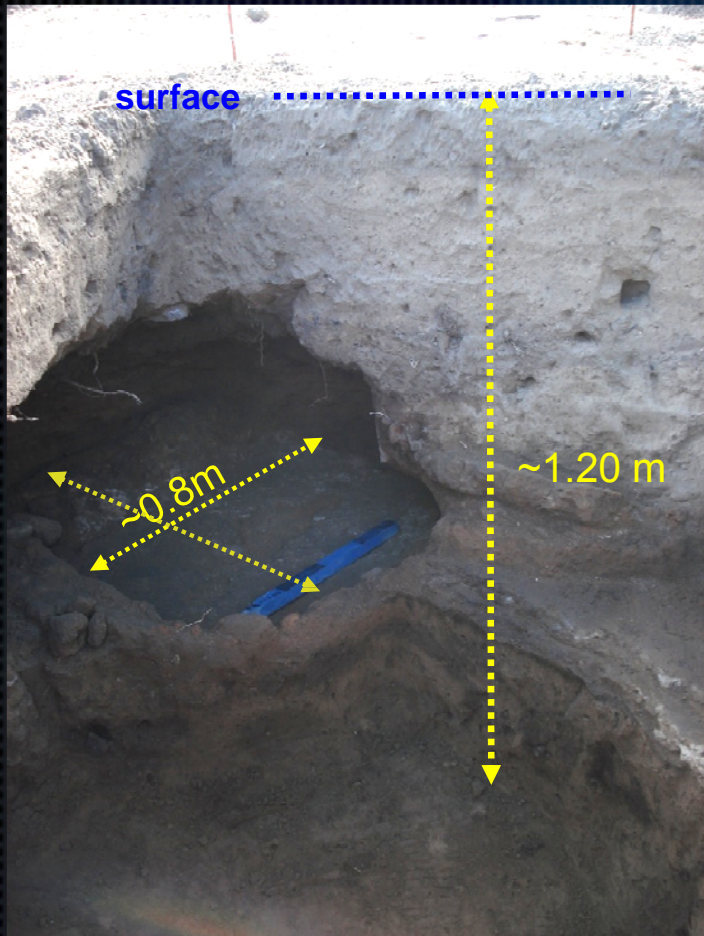
**Hill**



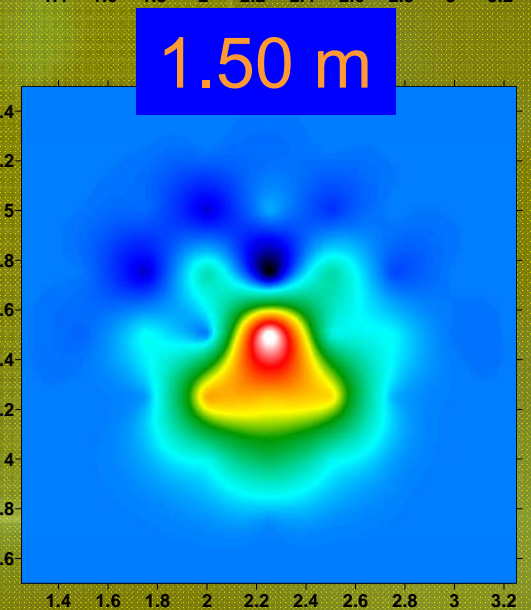
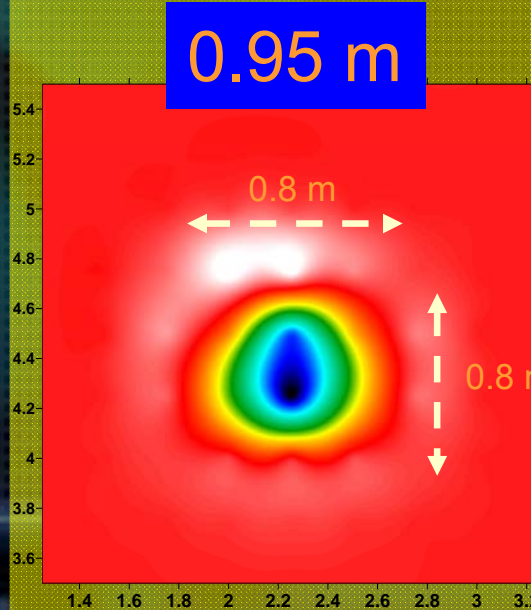
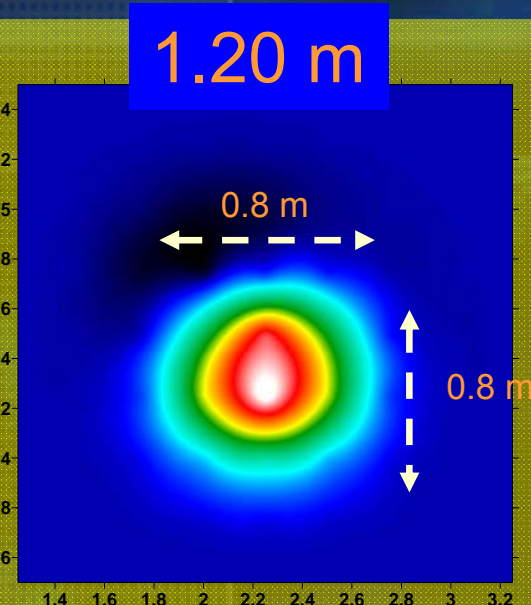
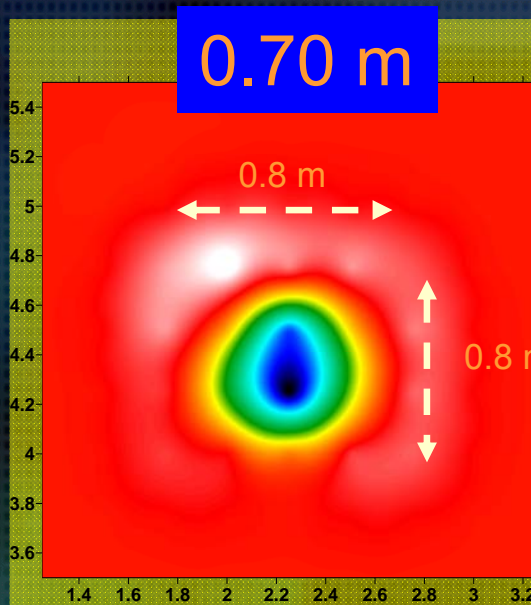
**Terrace M3 studied with GPR. A small 'hill' is observed in the foreground. This corresponds to a pyramid remains (!)**

