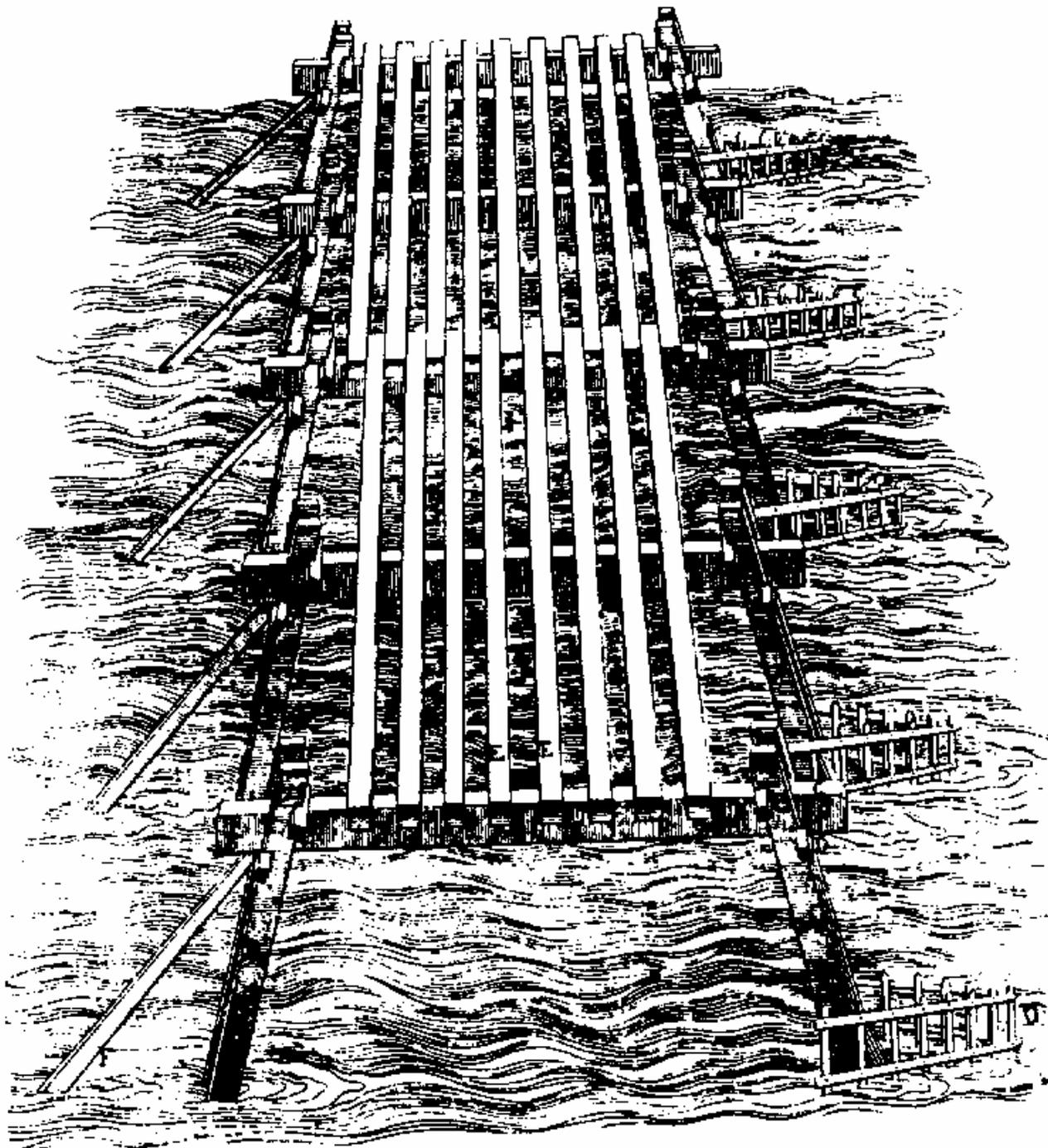




GEOTECNIA PARA CIMENTACIONES DE PUENTES

**SEMINARIO INTERNACIONAL DE
INGENIERIA DE PUENTES**

QUITO NOV. 2006



ANTECEDENTES

- En nuestro país cuando se desarrolla un plan vial y se ve la necesidad de construir un puente, no siempre se sigue una secuencia lógica o no se planifican correctamente los estudios geotécnicos, que se deben realizar para la cimentación, dependiendo de las condiciones de la ubicación y de las características del suelo.

OBJETIVO

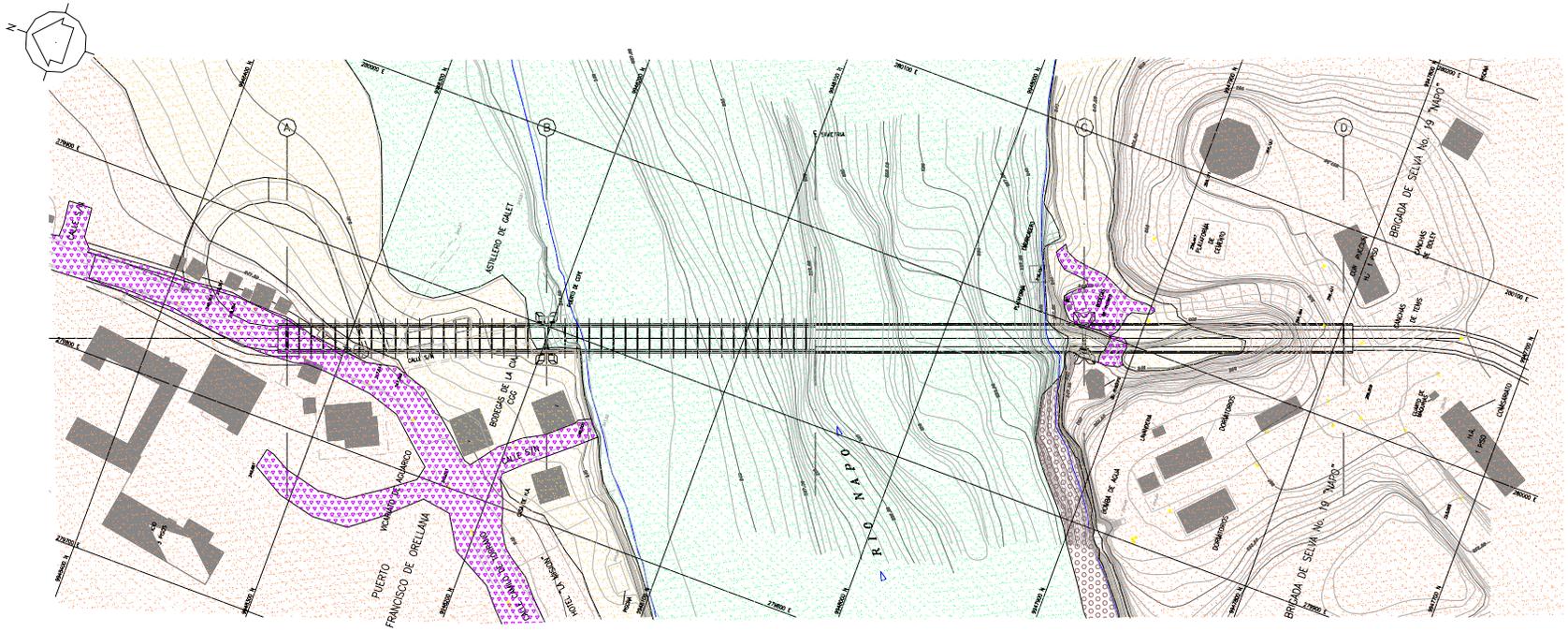
- Debe proponerse una guía de diseño en la que conste una sistematización de los estudios geotécnicos, que se deben realizar para la capacidad portante del suelo, el tipo y la profundidad de cimentación, dependiendo de las condiciones, de la ubicación y de las características del suelo, en el sitio de implantación del puente.



PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACION DEL SUBSUELO

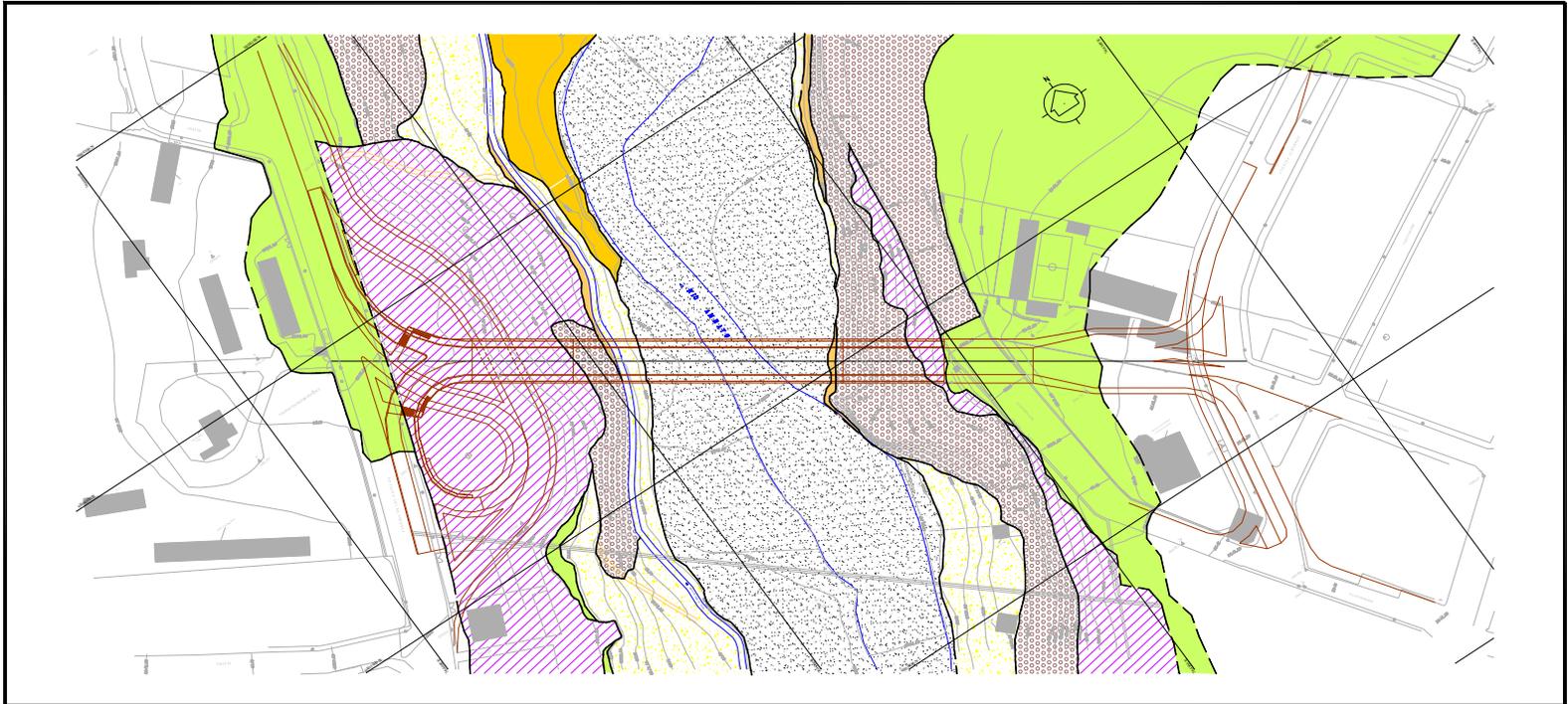
Un programa completo de exploración del subsuelo comprende la investigación de los siguientes aspectos:

- ① Naturaleza de los depósitos del suelo.
- ① Profundidad, espesor y composición de cada estrato del subsuelo.
- ① Profundidad y oscilaciones del nivel freático.
- ① Profundidad de la roca y sus características.
- ① Propiedades índice, físicas y químicas de los estratos del suelo y roca.



| Simbología | | LEYENDA | |
|------------|-----------------|---------|---------------------------------|
| | Orillas del río | | Material de relleno y escombros |
| | | | Terraza aluvial 1 |
| | | | Terraza aluvial 2 |
| | | | Terraza aluvial 3 |
| | | | conglomerado |

Trazado vial y Geología



LEYENDA



DEPOSITOS COLUVIALES



MATERIAL DE RELLENO Y ESCOMBROS



TERRAZAS ALUVIALES



CANGAHUA (Cgh2)



CONGLOMERADO



CANGAHUA (Cgh1)

METODOLOGÍA

1. Recopilación y análisis de la información disponible
2. Reconocimiento
3. Investigación exploratoria
4. Investigación detallada



METODOS DE EXPLORACIÓN

Procedimientos de perforación.

- Perforaciones manuales.
- Perforaciones por el método de lavado.
- Perforaciones con percusión.
- Perforaciones por rotación.

Métodos de toma de muestras

Muestras alteradas.

-  Tomamuestras partido

-  Tomamuestras de doble pared

Muestras inalteradas

-  Muestras obtenidas de calicatas.



SONDEO - N° 5
MARGEN - IZQUIERDA - EL CORAZON
CAJA N° 1 - Ø NQ



Sondeos del subsuelo

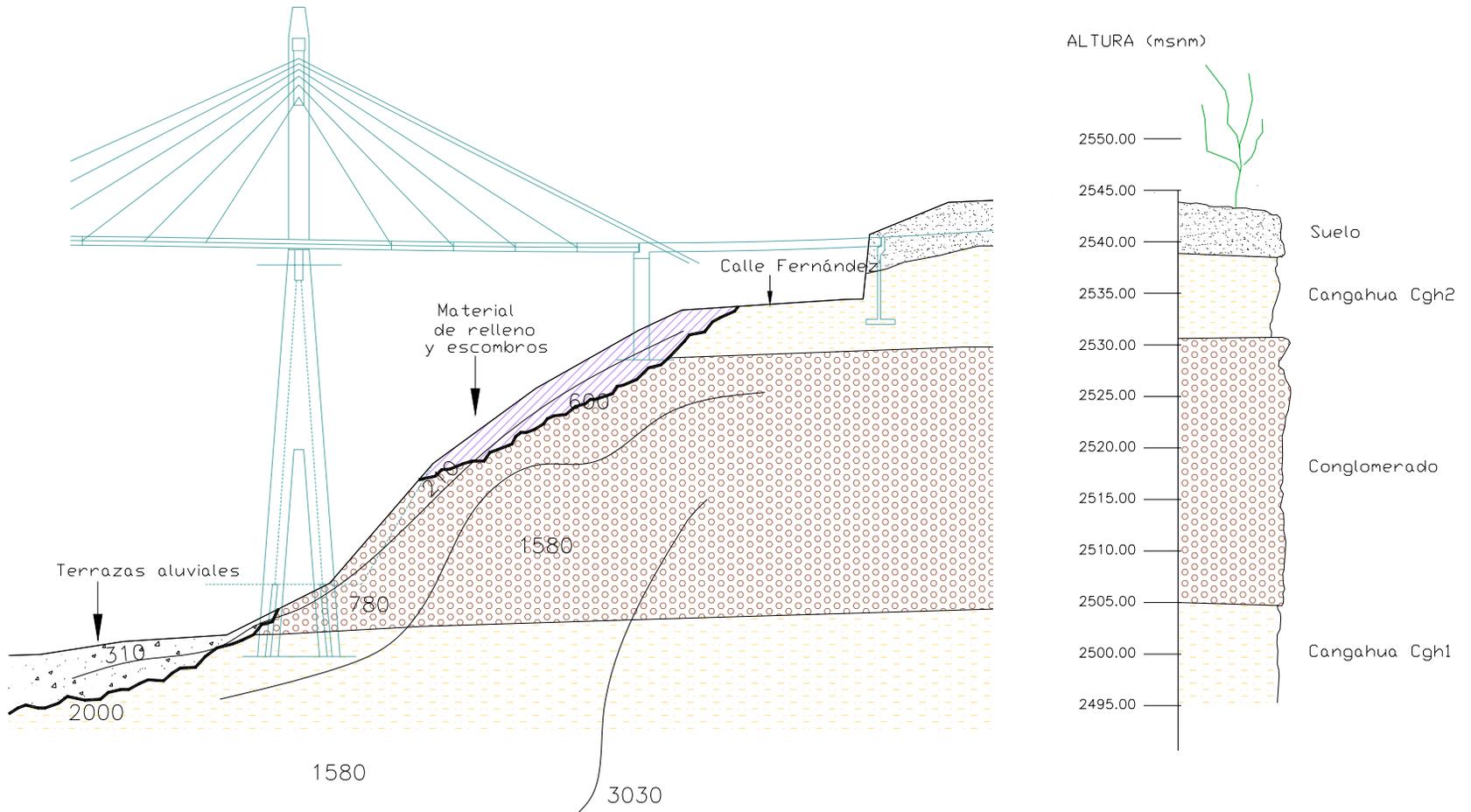
- Métodos estáticos de sondeo.
 - Penetrómetro (Cono holandés)
- Métodos dinámicos de sondeo.
 - Ensayo de penetración estándar, SPT



