

Tema:

Obtención de Ecuaciones de Correlación para estimar las Velocidades de las Ondas de Corte en los Suelos de la Ciudad De Guayaquil”

Expositores:

Eddie Tandazo Ortega

Jenny Ramírez Calderón

Fecha:

Mayo - 2006



INDICE GENERAL

- CAPITULO 1. OBJETIVOS, ALCANCE Y JUSTIFICACION DE LA TESIS
- CAPITULO 2 PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS
- CAPITULO 3 UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL
- CAPITULO 4 MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LA ONDA DE CORTE EN LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, MEDIANTE EL ENSAYO SASW
- CAPITULO 5 MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO
- CAPITULO 6 ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS
- CAPITULO 7 ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE
- CAPITULO 8 ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDADES DE ONDA DE CORTE
- CAPITULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1

OBJETIVOS, ALCANCE Y JUSTIFICACION DE LA TESIS

1.1 Objetivos

- ❑ Estimar la velocidad de onda de corte para los suelos de la ciudad de Guayaquil
- ❑ Correlacionar la V_s con parámetros geotécnicos básicos obtenidos con los equipos de la práctica común de la ingeniería de la ciudad.
- ❑ Proporcionar metodología de exploración geotécnica y análisis de laboratorio.
- ❑ Evaluar la variabilidad de la energía transmitida en la prueba SPT.

CAPITULO 1

OBJETIVOS, ALCANCE Y JUSTIFICACION DE LA TESIS

1.2 Alcance

- ❑ Proporcionar ecuaciones semiempíricas de correlación para la estimación de la velocidad de la onda cortante
- ❑ Proporcionar ecuaciones de correlación para la estimación de parámetros geotécnicos.
- ❑ Proporcionar lineamientos de exploración geotécnica.
- ❑ Implementar nuevos métodos de análisis de laboratorio para la estimación de parámetros geotécnicos.
- ❑ Presentar resultados que muestran la verdadera energía de impacto en la prueba SPT
- ❑ Calibrar los equipos para las pruebas de percusión.

CAPITULO 1

OBJETIVOS, ALCANCE Y JUSTIFICACION DE LA TESIS

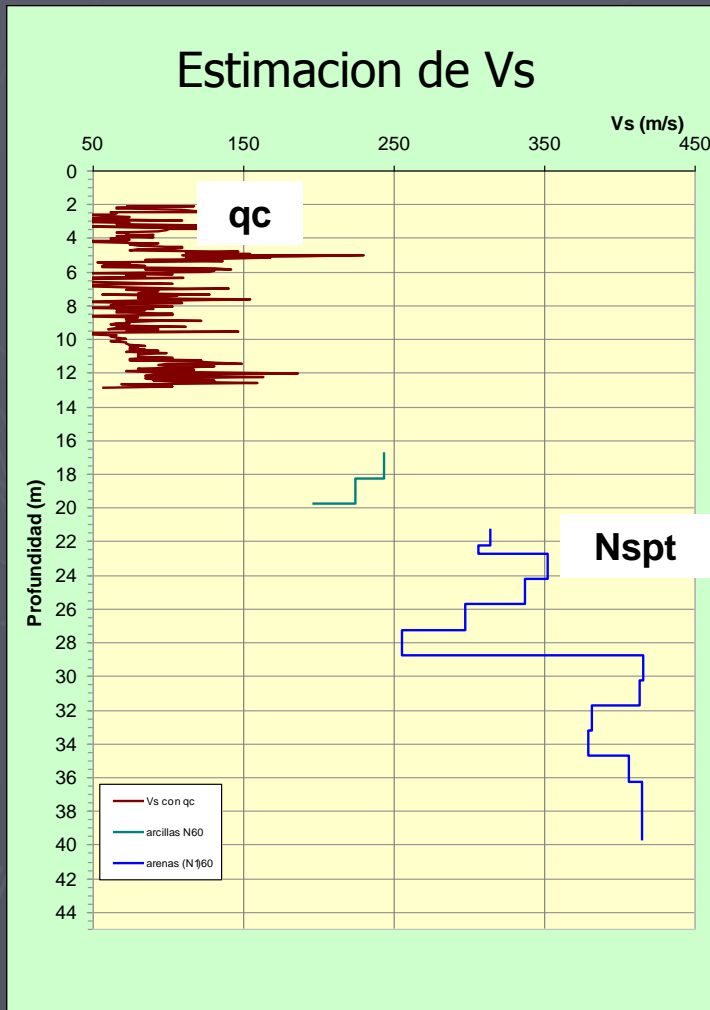
1.3 Justificación

- ❑ Proyecto RADIUS, 1999.
- ❑ “Investigación y estudio del comportamiento dinámico del subsuelo y microzonificación sísmica de la ciudad de la ciudad de Guayaquil”, 2004.
- ❑ Tesis de Grado : Obtención de ecuaciones semiempíricas para estimar las velocidades de ondas de corte en la ciudad, 2006

