UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SECCIÓN DE POST GRADO


# EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA


Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO

EXPLORACIÓN DIRECTA DE CAMPO

EXPLORACIÓN INDIRECTA A TRAVÉS DE PROSPECCIÓN SÍSMICA

# METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO

- Recopilación de información: hidrología, geología, sismicidad, topografía, etc.

- Reconocimiento geológico y de sitio: interpretación del origen y formación de suelos, evaluación geológica, interpretación de posibles condiciones del subsuelo.

- Planificación de la exploración y muestreo: permite ubicar y cuantificar el número de sondajes y optimizar el muestreo.

# METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO GEOTÉCNICO

- **Ejecución de la exploración y muestreo**: ejecución de sondajes y obtención de muestras disturbadas e inalteradas.

- **Ejecución de ensayos de laboratorio**: para la determinación de los parámetros de los materiales.

- **Interpretación de la investigación geotécnica:** evaluación de los datos de campo y laboratorio.

- **Análisis y diseño geotécnico**

# EXPLORACIÓN DIRECTA DE CAMPO

- **Exploración a Través de Pozos Abiertos y Posteadora**

- **Exploración con Métodos de Penetración Dinámica**
  - **Ensayo de Penetración Estándar**
  - **Ensayo con Cono Peck**
  - **Ensayo con DPL**
  - **Ensayo con Cono Sowers**

- **Exploración con Métodos de Penetración Quasiestático**
  - **Cono Holandés**

- **Ensayos Especiales “in-situ”**
  - **Ensayo de Carga**
  - **Ensayo de Corte Directo**

# EXPLORACIÓN DE CAMPO CON CALICATAS Y POSTEADORA

# EXPLORACIÓN DIRECTA CON CALICATAS

- Excavación manual con pico y lampa
- Excavación con equipo mecánico

**Ventaja:**

- Extracción de muestras disturbadas e inalteradas
- Visualización directa de la estratigrafía

**Desventaja:**

- Profundidad limitada
- Paredes inestables ante la presencia de agua

15.08.2007 22:47

# EXPLORACIÓN DIRECTA CON POSTEADORA

- Posteadora manual
- Posteadora mecánica

**Equipo:**

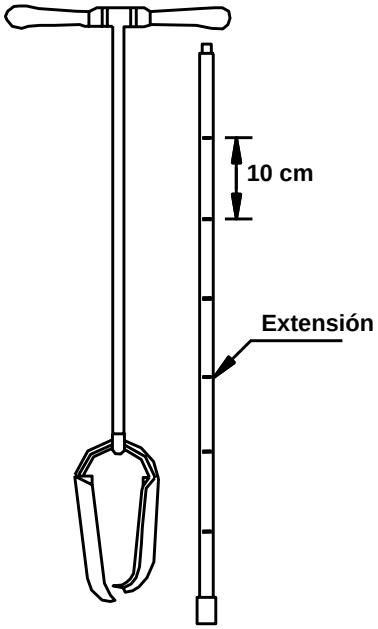
Tubería, una T y en su parte inferior una mecha

**Ventaja:**

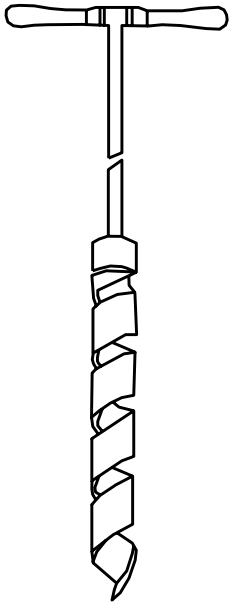
- Auscultación rápida del terreno

**Desventaja:**

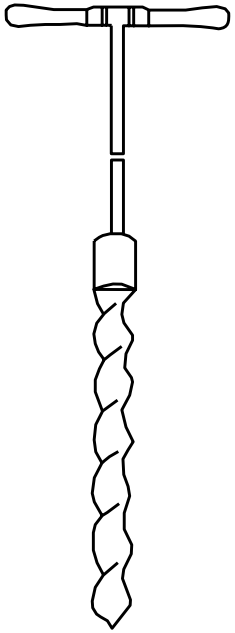
- No se extraen muestras inalteradas
- Imposible de realizar en arenas limpias secas o saturadas



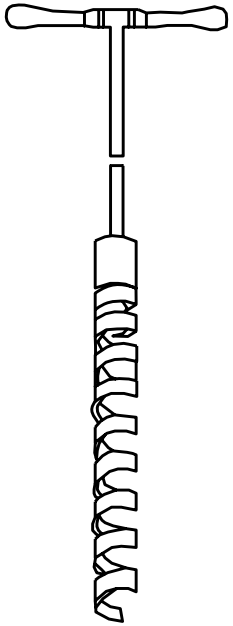

**POSTEADOR**
**Ø 3" - 8"**
**Post hole Digger**



**Ø 2" - 3 1/2"**



**Ø 2" - 3 1/2"**

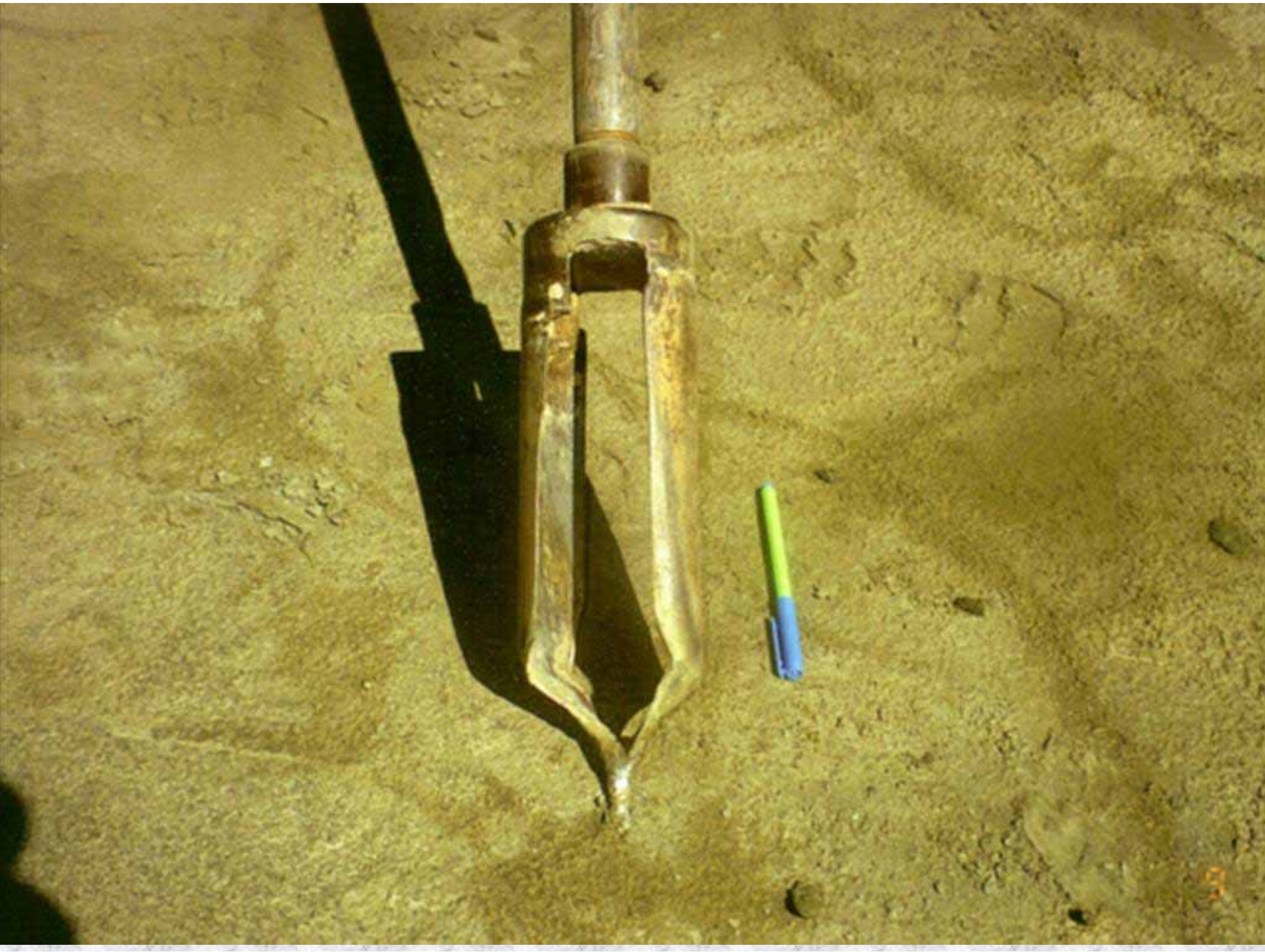


**Ø 2" - 5 1/2"**

# POSTEADORA MANUAL

**ACCESORIOS:**

- **MANIVELA**
- **TUBERIAS DE PERFORACIÓN**
- **MECHAS**



UNI - FIC - CISMID
EXPLORACION GEOTECNICA
DEPOSITO DE RELAVES
DE LA MINA CHANCA
SONDAJE : S-5
FECHA: 21-02-99

# EXPLORACIÓN DE CAMPO CON ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR - (SPT)

## A) GENERALIDADES

Procedimiento ampliamente utilizado para determinar características de resistencia y compresibilidad de suelos.

Norma : ASTM D1586

## B) PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO

**Ejecución de la perforación**

- con barrenos (posteadora)
- a rotación
- por lavado “wash boring”

**Ejecución del muestreo**

Se realiza con un muestreador de caña partida

## Suelos Adecuados para la Ejecución del Ensayo

- Arenosos
- Limo Arenosos
- Areno Limosos
- Arcillas

## Suelos Inadecuados para el Ensayo

- Aluvionales
- Aluviales
- Suelos Gravosos y Heterogéneos con Gravas

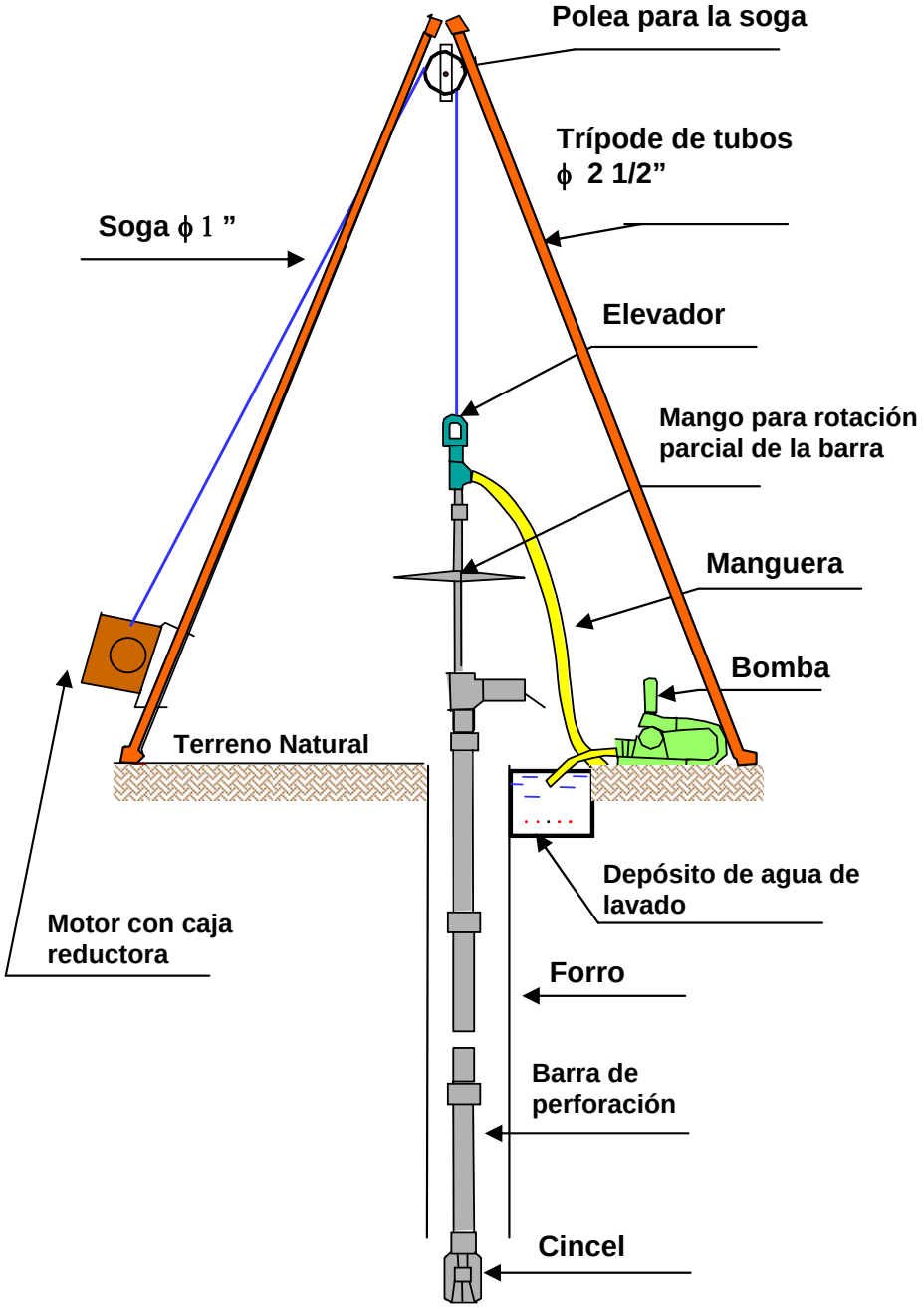
## C) REGISTRO DE PENETRACIÓN

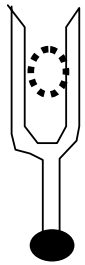
Resistencia a la penetración: golpes necesarios para hincar los últimos 30 cm de un total de 45 cm.

## D) INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

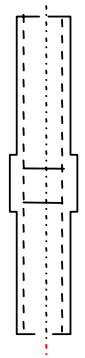
La resistencia a la penetración es un indicador de la compacidad de suelos arenosos y un indicador de la consistencia y resistencia de suelos cohesivos.

# PERFORACIÓN POR LAVADO “WASH BORING”

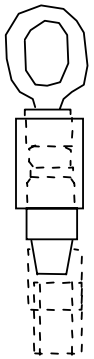


SOSTENEDOR DE BARRAS

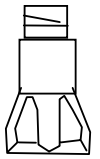


BARRA CON UNION



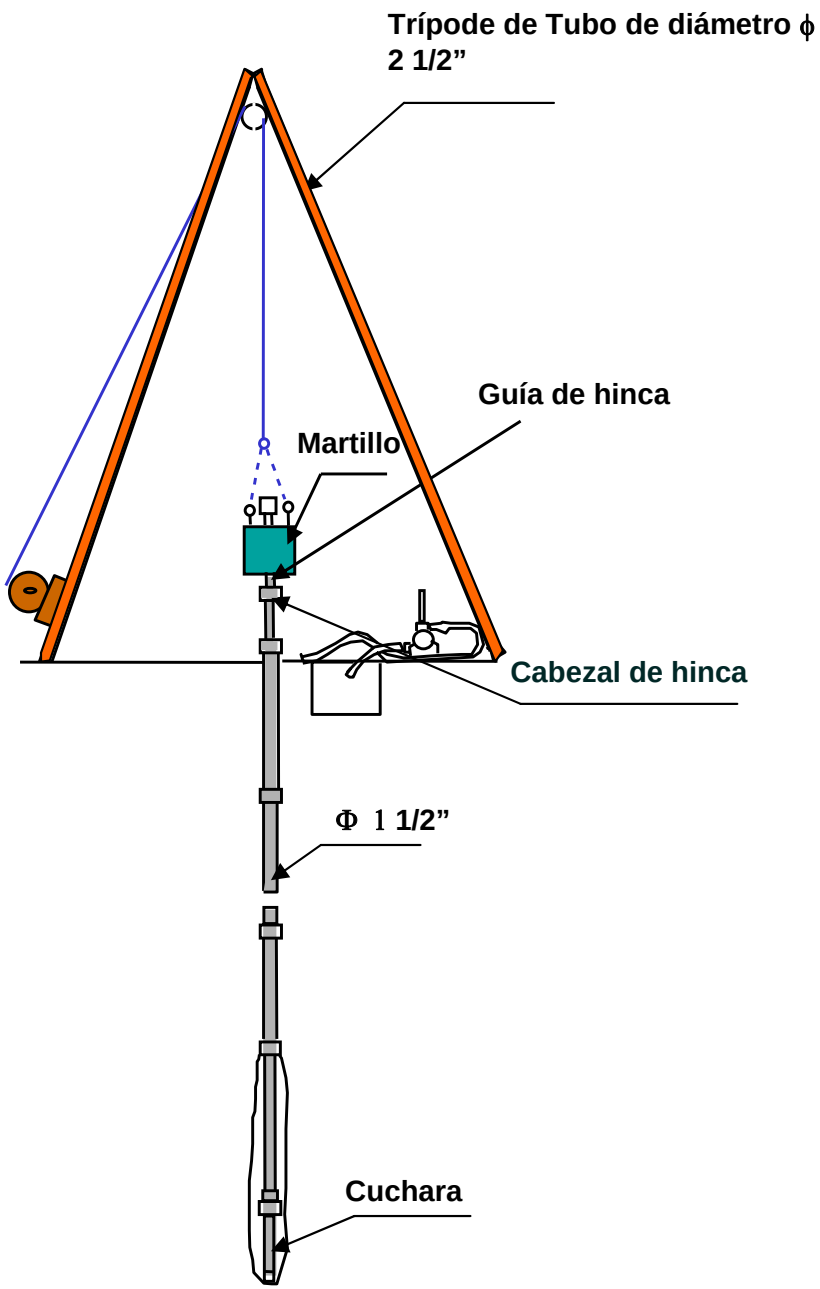
ELEVADOR

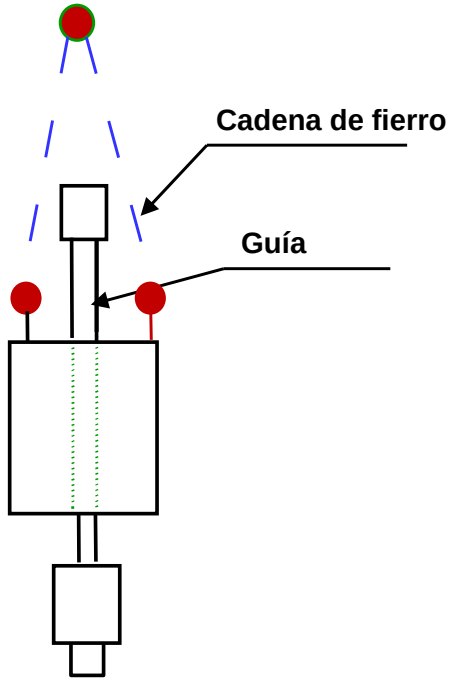
CINCEL RECTO



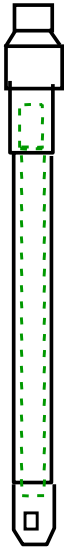
CINCEL DE CRUZ

# ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)




MARTILLO



CUCHARA
Φ 2” - 4 1/2”