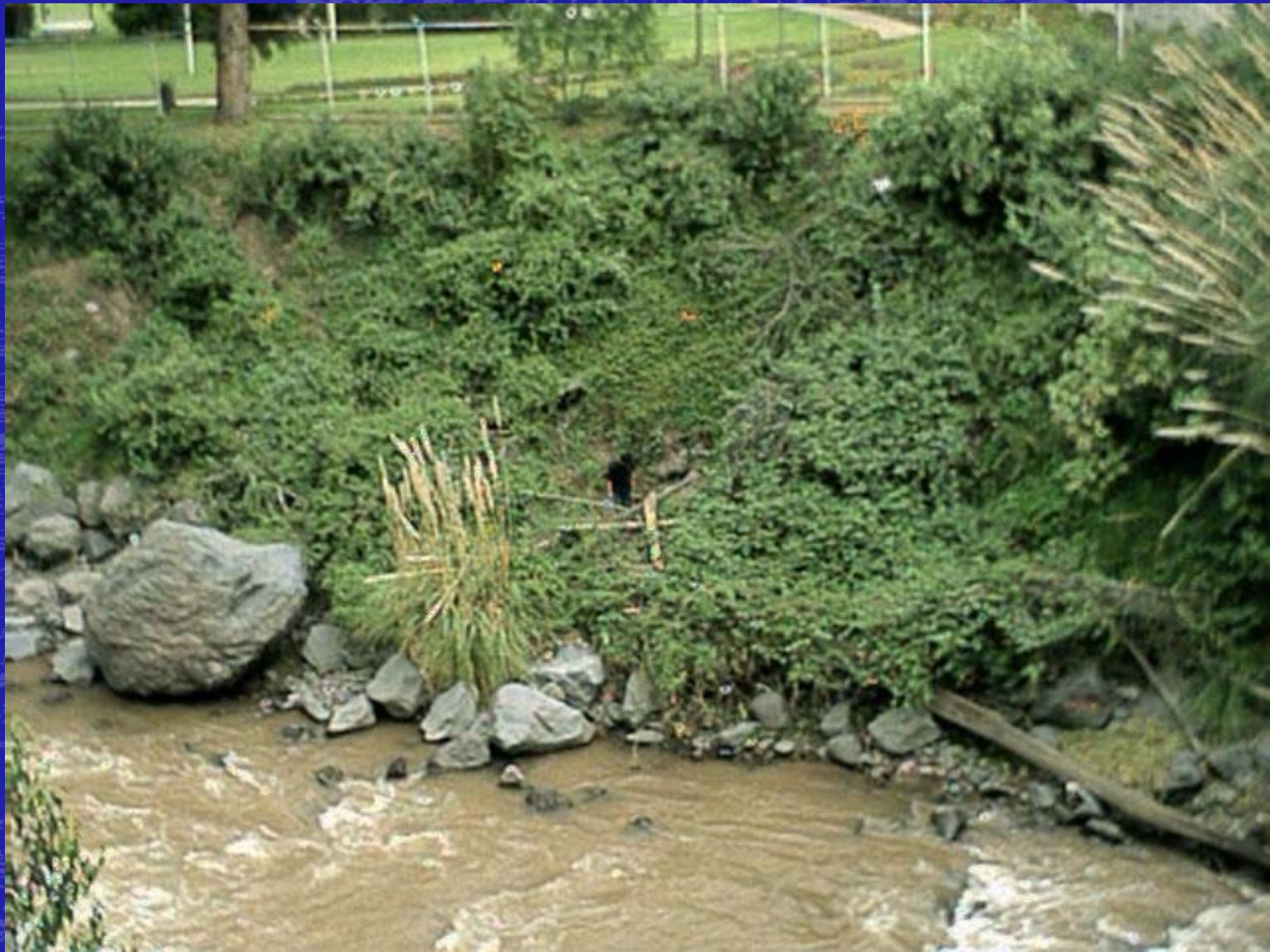
Ensayo de penetración estándar

- Mide el grado de compacidad del suelo.
- Normalizado desde 1958 como una prueba ASTM D-1586.
- Se utiliza un martillo con peso de 63.5 Kg (140 lb) y 76.2 mm (30 plg) de altura de caída.

PERFIL GEOLOGICO MARGEN DERECHA



















MÉTODOS GEOFÍSICOS

La información que se obtiene es:

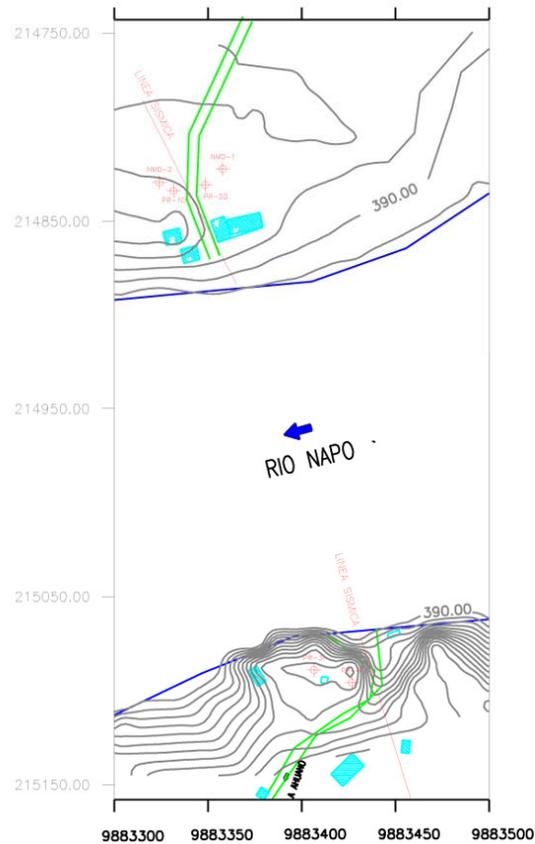
- Perfil de la roca.
- Límites de depósitos granulares
- Límite de grandes depósitos de material orgánico
- Definición general de las condiciones del subsuelo, incluyendo el nivel freático.
- Detección de discontinuidades o fallas
- Refracción sísmica.
- Sondeo eléctrico vertical.

REFRACCIÓN SÍSMICA

- Consiste en generar una perturbación en un punto cualquiera y medir el tiempo de viaje de las ondas desde la perturbación a un punto geófono, cuya distancia a la perturbación es conocida, para luego hacer la interpretación de las lecturas.
- Las gráficas de distancia-tiempo o llamadas dromocronas conforman la esencia misma de las técnicas de exploración por refracción.

Ubicación de las líneas sísmicas y las perforaciones

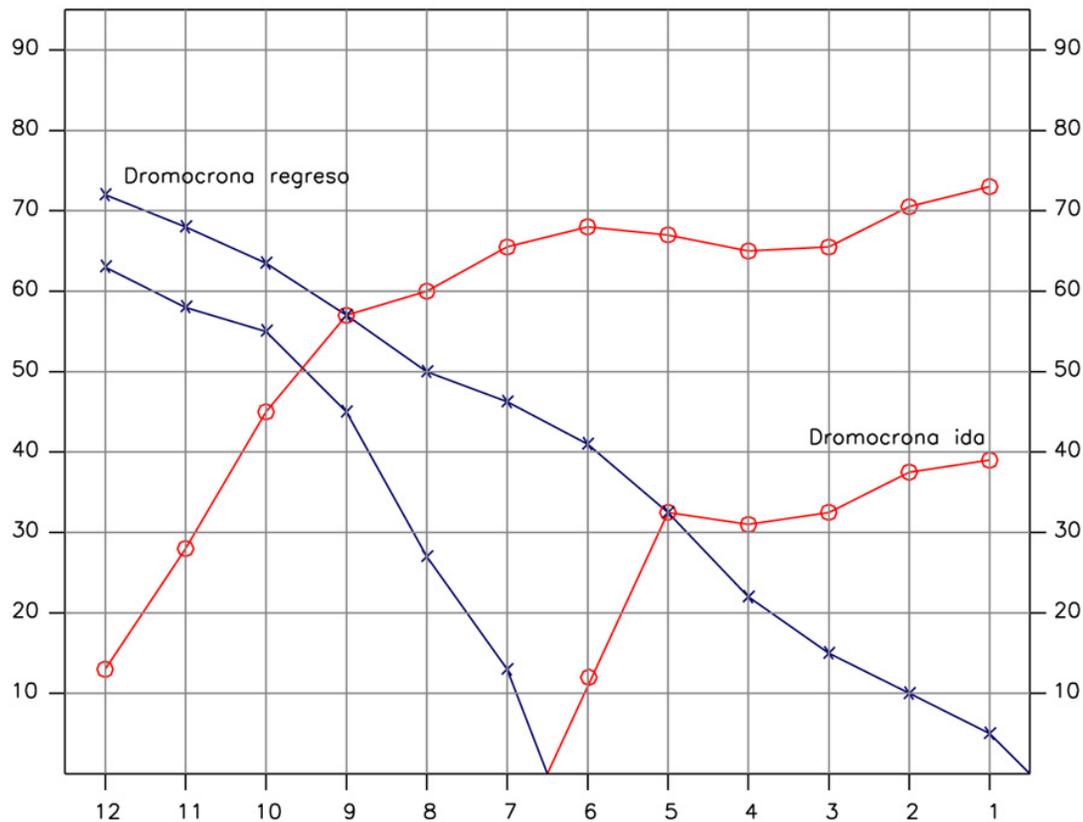
UBICACION DE LAS PERFORACIONES Y LAS LINEAS SISMICAS RIO NAPO - SECTOR AHUANO



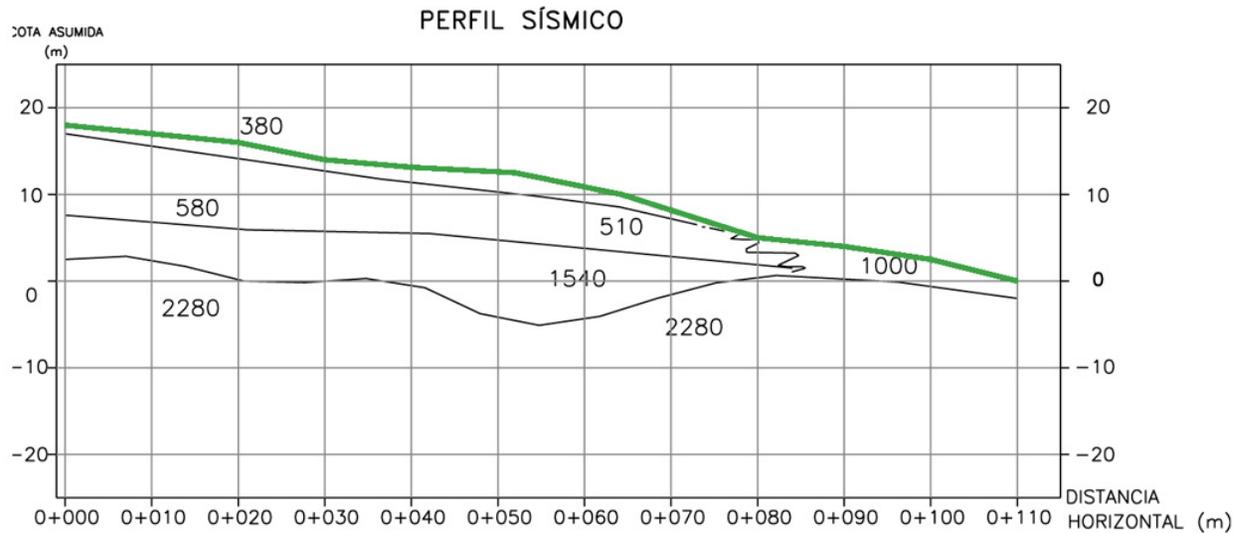
Gráfica distancia-tiempo

PUENTE RIO NAPO (AHUANO)

DROMOCRONA
MARGEN IZQUIERDA



Perfil sísmico



Esc: 1:500

SIMBOLOGÍA

-  Perfil topográfico
-  Frontera sísmica
-  Cambio lateral de velocidad
- 2670 m/s Velocidad aparente (m/s)

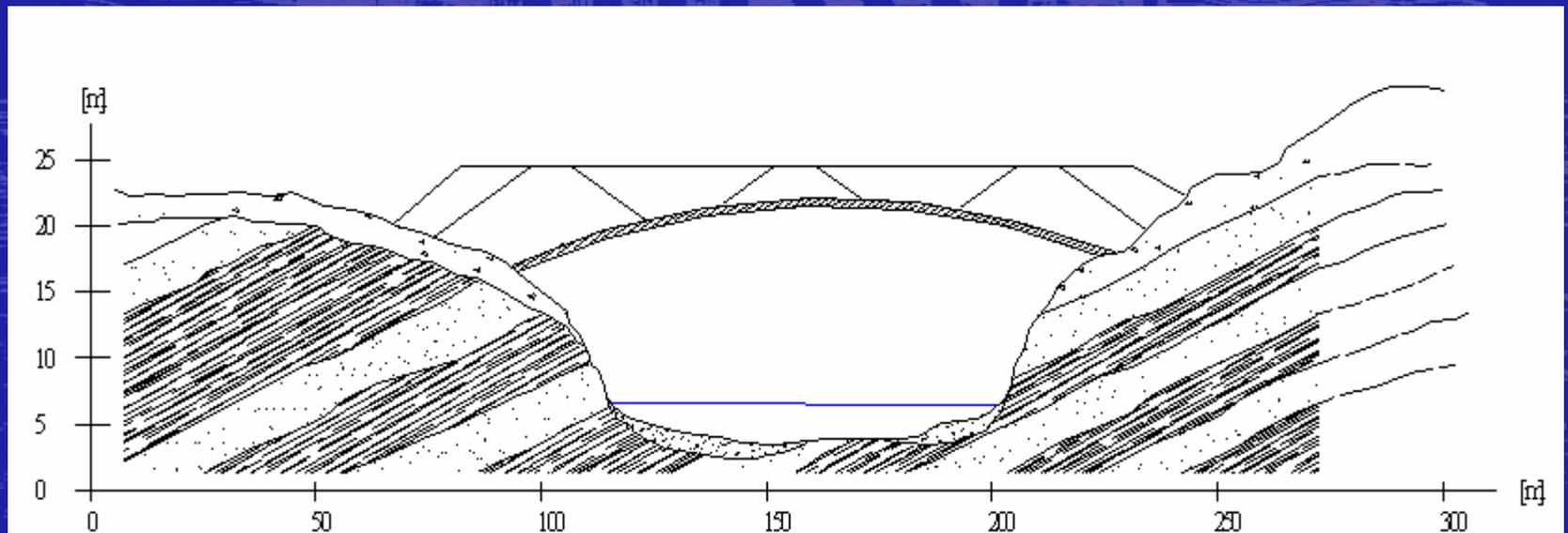
Correspondencia geológica

| Capa No. | Espesor (m) | Velocidad (m/s) | Correspondencia geológica |
|----------|-------------|-----------------|--|
| 1 | 0– 6.5 | 380 – 410 | Suelos de cobertura, formados por limos y arcillas algo arenosos, poco consistentes y muy húmedos. |
| 2 | 1 – 10 | 1500 - 1540 | Depósitos aluviales formados por limos y arenas limosas, compactas y saturados y/o suelos residuales limo arenosos consolidados. |
| 3 | ----- | 2250 - 2280 | Rocas sedimentarias blandas o limos, arcillas y tobas sobre consolidadas. |

SONDEO ELECTRICO VERTICAL

- Es un procedimiento de campo seguido por un proceso de reducción de datos, por medio de los cuales se establece una curva de la variación de la resistividad aparente, en función de la profundidad.
- En el procedimiento de campo se inyecta corriente eléctrica al terreno a través de dos electrodos de corriente y se mide la caída de potencial entre otros dos electrodos de potencial.

Perfil del Río Aguarico







INFORMACION DE LABORATORIO

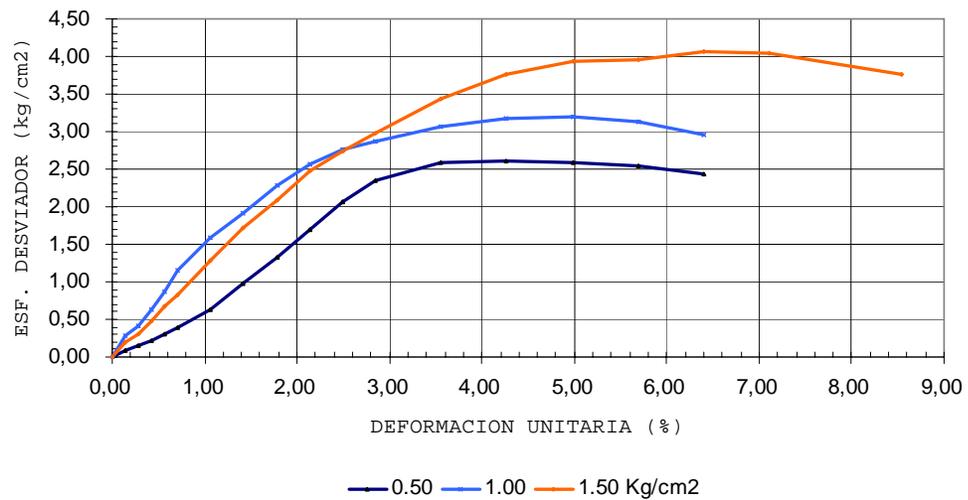
Objetivos

- Determinar las características físicas de las muestras extraídas en perforaciones.
- Determinar la capacidad de carga o la estabilidad de las paredes en excavaciones para cimentaciones.
- Clasificar los suelos y hacer predicciones sobre su comportamiento bajo la carga de la cimentación.