CAPITULO 1

OBJETIVOS, ALCANCE Y JUSTIFICACION DE LA TESIS

1.3 Justificación



Velocidad de ondas de corte ,Vs

Vs = función

qc , qd , Nspt , Su

Período Fundamental
Elástico del suelo

G, Módulo de Rigidez
Máxima

$$T = \frac{4H}{V_s}$$

$$G_{max} = \rho V_s^2$$

CAPITULO 2

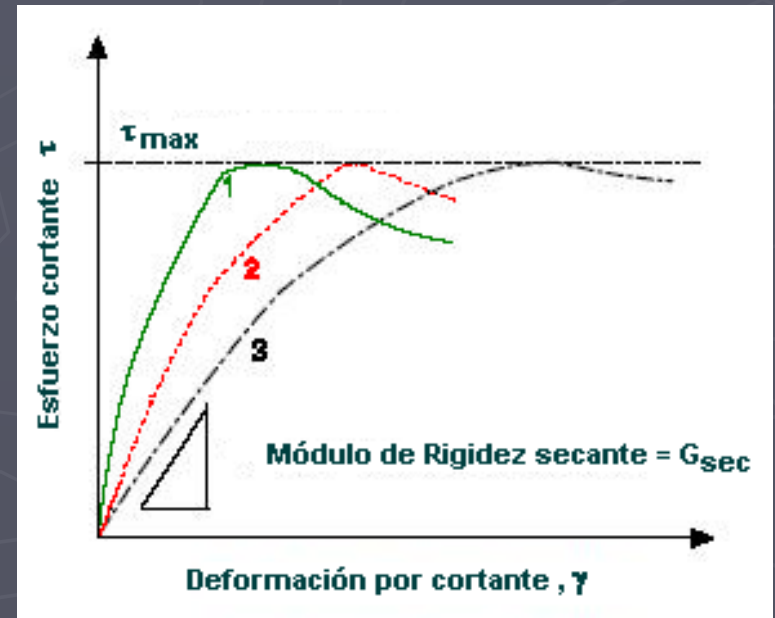
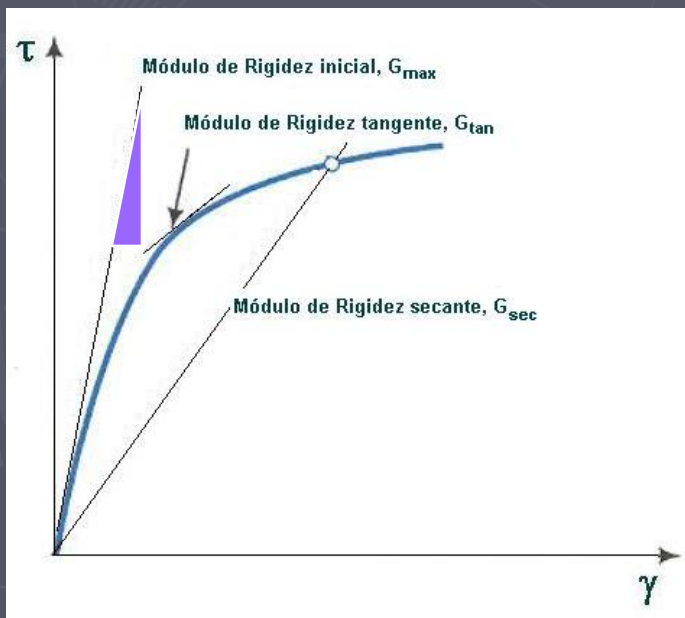
PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

2.1 Módulo de rigidez al cortante, G

$$G_{\max} = \rho \cdot V_s^2$$

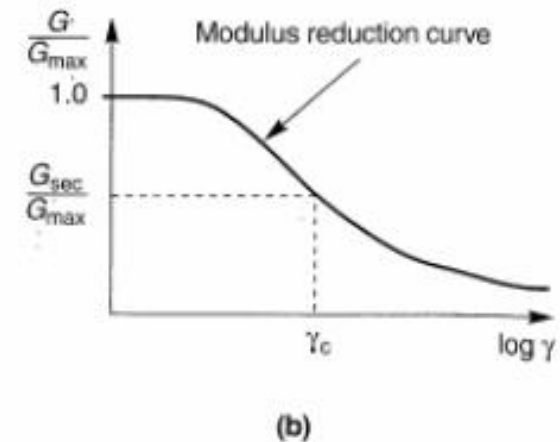
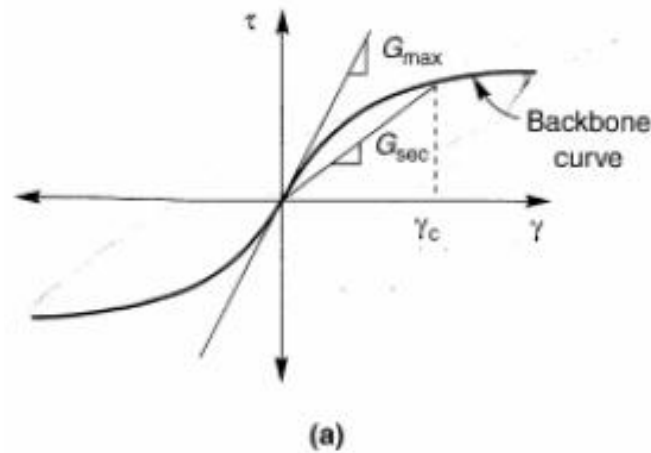
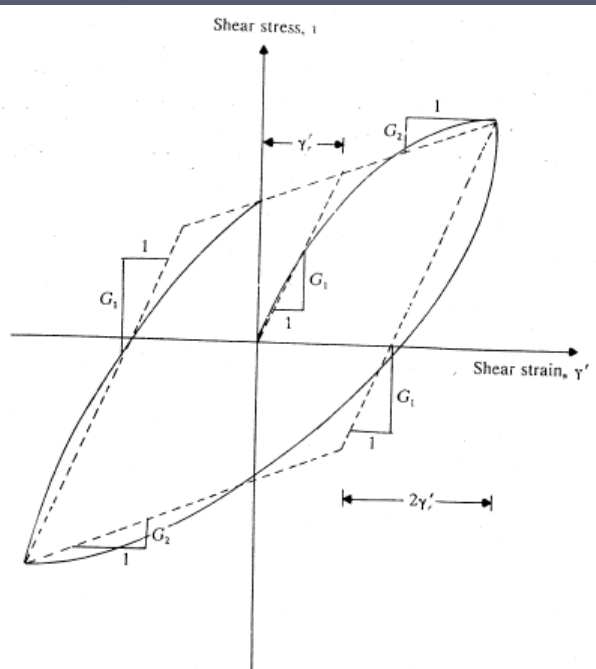
Corresponde a deformaciones pequeñas $\gamma < 10^{-4} \%$