**floors**

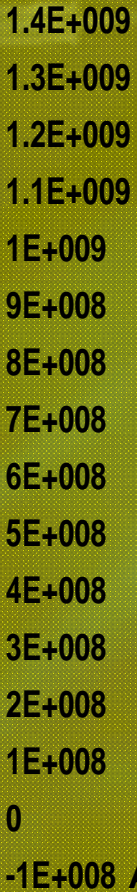




**Excavated kiln**



A/m





- Morelia (antigua Valladolid) es considerada Patrimonio de la Humanidad.
- Enorme riqueza cultural con edificios que datan desde los siglos XVI al actual.
- Evidencias orales y físicas de la existencia de túneles de época colonial.
- Túneles descubiertos de manera accidental en los años 70's por debajo de la Casa de Cultura (Iglesia del Carmen).
- Estructuras de gran valor histórico y de interés turístico.

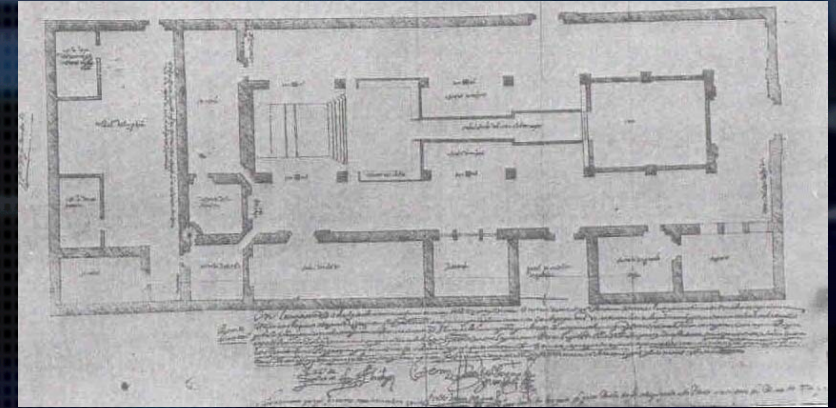


Túnel encontrado por debajo de la iglesia del Carmen (A). Este pasaje parece terminar en una cripta (B). La continuación de esta estructura se encuentra aparentemente tapiada.