# ACCESORIOS DEL SPT

**MARTILLO DE PENETRACIÓN SPT (140 LIBRAS)**

PUNTA Y CABEZAL DEL CONO DE PECK

**PARA PERFORAR CON AGUA A PRESIÓN (CHOPPING BIT)**

# ACCESORIOS CON BROCAS DE TUNGSTENO PARA PERFORACIÓN

**MUESTREADOR SHELBY**

# EVALUACIÓN DE LA COMPACIDAD RELATIVA Y RESISTENCIA DE LOS SUELOS COHESIVOS

## COMPACIDAD RELATIVA DE LA ARENA

| Número de Golpes del SPT | Compacidad Relativa |
|---|---|
| 0 – 4 | Muy Suelta |
| 5 – 10 | Suelta |
| 11 – 20 | Firme |
| 21 – 30 | Muy Firme |
| 31 – 50 | Densa |
| Más de 50 | Muy Densa |

## RESISTENCIA DE LOS SUELOS COHESIVOS

| N° de Golpes del SPT | Consistencia | Resistencia a la Compresión Simple en ($Kg/cm^2$) |
|---|---|---|
| < 2 | Muy Blanda | < 0.25 |
| 2 – 4 | Blanda | 0.25 – 0.50 |
| 4 – 8 | Media | 0.50 –1.00 |
| 8 – 15 | Firme | 1.00 – 2.00 |
| 15 – 30 | Muy Firme | 2.00 – 4.00 |
| > 30 | Dura | < 4.00 |

# DIVERSOS FACTORES DE CORRECCIÓN SEGÚN DIVERSOS AUTORES

| Referencia | Factor de Corrección $C_N$ | Unidad de $\sigma_v$ |
|---|---|---|
| Teng (1962) | $C_N = \frac{50}{10+\sigma_V}$ | psi |
| Bazaraa (1967) | $C_N = \begin{cases} \frac{4}{1+2\sigma_V} & \sigma_V \le 1.5 \\ \frac{4}{3.25+0.5\sigma_V} & \sigma_V > 1.5 \end{cases}$ | ksf |
| Peck Hansen, y Thourburn (1974) | $C_N = 0.77 \log_{10} \frac{20}{\sigma_V}$ | tsf |
| Seed (1976) | $C_N = 1 - 1.25 \log_{10} \sigma_V$ | tsf |
| Seed (1979) | Ver Fig. 1(b) | |
| Tokimatsu y Yoshimi (1983) | $C_N = \frac{1.7}{0.7+\sigma_V}$ | $Kg/cm^2$ |

Sin embargo, se propone un factor de corrección simple el cual es comparable con cualquiera de las indicadas en la tabla anterior.

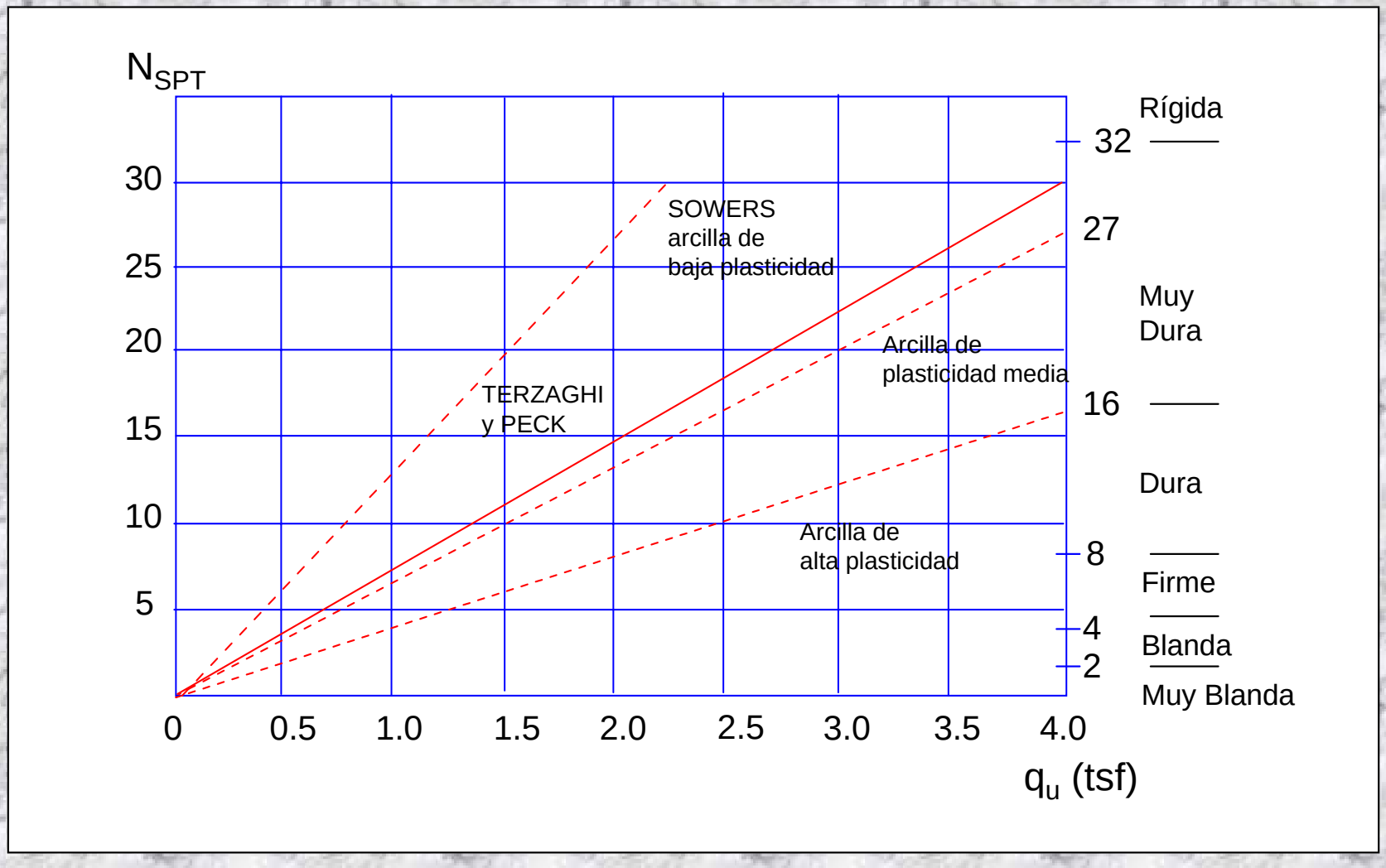
El factor propuesto para la corrección del valor del SPT es:

$$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma_v}} < 2.0$$ en $Kg/cm^2$

(Liao y Whitman, 1991)

# RELACIONES ENTRE EL NÚMERO DE GOLPES "N" Y LA CONSISTENCIA DE LAS ARCILLAS

| | | |
|---|---|---|
| Arcilla | $q_u = \frac{N}{8} (kg/cm^2)$ | Terzaghi |
| Arcilla limosa | $q_u = \frac{N}{5} (kg/cm^2)$ | Terzaghi y Peck |
| Arcilla areno limosa | $q_u = \frac{N}{8} (kg/cm^2)$ | Terzaghi y Peck |
| Para todas las arcillas | $q_u = 1.33N\ (kg/cm^2)$ | Graux |




CORRELACIÓN DE N (SPT) CON LA RESISTENCIA CORTANTE NO DRENADA ($S_U$) DE SUELOS COHESIVOS DE DIFERENTES PLASTICIDADES (REF. NAVFAC, 1971)

# EXPLORACIÓN CON EL ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPL

# EQUIPO DPL
# DIN 4094

**CABEZAL, MARTILLO Y GUIA DEL DPL**

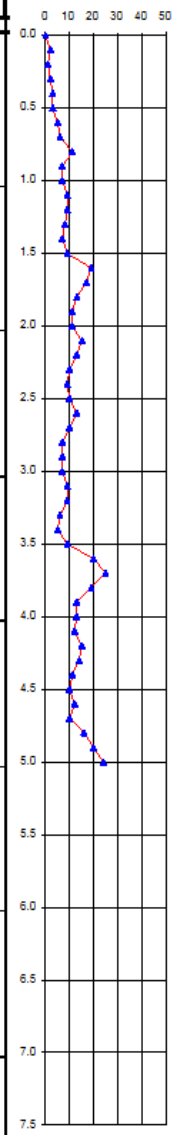
# EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DPL

EJECUCION DE ENSAYO DPL Y SONDAJE CON POSTEADORA

UBICACIÓN : Av. Independencia S/N, Lt 02, Vichay- Independencia-Huaraz-Ancash
REALIZADO : R.H.M.E
PROYECTO: Control del Espectro Radioeléctrico - Huaraz
APROBADO : J.A.H.
NIVEL DEL TERRENO : 0.00 m
PROFUNDIDAD TOTAL (m): 5.00
FECHA DE PERFORACION : 01/04/2006
PROF. NIVEL FREATICO (m): -

**SONDAJE : DPL-2**

| PROF. (m) | DESCRIPCION DEL SUELO | SUCS | CORRELACIONES N SPT | CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante | CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo | ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA $N_{DPL}$ = Nº de golpes / 10 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.65 | Relleno limo arenoso | ML | 2 | 21.3 | - | |
| 1.00 | | | 8 | 27.6 | - | |
| 2.00 | Arena limosa | SM | 8 | 27.6 | - | |
| 3.00 | | | 11 | 29.8 | - | |
| 4.00 | | | 9 | 28.4 | - | |
| 5.00 | | | 7 | 26.8 | - | |
| 6.00 | | | 6 | 26.0 | - | |
| 7.00 | | | 13 | 31.1 | - | |
| 8.00 | | | 10 | 29.1 | - | |
| | | | 24 | 36.9 | - | |
| | | | - | - | - | |
| | | | - | - | - | |
| | | | - | - | - | |
| | | | - | - | - | |




# REGISTRO DPL-5

$$N_{DPL\text{-}5} \cong N_{SPT}$$

# EXPLORACIÓN DE CAMPO CON CONO SOWERS

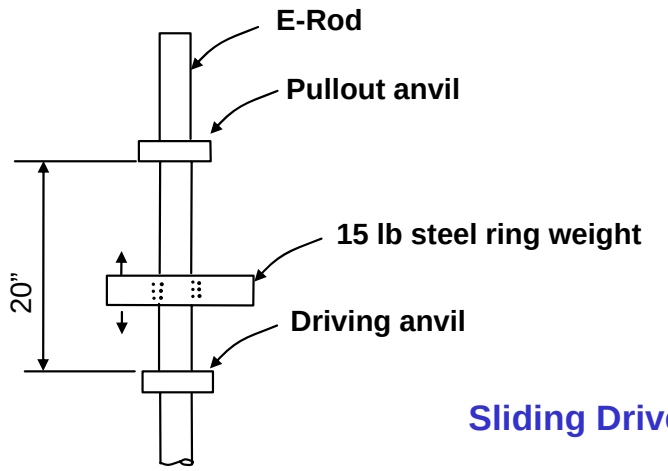
# CONO SOWERS

- Equipo desarrollado por el profesor George Sowers 1959

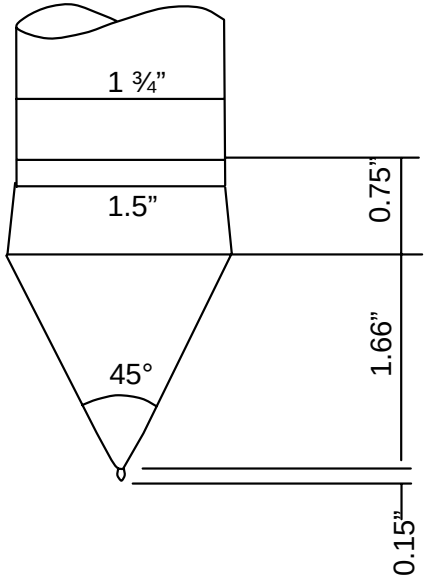
- Se utiliza para exploración de suelos superficiales

- Características del equipo:

  Un martillo de 15 lb de peso
  Altura de caída 20 pulgadas
  Una punta cónica de 60° de inclinación y 1.5” de diámetro




Sliding Drive Hammer




Cone Point

# CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO CONO SOWERS

# EQUIPO DEL CONO DE SOWERS

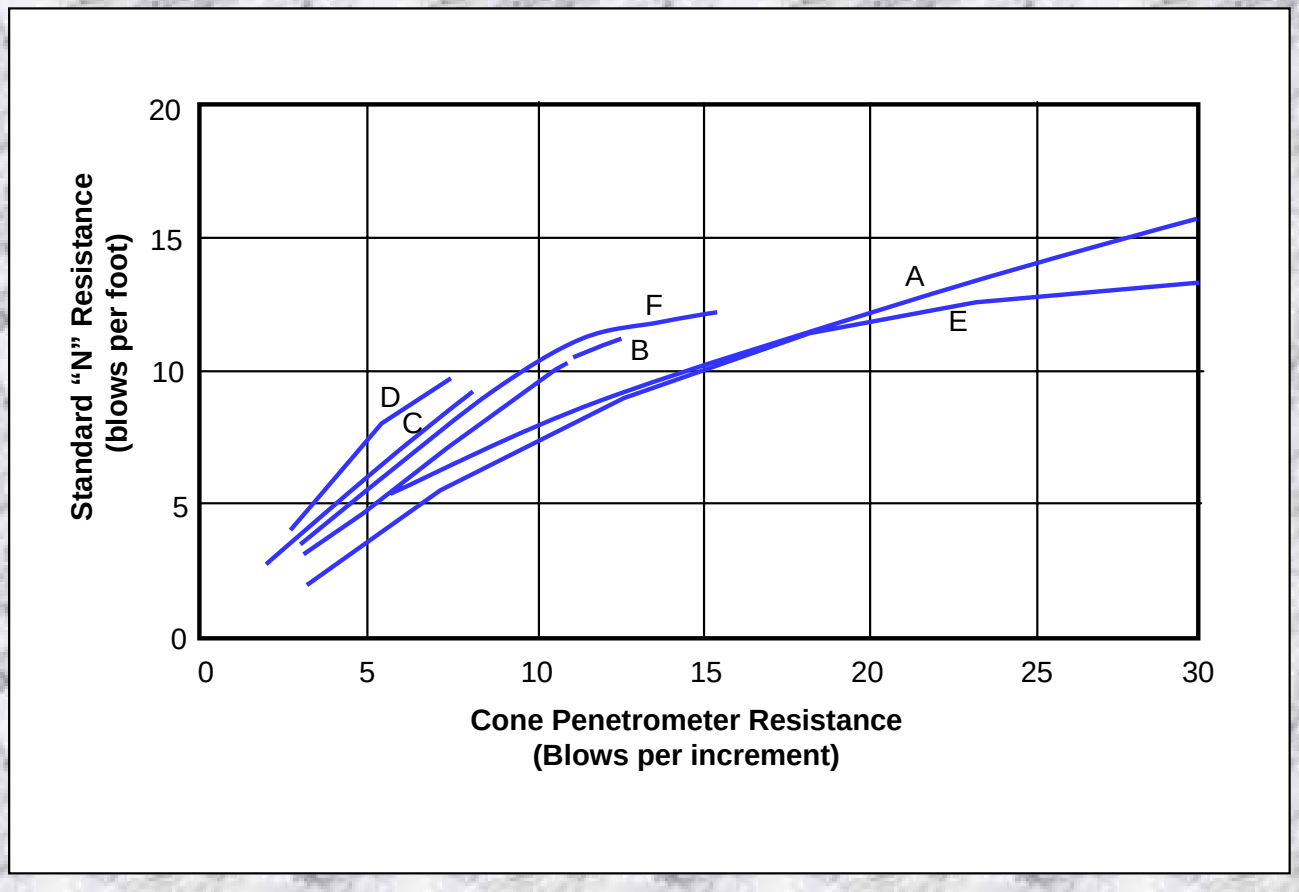
**ACCESORIOS:**

- **PUNTA SOWERS**
- **GUIA DEL MARTILLO**
- **MARTILLO**
- **PUNTA CONICA**

EJECUCION DE LA PERFORACION ANTES DE LA PRUEBA CON EL CONO DE SOWER (EN LA FOTO LA POSTEADORA))

## EJECUCION DE LA PRUEBA CON EL CONO DE SOWERS

**LA PRUEBA SE REALIZA EN TRES TRAMOS DE 5 CM CADA UNO**




**A.- SUELO COLUVIAL NATURAL**

**B.- COMPACTADO AL 95%**

**C.- SUELO COMPACTADO AL 90%**

**D.- SUELO COMPACTADO AL 85%**

**E.- SUELOS ARENOSOS DE LA COST**

**F.- SUELO ALUVIONAL DE CERRO**

# CORRELACIONES ENTRE EL SPT Y EL CONO SOWERS

# EXPLORACIÓN DE CAMPO CON ENSAYOS DE PENETRACIÓN QUASIESTÁTICA

# CONO HOLANDÉS - (CPT)

## A) GENERALIDADES

- Usado en Europa desde 1920
- En Estados Unidos desde 1960
- En el Perú desde 1984

## B) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

- Equipo de penetración estática
- Tubería de acero de 1 m y barras sólidas interiores concéntricas ($\phi_{ext}$=3.6 cm y $\phi_{int}$= 1.6 cm)
- Punta Cónica

Se transmite la fuerza a través de las barras interiores y ésta al cono, midiendo cada 20 cm la resistencia por punta y/o fricción.