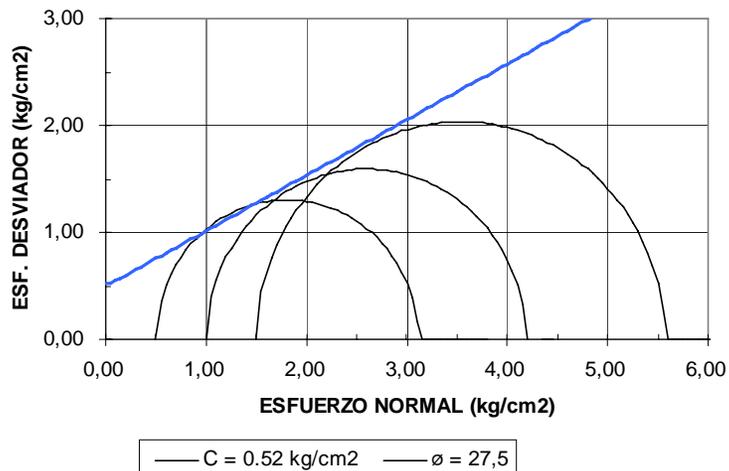
Pruebas de laboratorio

- Examen visual
- Contenido de humedad
- Límites líquido y plástico
- Granulometría
- Compresión no confinada
- Compresión triaxial
- Corte directo
- Veleta
- Consolidación
- Permeabilidad
- Análisis químico

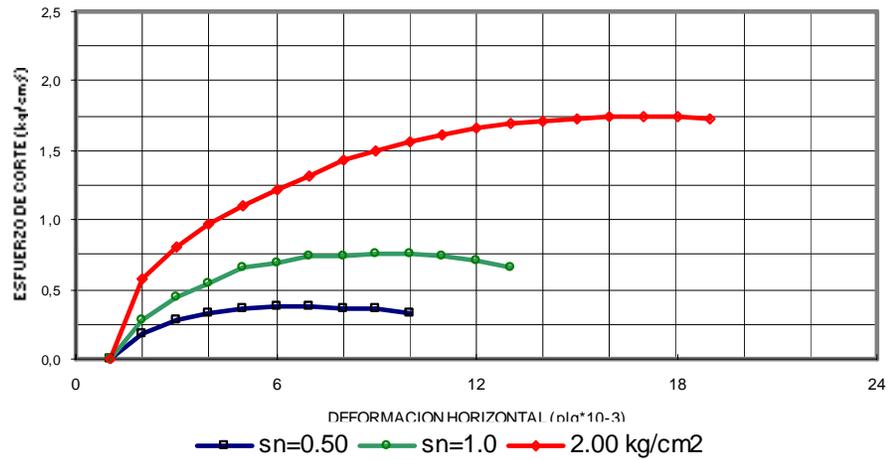
ESF.- DEF. - RIO TENA M-1



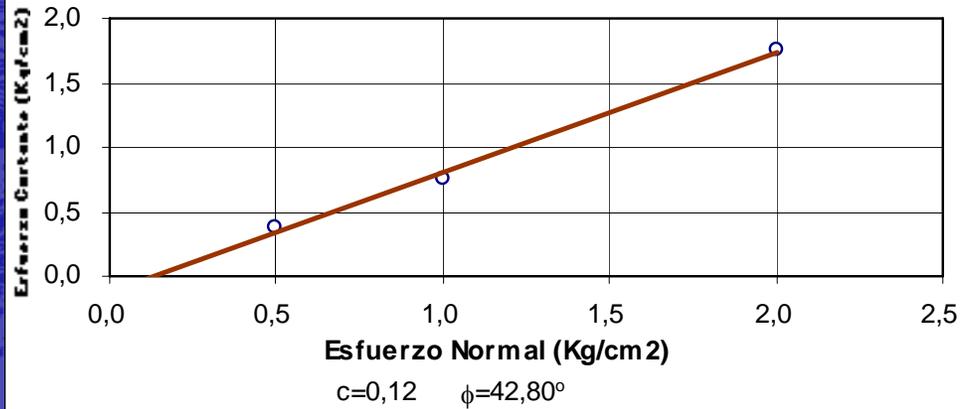
CIRCULOS DE MOHR - RIO TENA M-1



**PUENTE RIO ARAPICO - CORTE DIRECTO MUESTRA - 2
(DERECHA)**



PUENTE RIO ARAPICO, M-2 - ENVOLVENTE





INFORMACION O ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Resultado de los estudios topográficos

- a) Mapa de ubicación
- b) Levantamiento general de la zona
- c) Planta general configurada de cada cruce (escalas usuales 1:1000-1:500)
- d) Planta detallada de una faja de terreno a cada lado del eje y en la extensión del cruce (escalas usuales 1:200-1.100)

e) Perfil de las vías de acceso al puente en una longitud suficiente (500 m a 1000 m).

f) Perfil del eje del puente, indicando el perfil del terreno, nivel de implantación, niveles de cimentación y nivel de máxima crecida.

g) Secciones transversales del río aguas arriba y aguas abajo del puente.

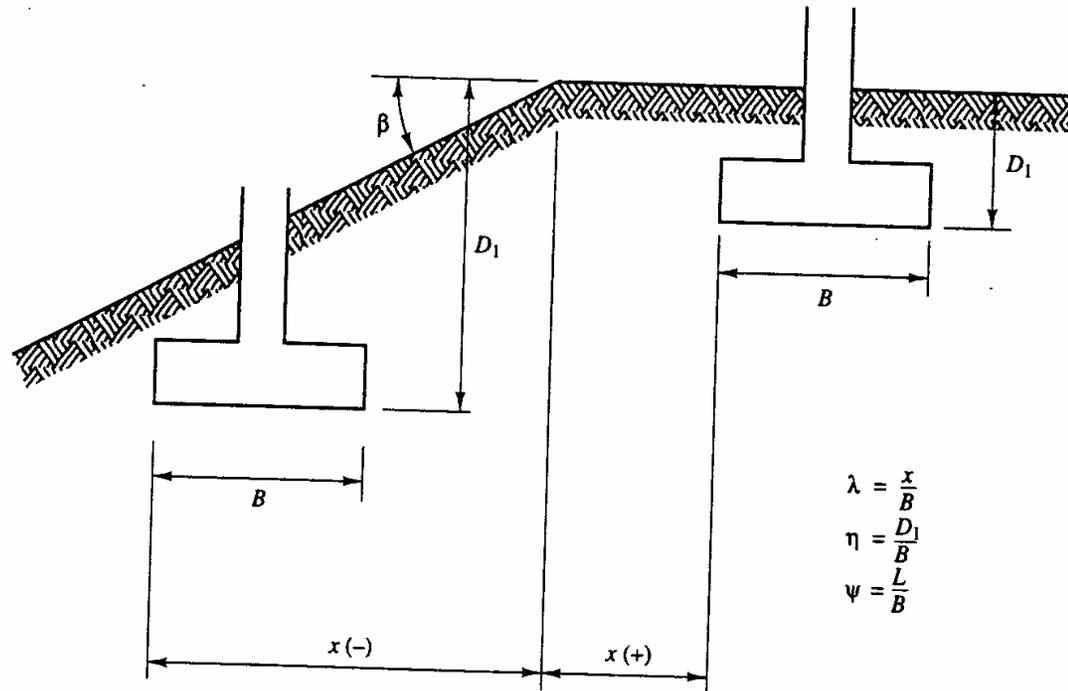


Figure 8.4 Definition of terms for computing bearing capacity of footings near or on sandy slopes (Adapted from Shields, Chandler and Garnier, 1990; Used by permission of ASCE).

The Uniform Building Code (ICBO, 1991a) requires setbacks as shown in Figure 8.7. We can meet these criteria either by moving the footing away from the slope or by making it deeper.











ESTUDIOS HIDRAULICOS

Los estudios hidráulicos toman una gran importancia ya que no basta con conocer la capacidad portante del suelo y la profundidad de cimentación dependiendo del tipo de suelo, sino que es necesario conocer ciertos parámetros hidráulicos que constituyen el objetivo de éstos estudios.

Objetivo

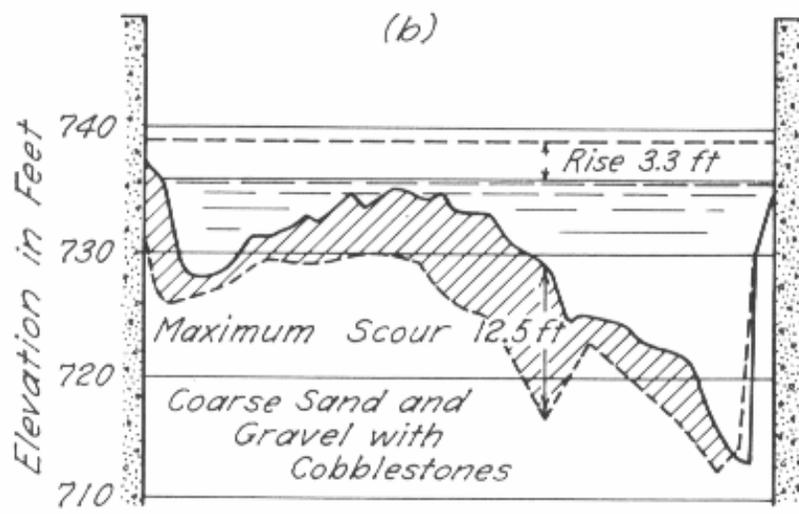
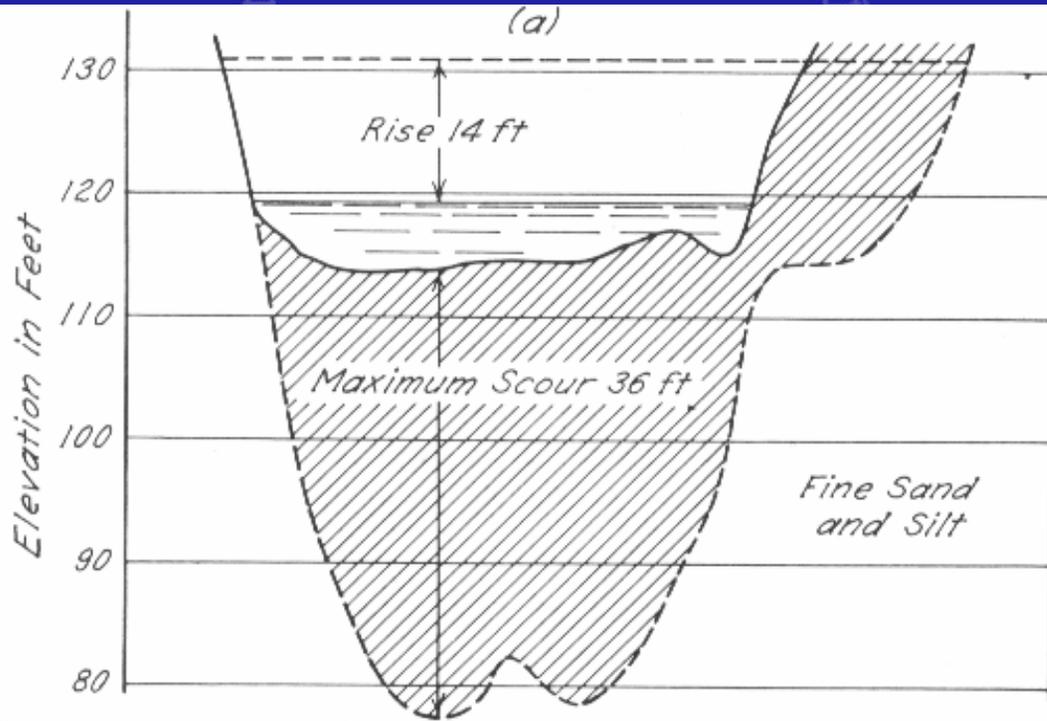
Determinar:

- Nivel de máxima socavación
- Nivel de máxima crecida
- Caudales máximos

Socavación

- Erosión es más fácil en el suelo que en la pila o estribo.
- Alineación del proyecto vial necesario.
- Difícil predecir profundidades de socavación.





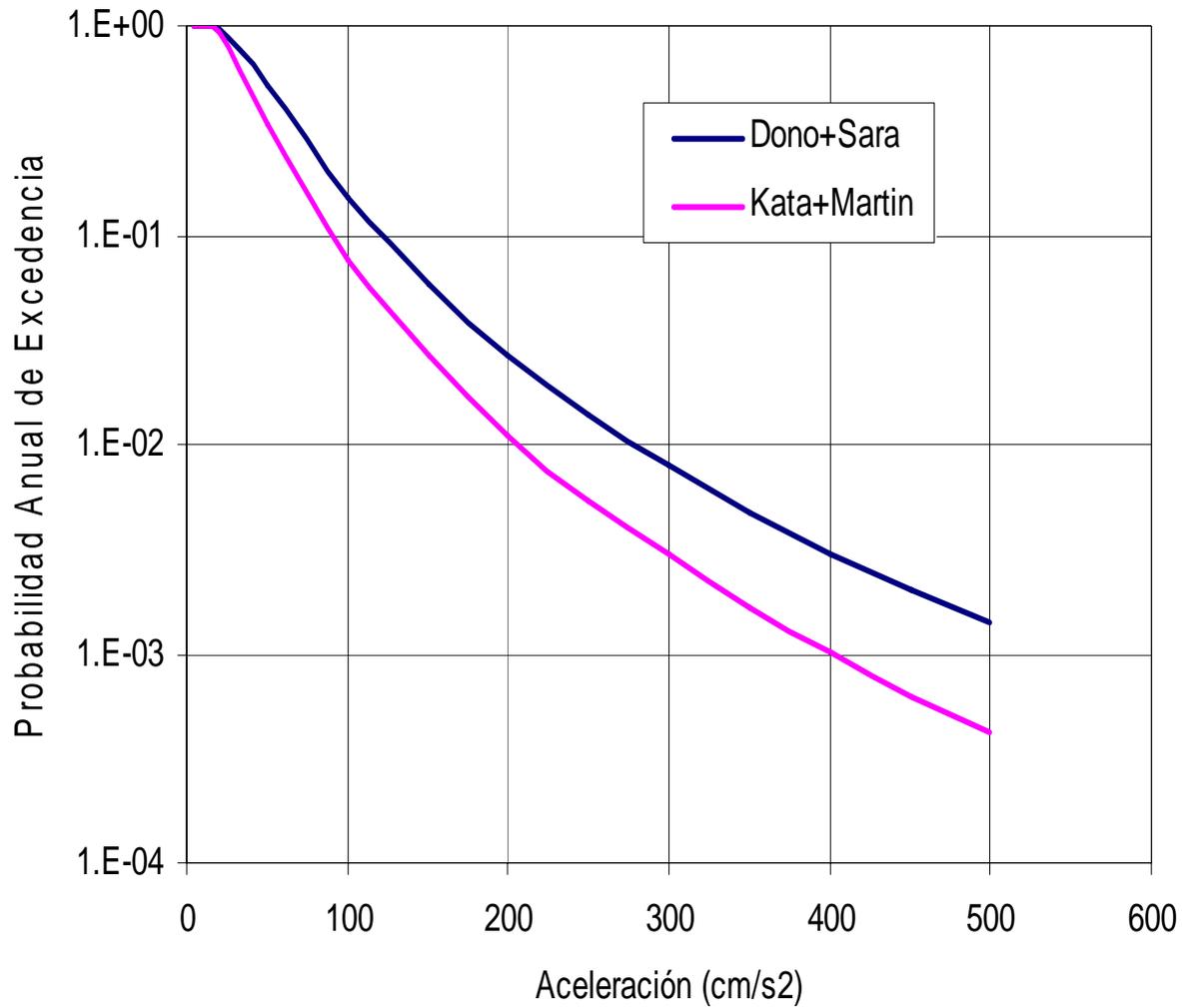
ENSAYOS DINAMICOS

Es importante realizar estudios respecto a las características dinámicas del suelo, ya que se ha demostrado que el daño provocado por un sismo a los puentes depende, en muchos casos, de la manera cómo el suelo responde a una sollicitación sísmica.

Riesgo Sísmico

- Fuentes sismogénicas
- Probabilidad de ocurrencia.
- Sismo de diseño.
- Nivel de Aceleración en roca o suelo.

Curva de Peligro Sísmico - Ambato



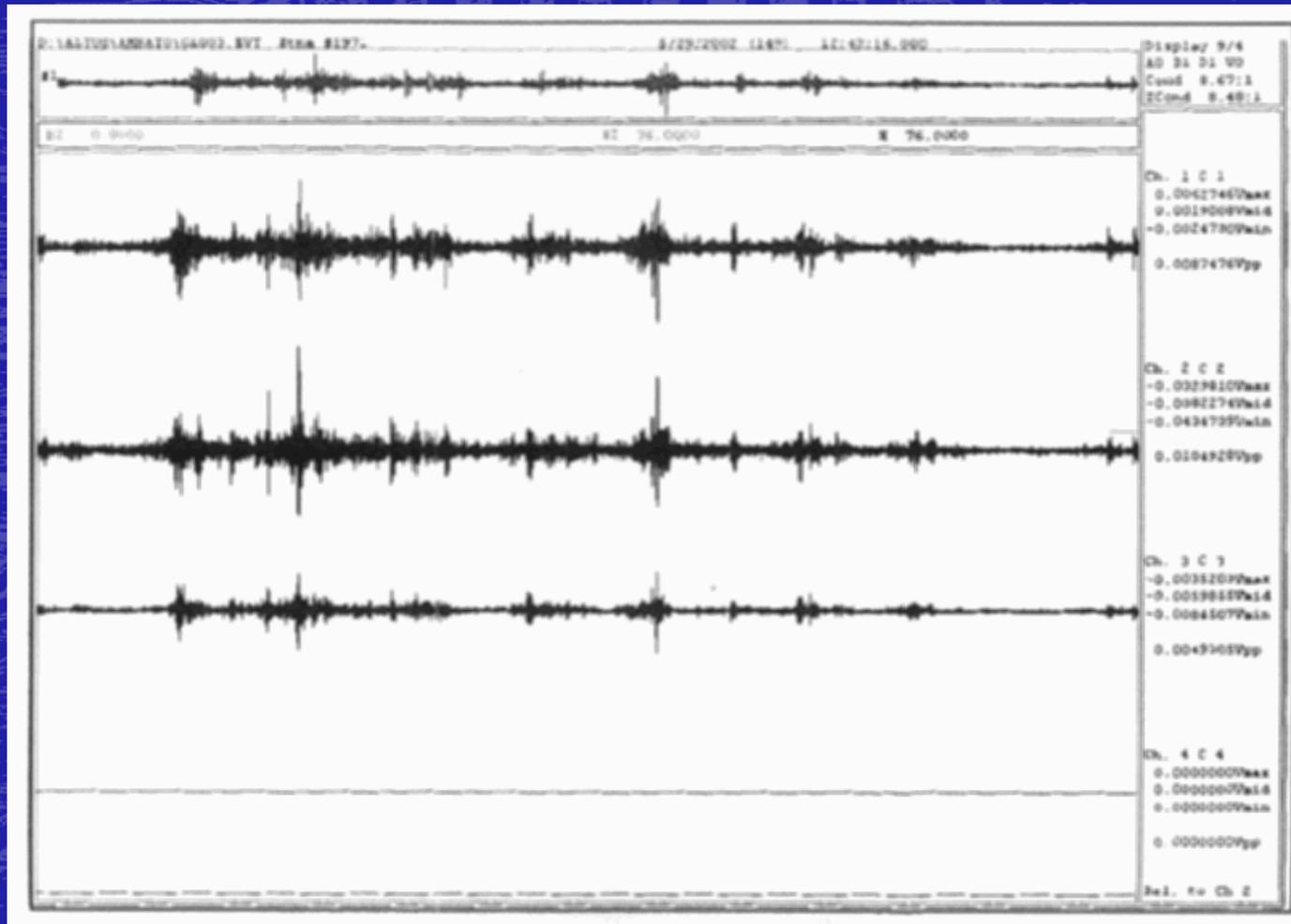
Vibración Ambiental

- Método de Nakamura
- Determina período de vibración del sitio.