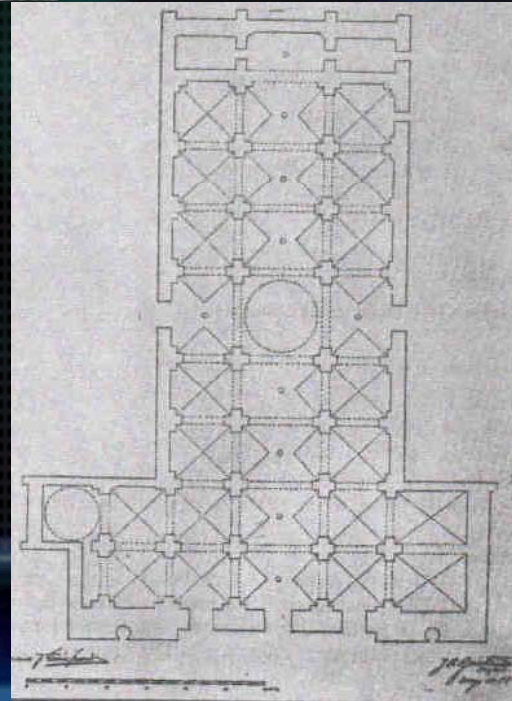




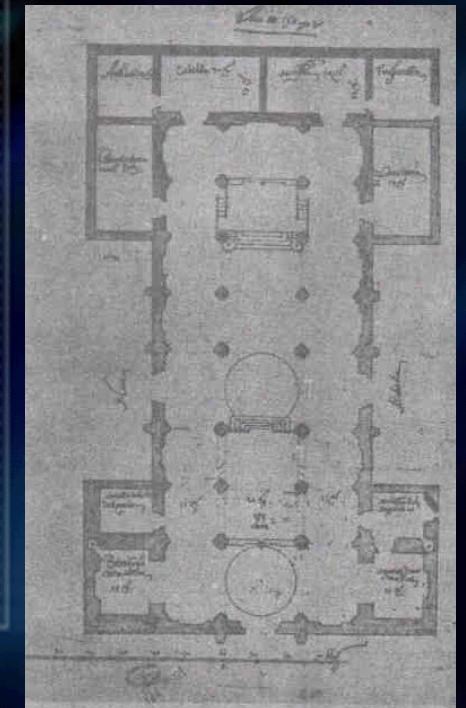
La Catedral de Morelia vista desde su costado poniente. Obsérvese que el atrio hacia la puerta principal es pequeño y no existen las rejas que delimitan el atrio. Esta imagen es una litografía que data del año de 1830 (Tomado de González Galván, 1960).



Proyecto de la 1ª Catedral, según el plano de Francisco de Chavida de 1621



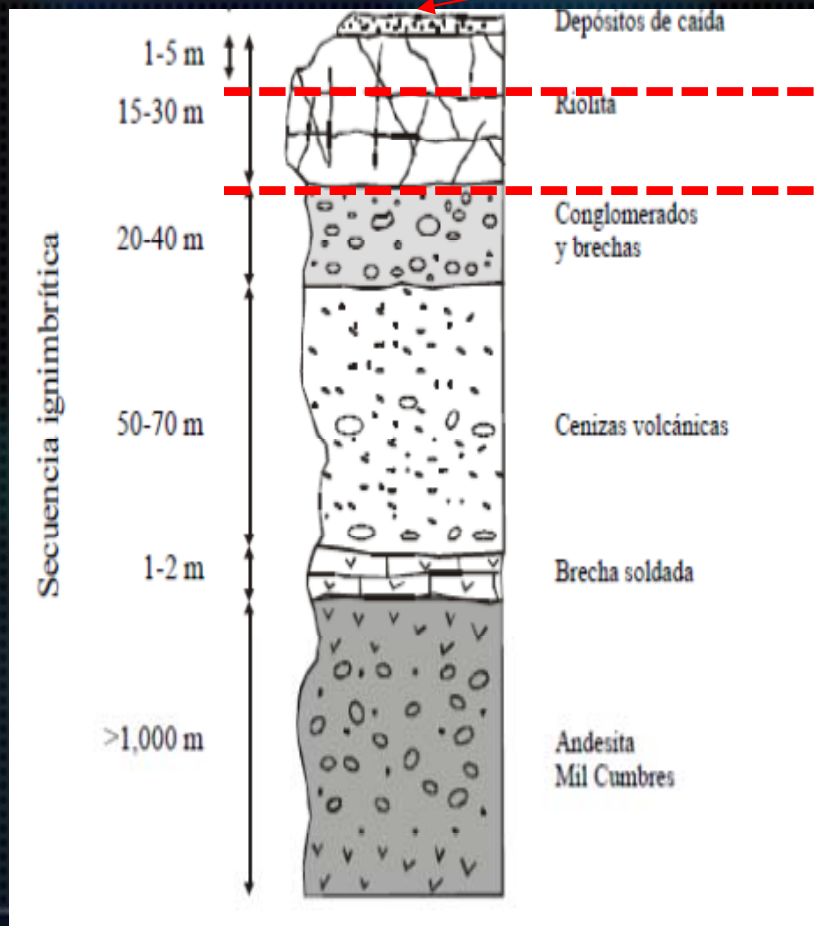
Proyecto de Vicencio Baroccio (No aparece el edificio de la Sacristía (Plano de J.R. Benítez, 1932)



Proyecto 2ª Catedral de 1621



↑  
Cantera



Formación 'Alegría'

Método capacitivo

Método galvánico

Alcance del Método de Tomografía de Resistividad Eléctrica

(Tomado de Arreygue-Rocha et al., 2002)





Perfiles	Longitud (m)
LE-1	100
LE-2	100
LE-3	100
LE-4	110
LE-5	90
LE-6	50
LE-7	70
LE-8	70
LE-9	80
LE-10	80
<b>TOTAL</b>	<b>850</b>