## C) PUNTA DE PENETRACIÓN

### Punta DELFT

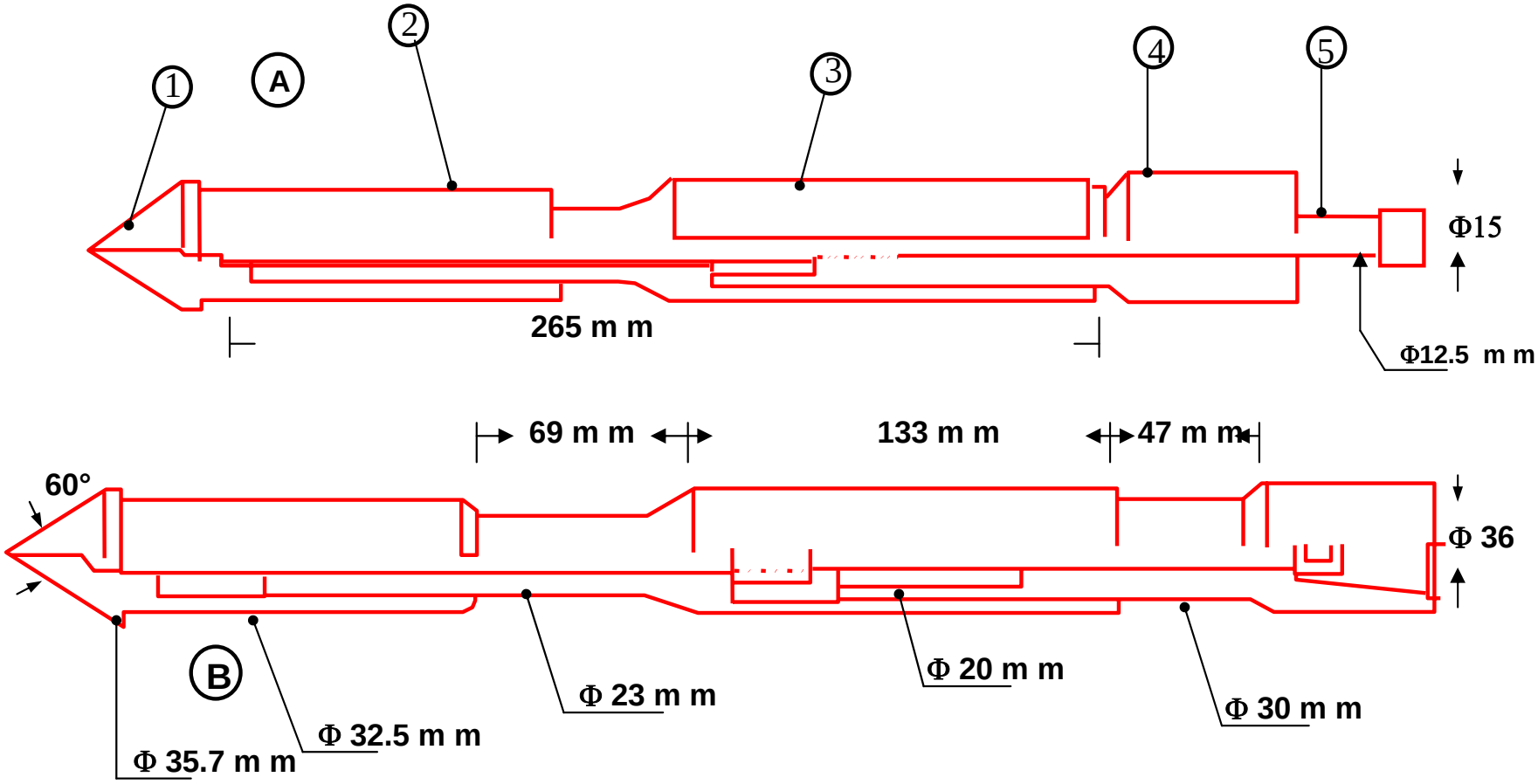
- Punta cónica de 3.6 cm de diámetro y 10 $cm^2$ de área
- Se encuentra montada en el extremo inferior de una funda deslizante de 9.9 cm de longitud
- El cono penetra debido a la fuerza axial de un vástago
- Se mide la presión que transmite en la punta

## C) PUNTA DE PENETRACIÓN

### Punta BEGEMANN

- Punta cónica de 3.57 cm. de diámetro y 10 $cm^2$ de área
- Se encuentra montado en un pieza cilíndrica deslizante de 11.1 cm
- Posee una funda de 13.3 de longitud y 3.6 cm de diámetro
- Se mide la presión por punta y fricción

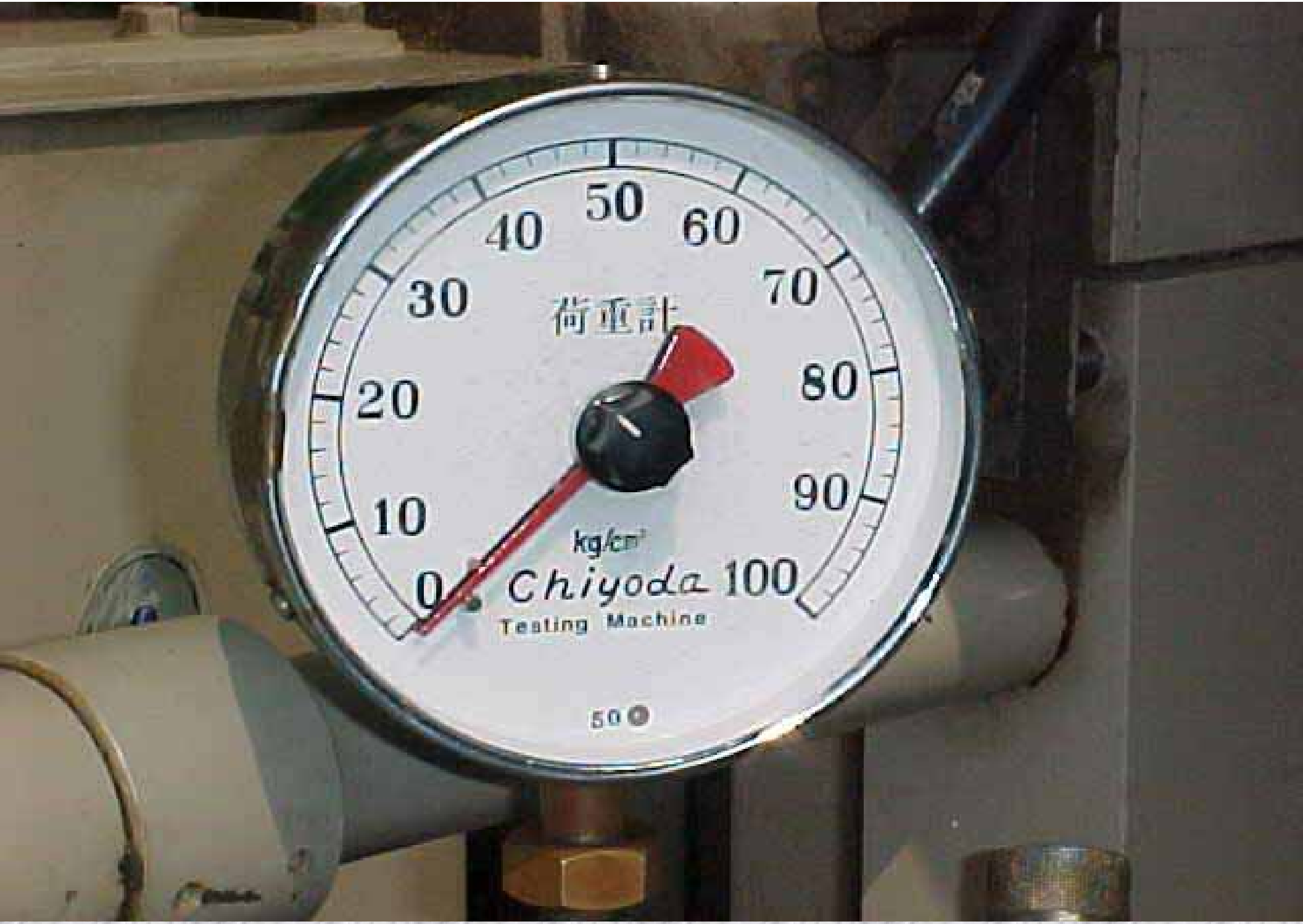
# ENSAYO DE PENETRACIÓN CONO HOLANDÉS
## Esquema de Punta Cónica




① Punta Cónica
② Funda cilíndrica
③ Funda de fricción
④ Copla
⑤ Barra sólida

Ⓐ POSICION CERRADA
Ⓑ POSICION EXTENDIDA

# ACCESORIO PARA ANCLAJE DEL EQUIPO




**MANÓMETRO PARA CALCULAR LA PRESIÓN**

# EQUIPO DE CONO HOLANDES

# D) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA

**Resistencia por punta:** $\mathbf{q_c = Q_c / A_c}$

$Q_c$ = Fuerza necesaria para hincar el cono en Kg

$A_c$ = Área transversal del cono (10 $cm^2$)

$q_c$ = Resistencia de punta ($Kg/cm^2$)

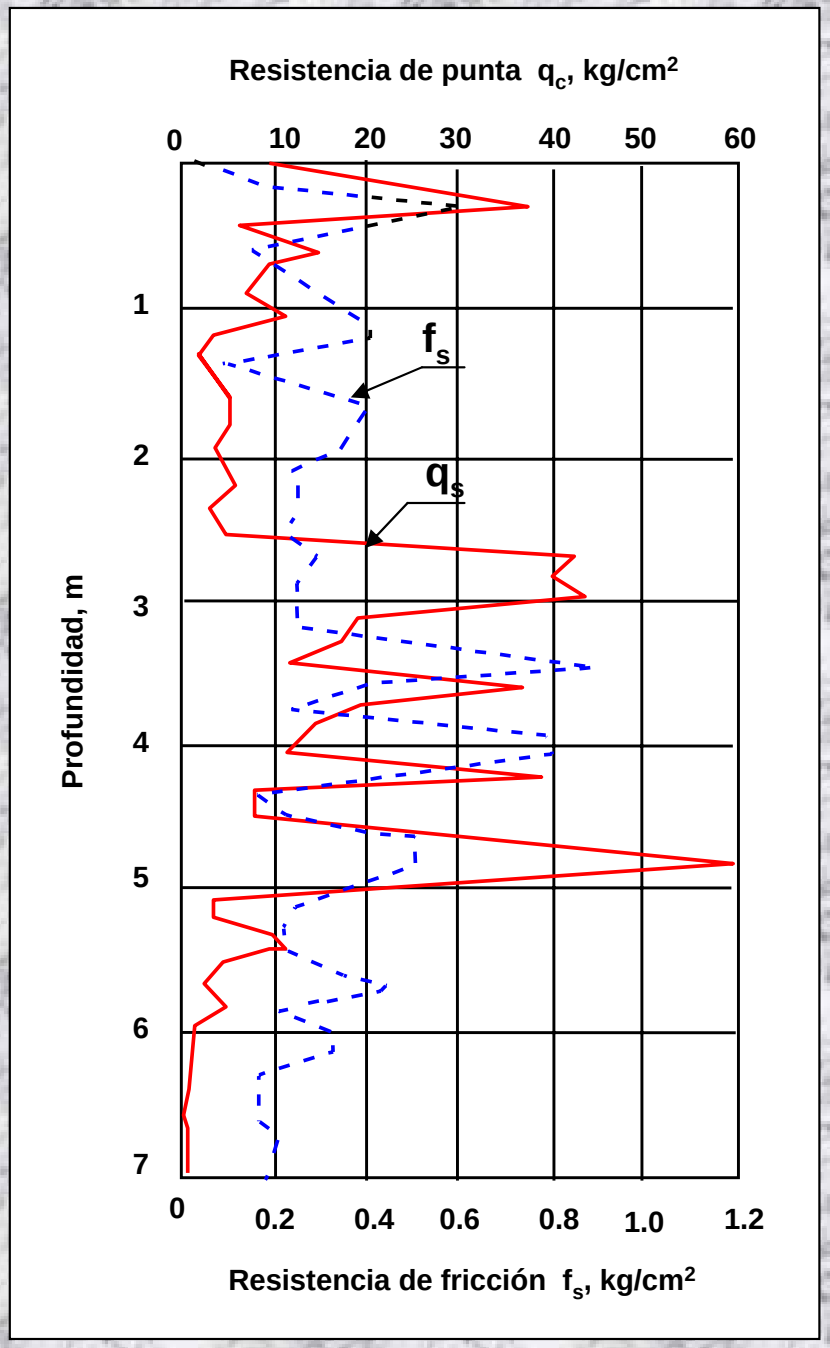
**Resistencia por fricción:** $\mathbf{f_s = F_s / A_s}$

$F_s$ = Fuerza necesaria para hincar el cono y la funda (Kg, en zonas que lo miden directamente ($Fs = R_t - Q_c$)

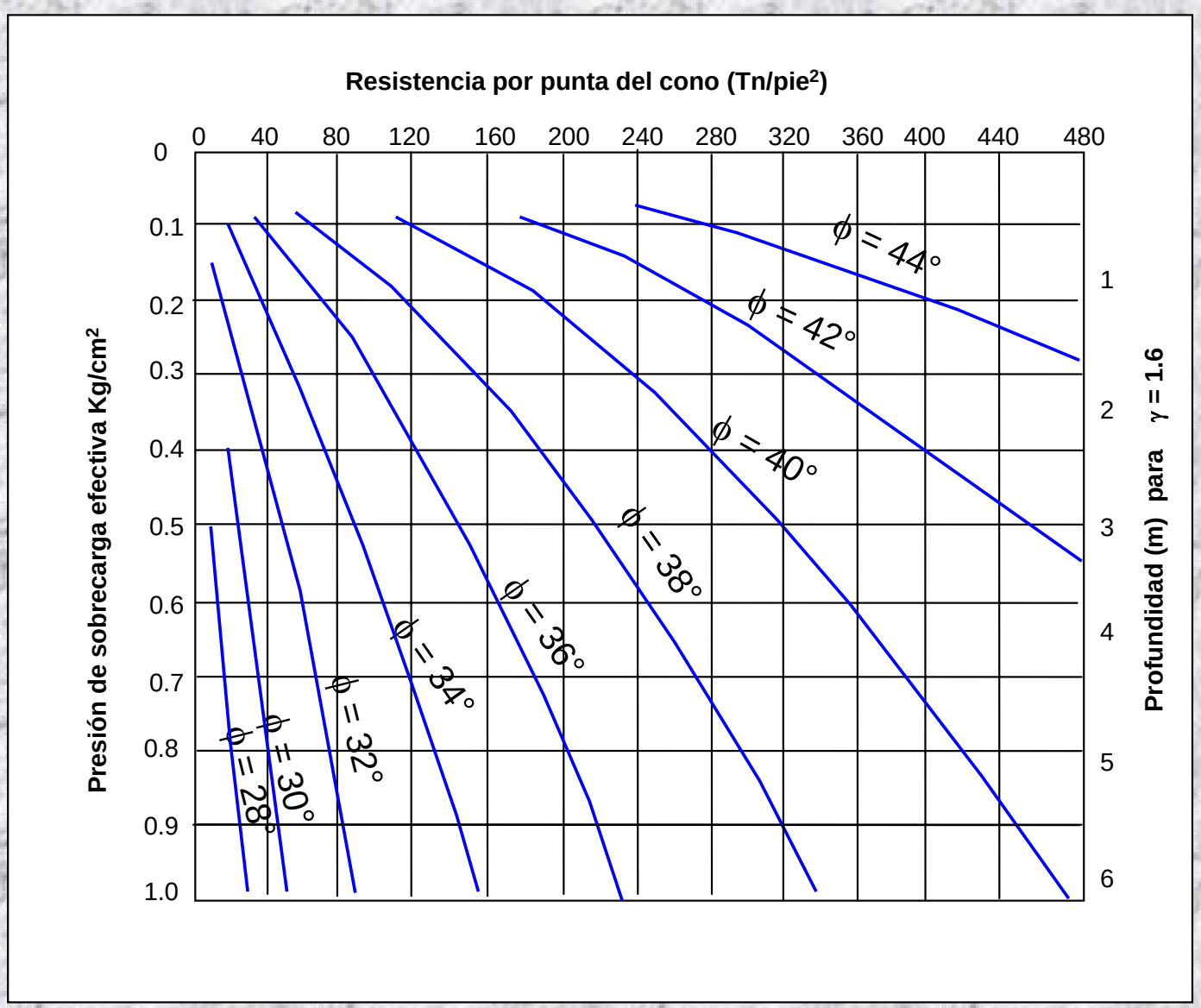
$A_s$ = Área lateral del manguito, 150 $cm^2$

$$f_s = (R_t - Q_c)/A_f$$

$R_t$ = Resistencia necesaria para hincar el cono y el manguito en Kg, en conos que miden ambas variables