ρ : Densidad de laboratorio (T/m^3)
 V_s : Velocidad de onda de corte (m/s)



CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

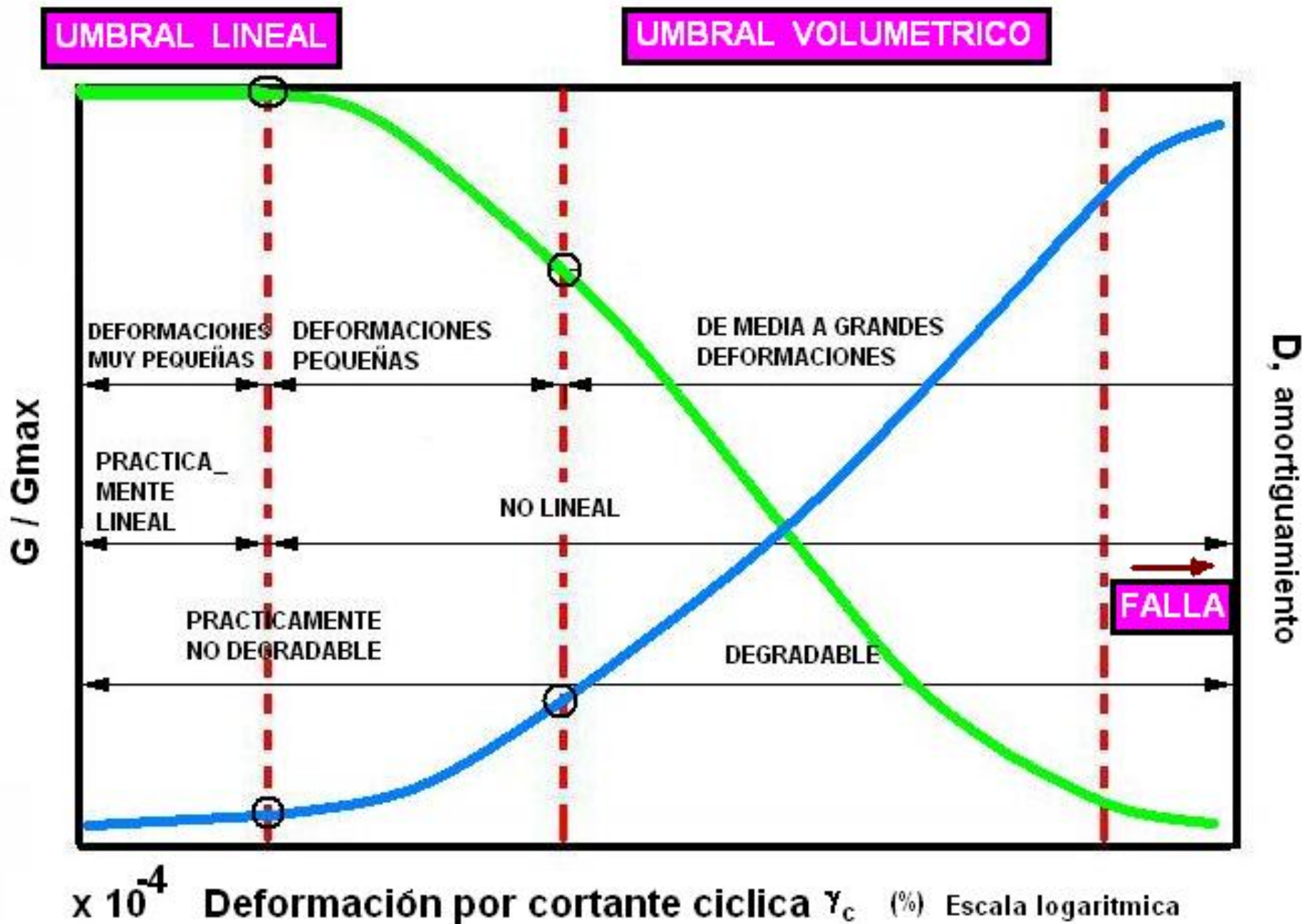


$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

La **inclinación** del lazo de histéresis depende de la rigidez del suelo

Características del comportamiento del suelo:

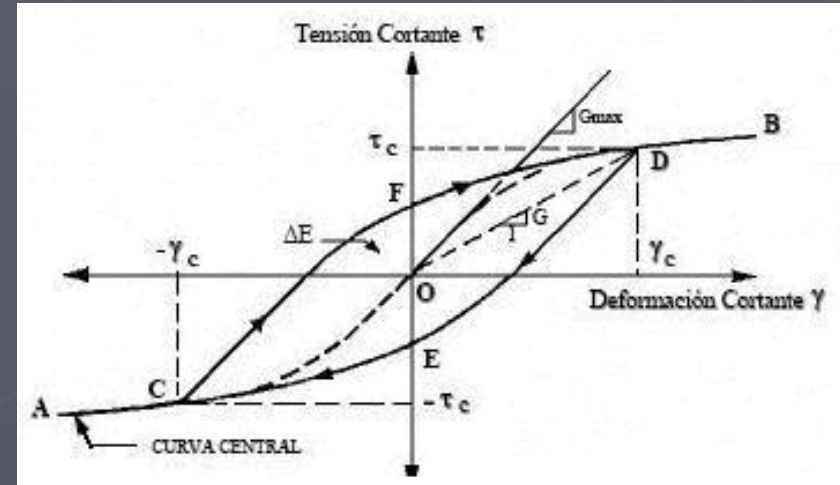
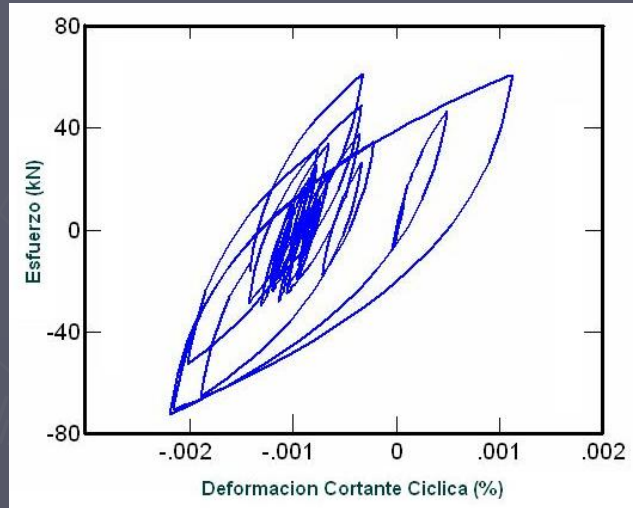
- No es único, varía en función del rango de deformación
- Pérdida de rigidez = Mayores deformaciones por cortante



CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

2.2 Amortiguamiento histerético



$$D = \frac{\Delta E}{4. \pi W_s} = \frac{1}{2. \pi} \frac{A_{\text{lazo}}}{G_{\text{sec}} \cdot \gamma_c^2}$$

Lazo Histerético:

Lugar geométrico definido por varias amplitudes de cargas cíclicas

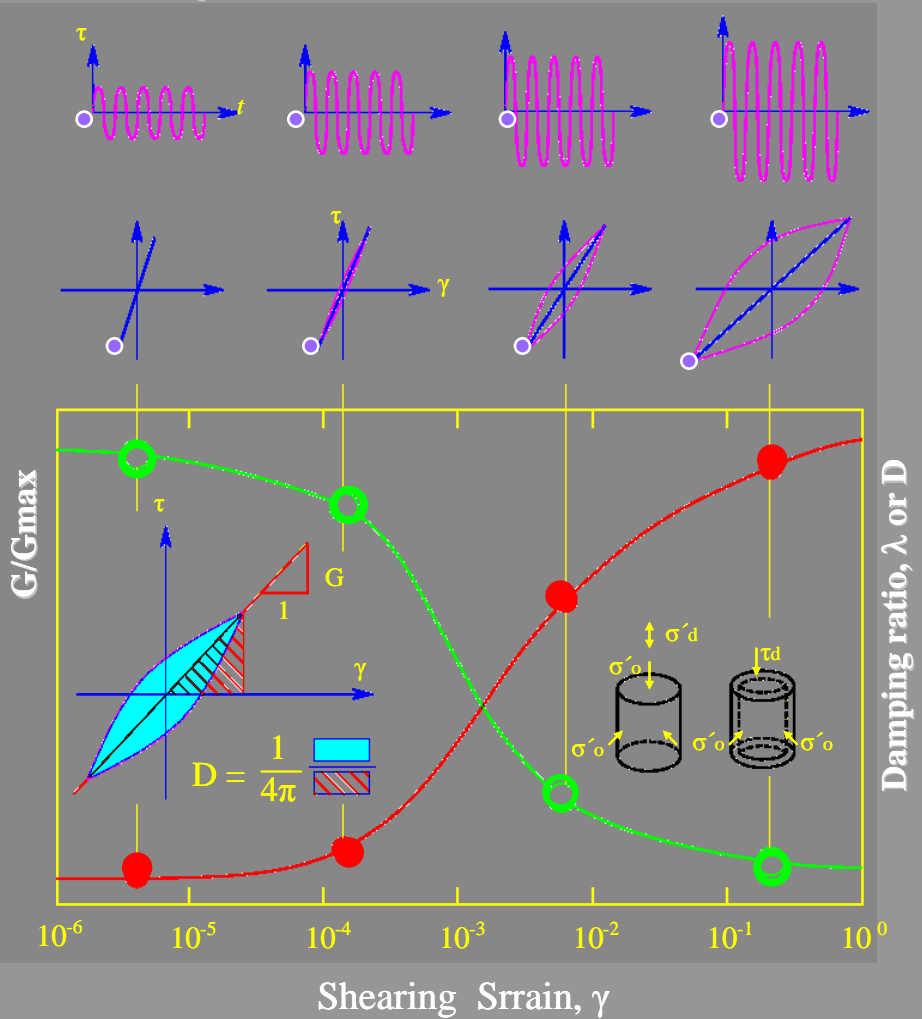
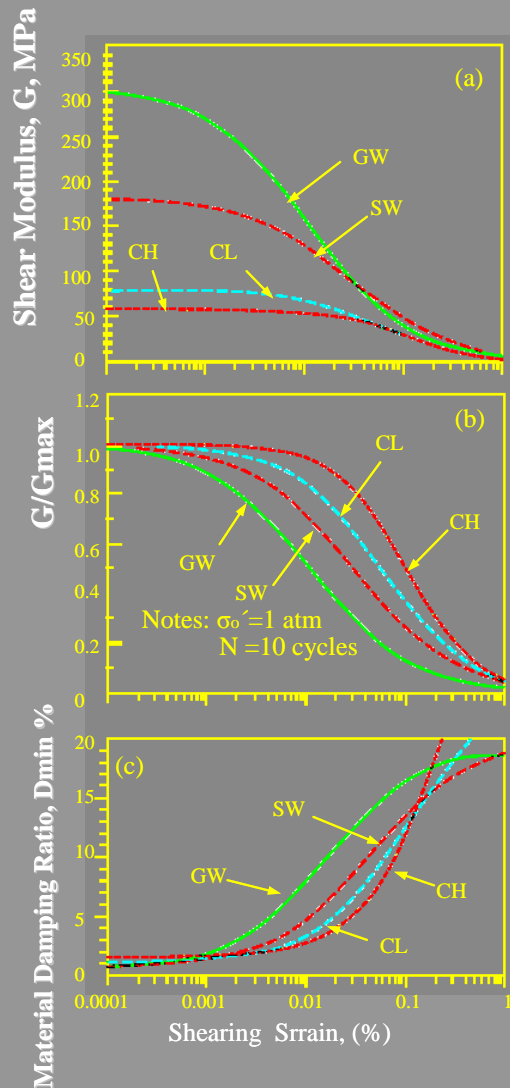
Inclinación = Rigidez