L3, L4, L6 y L9 se utilizarán para un estudio 3D





Barrenación



Inserción del electrodo en el suelo



Alineación de electrodos

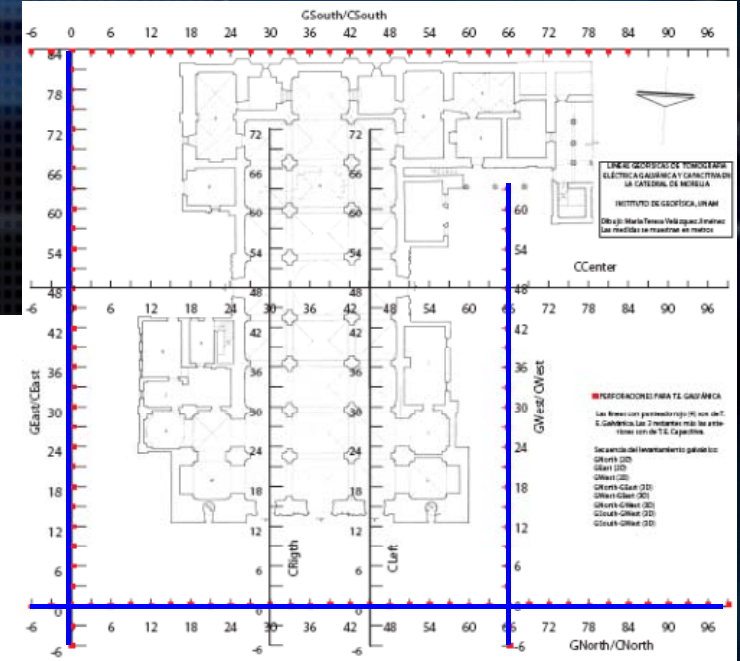
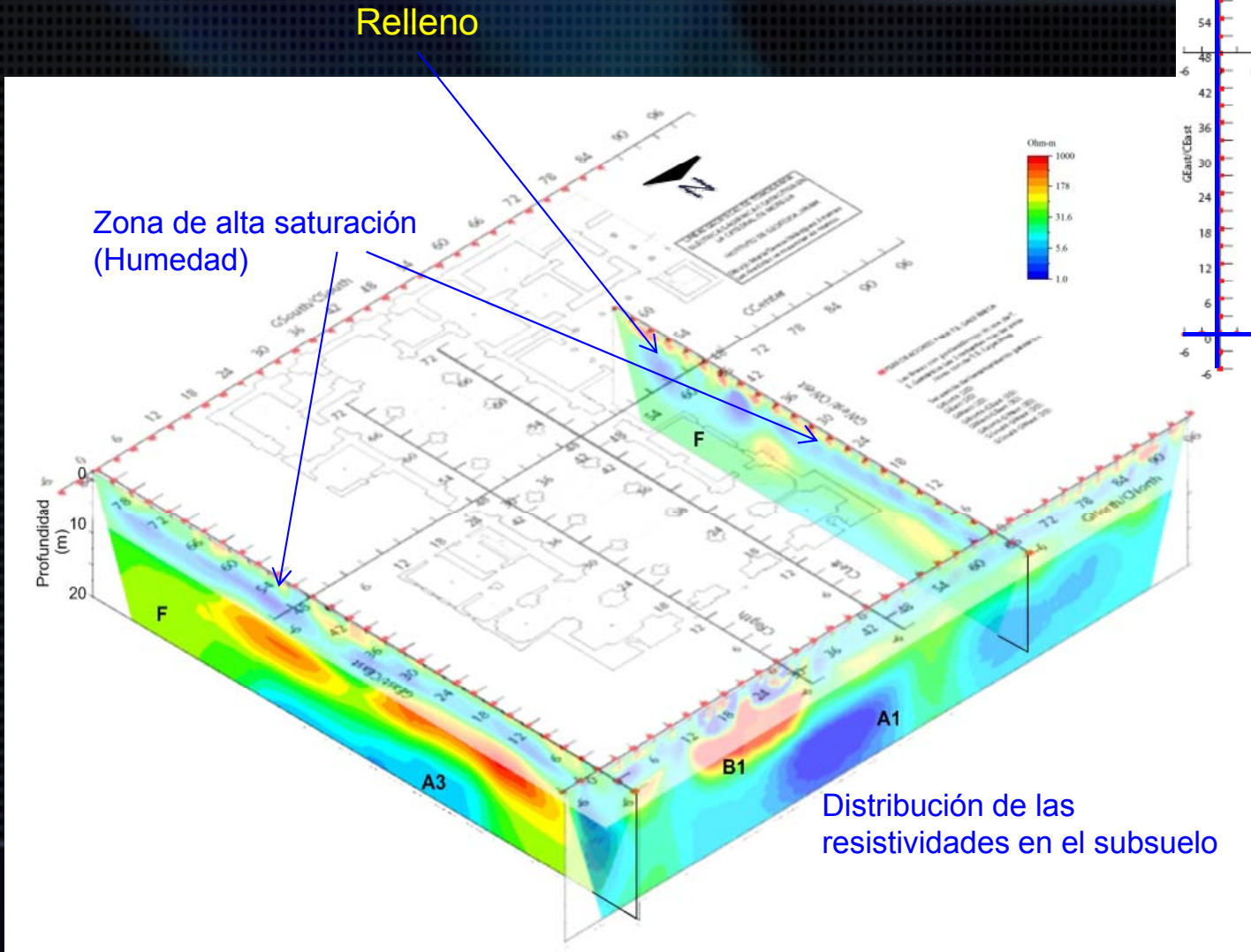