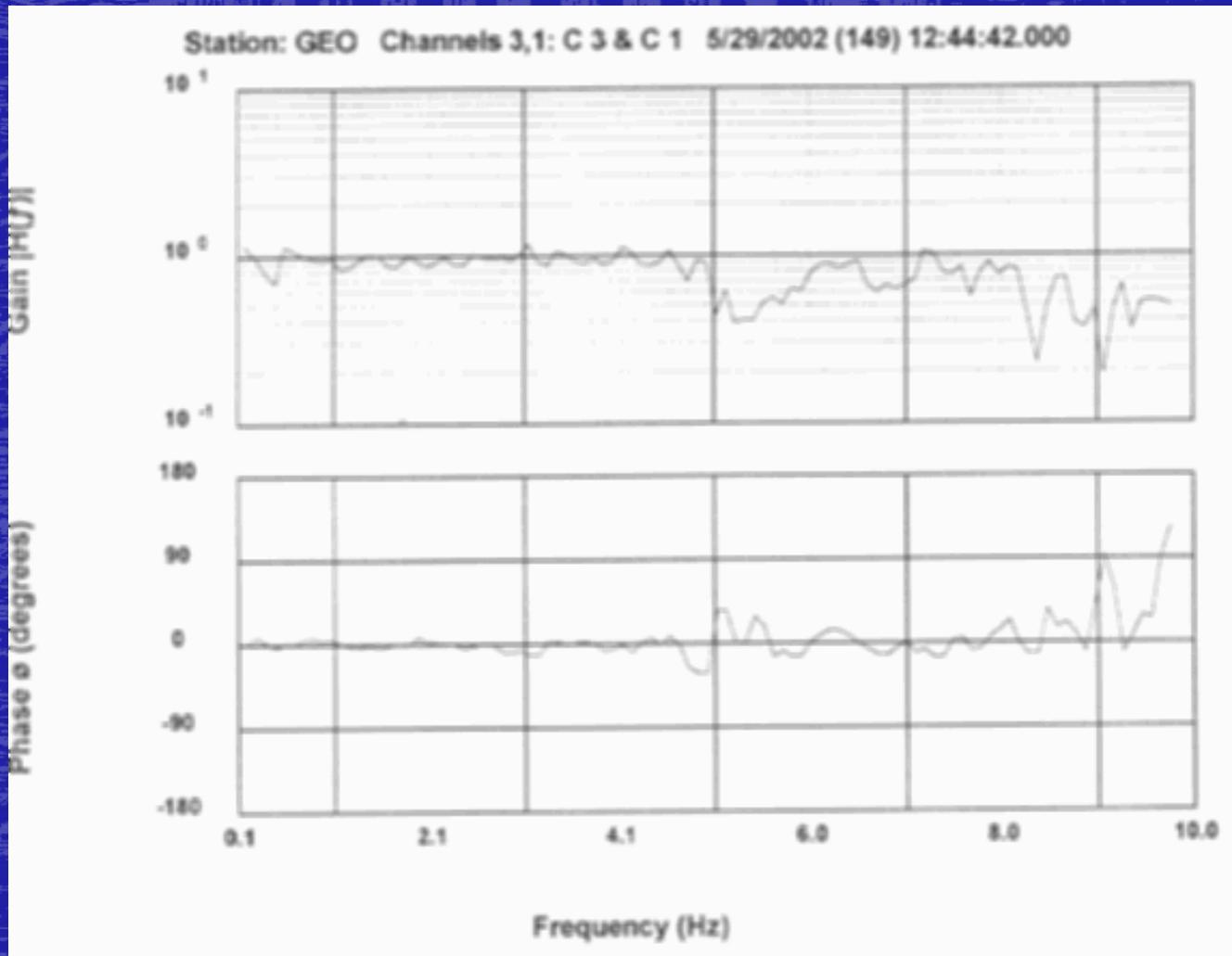
Vibración Ambiental

- Es un método empírico, el cual estima las características dinámicas de las capas superficiales del suelo, al medir solamente una serie de microvibraciones en la superficie.
- Constituye una herramienta de fácil uso y gran utilidad, puesto que mediante ésta se encuentra uno de los principales parámetros dinámicos del suelo: el período natural de vibración.

Función de Transferencia



Acelerograma

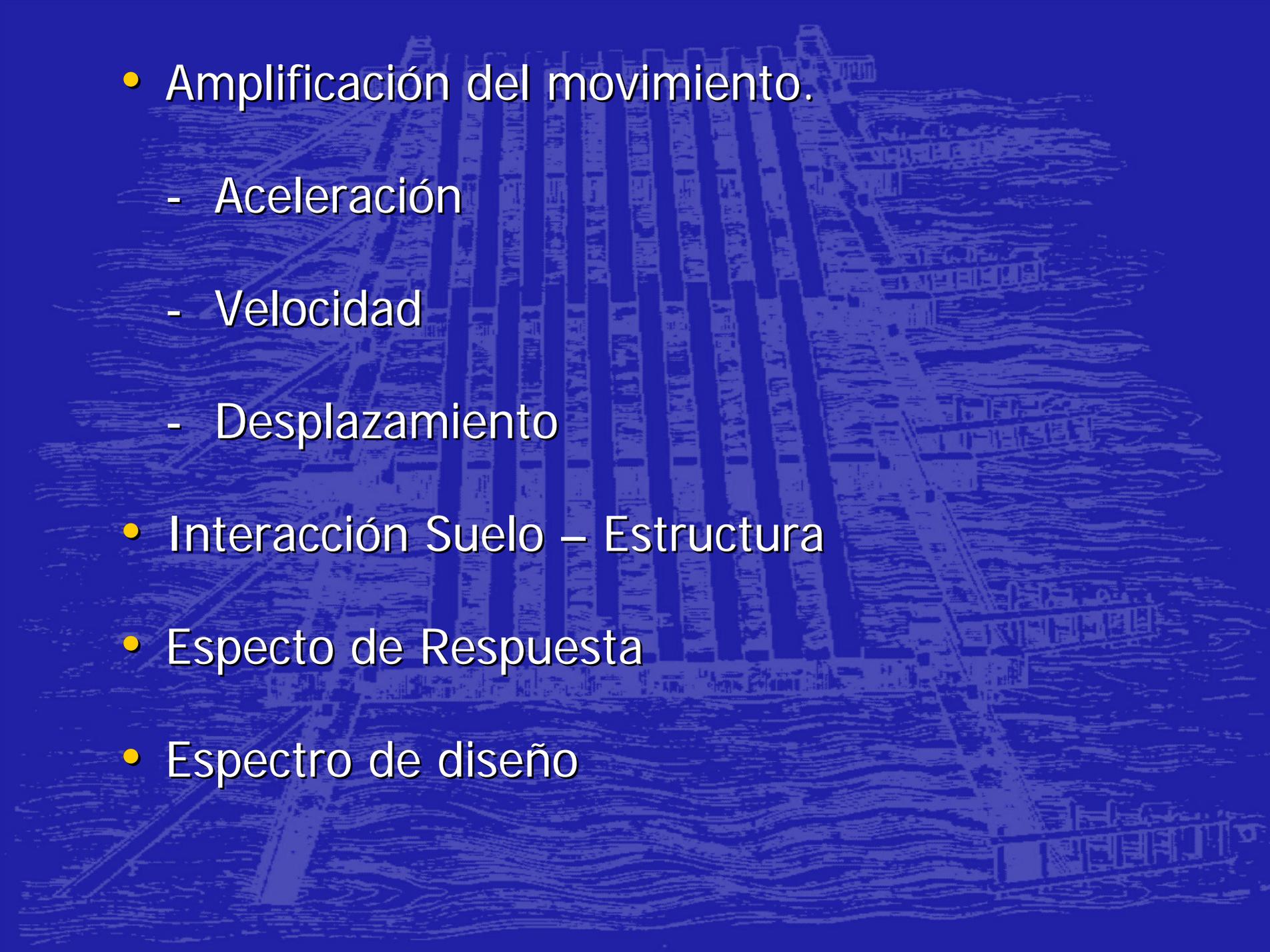


Medición de períodos

| ARCHIVO | CANAL 1 | CANAL 2 | CANAL 1 | CANAL 2 |
|---------|----------|---------|----------|---------|
| | F(Hz) | F(Hz) | T(s) | T(s) |
| GA008 | 1.65 | 1.30 | 0.61 | 0.77 |
| GA007 | 1.30 | 1.30 | 0.77 | 0.77 |
| GA003 | 1.30 | 1.80 | 0.77 | 0.56 |
| GA004 | 1.30 | 1.30 | 0.77 | 0.77 |
| GA005 | 1.50 | 1.50 | 0.67 | 0.67 |
| | PROMEDIO | 1.44 | PROMEDIO | 0.71 |

Efecto de sitio

- Medición de parámetros dinámicos del sitio.
 - Crosshole
 - Downhole

- 
- Amplificación del movimiento.
 - Aceleración
 - Velocidad
 - Desplazamiento
 - Interacción Suelo – Estructura
 - Espectro de Respuesta
 - Espectro de diseño



Equipo de Crosshole



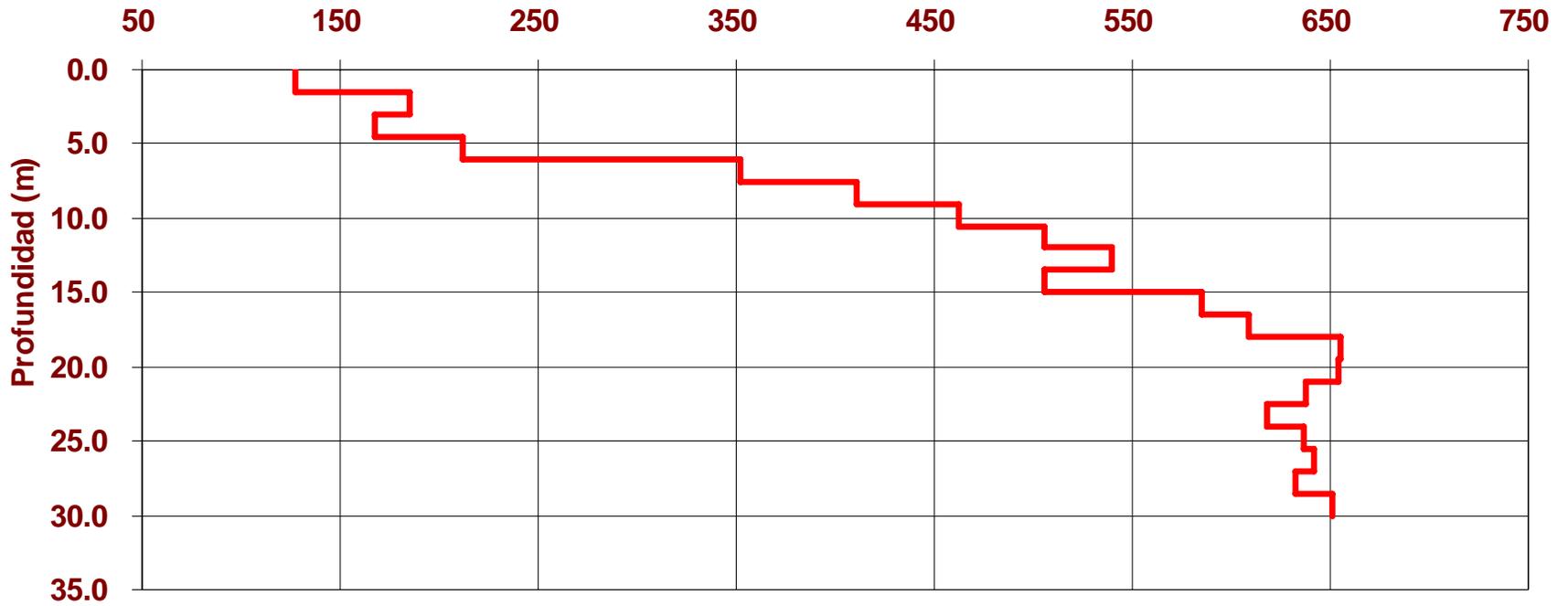
Medición de Velocidad de ondas



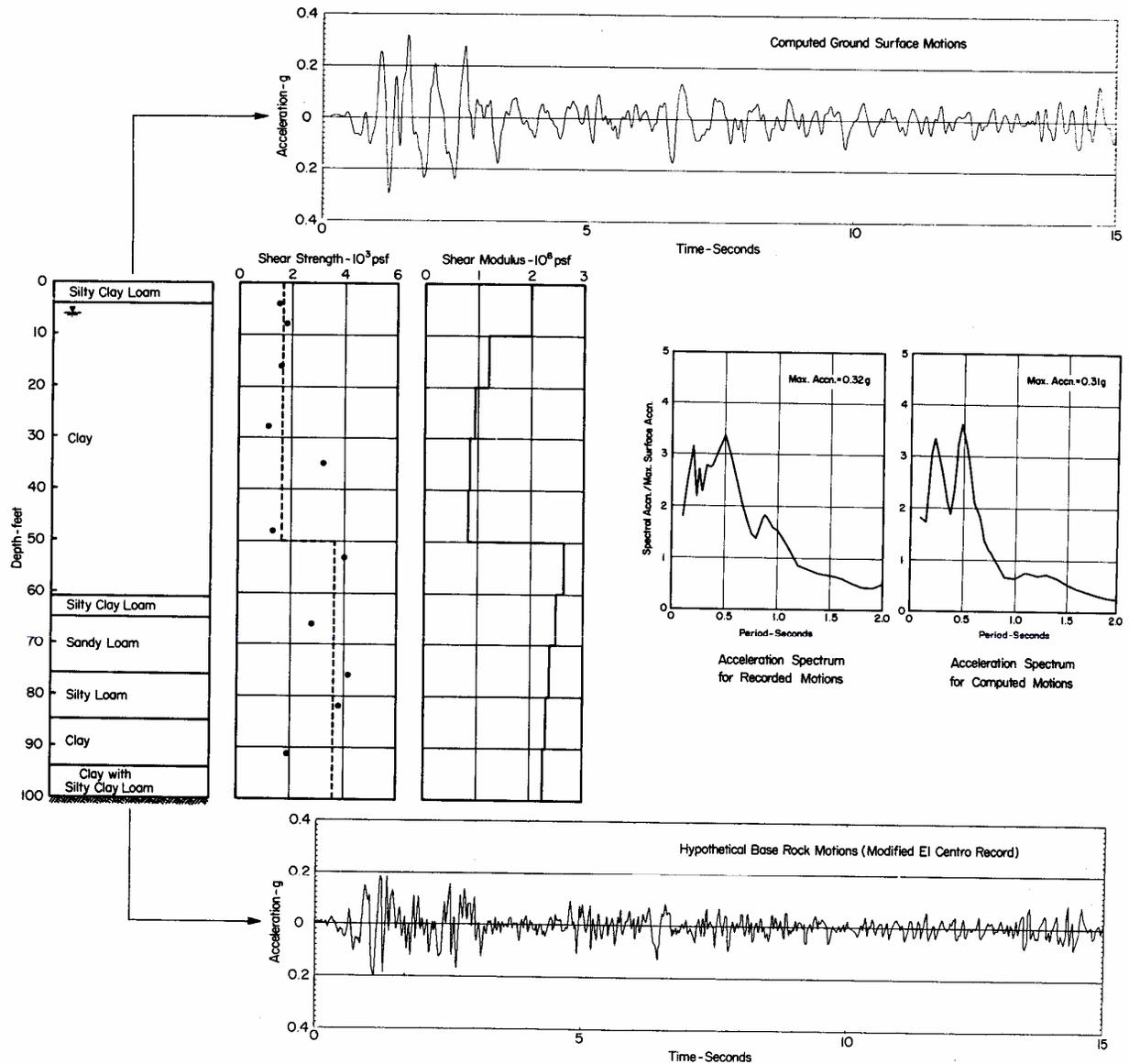
Down Hole CSF 109 VIA

INF. N°03-723
HOJA 03 DE 03

Vs (m/seg)