Amplitud = Energía de disipación

CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

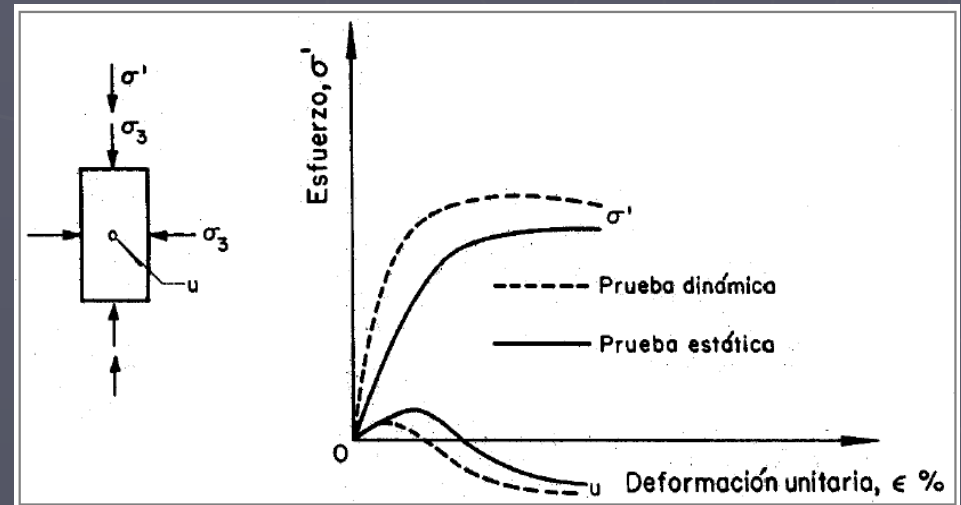
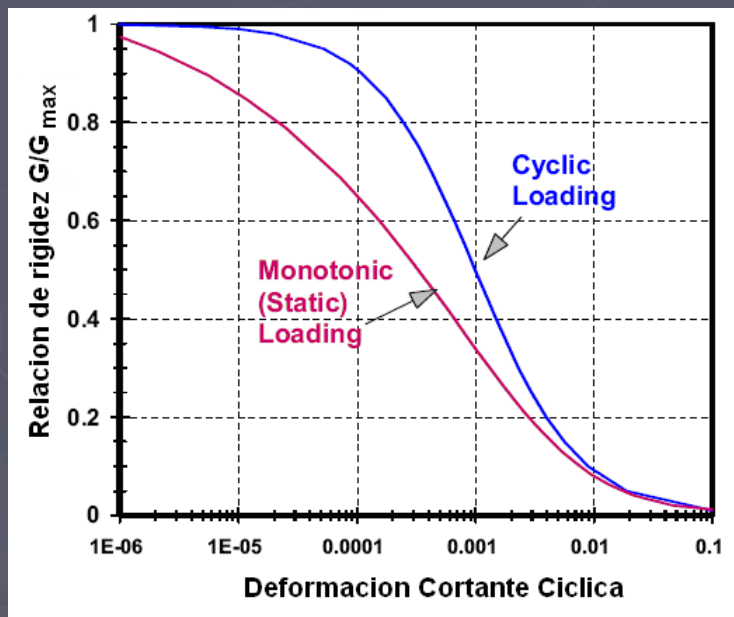
Stokoe, K II (2004), University of Texas at Austin, report



CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

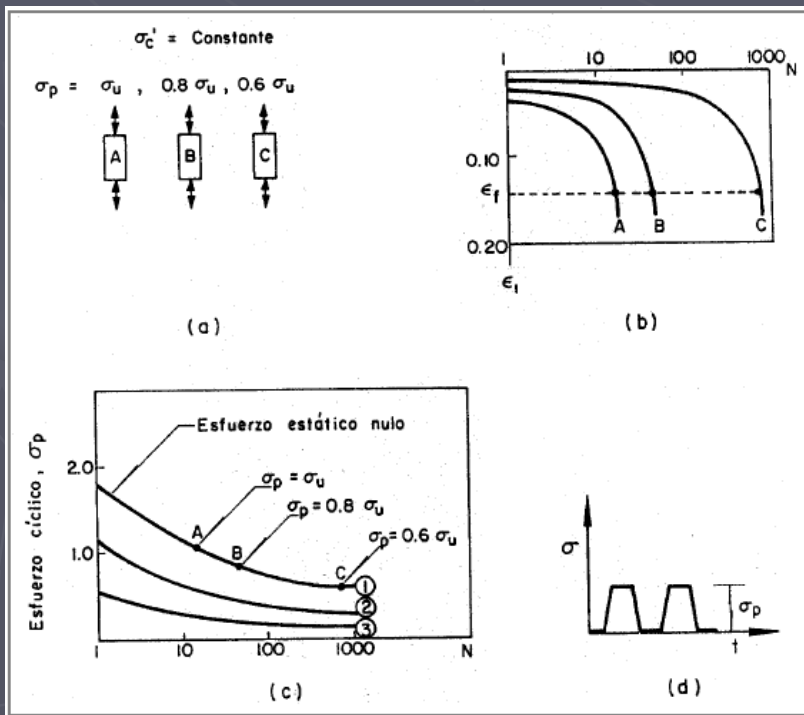
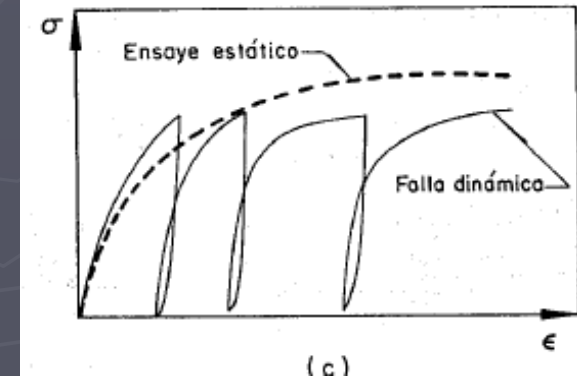
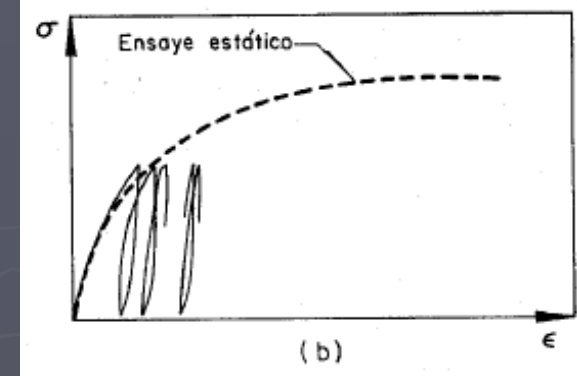
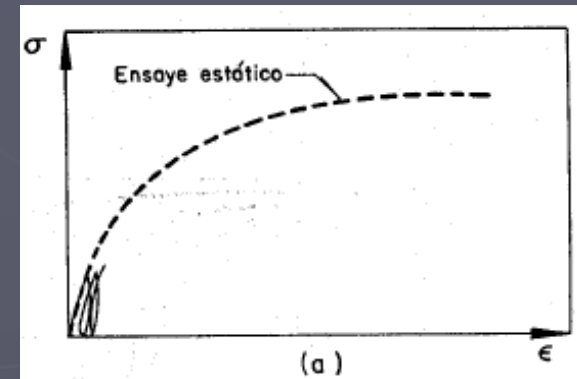
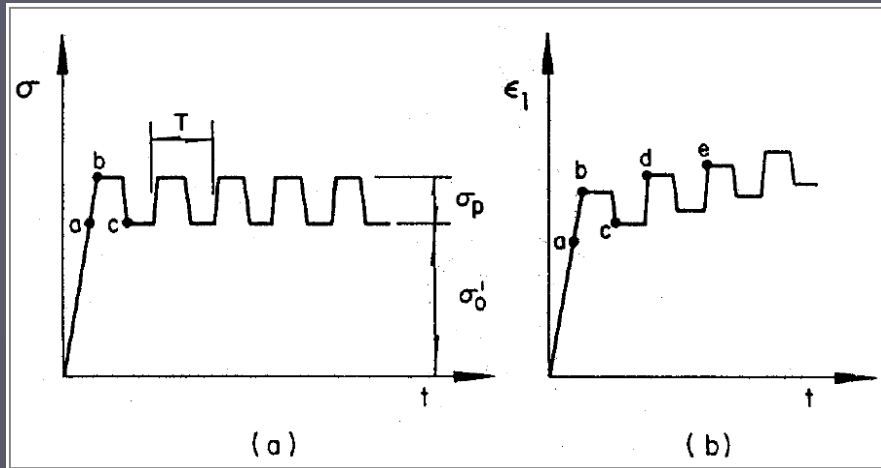
2.3 Resistencia dinámica al esfuerzo cortante



El esfuerzo cortante no drenado dinámico NO es igual al usado por cargas “estáticas”/monotónicas