Conexión interelectrónica



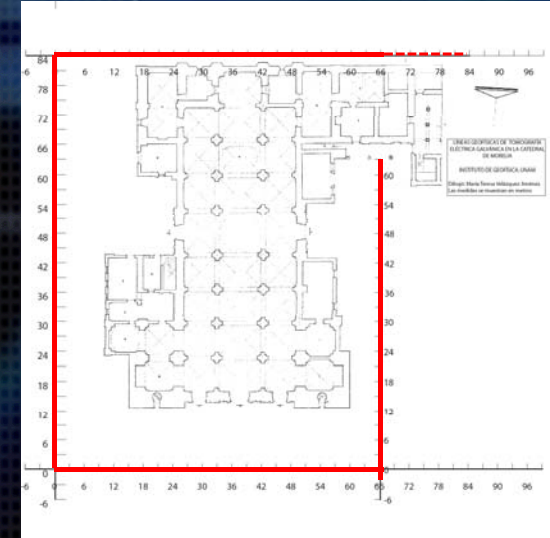
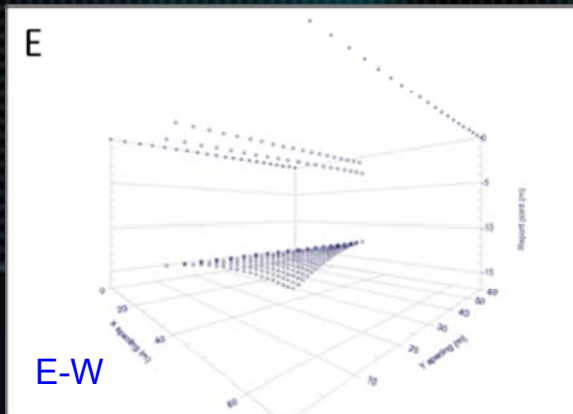
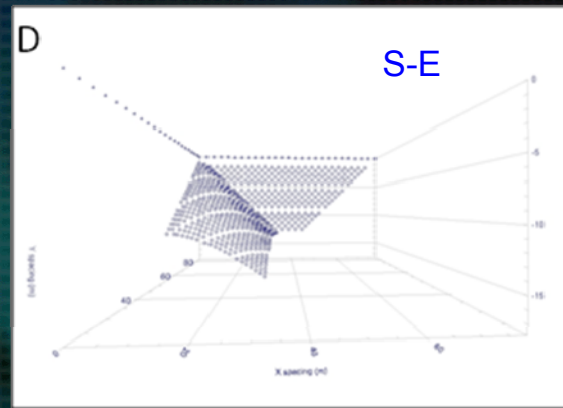
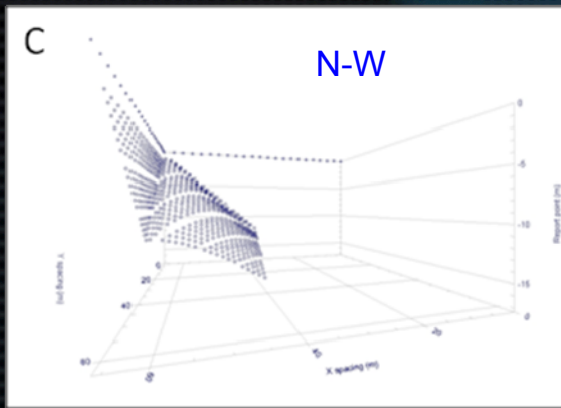
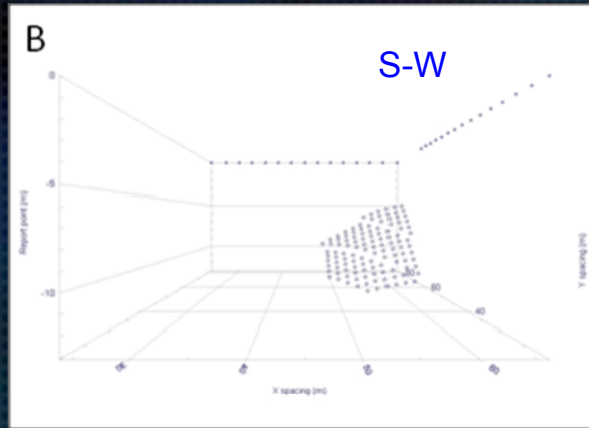
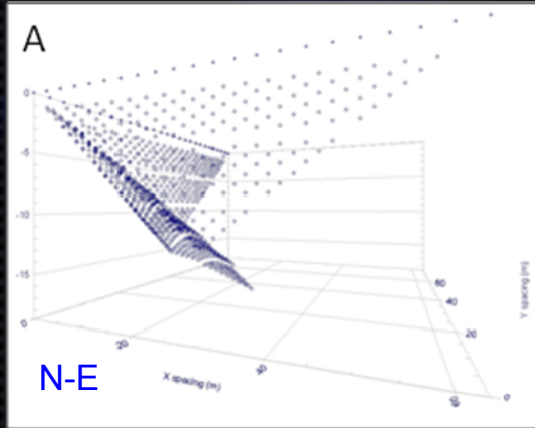
Enlace con el equipo SySCAL-Pro