# GRÁFICA DE PENETRACIÓN ESTÁTICA




**CORRELACIÓN DE PRESIÓN DE SOBRECARGA EFECTIVA Y RESISTENCIA POR PUNTA DE CONO**

# E) CORRELACIÓN CON EL ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

| Tipos de Suelos | qc/N |
|---|---|
| Limos, limos arenosos, mezclas de limo arena-arena ligeramente cohesiva | 2.0 |
| Arenas limpias a medias y arenas ligeramente limosa | 3.5 |
| Arenas gruesas y arenas con algo de grava | 5 |
| Gravas arenosas y gruesas | 6 |

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
## FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
## CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO
## REGISTRO DE SONDAJES

Sondaje: SC-6

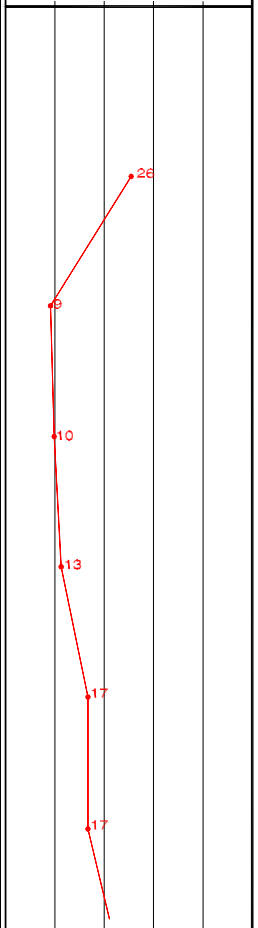
Solicitado: CENTROMIN PERU
Proyecto : Depósito de Relaves Yauliyacu Antiguo
Ubicación: Casapalca - Huarochiri - Lima
Fecha : Mayo - 1998
Operador : T.G.A.

Revisado : Ings. D.P.M. - M.R.T.
Cota Superficial : --
Profundidad N.F.(m) : N.A.
Profundidad Total (m) : 29.30

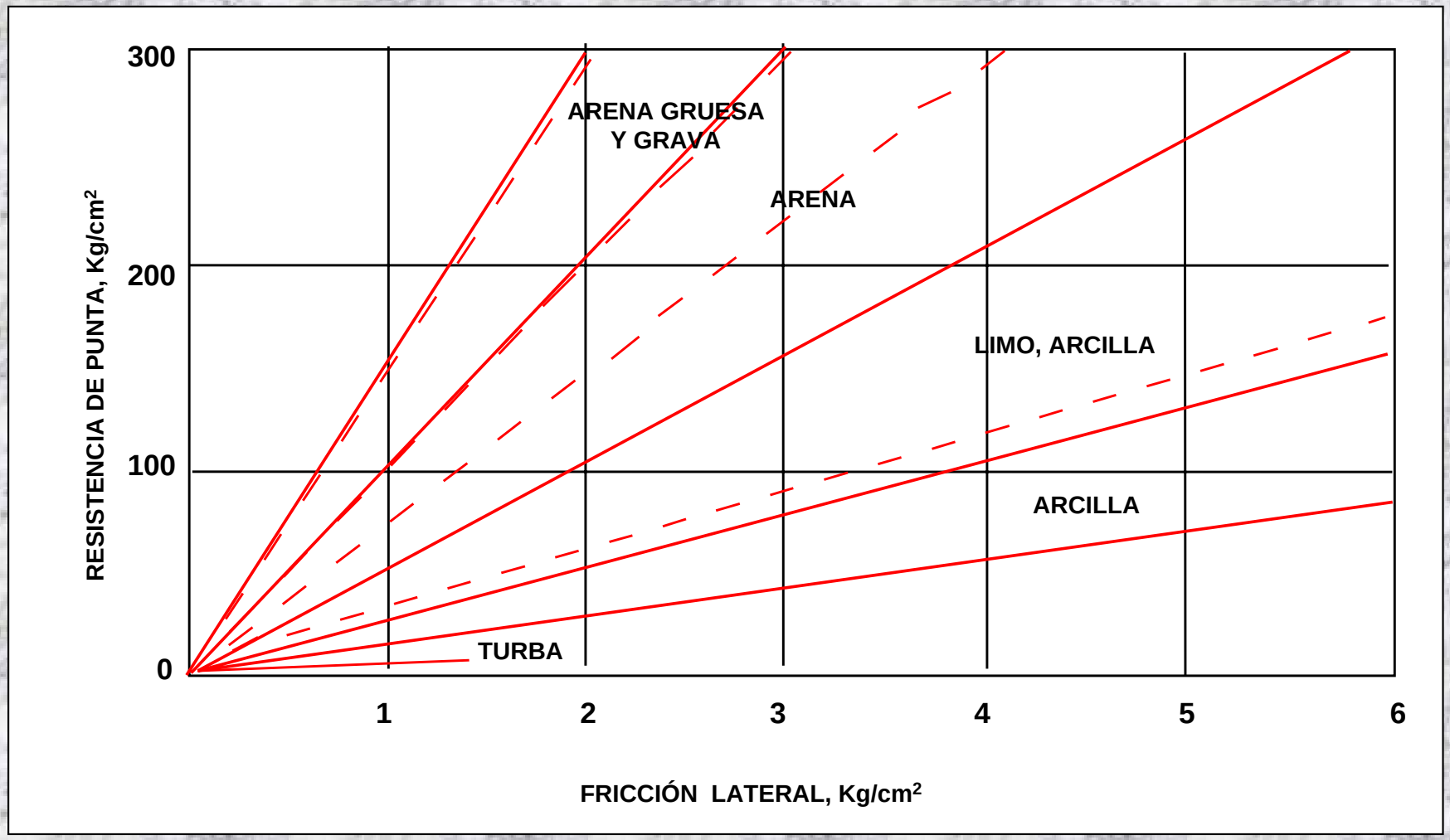
| Profund. (mt) | Espesor Estrato (mt) | Muestras Obtenidas | Simbología Gráfica | Descripción del Material | Clasif. (SUCS) | Pruebas de Campo D.N. (gr/cc) | Pruebas de Campo H.N. (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.5 - 1 - 1.5 | 1.50 | S/M | | Arena limosa, color marrón claro, húmedo, no plástico. | - | - | - |
| 2 - 2.5 - 3 | 1.50 | M-1 | | Arena limosa, color marrón claro, húmeda, no plástica; con 21.05% de finos; semi compacta. | SM | - | 11.3 |
| 3.5 - 4 - 4.5 | 1.50 | M-2 | | Arena limosa, color gris, húmeda, no plástica, suelta. | SM | - | 11.8 |
| 5 - 5.5 - 6 | 1.50 | M-3 | | Arena limosa de grano fino, color gris, húmeda, no plástica, con 22.25% de finos; suelta. | SM | - | 12.4 |
| 6.5 - 7 - 7.5 | 1.50 | M-4 | | Arena limosa de grano fino, color gris, húmeda, no plástica, con 24.4% de finos; presencia de mineral con brillo (lentes delgadas); semi compacta. | SM | - | 12.4 |
| 8 - 8.5 - 9 | 1.50 | M-5 | | Arena limosa de grano fino, color gris, húmeda, no plástica, semi compacta. | SM | - | 11.9 |
| 9.5 - 10 - 10.5 | 1.50 | M-6 | | Arena limosa de grano fino, color gris, húmeda, no plástica, con 34.4% de finos; semi compacta. | SM | - | 12.4 |

Ensayo de Penetración Estándar

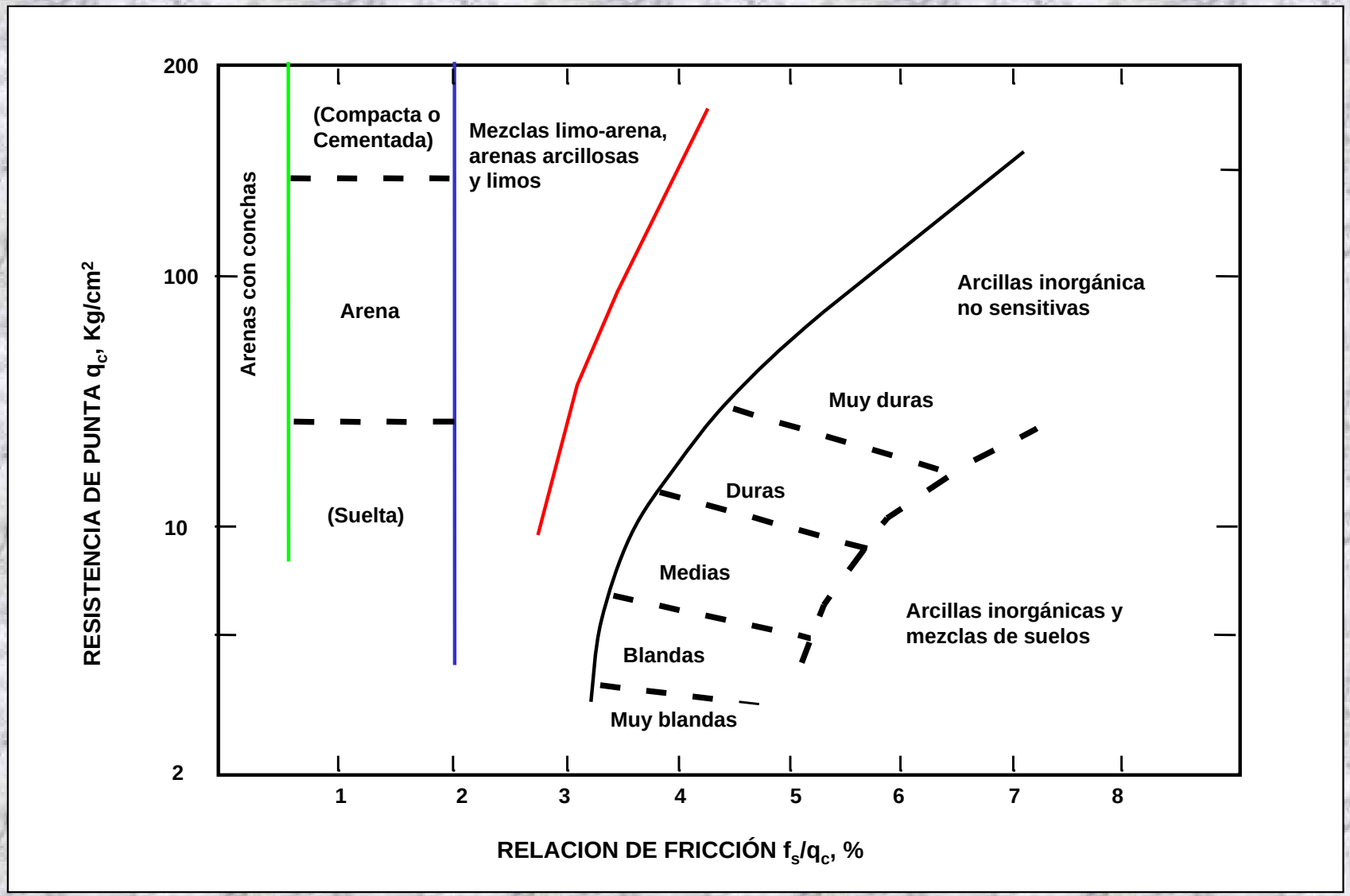
Gráfica de N



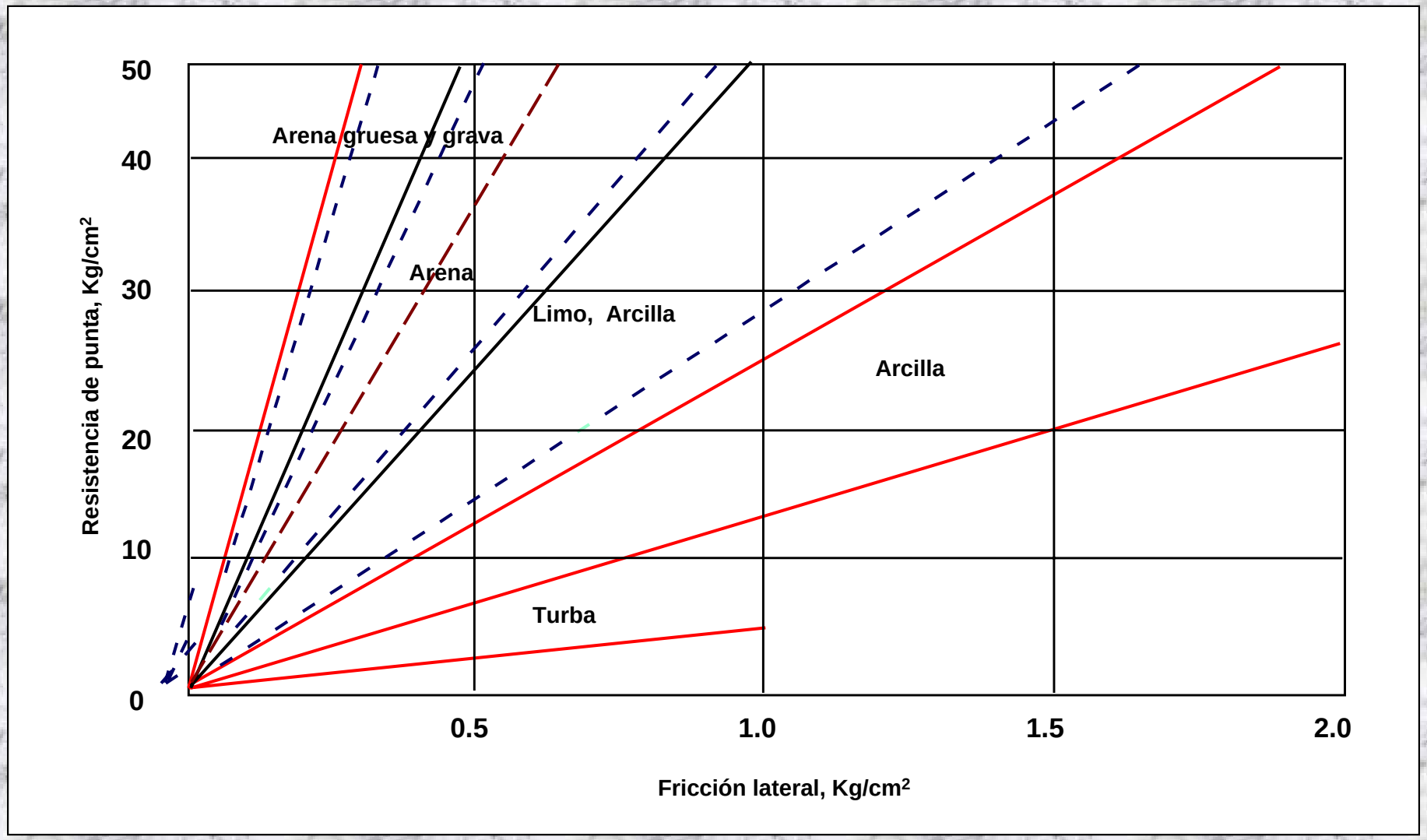
# CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PENETRÓMETRO ESTÁTICO ELECTRÓNICO (Sanglerat, G., 1972)



# CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON PENETRÓMETRO ESTÁTICO (Sanglerat, J.H., 1977)



# CLASIFICACIÓN DE SUELOS BLANDOS O SUELTOS



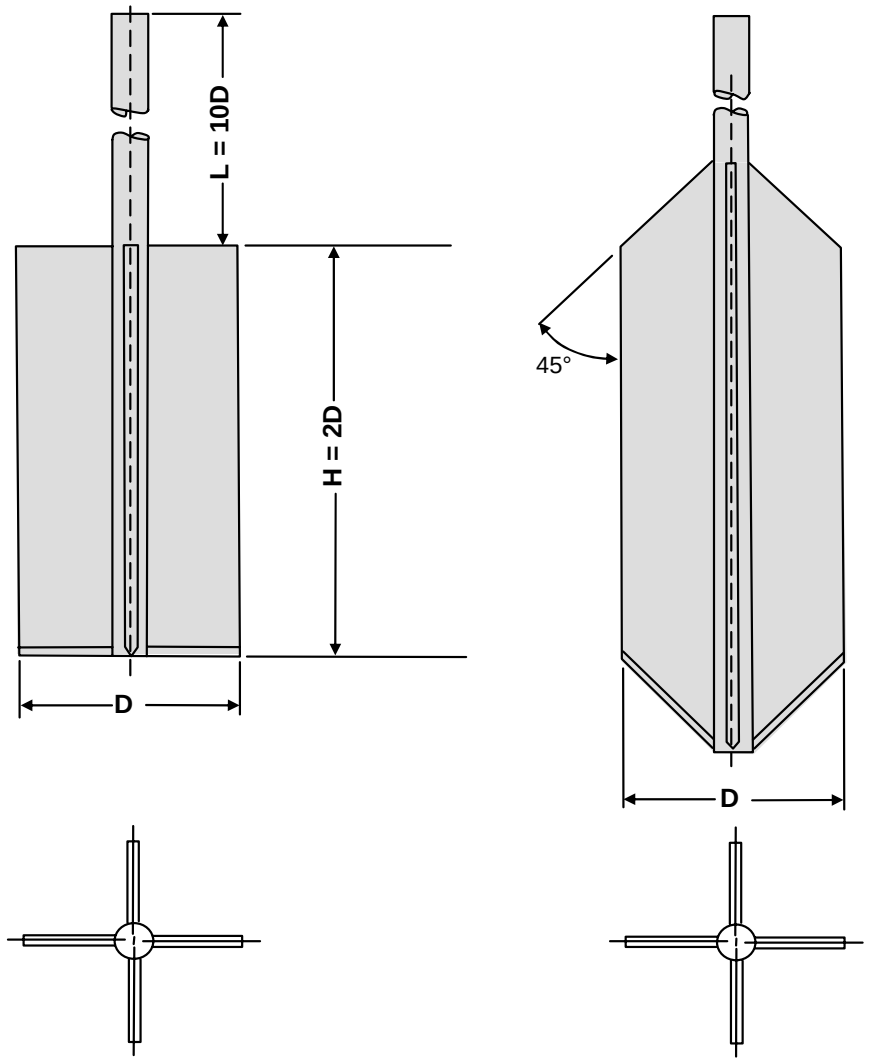
# PRUEBA DE CORTE CON VELETA

## A) GENERALIDADES

La prueba de corte con veleta (ASTM D-2573) se usa para determinar in situ la resistencia cortante no drenada ($c_u$) de suelos arcillosos, particularmente de arcillas blandas.

## B) DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El aparato de corte con veleta consta de cuatro paletas en el extremo de una varilla. La altura, H, de la veleta es dos veces su diámetro, D. Puede ser rectangular o trapezoidal.

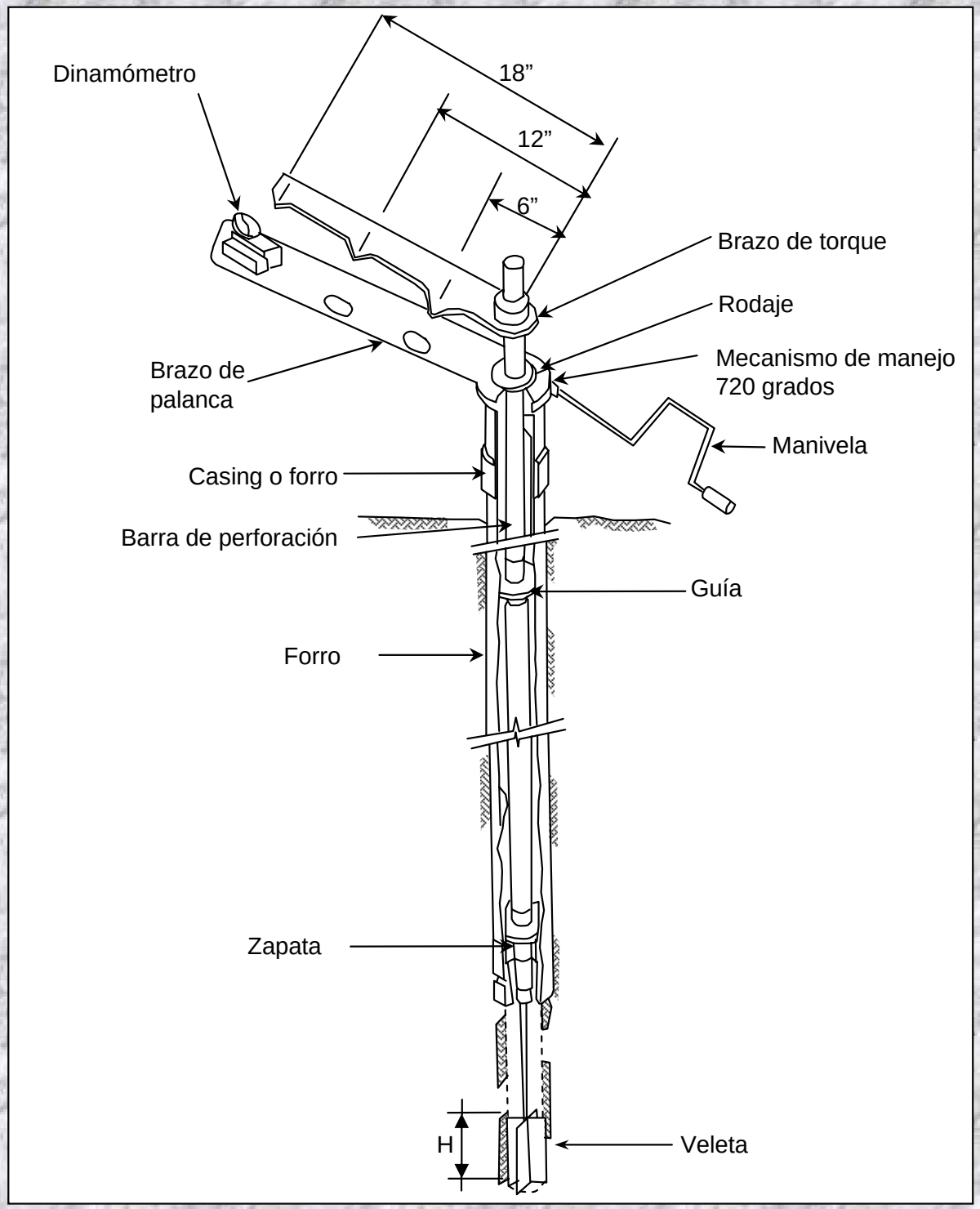



**Paleta Rectangular** **Paleta Trapezoidal**

# GEOMETRÍA DE LA VELETA DE CAMPO (SEGÚN LA ASTM, 1992)

## B) PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO

Las paletas del equipo son empujadas en el suelo al fondo sin alterar apreciablemente el suelo. Se aplica un par de torsión en la parte superior de la varilla para hacer girar las paletas a una velocidad de 0.1 º/s. Esta rotación inducirá la falla en el suelo en forma cilindrica que rodea a las paletas. Se mide el par de torsión máximo, T, aplicado que causa la falla.

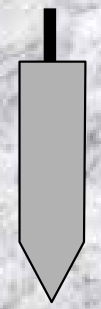



# EQUIPO DE VELETA

# VALORES DE $S_{uv}$ CON VELETAS DE H/D = 2

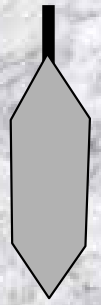
Rectangular

$$S_{u(VST)} = \frac{6T}{7\pi D^3} = \frac{T}{D^3}$$



Nilcon

$$S_{u(VST)} = 0.265\,\frac{T}{D^3}$$



Geonor

$$S_{u(VST)} = 0.257\,\frac{T}{D^3}$$

$S_{uv}$ = Resistencia cortante no drenada

T = Torque medido

D = Diámetro de la paleta

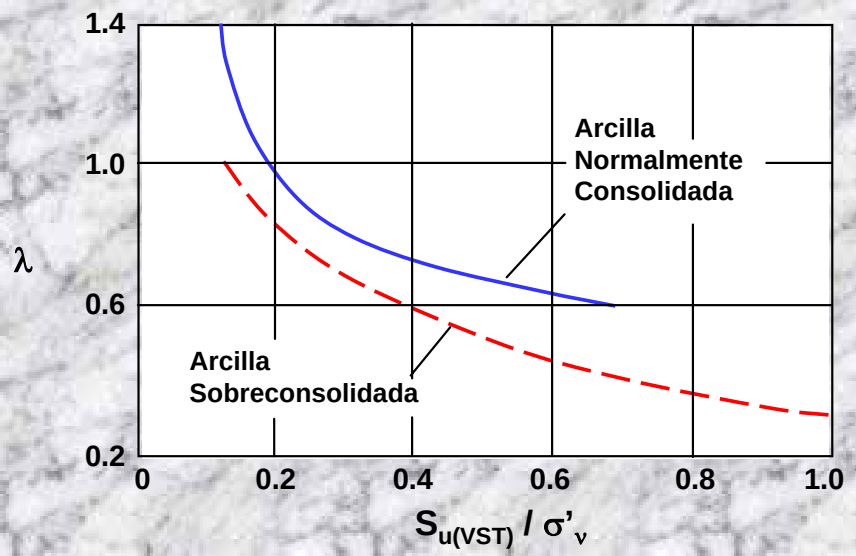
Para fines de diseño, los valores de resistencia cortante no drenada obtenidos de pruebas de corte con veleta en campo ($S_{u(VST)}$) son muy altos y se recomienda que sean corregidos

$$S_{u(correcto)} = \lambda S_{u\,(VST)}$$

Donde $\lambda$ = factor de corrección

# CORRELACIONES PARA λ

| Fuente | Correlación | |
|---|---|---|
| Bjerrum (1972) | $\lambda = 1.7 - 0.54 \log (IP)$ | IP = índice de plasticidad (%) |
| Morris y Williams (1994) | $\lambda = 1.18e^{-0.08(IP)} + 0.57$ | para IP > 5 |
| Morris y Williams (1994) | $\lambda = 7.01e^{-0.08(IP)} + 0.57$ | LL = límite líquido (%) |
| Aas y otros (1986) | | |




**$\sigma'_v$ = presión efectiva de sobrecarga**

# ENSAYOS DE CARGA DIRECTA

## In-situ

ENSAYO DE CARGA IN-SITU

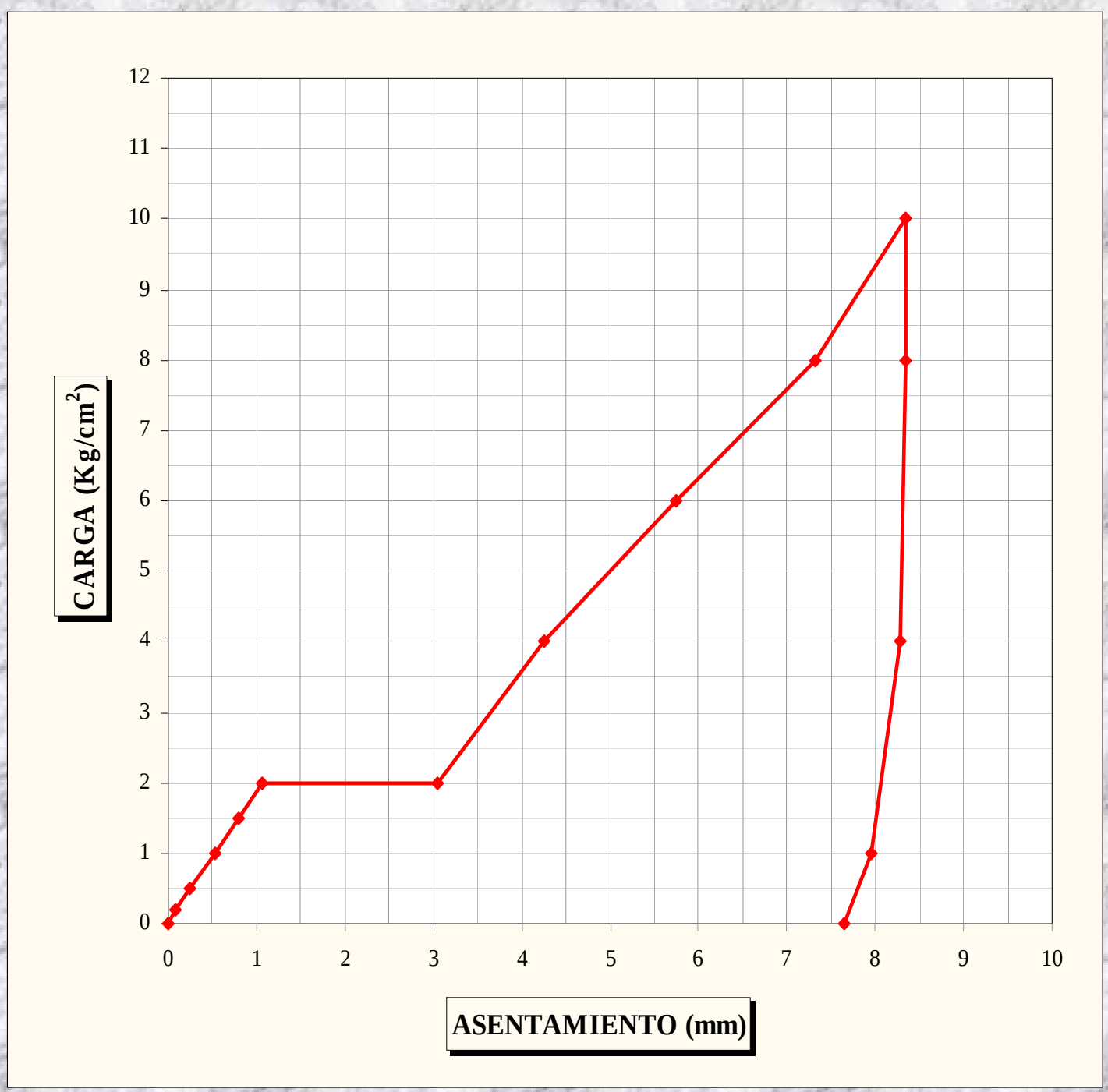
# INSTALACIÓN DE LA PLACA

**INSTALACIÓN DE LOS SOPORTES PARA LOS EXTENSÓMETROS Y LA CELDA DE CARGA**

**ENSAYO DE PLACA**

**EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

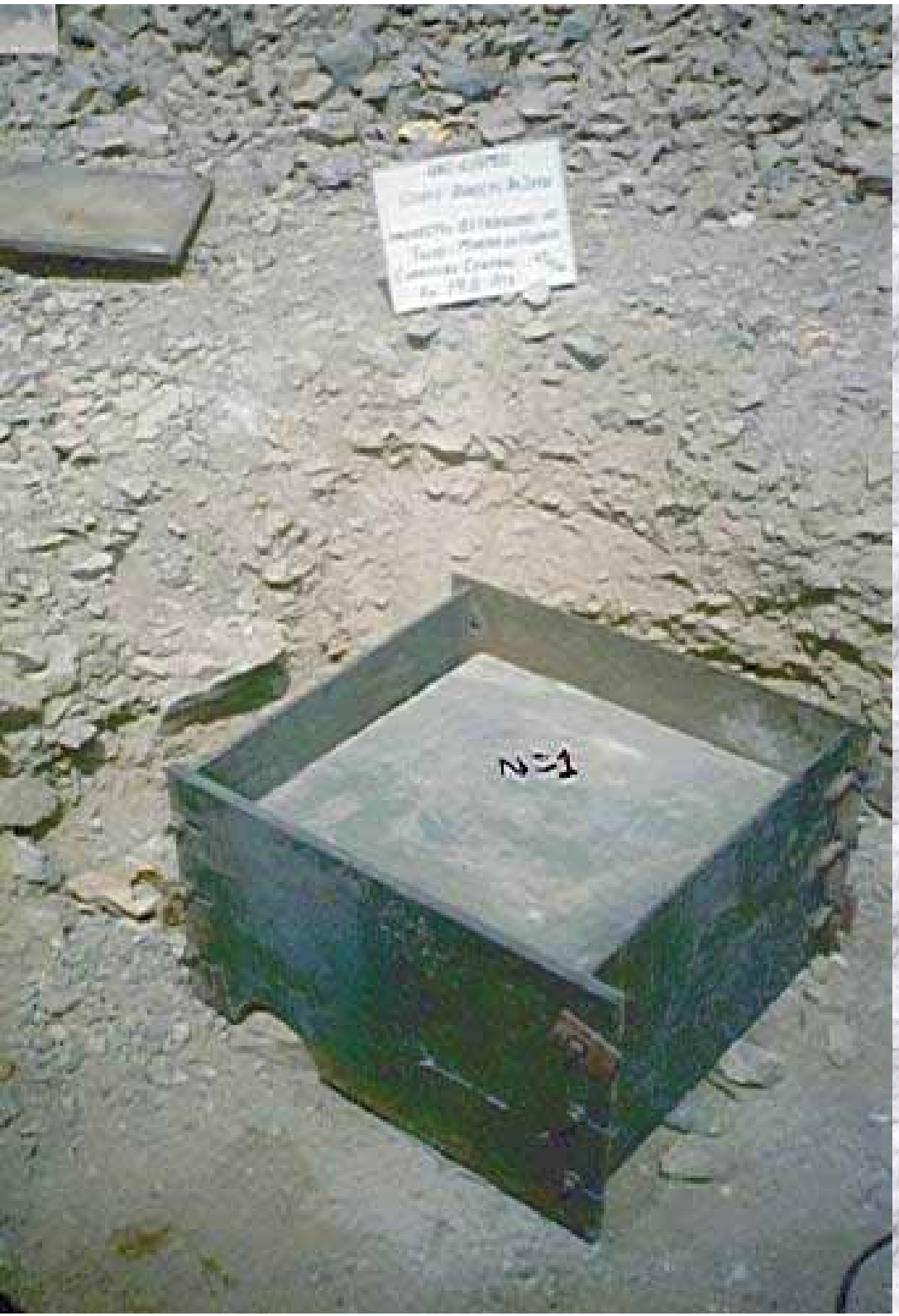
# ENSAYO DE CARGA DIRECTA



# ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

## In-situ

TALLADO DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO




**LA MUESTRA-BLOQUE HA SIDO CONFINADA CON LAS PLANCHAS METÁLICAS**

**MONTAJE DE LAS GATAS HIDRÁULICAS PARA LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS VERTICAL Y LATERAL EN EL ESPÉCIMEN**

EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN-SITU

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

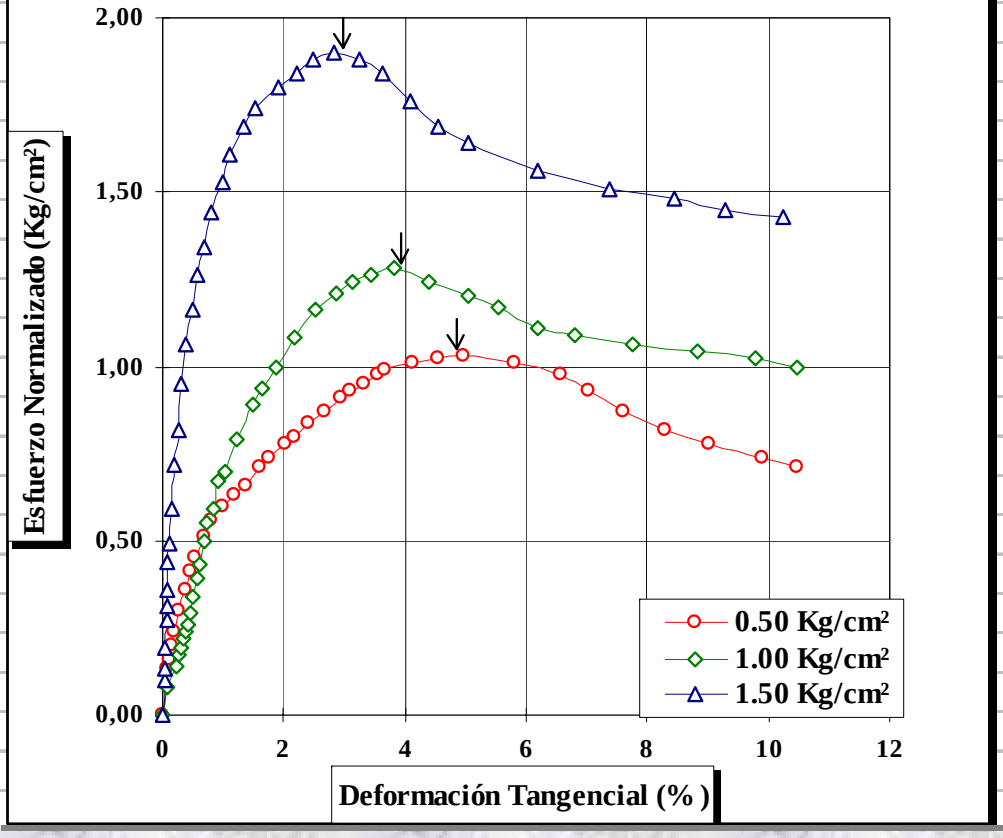
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

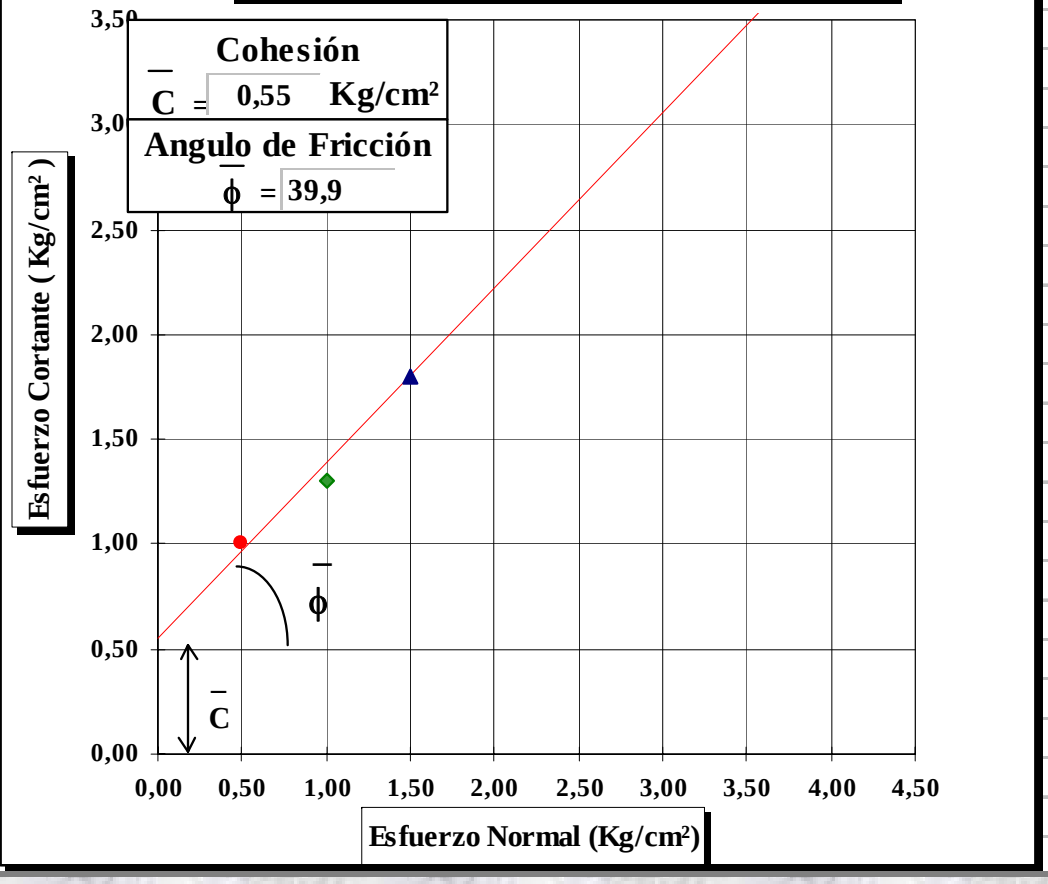
## ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN SITU

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **INFORME Nº** | : | LG97-048 | | | |
| **SOLICITANTE** | : | HIDROENERGIA CONSULTORES EN INGENIERIA | | | |
| **PROYECTO** | : | ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA COSTA VERDE | **Clasificación S.U.C.S.** | : | GP |
| **UBICACION** | : | MALECON DE LA MARINA - MIRAFLORES | **Estado** | : | INALTERADO |
| **FECHA** | : | JUNIO, 1997 | **Velocidad de Ensayo (cm/s)** | | 0,10 |

### DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO NORMALIZADO




### ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO CORTANTE



# OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA EN LA GRAVA DE LIMA

# ENSAYO DE CORTE DIRECTO “IN SITU”

TALLADO DE ESPECÍMENES PARA REALIZACIÓN DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN SITU

ENCOFRADO DE ESPECIMEN CON LA FINALIDAD DE LOGRAR LA HOMOGENEIDAD DE LAS PAREDES MEDIANTE EL VACIADO DE UNA MEZCLA DE CEMENTO CON YESO

**EJECUCIÓN DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN EL ESPÉCIMEN 1 CON UNA CARGA NORMAL DE 0.5 kg/cm²**

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN ESPÉCIMEN 2. SE APRECIAN LAS CELDAS DE CARGA NORMAL Y TANGENCIAL, ASÍ COMO LOS DEFORMÍMETROS

# EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y GATAS HIDRÁULICAS UTILIZADAS PARA LA APLICACIÓN DE LA FUERZA TANGENCIAL Y NORMAL

*UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA*
*FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL*
*CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES*
*LABORATORIO GEOTÉCNICO*
Av. Tupac Amaru N° 1150, Lima 25, Part. Apartado postal 31-250, Lima 31 - Telefono: (51-1) 482-0777 - Telefax: 482-0804 / 481-0170 - E-mail:

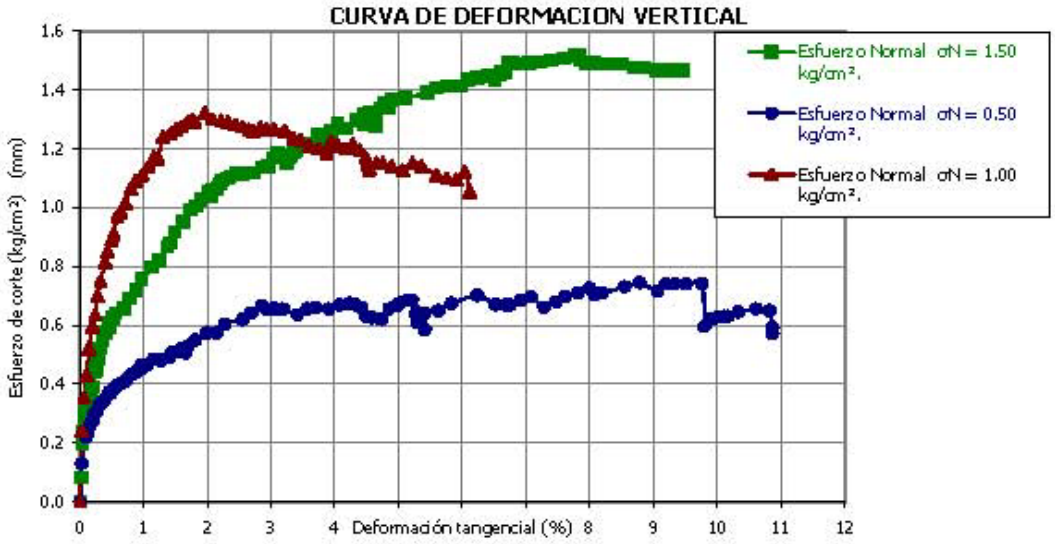
# ENSAYO DE CORTE DIRECTO IN SITU
(ASTM - D 4554-95)

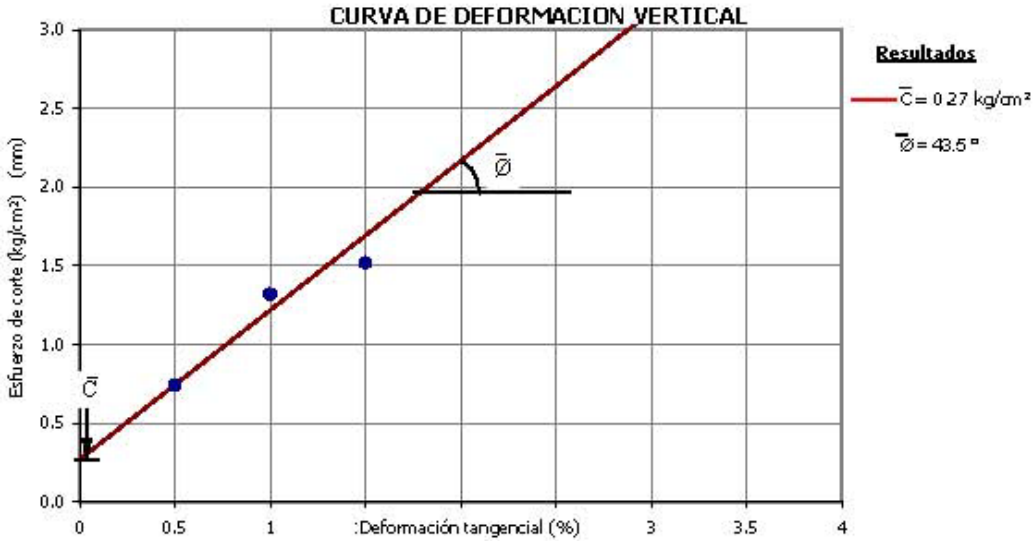
Informe : LG08-126
Solicitante : INTERSEGURO - COMPAÑÍA DE SEGUROS DE VIDA
Proyecto : Centro Empresarial San Isidro
Ubicación : Cruce de la Av. República de Panama - M. Seminario - S. Cristobal - S.I
Fecha : 05 de Diciembre de 2006

**RESULTADOS**

| | |
|---|---|
| Velocidad (mm/min) | : 0.50 |
| Profundidad (m) | : 1.20 |
| Dimensiones (m) | : 0.70 x 0.70 x 0.35 |

## CURVAS DE APLICACIÓN DE ESFUERZO CORTANTE




$\bar{c} = 0.27$ kg/cm²

$\bar{\phi} = 43.5$ °

# EXPLORACIÓN INDIRECTA MEDIANTE REFRACCIÓN SÍSMICA

## A) USO

- Exploración rápida y económica de grandes áreas.
- Permite obtener espesores de estratos y las velocidades de ondas P y de ondas S.

## B) DEFINICIÓN

- Medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales (P) y de las ondas de corte (S).

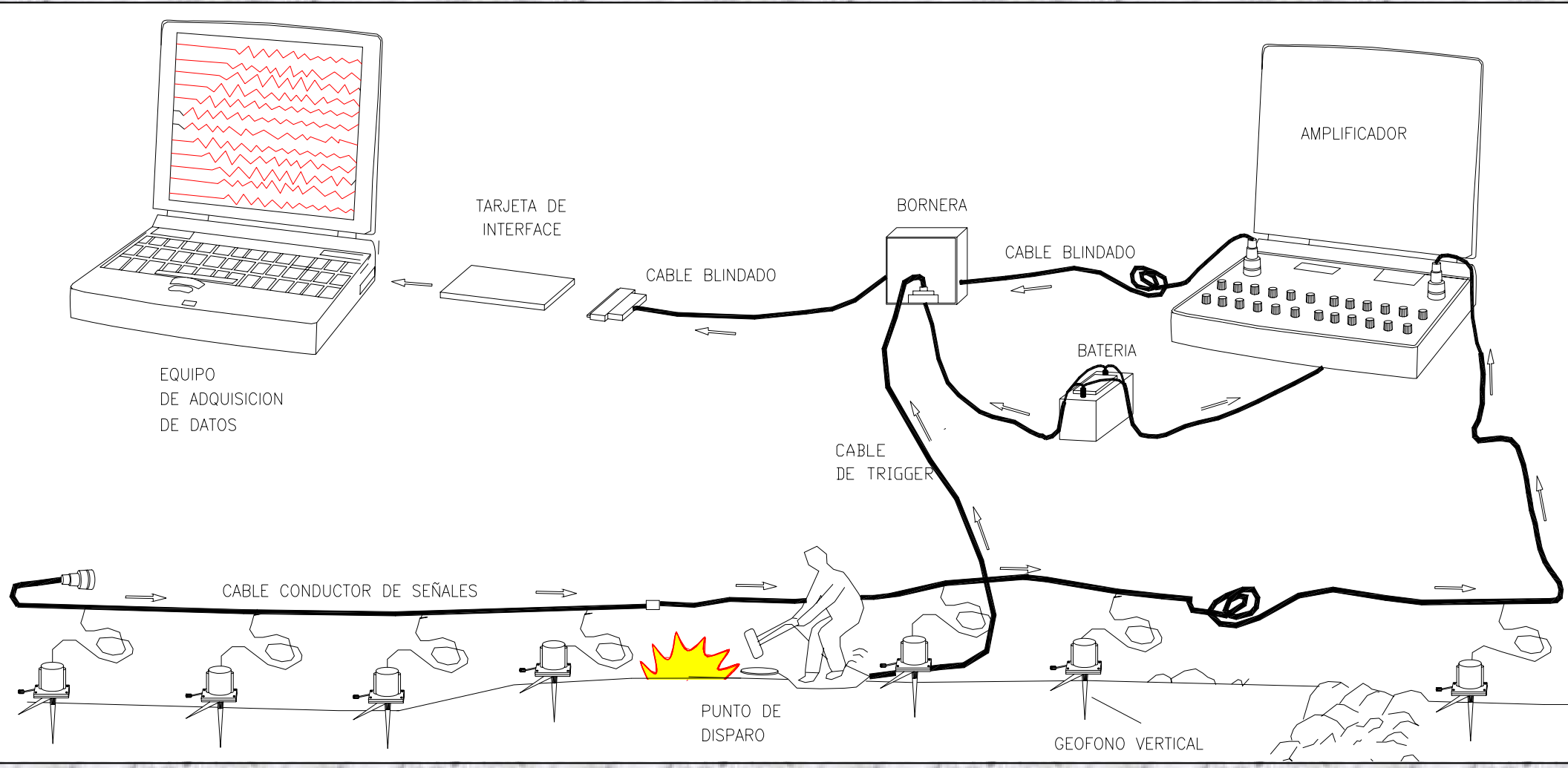
## C) FUENTE DE ENERGÍA

- Golpe de martillo o carga explosiva.