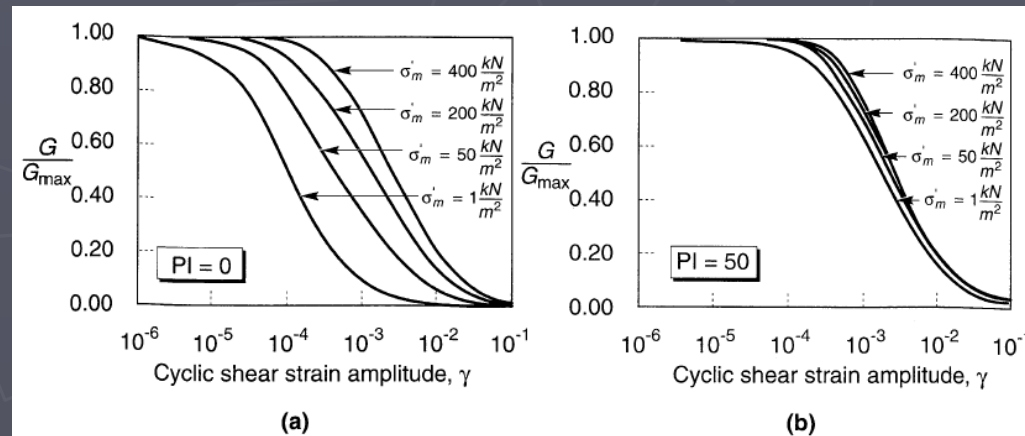
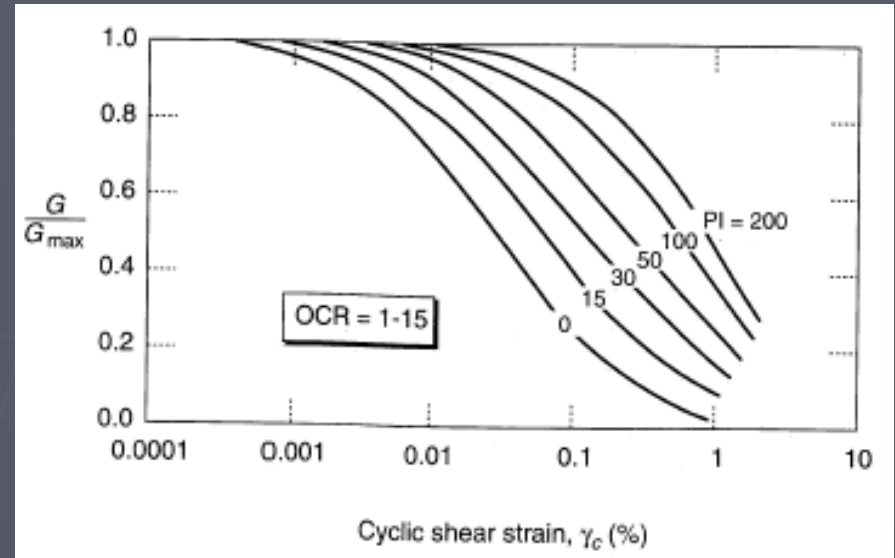
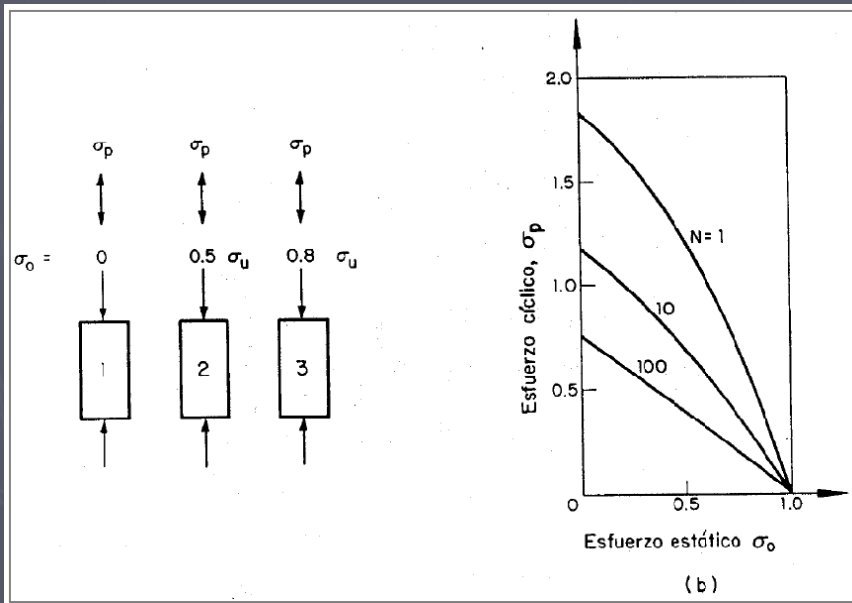
CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS



CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS



CAPITULO 3

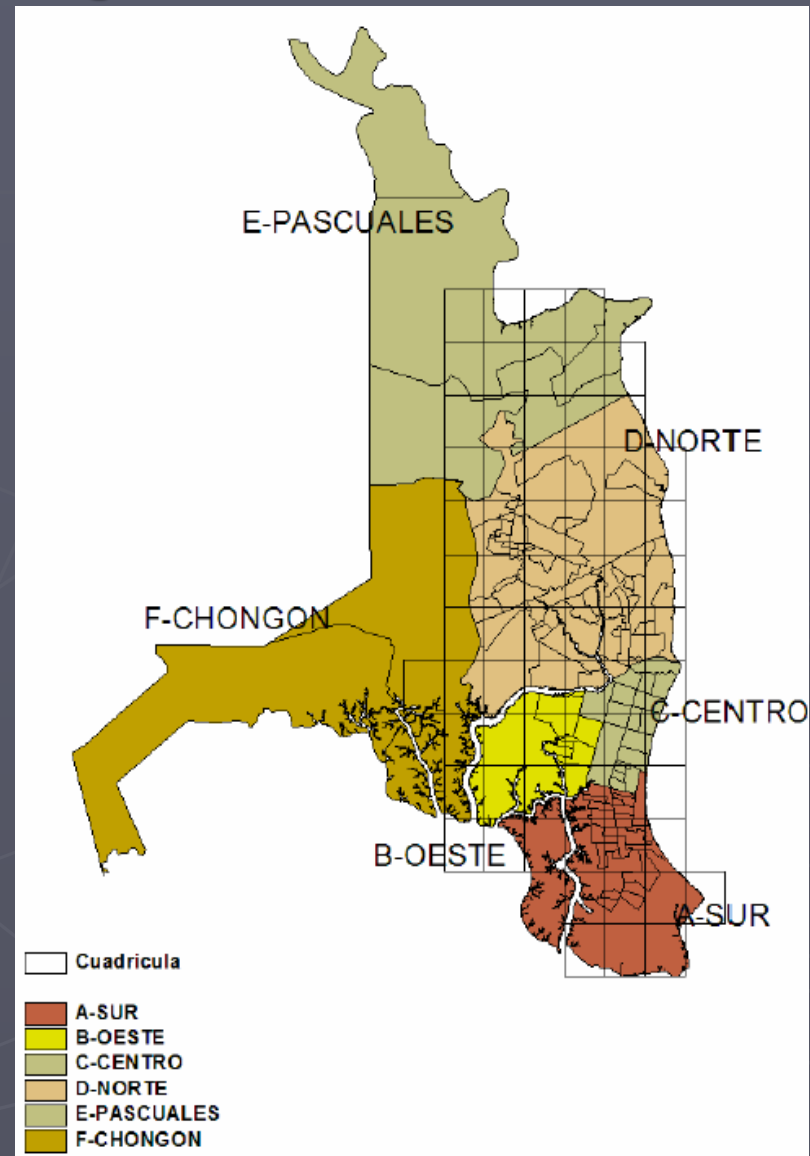
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1 Delimitación del área de estudio