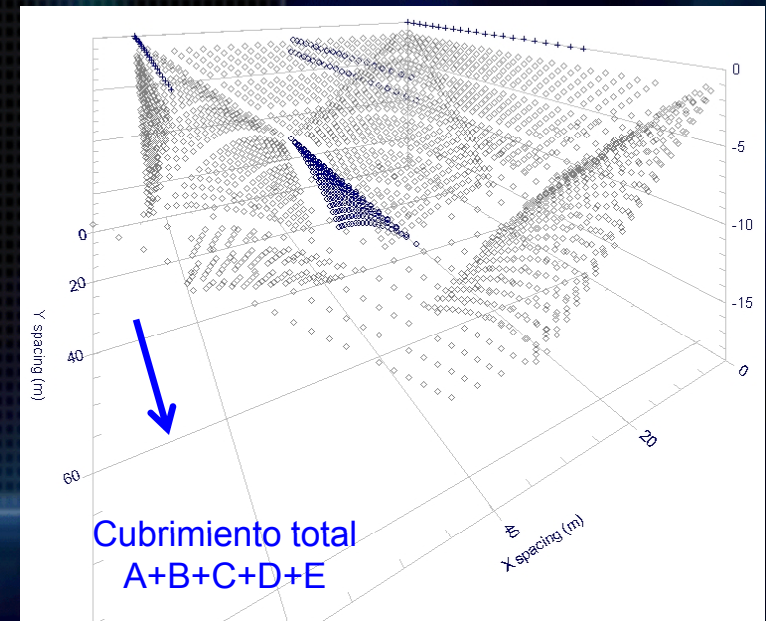
Plano de localización de los perfiles 2D (en azul). Los puntos rojos indican la posición de los electrodos.





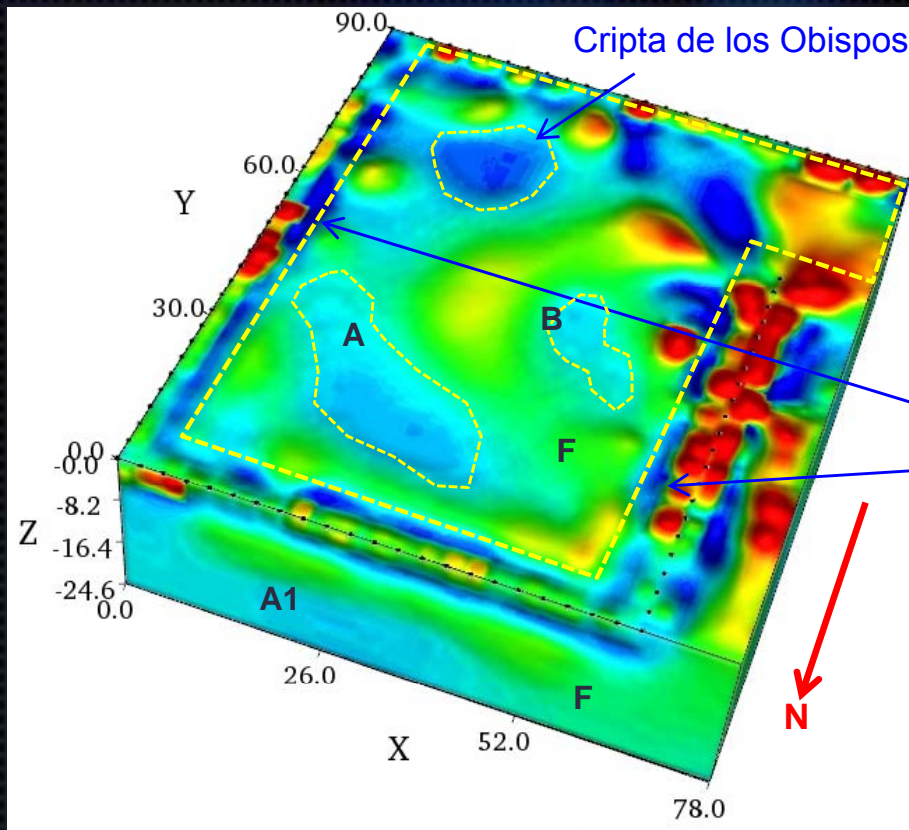
Plano de localización de las líneas de TRE para el estudio 3D