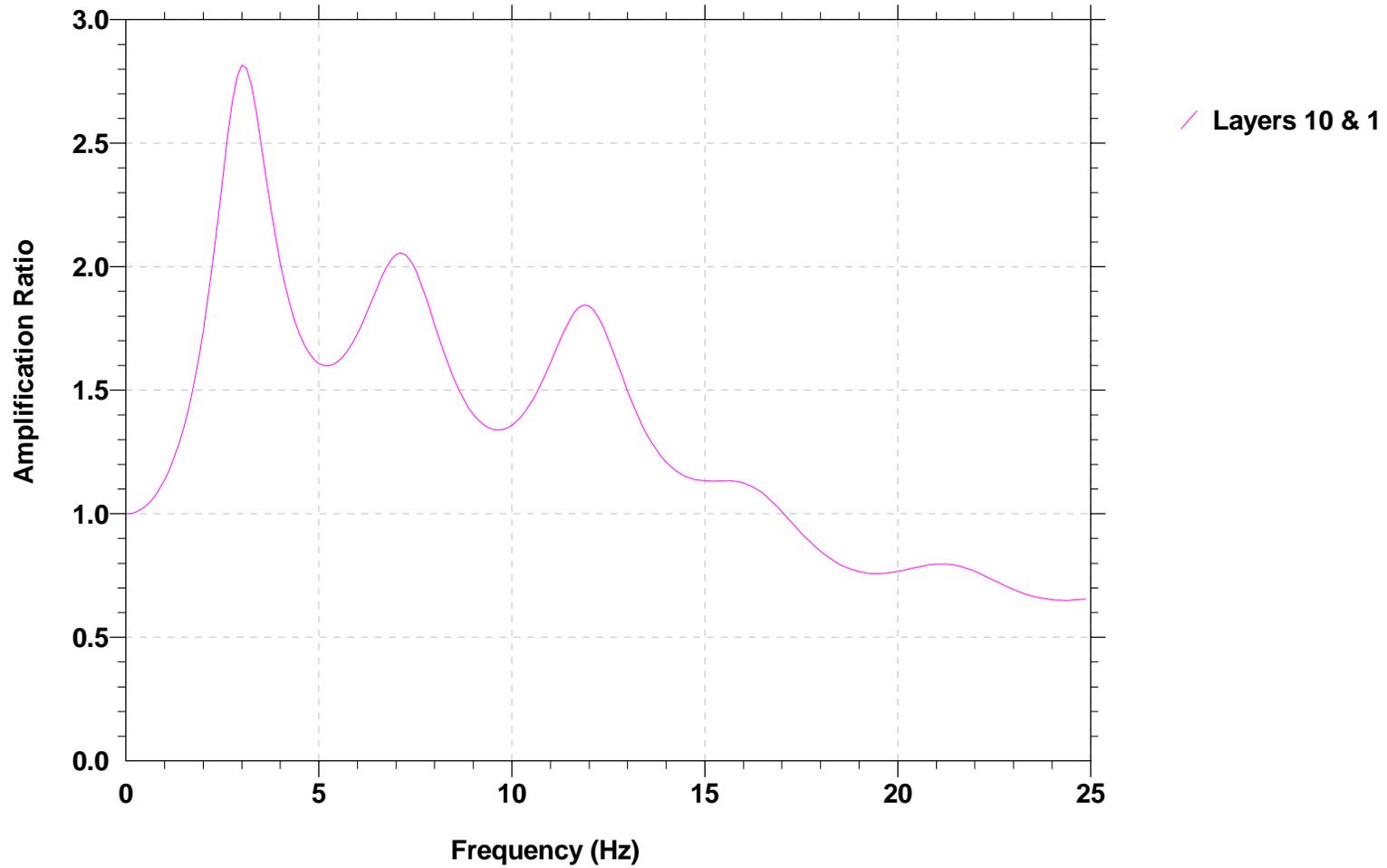


Análisis de Amplificación (efecto de sitio)

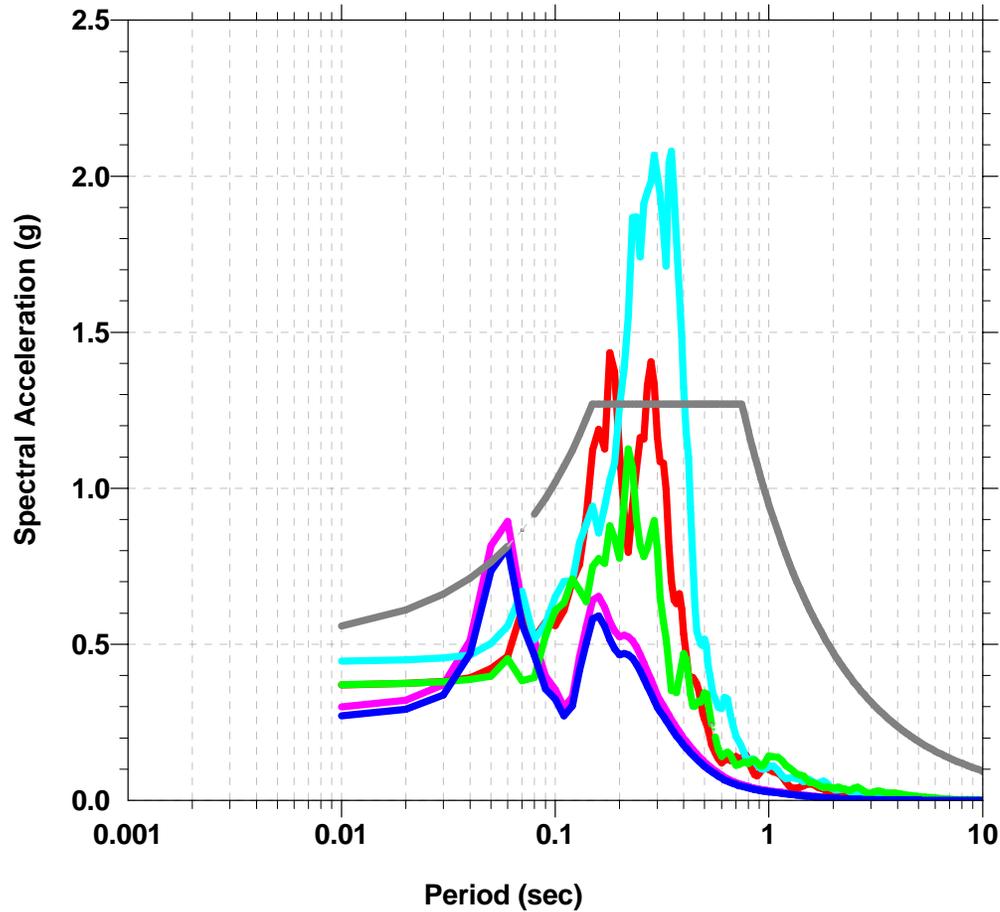


Analysis of ground response at El Centro (1940).

CSF 102 - Analysis No. 2 - Profile No. 2



CSF 109 Via - Layer 1



- Analysis No. 1 - Profile No. 1 - PSA for 5% damping - SHAKE
- Analysis No. 2 - Profile No. 1 - PSA for 5% damping - SHAKE
- Analysis No. 3 - Profile No. 1 - PSA for 5% damping - SHAKE
- Analysis No. 4 - Profile No. 1 - PSA for 5% damping - SHAKE
- Analysis No. 5 - Profile No. 1 - PSA for 5% damping - SHAKE
- IBC 2000 - Design - Site Class D - Ss: 1.9047g - S1: .9472g

TABLE 6.4 GUIDELINES FOR SELECTING MINIMUM FACTOR OF SAFETY FOR SPREAD FOOTINGS

| Category | Typical Structures | Characteristics of the Category | Design Factor of Safety | |
|----------|--|---|--|--------------------------|
| | | | Thorough and Complete Soil Exploration | Limited Soil Exploration |
| A | Railway bridges, warehouses, blast furnaces, hydraulic, retaining walls, silos | Maximum design load likely to occur often; consequences of failure disastrous | 3.0 | 4.0 |
| B | Highway bridges, light industrial and public buildings | Maximum design loads may occur occasionally, consequences of failure serious | 2.5 | 3.5 |
| C | Apartment and office buildings | Maximum design load unlikely to occur | 2.0 | 3.0 |

COMPRESION SIMPLE DE TESTIGOS DE ROCA

PROYECTO: PUENTE SOBRE RIO NAPO, COCA
UBICACIÓN: MARGEN DERECHA
FECHA: 05-Feb-04

| Muestra | Prof. m | Diámetro cm | Carga T | qu kg/cm² |
|----------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------|
| A | 16.00 | 4.75 | 2.65 | 149.54 |
| B | 20.00 | 4.80 | 1.34 | 74.05 |
| C | 22.50 | 4.61 | 0.65 | 38.94 |
| D | 32.00 | 5.00 | 1.99 | 101.35 |
| E | 29.70 | 4.81 | 0.50 | 27.52 |

Según la recomendación del Canadian Foundation Manual la capacidad de carga admisible es igual a 0.1 qu para rocas con fisuración moderadamente cerca.

Pilas y estribos

Pila: Parte de subestructura que transmite cargas al terreno de 2 tramos de la superestructura.

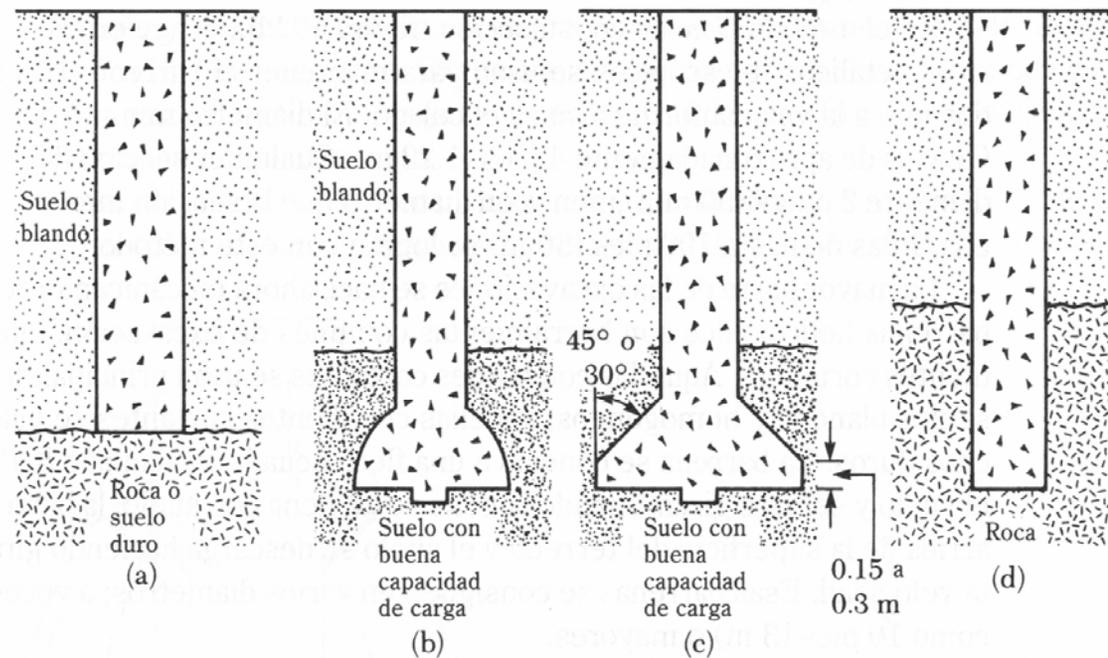
Estribo: Parte de subestructura situada en los extremos. Tiene doble función:

Transmitir cargas de la superestructura y soportar empuje lateral del suelo.

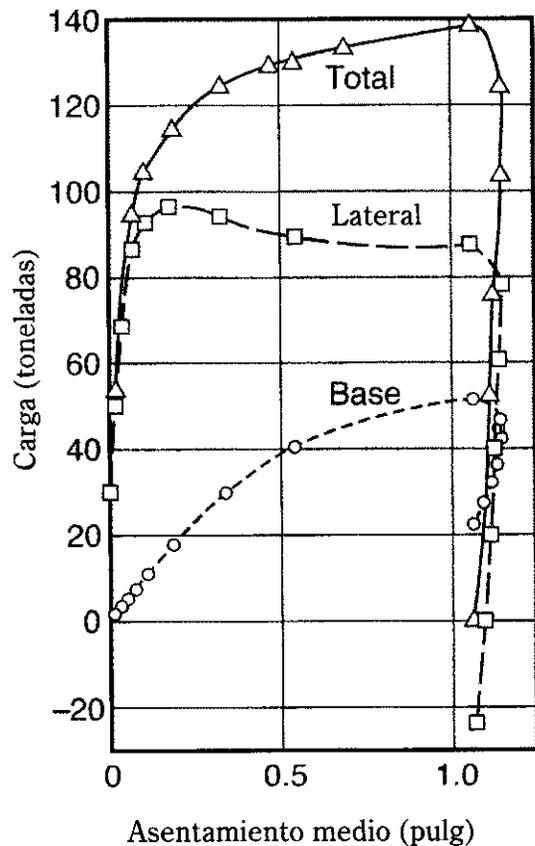
PILAS PERFORADAS

10.2 TIPOS DE PILAS PERFORADAS

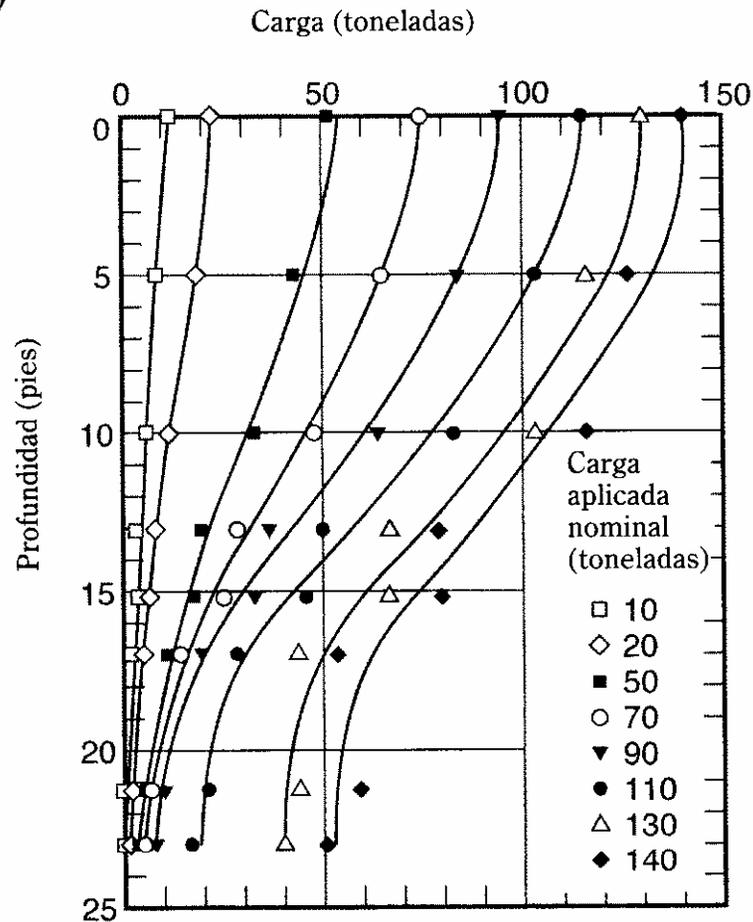
Las pilas perforadas se clasifican de acuerdo con la manera en que se diseñan para transferir la carga estructural al subsuelo. La figura 10.1a muestra una pila perforada



▼ FIGURA 10.1 Tipos de pilas perforadas: (a) pila recta; (b) y (c) pila acampanada; (d) pila recta empotrada en roca



(b)



(c)

▼ FIGURA 10.6 Resultados de pruebas de carga en una pila perforada en Houston, Texas: (a) perfil del suelo, (b) curvas carga-desplazamiento, (c) curvas de distribución de la carga en varias etapas de la carga (según Reese, Touma y O'Neill, 1976)

Pilas vs. Caissons

Pilas: Elementos prebarrenados y colados en sitio.

Caissons: Elementos prefabricados y hundidos en sitio.