## F) APLICACIONES

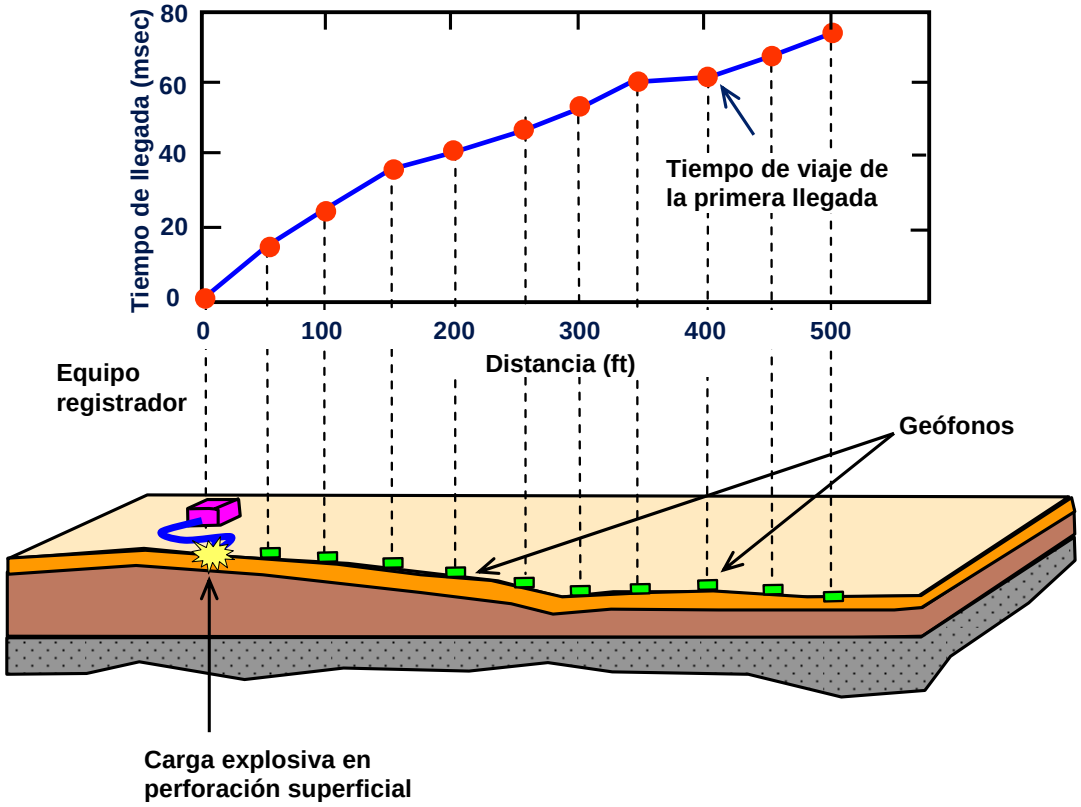
- Determinación de la estratigrafia del subsuelo
- Determinación de la profundidad del basamento rocoso
- Determinación de parámetros dinámicos

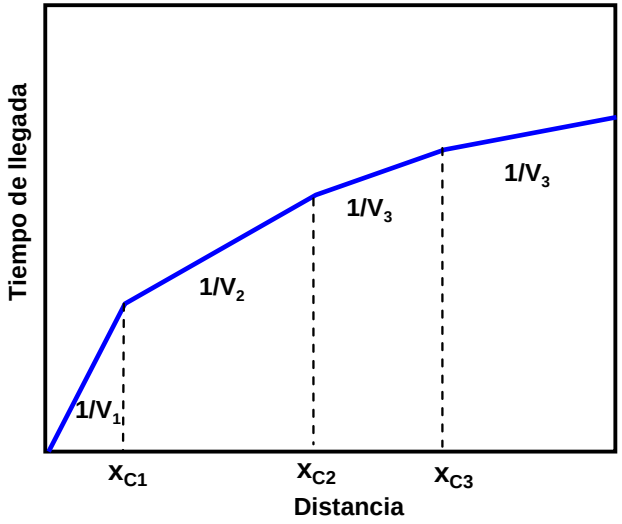
# ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

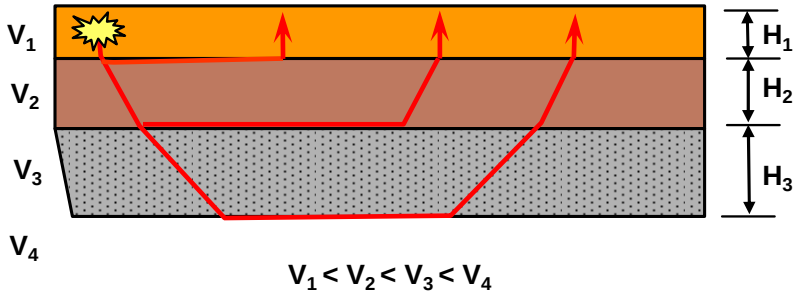



**Disposición detallada de la conexión de cables a los geófonos, trigger, equipo de adquisición y amplificador**

# ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA




$V_1 < V_2 < V_3 < V_4$

Arch : 0 8 0 4

# REFRACCIÓN SÍSMICA
# TUNEL SAN FRANCISCO

Línea : 08 - 01

Shot : 0804

Stack = 1

LCF (Hz) = 100

HCF (Hz) = 25

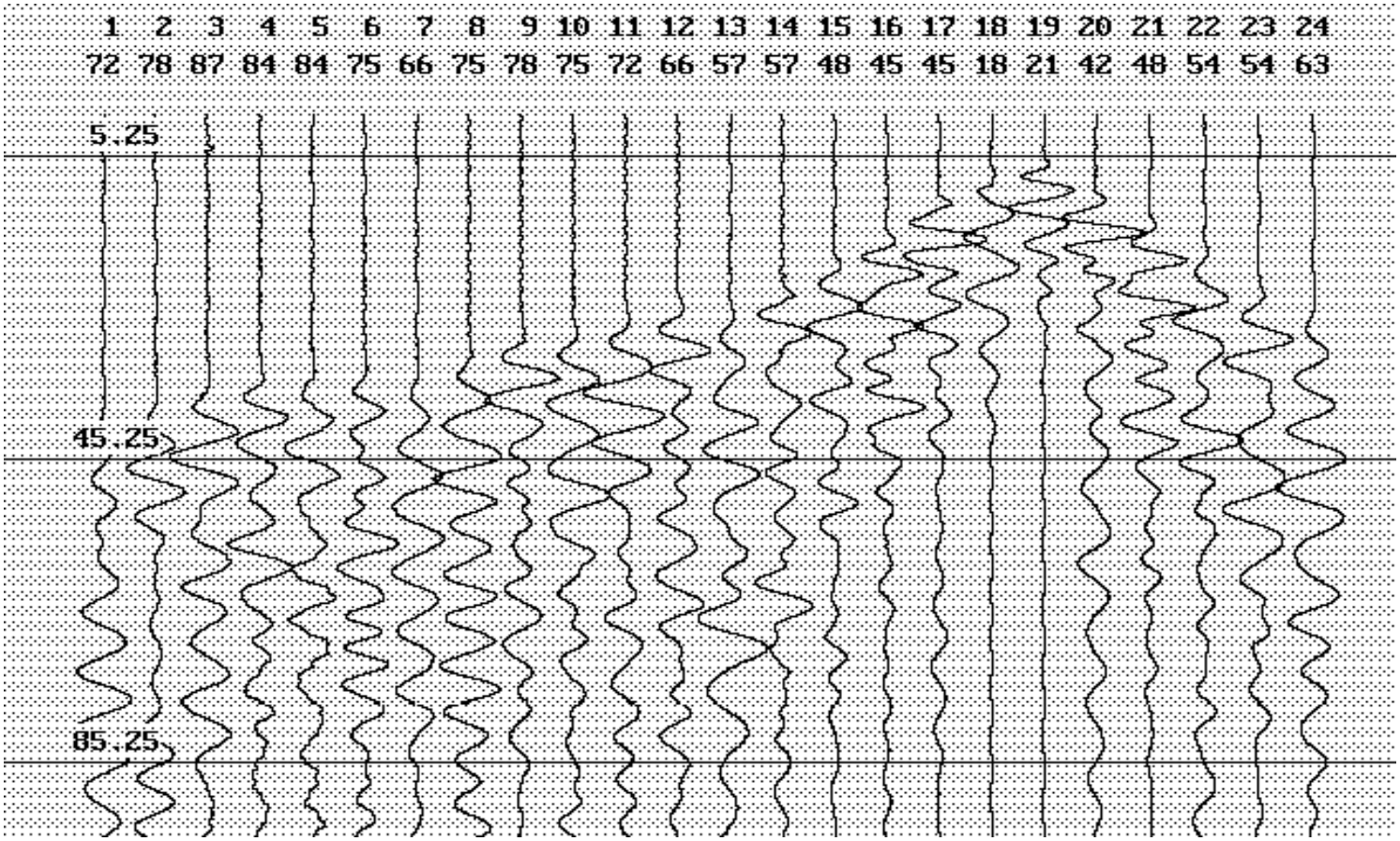
Sampling = 0.250 ms

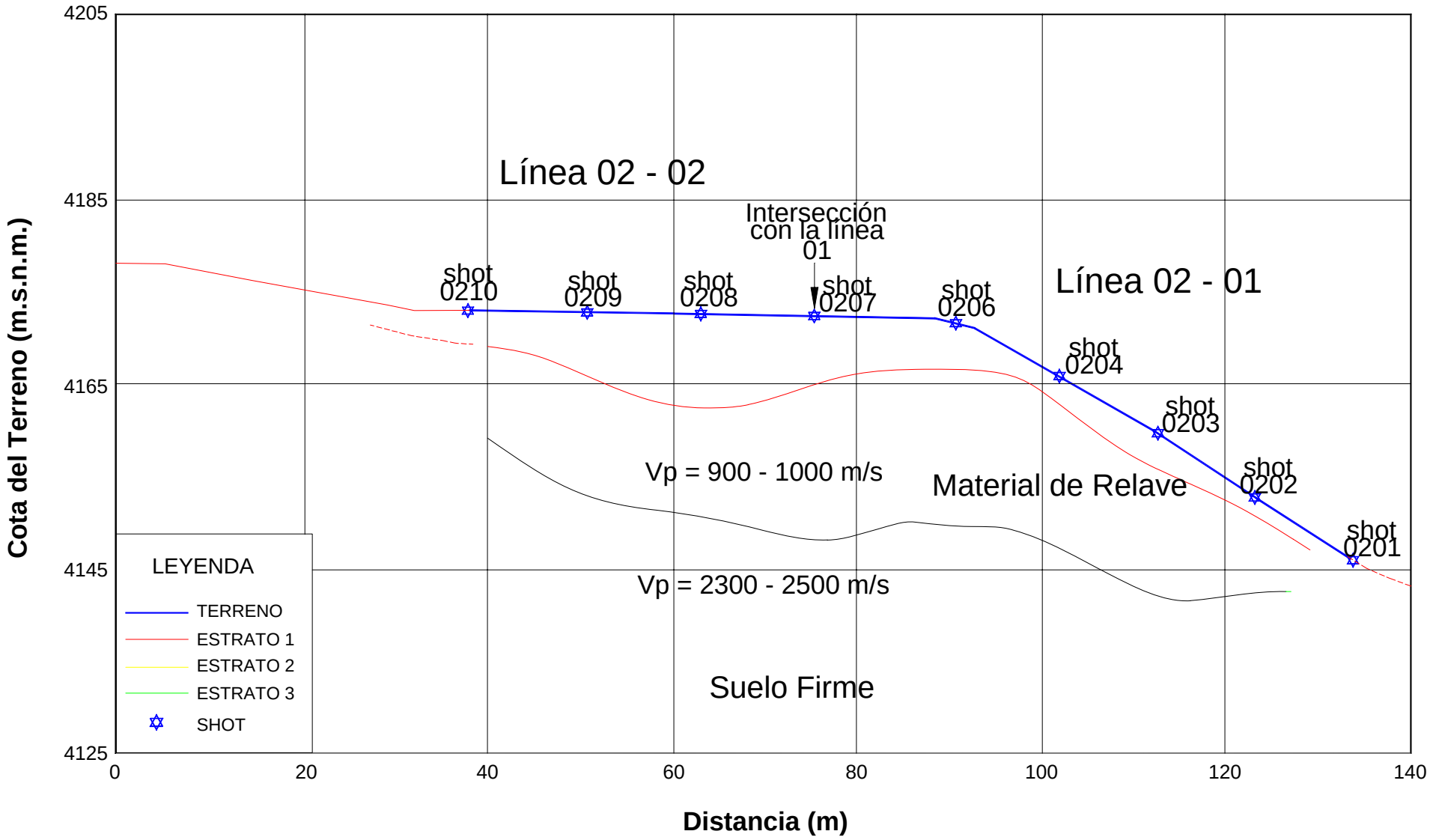
Length = 384 ms

Delay time (msec) = 0

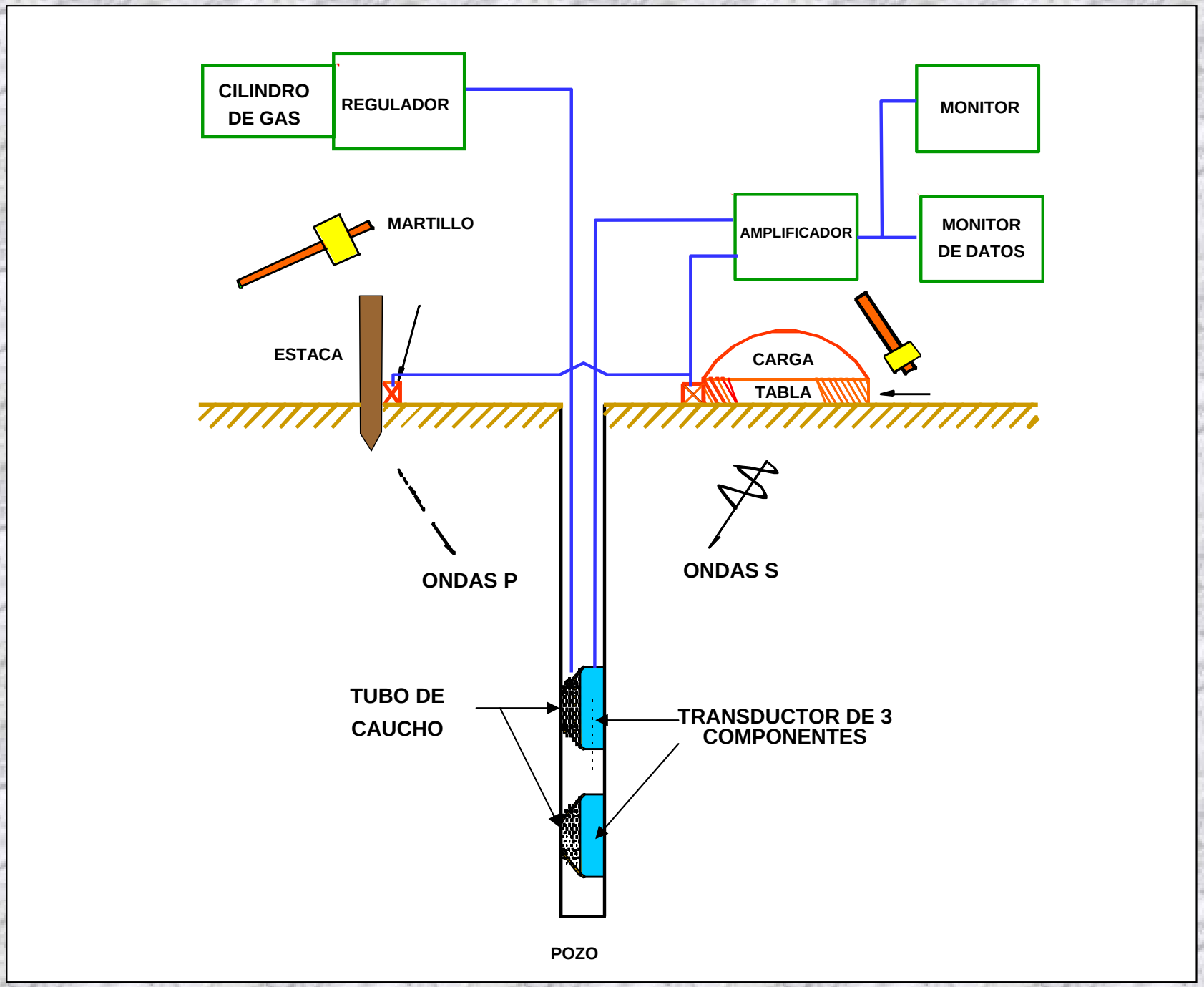
Shot point coordinate :