Vista de los puntos de atribución diseñado para la disposición de los electrodos

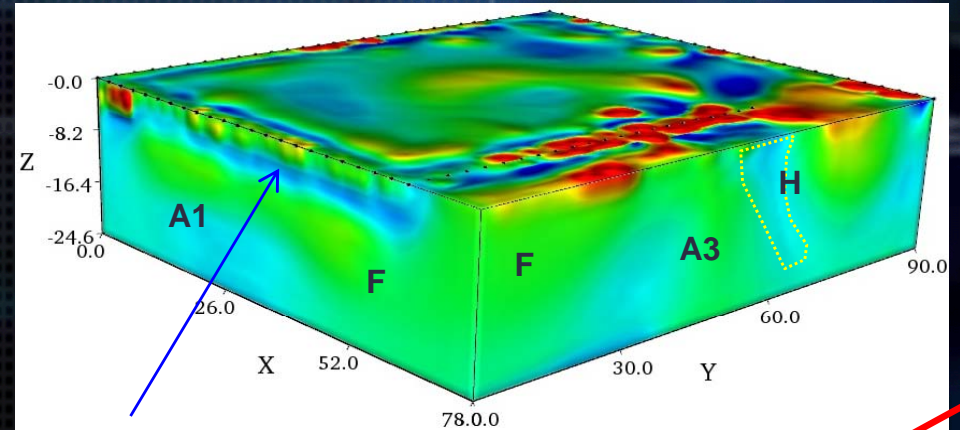




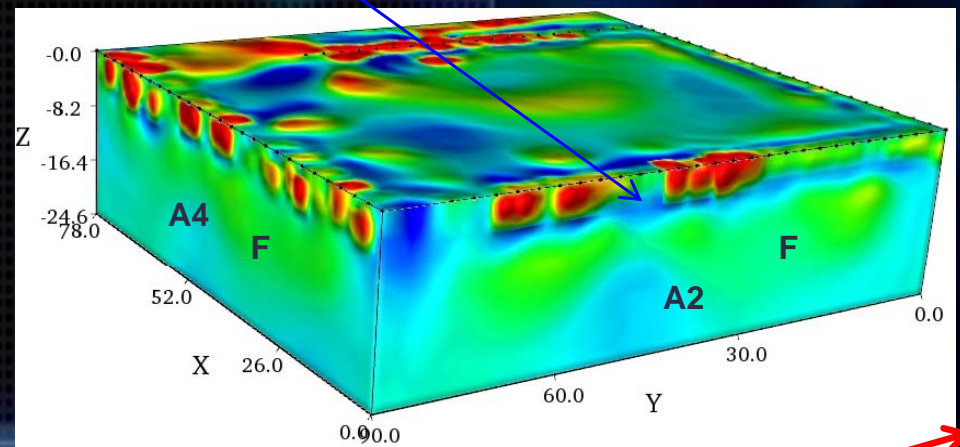
Cara Superior



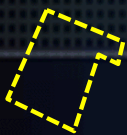
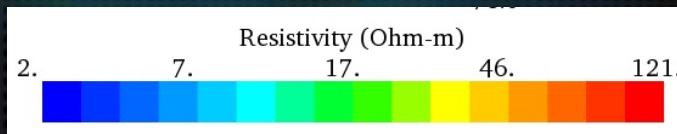
Cimentación



Cara Lateral NW



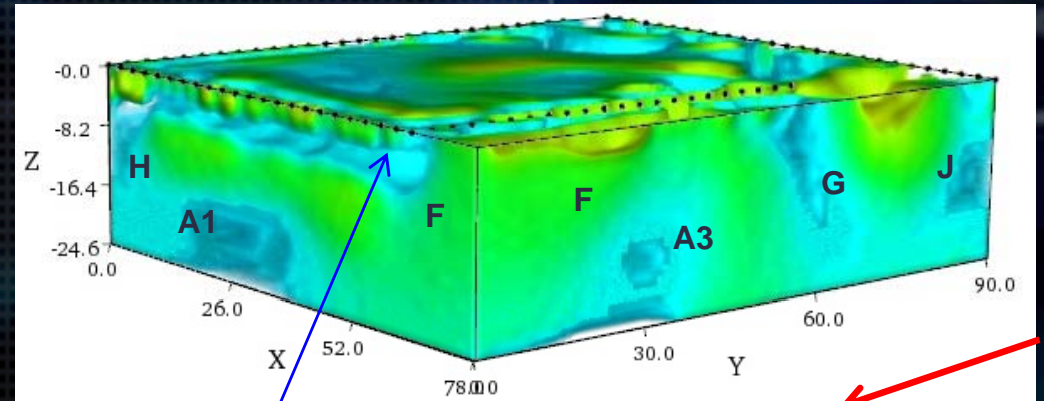
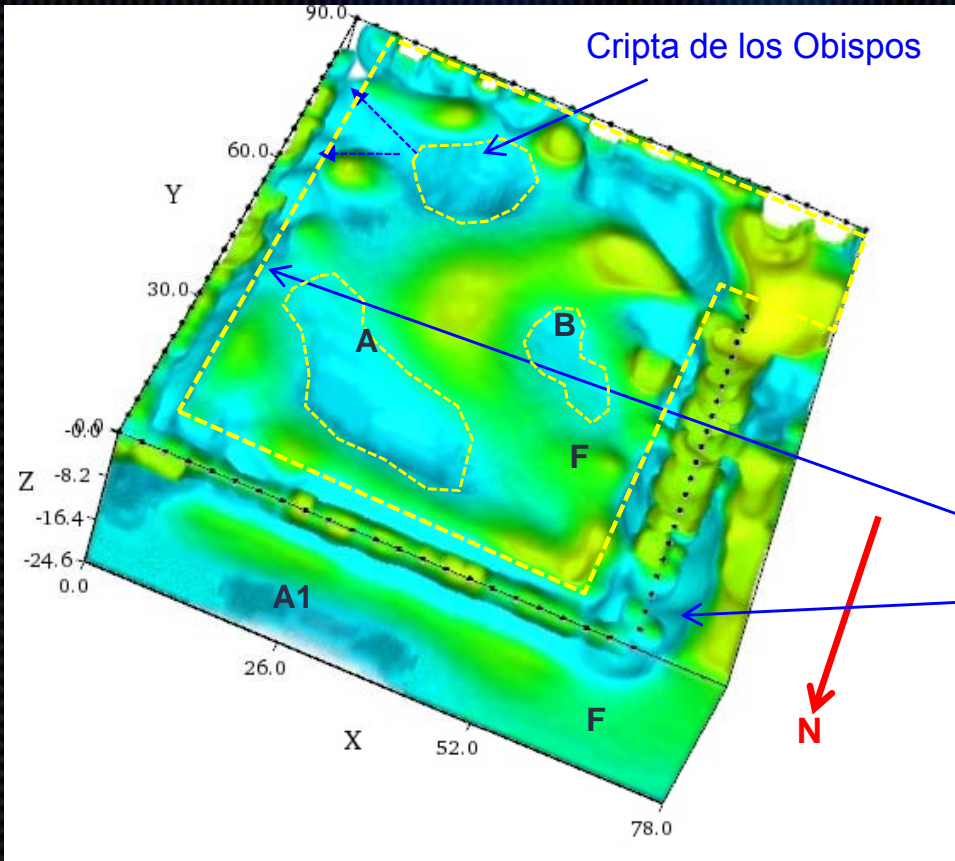
Cara Lateral SE