PLACA DE CARGA



SITIO DE PRUEBA



PERFORACIÓN DE ANCLAJES



ANCLAJES FUNDIDOS



ANCLAJES DE REACCIÓN



PREPARACIÓN DE LA MEZLA



ANCLAJE DE REACCIÓN



NIVELACIÓN DE SOPORTE



ENSAMBLE DEL SISTEMA DE REACCIÓN

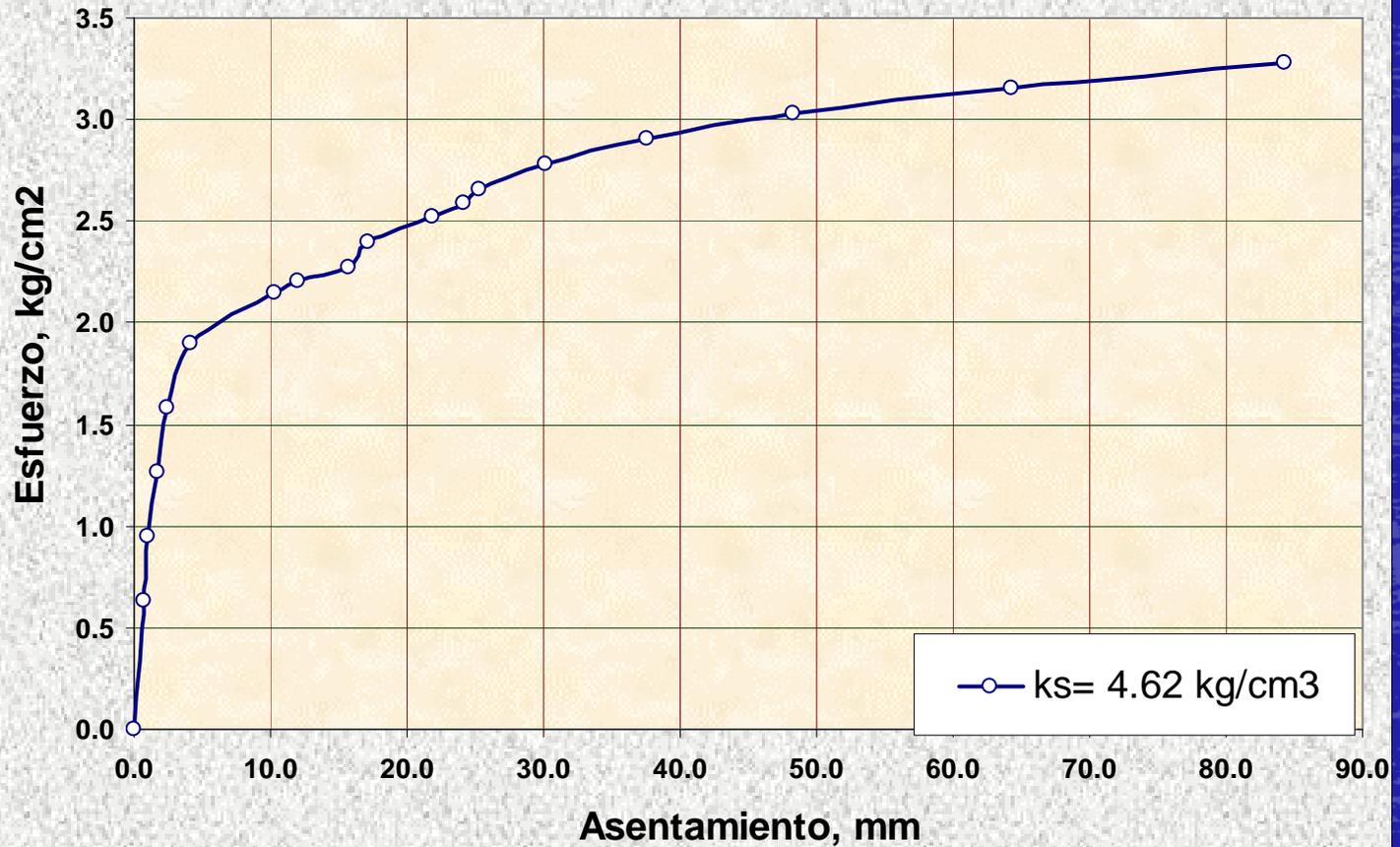


FUNDICIÓN DE MURETES DE REACCIÓN

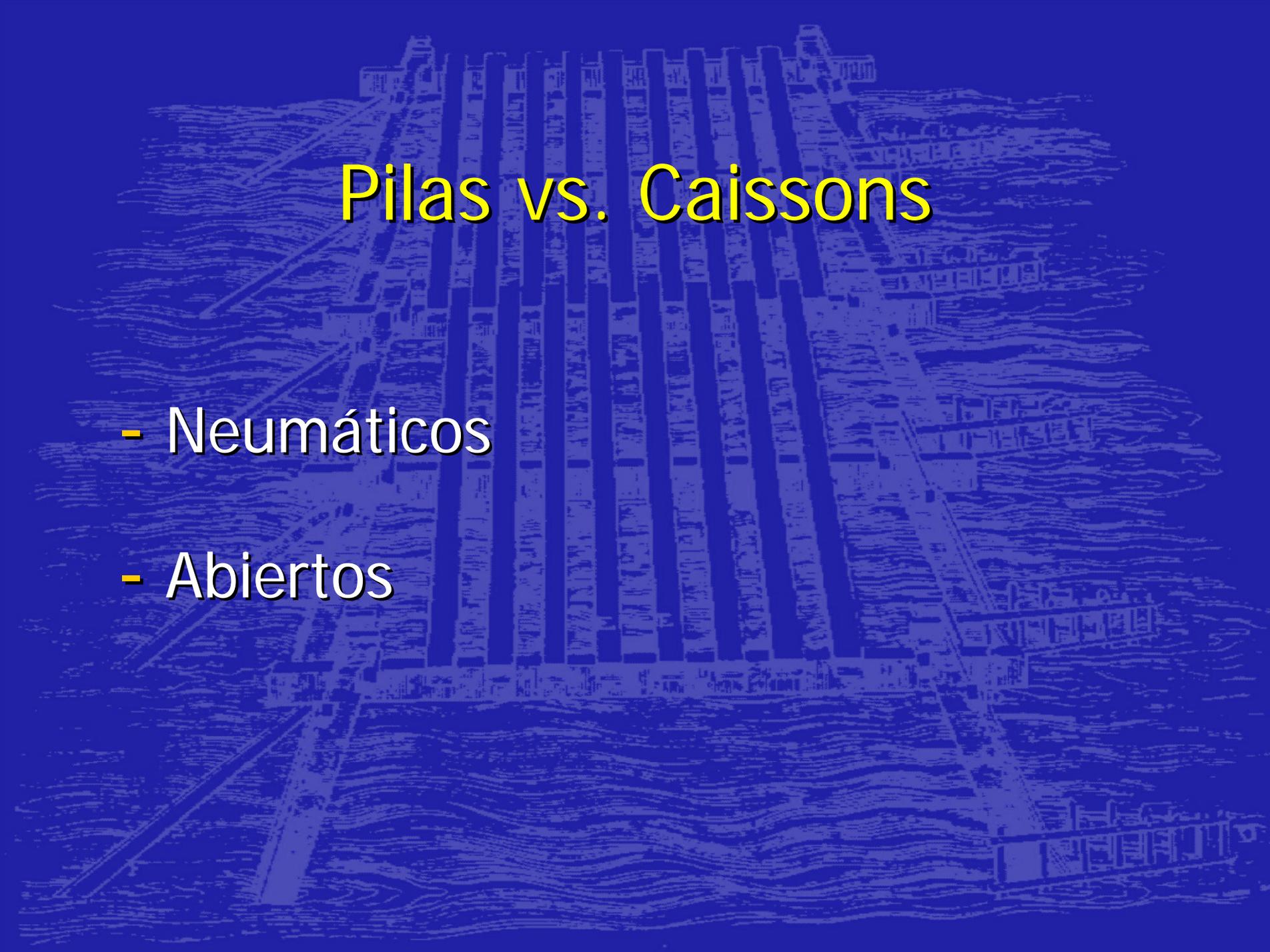


PRUEBA TERMINADA, GRIETAS DE PUNZONAMIENTO, ASENTAMIENTO

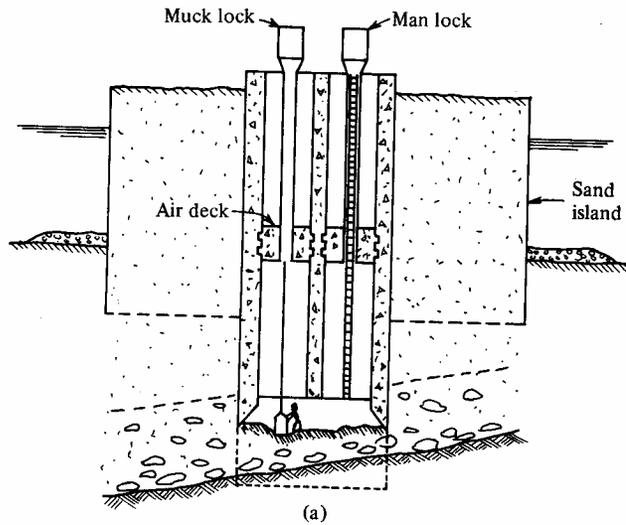
Curva Esfuerzo - Deformación



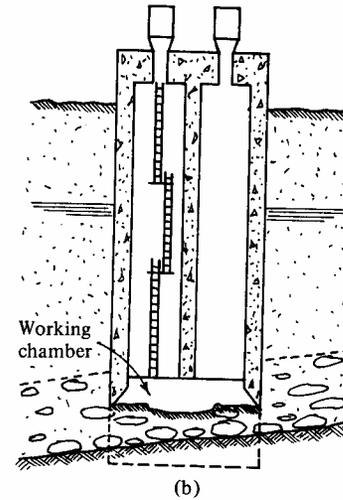
Pilas vs. Caissons

An aerial photograph of a bridge under construction over a body of water. The bridge's structure is composed of numerous vertical piles and caissons, which are visible as a grid of dark lines extending from the water's surface down into the water. The water is a deep blue, and the sky is a lighter blue. The bridge's approach spans are visible on the left and right sides of the image.

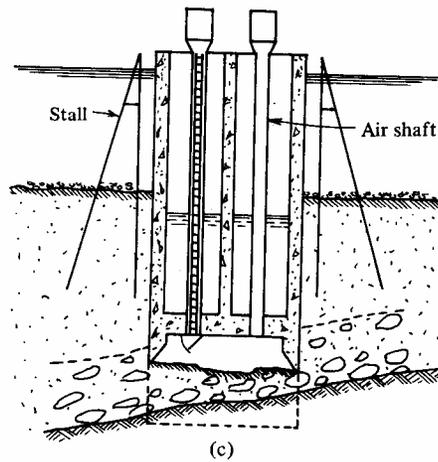
- Neumáticos
- Abiertos



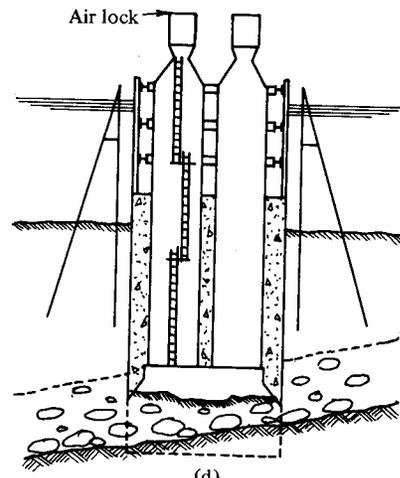
(a)



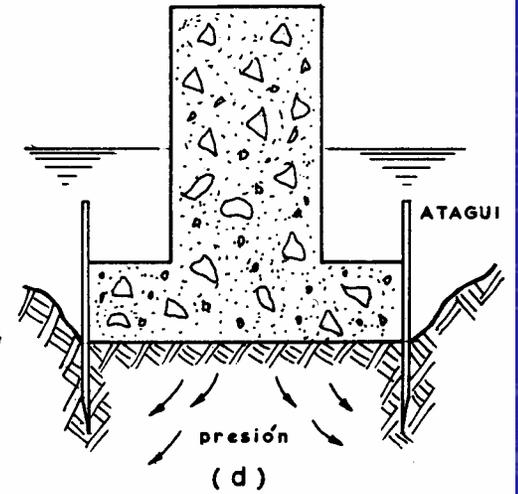
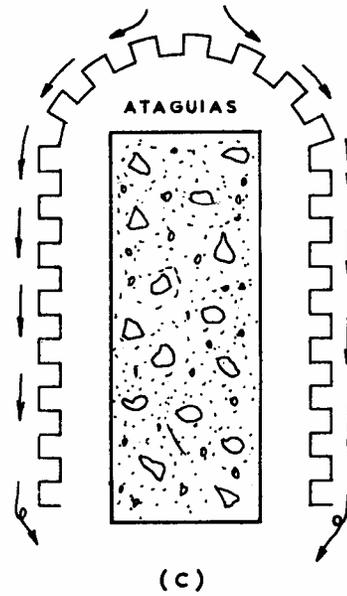
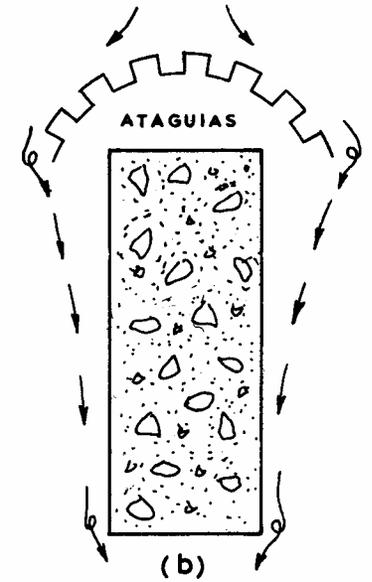
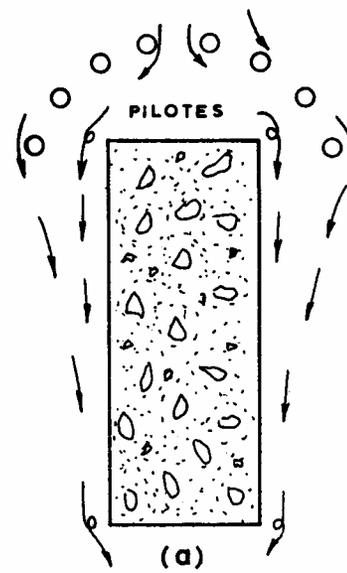
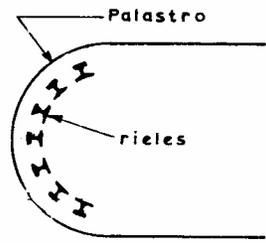
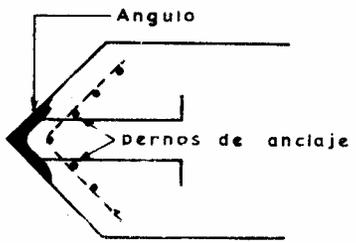
(b)

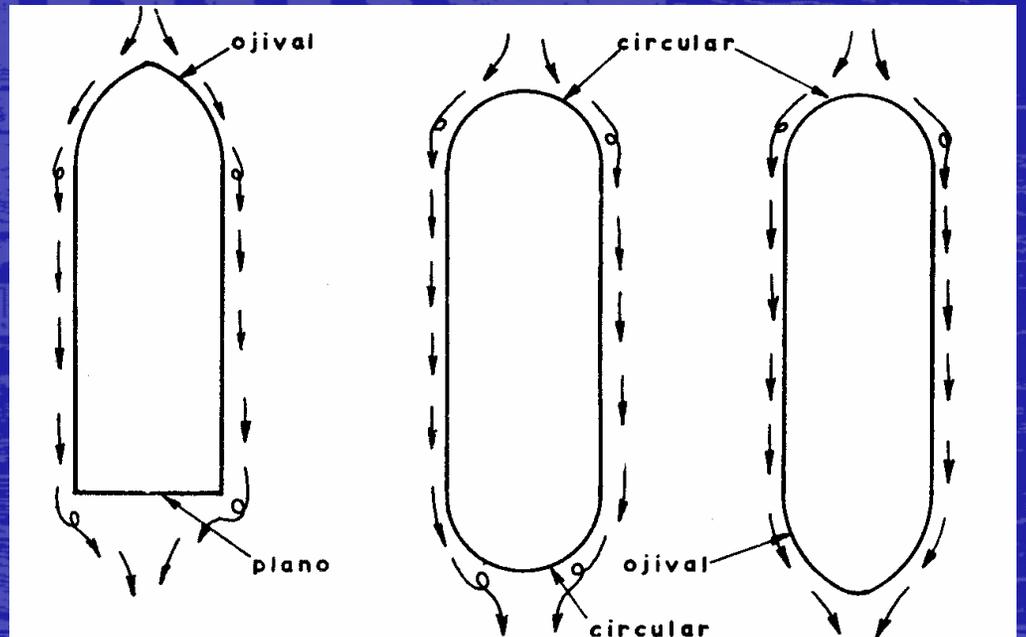
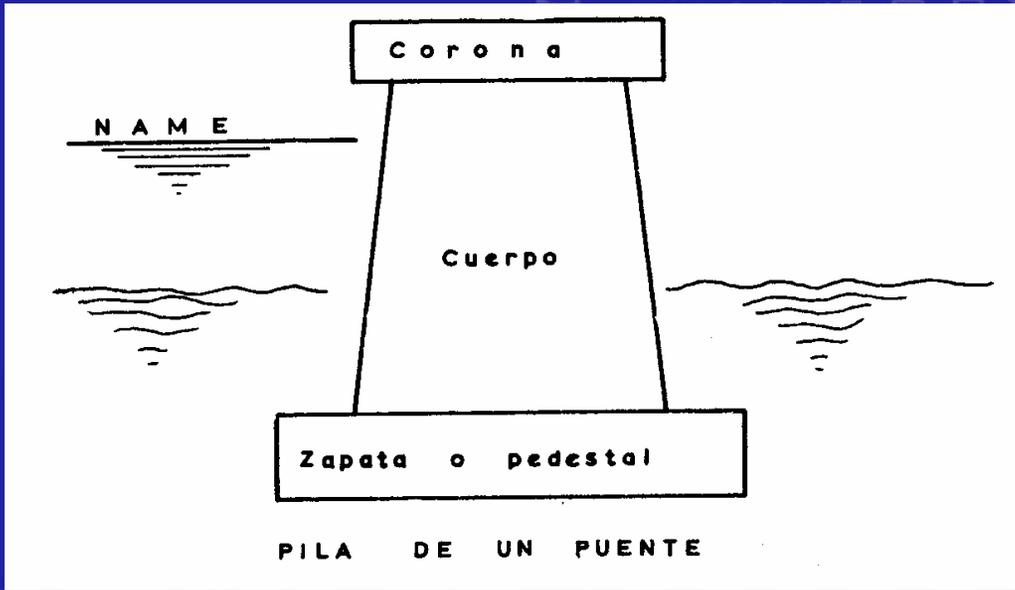