x = 92.50 y = 0.0 z = 0.0

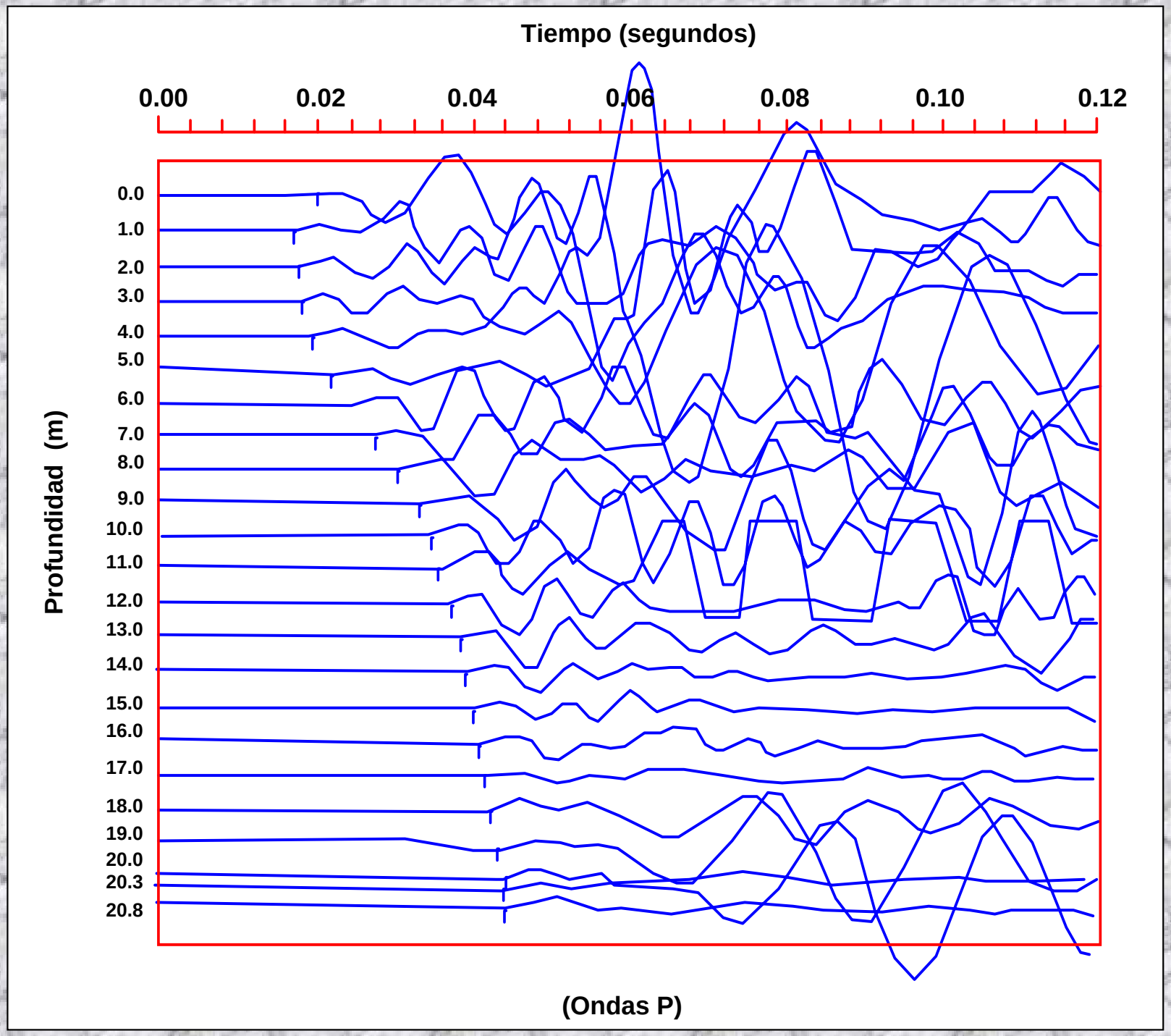




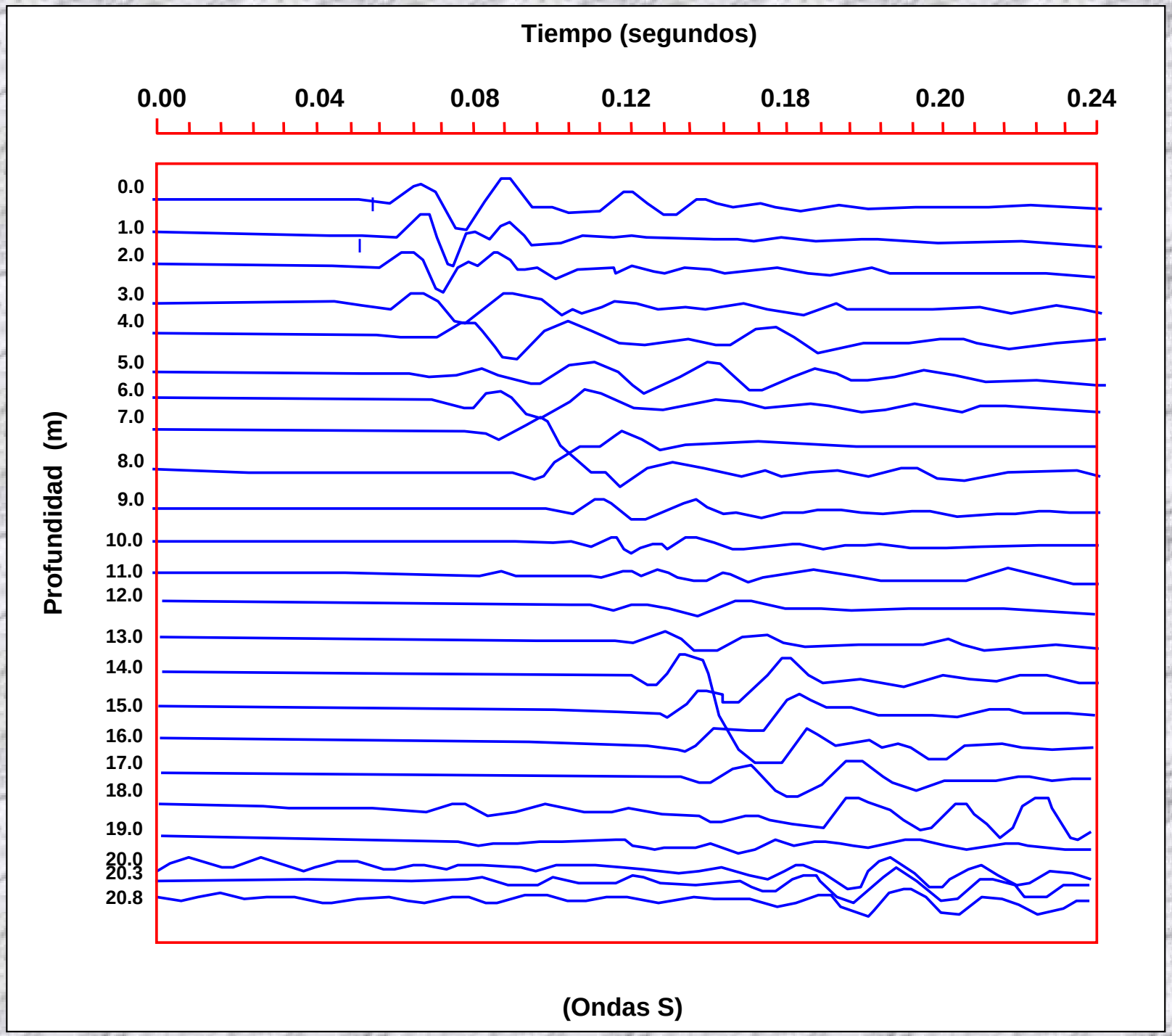

**Perfil Estratigráfico**
**Presa de Relaves Casapalca**



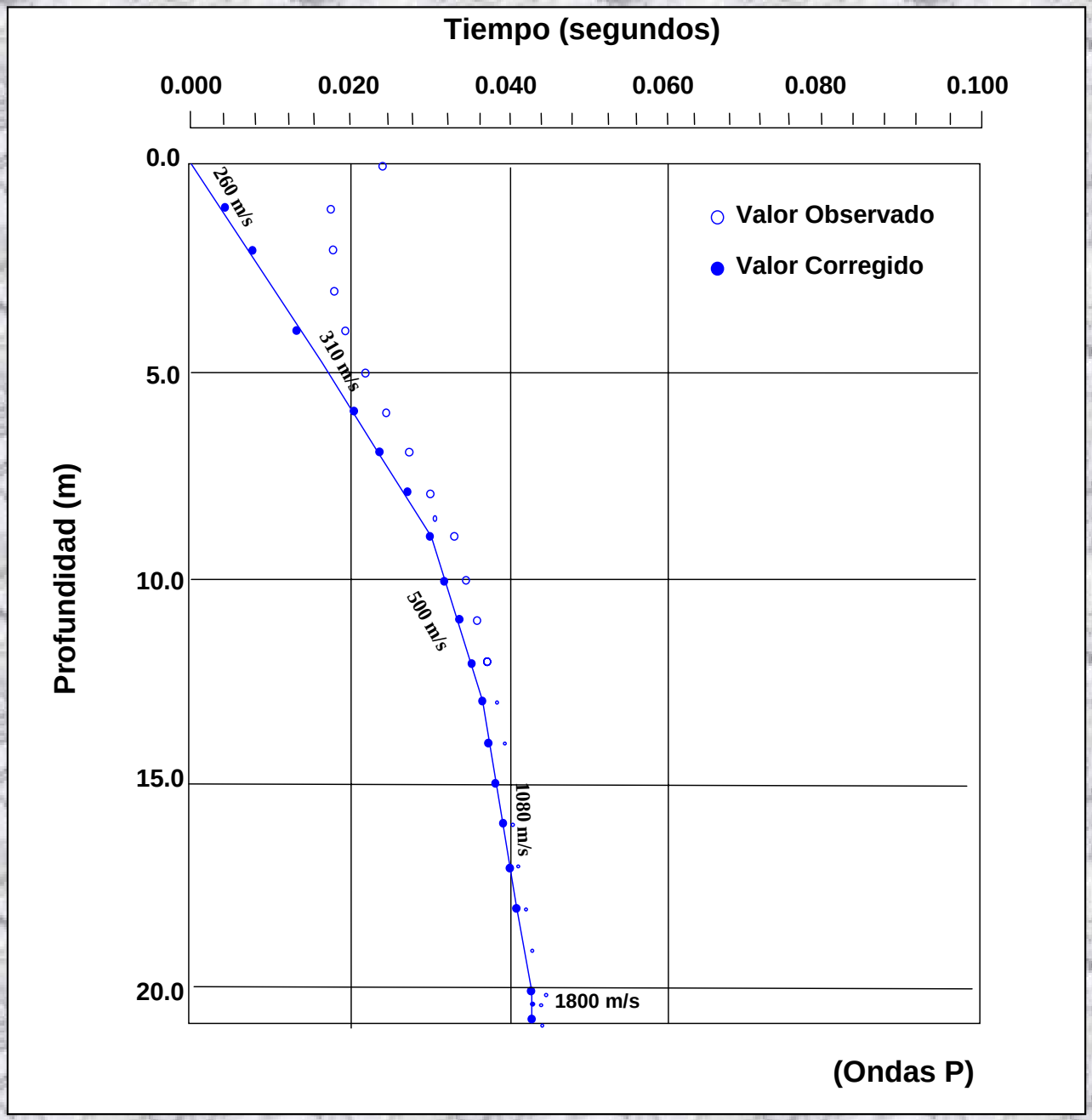

# ESQUEMA DEL ENSAYO DE MEDICIÓN EN POZOS ONDAS P Y S



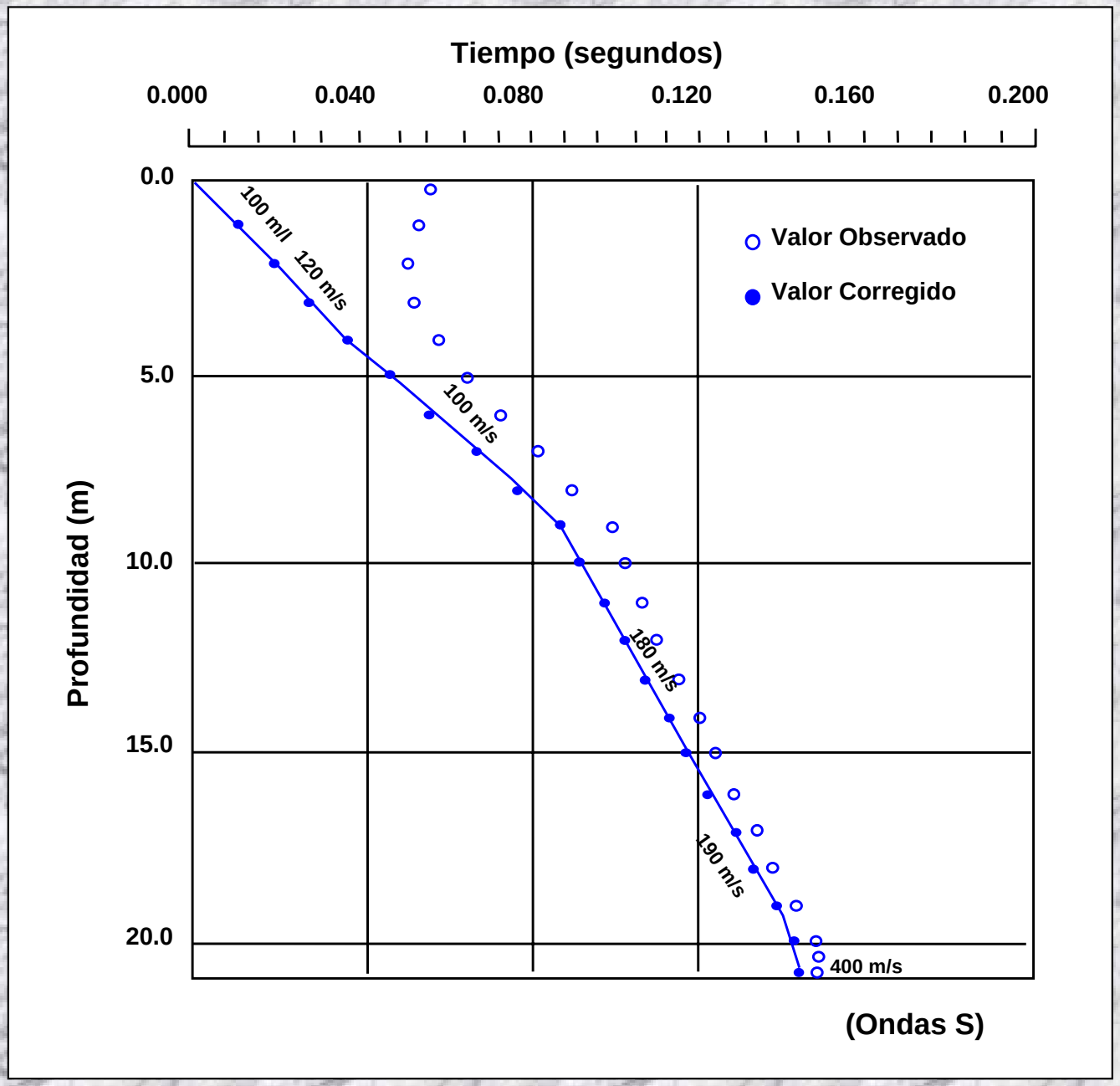

**REGISTRO DE ONDAS P**




REGISTRO DE ONDAS S




# CURVAS DISTANCIA - TIEMPO




## CURVAS DISTANCIA - TIEMPO

# VALORES PROMEDIO DE $V_p$ SEGÚN LA NORMA ASTM-D5777

| Descripción | Velocidad $V_p$ | |
|---|---|---|
| | pie/s | m/s |
| Suelo intemperizado | 800 a 2000 | 240 a 610 |
| Grava o arena seca | 1500 a 3000 | 460 a 915 |
| Arena saturada | 4000 a 6000 | 1220 a 1830 |
| Arcilla saturada | 3000 a 9000 | 910 a 2750 |
| Agua | 4700 a 5500 | 1430 a 1665 |
| Agua de mar | 4800 a 5000 | 1460 a 1525 |
| Arenisca | 6000 a 13000 | 1830 a 3960 |
| Esquisto, arcilla esquistosa | 9000 a 14000 | 2750 a 4270 |
| Tiza | 6000 a 13000 | 1830 a 3960 |
| Caliza | 7000 a 20000 | 2134 a 6100 |
| Granito | 15000 a 19000 | 4575 a 5800 |
| Roca metamórfica | 10000 a 23000 | 3050 a 7000 |

**ESTACIÓN PORTÁTIL DE PROSPECCIÓN SÍSMICA SMART-SEIS S24 DE 24 CANALES (GEOMETRICS)**

VECTOR PERU SAC
PROYECTO - PLANTA DE SULFUROS
ENSAYO : REFRACCION SISMICA
LS-09
SMCV - CERRO VERDE

**MARTILLO DE 25 LBS. UTILIZADO GENERALMENTE EN LÍNEAS PEQUEÑAS**

**MARTILLO DE 75 Kg, UTILIZADO EN LÍNEAS DE LONGITUDES MAYORES A 100 m**

PREPARACIÓN DE EXPLOSIVO PARA GENERAR UNA ONDA SÍSMICA

COLOCACIÓN DE EXPLOSIVO PARA LA GENERACIÓN DE LA ONDA SÍSMICA

DISPARO PRODUCIDO POR EXPLOSIVO

# ENSAYOS DOWHOLE

## MEDICIONES DE ONDAS P Y S EN POZOS

**USO DE CALICATAS PARA DETERMINAR MÓDULOS DE CORTE**

COLOCACIÓN DE GEÓFONOS EN LA PARED DE LA CALICATA