Limites de la Catedral

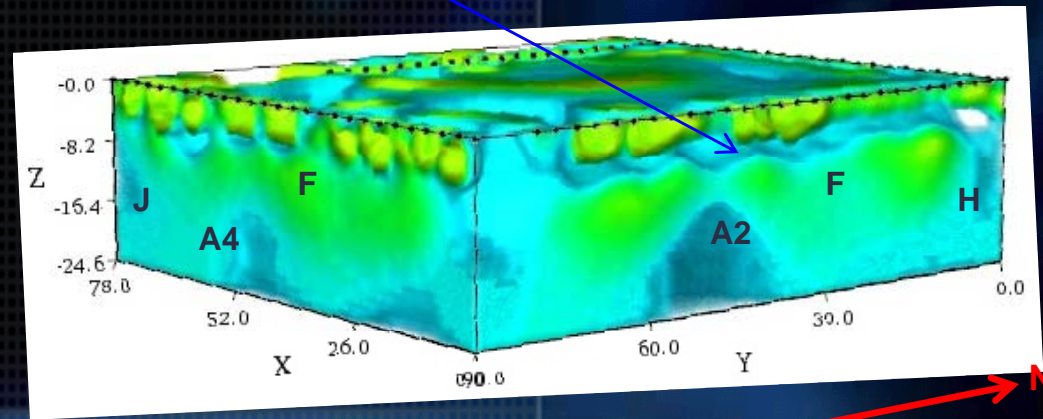


Cara Superior

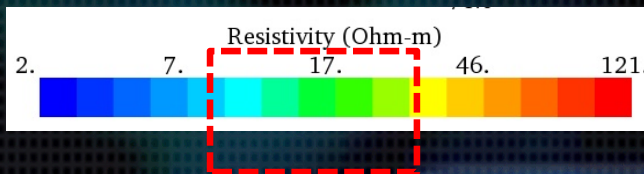


Cara Lateral NW

Cimentación



Cara Lateral SE



Limites de la Catedral

**A1,...,A4: TUNELES!**



## Conclusiones

1. LOS MÉTODOS GEOFÍSICOS SE APLICAN CONSIDERANDO SIEMPRE CUATRO VARIABLES IMPORTANTES:
  - A) LA PROFUNDIDAD
  - B) LA GEOMETRÍA DEL OBJETO DE ESTUDIO
  - C) LA PROPIEDAD QUE SE DESEA INVESTIGAR
  
2. LOS MÉTODOS GEOFÍSICOS PUEDEN MITIGAR EL RIESGO EN ZONAS DE ALTA VULNERABILIDAD.
  1. EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE, LOS RESULTADOS GEOFÍSICOS DEBERÁN SER COMPROBADOS CON UN MÉTODO DIRECTO (POZO EXPLORATORIO).
  2. ES DEBER DEL GEOFÍSICO INFORMAR A LAS AUTORIDADES PARA QUE SE TOMEN DECISIONES RAZONABLES EN RESPUESTA AL RIESGO.