(c)



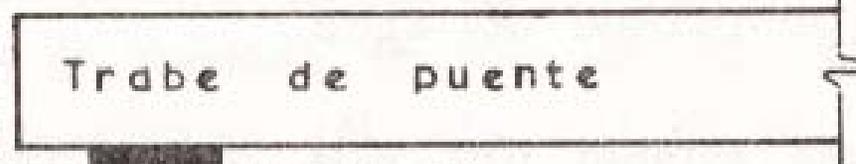
(d)





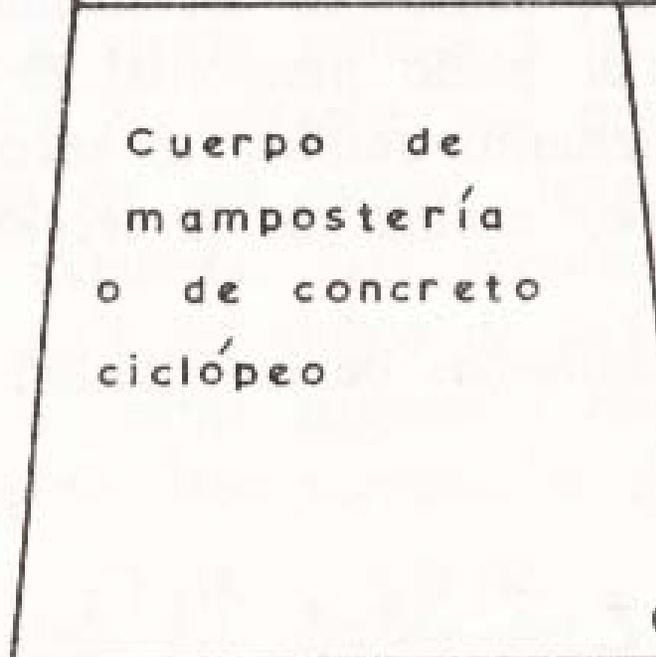


Tierras



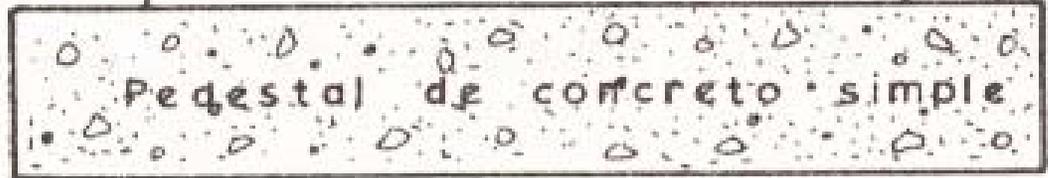
Trabe de puente

Corona de
concreto



Cuerpo de
mampostería
o de concreto
ciclópeo

60°
2. m.



Pedestal de concreto simple

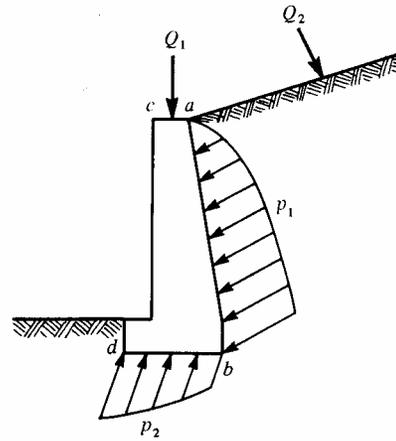


Fig. 12.1 Loads on retaining walls.

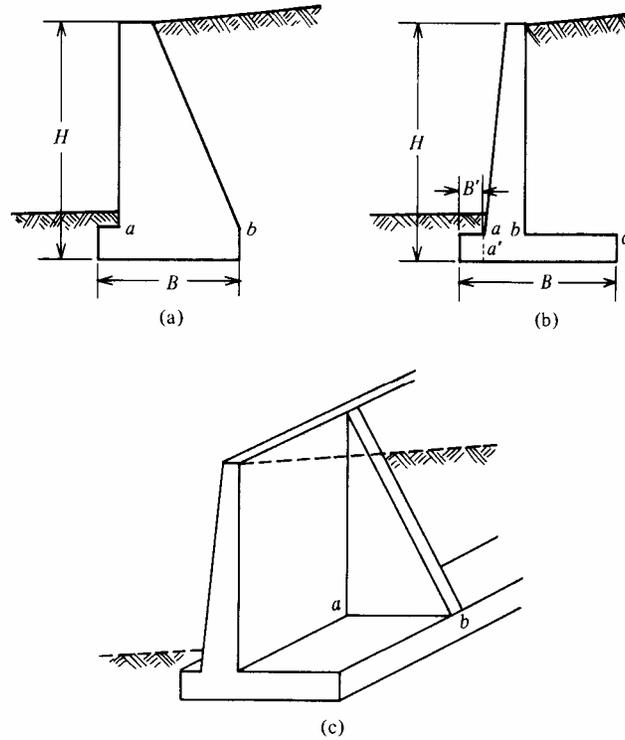
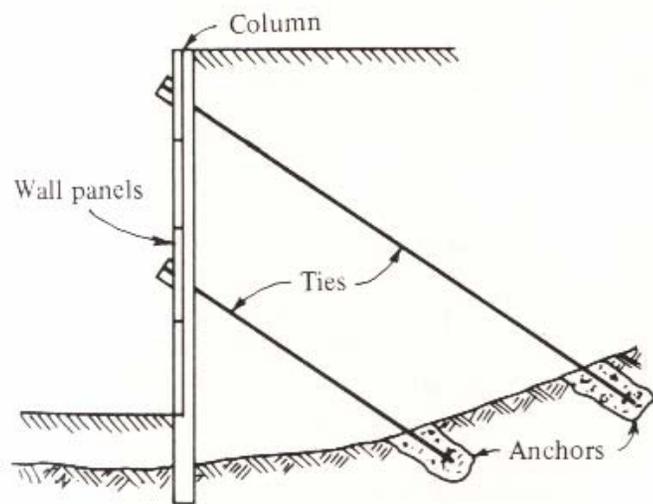
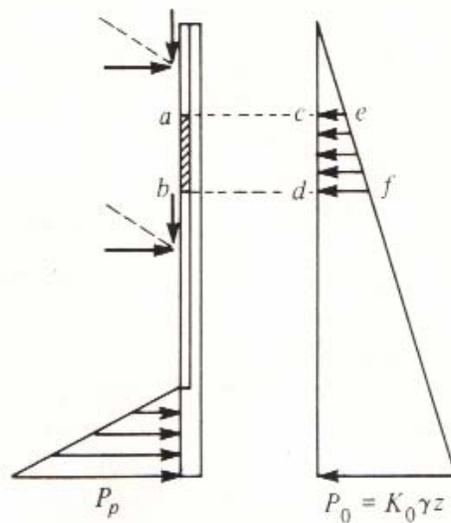


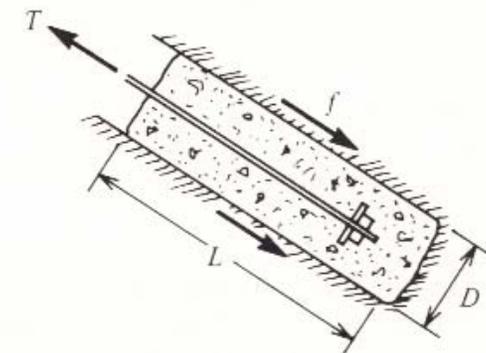
Fig. 12.2 Common types of retaining walls. (a) Gravity wall; (b) cantilever wall; (c) counterfort wall.



(a)



(b)



(c)

Fig. 12.4 Tieback wall.

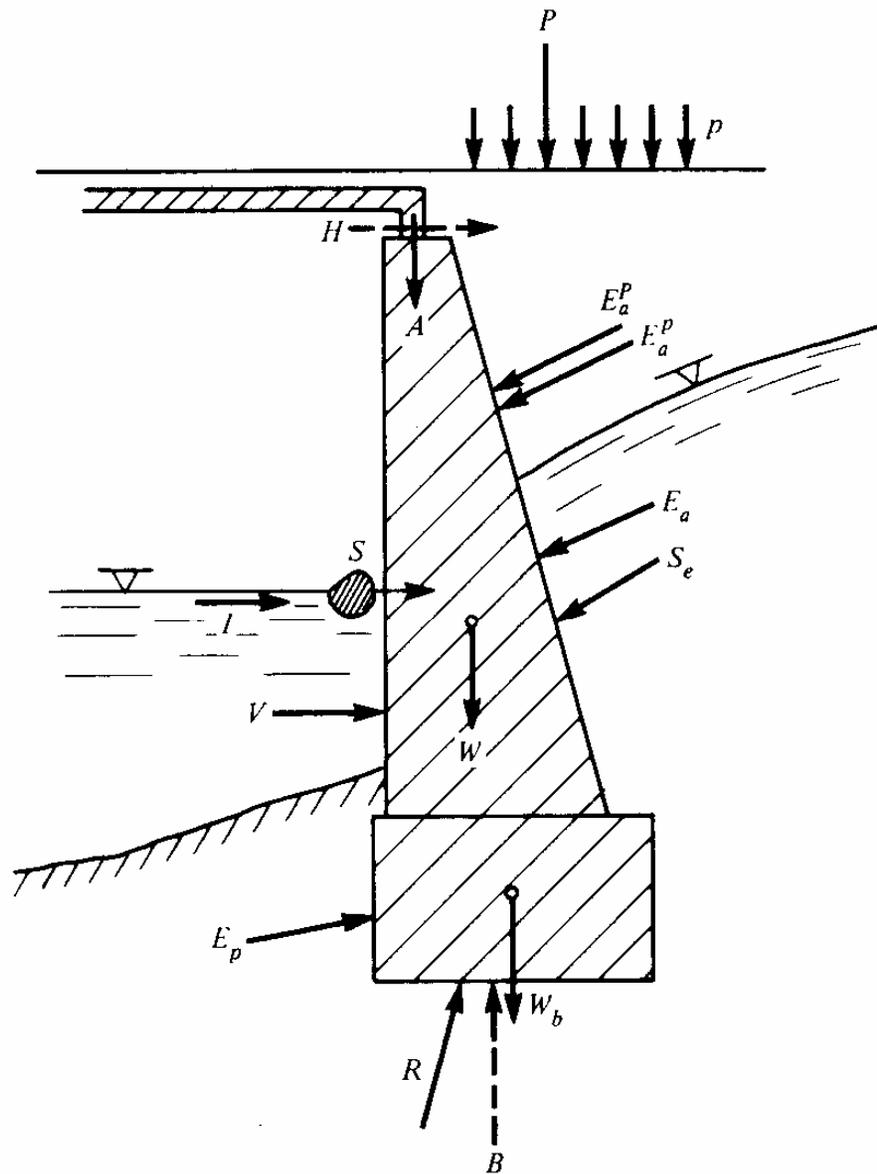
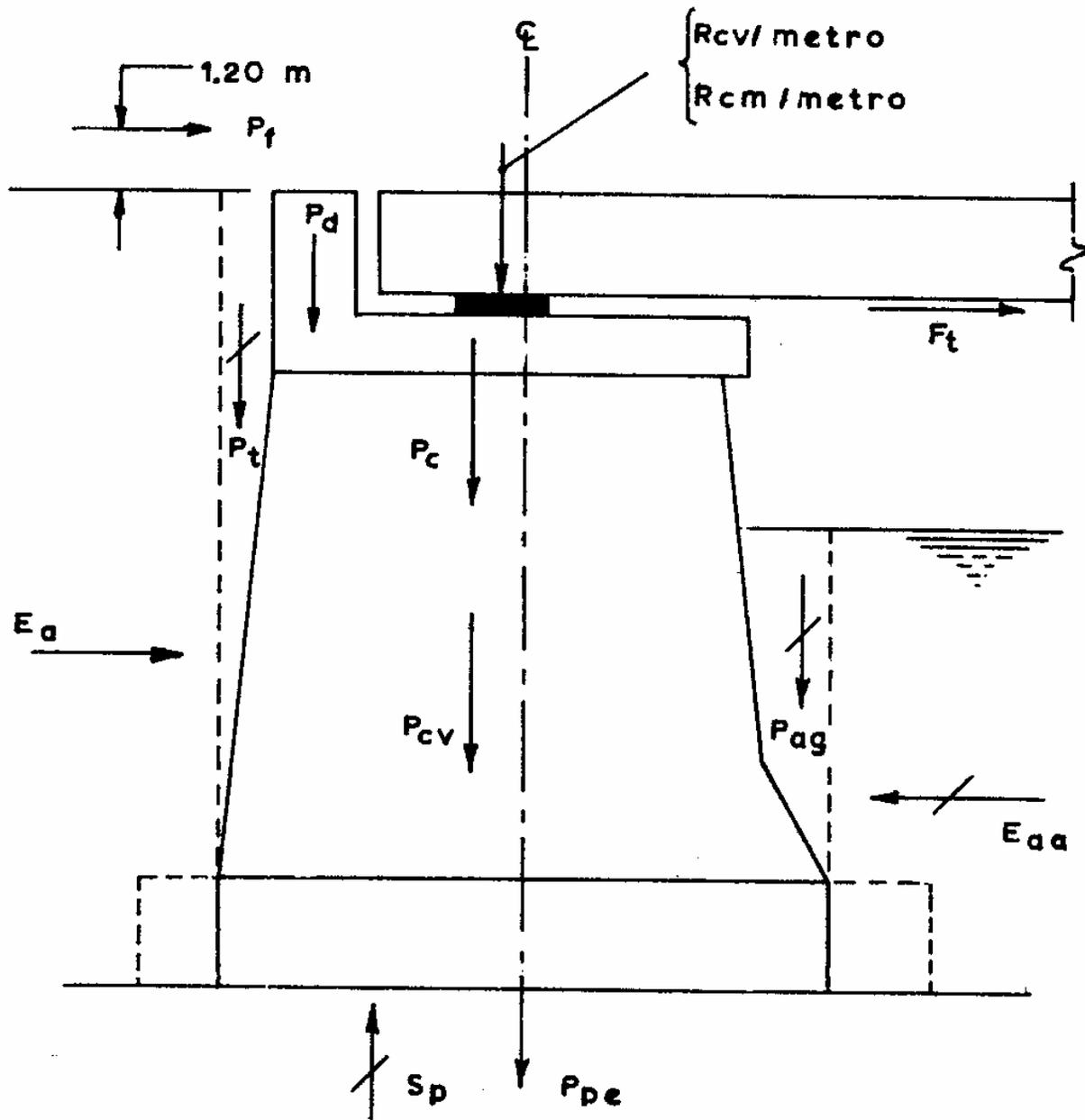
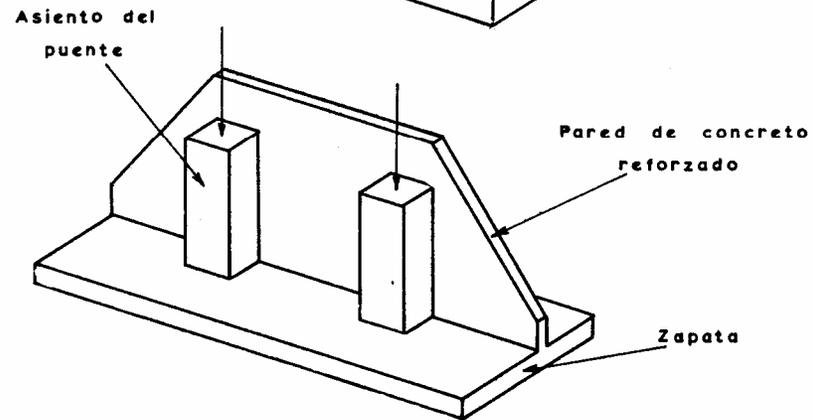
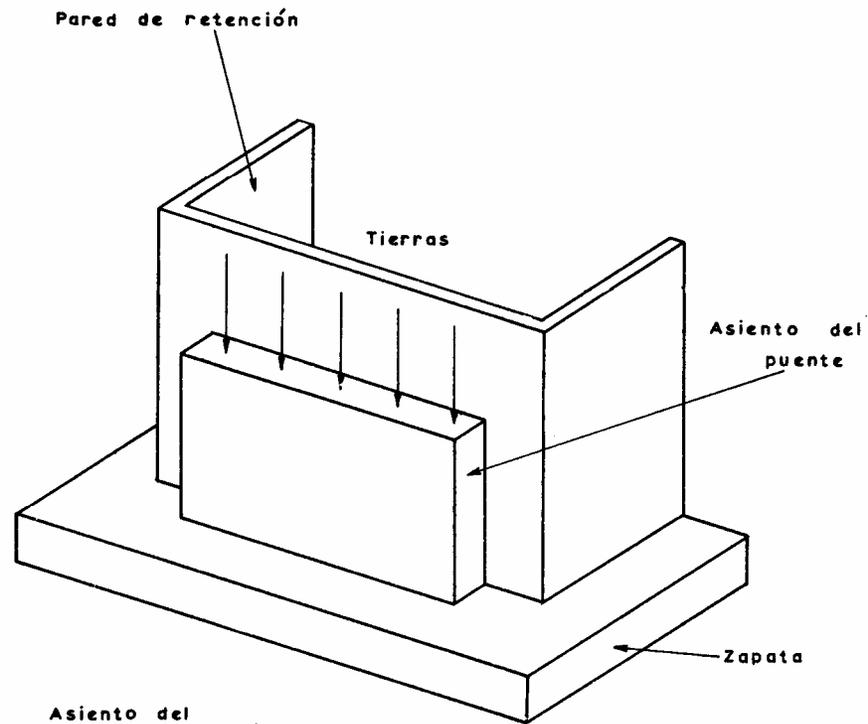
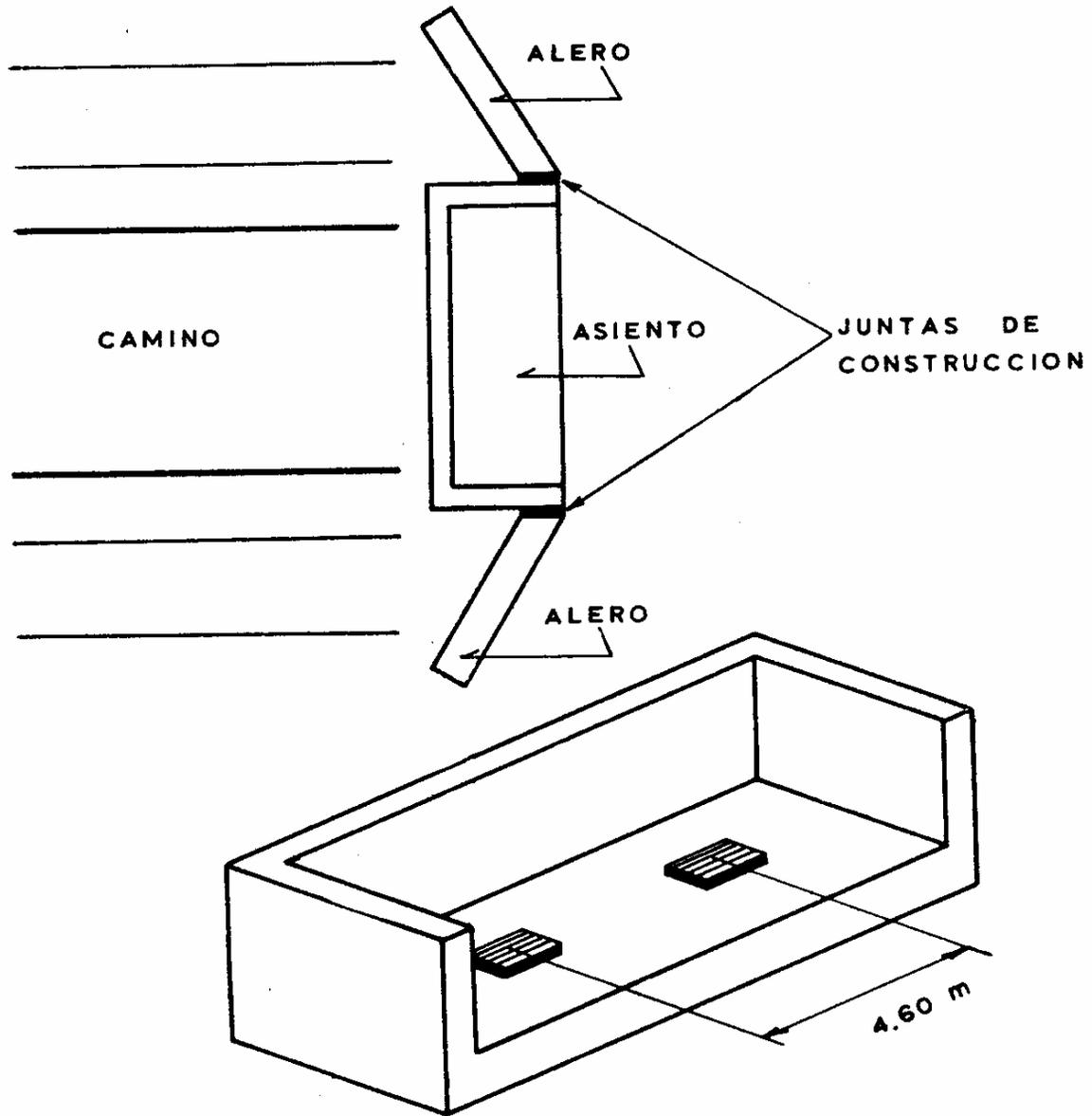


Fig. 5.22 Forces acting on an abutment.





retención para soportar su empuje.



CONDICIONES A CONSIDERARSE EN LA SISTEMATIZACIÓN

- Existencia de un prediseño o diseño vial.
- Prediseño del puente, luz, ancho, tipo de puente, número de apoyos.
- Facilidad de acceso a las márgenes.
- Características del sitio y sus alrededores.

CONDICIONES A CONSIDERARSE EN LA SISTEMATIZACION

- Tipo de suelo aparente.
- Época del año en que se realizan los estudios.
- Diseño final del puente para comparar períodos de vibración del suelo y del puente.
- Financiación

Diagrama de Flujo N° 1

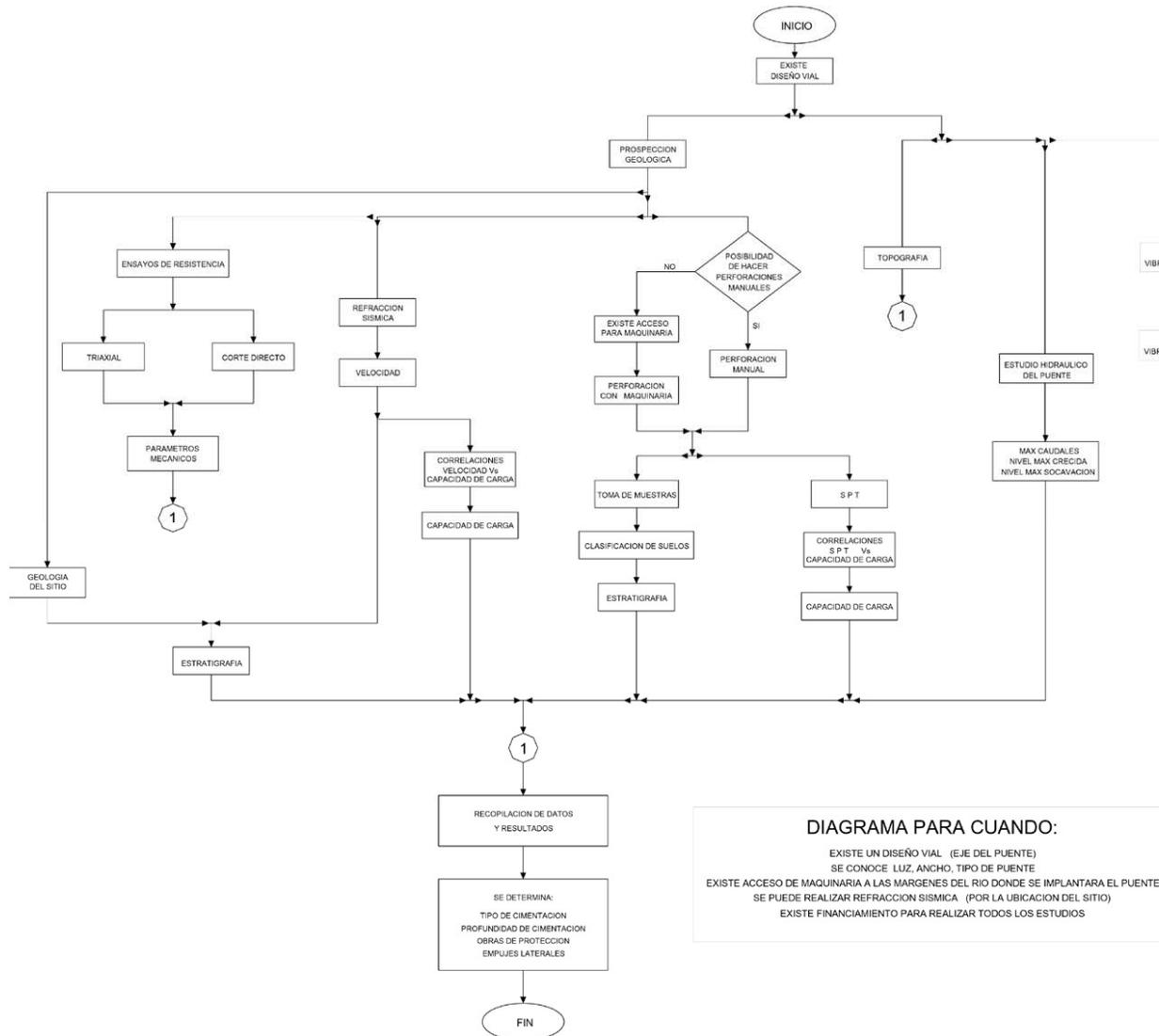


Diagrama de Flujo N° 2

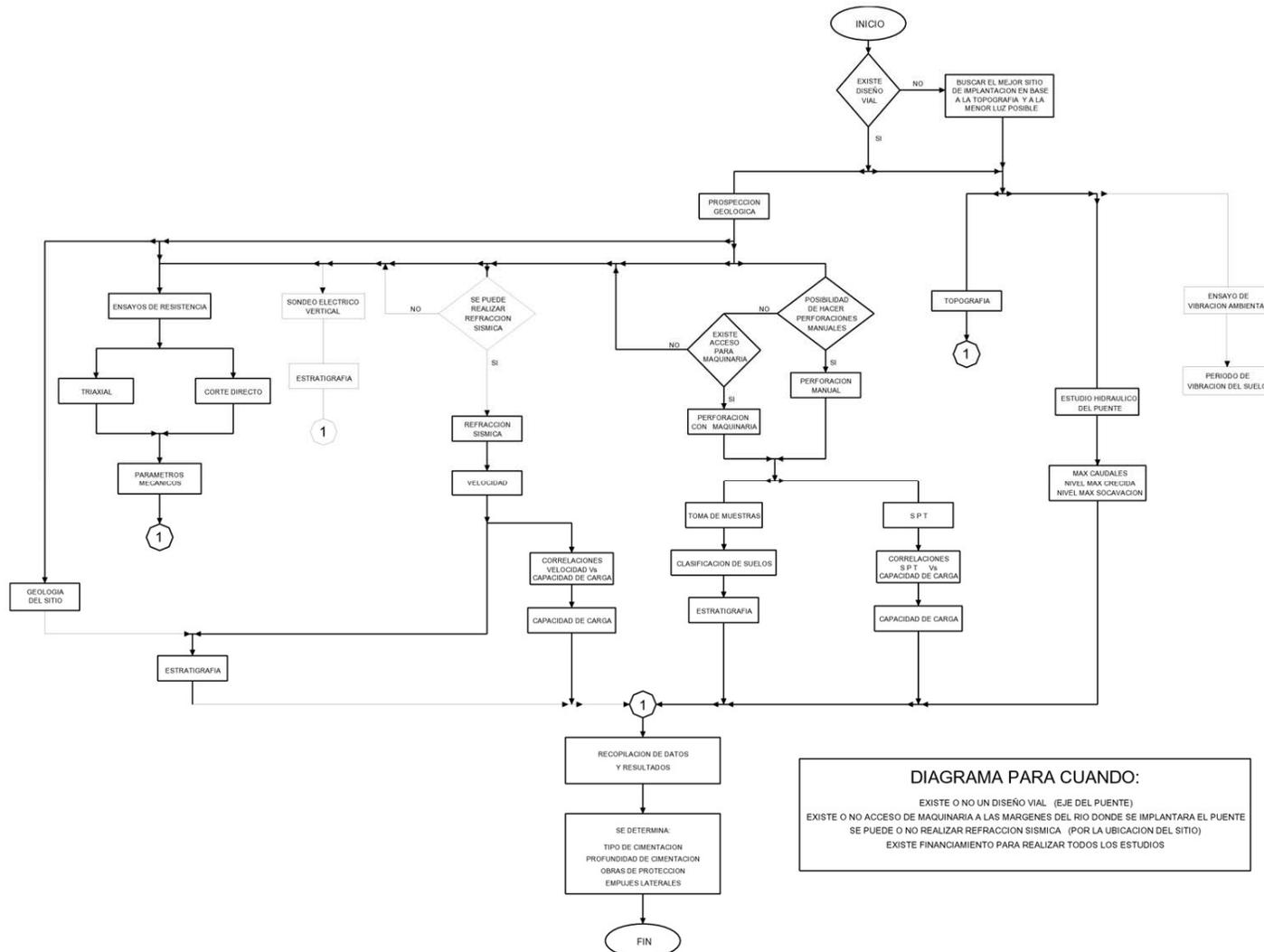
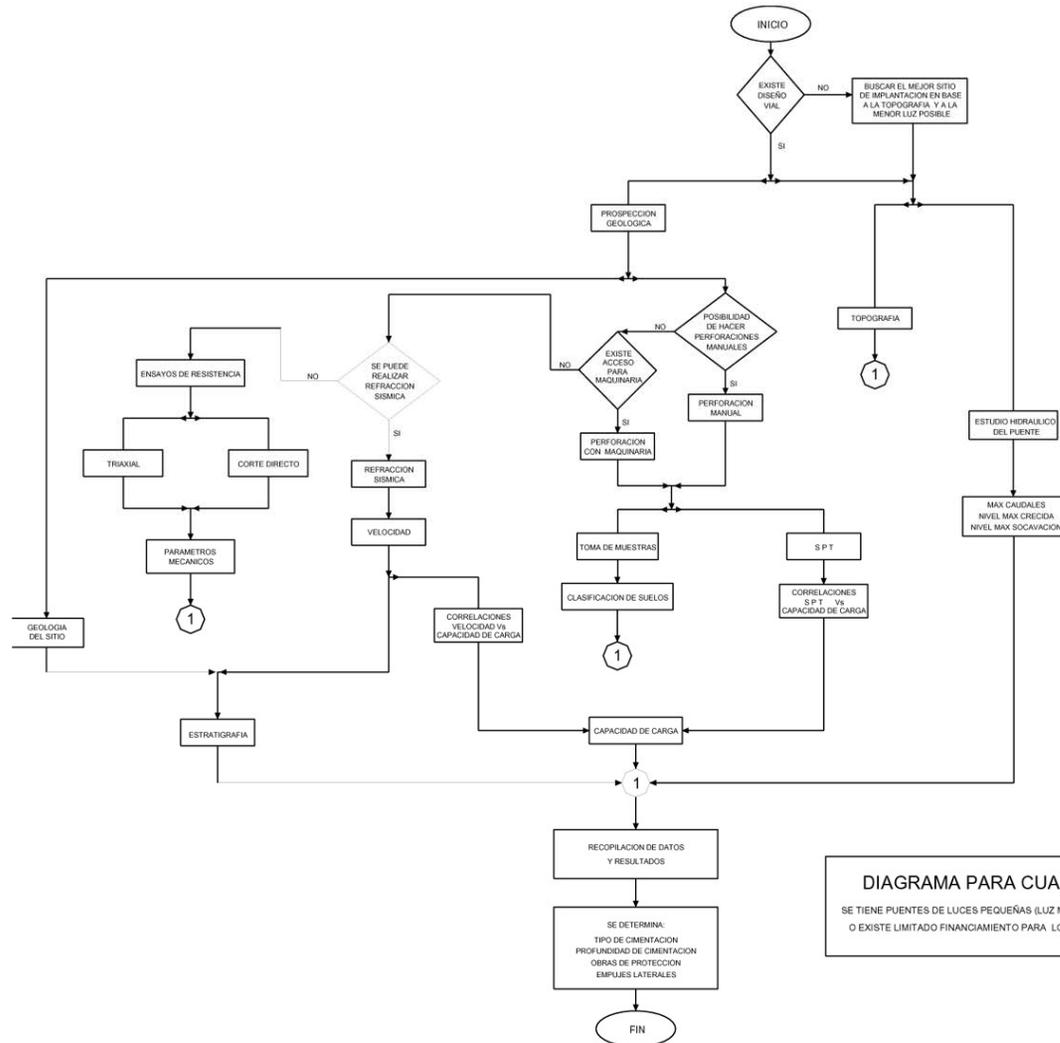


Diagrama de Flujo N° 3



CONCLUSIONES

- La sistematización sugerida cumple con los objetivos planteados que se pueden sintetizar en el conocimiento de los ensayos y estudios geotécnicos necesarios para la cimentación de puentes, además los datos y resultados que estos aportan para poder llegar a recomendar la cimentación.

CONCLUSIONES

- Es importante realizar un buen planeamiento de la investigación.
- El programa de investigación del suelo depende del tamaño del proyecto, de las condiciones del sitio y del financiamiento.
- En la mayoría de estudios se recomiendan cimentaciones superficiales y directas como zapatas.

CONCLUSIONES

- El número de perforaciones depende de la importancia del puente, de su luz y de la uniformidad aparente del suelo.
- Los estudios geotécnicos complementan a los demás estudios necesarios para la cimentación de puentes.
- El ensayo de vibración ambiental resulta ser una herramienta de fácil uso, económica y de gran utilidad para conocer las características dinámicas del suelo.

CONCLUSIONES

- La sísmica de refracción resulta muy útil para interpretar el sitio.
- Los sitios donde se implantan los puentes pueden corresponder a depósitos aluviales, sedimentarios y roca.
- La toma de muestras es imprescindible.
- Complementarse con los estudios hidráulicos.

CONCLUSIONES

- La capacidad de carga se determina de las correlaciones de SPT, de la velocidad medida de la refracción sísmica y de los ensayos de resistencia.
- Se debe tomar en cuenta la importancia de las obras de protección del puente.



GRACIAS POR SU ATENCION