PLANO DE GUAYAQUIL

ESC 1:50000

División por cuadrantes del área urbana de la ciudad de Guayaquil



CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

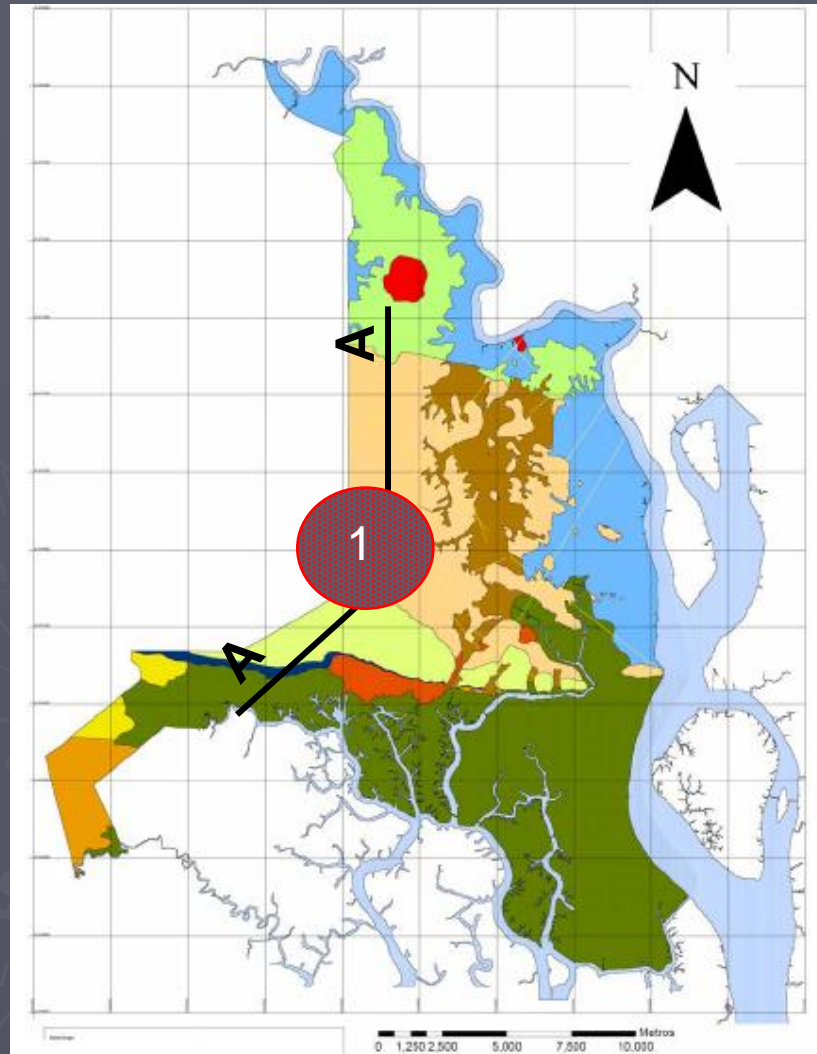
3.2 Marco Geológico Regional



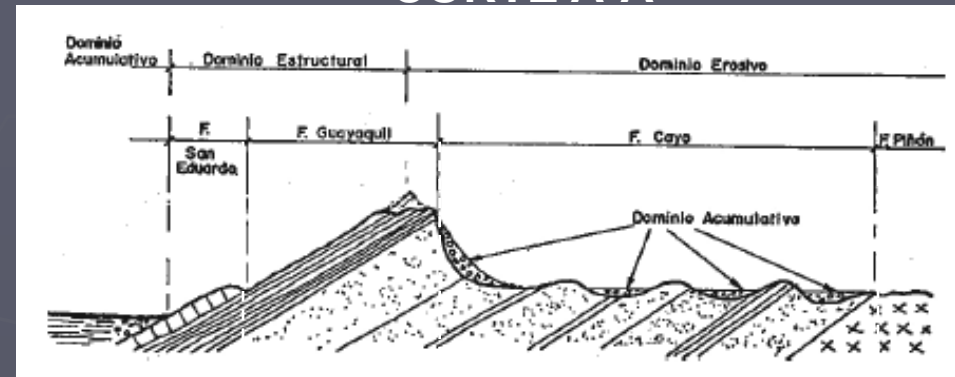
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.2 Marco Geológico Regional



CORTE A-A



COLUVIAL

LUTITAS LAS MASAS

Fm. SAN EDUARDO (Eoceno medio)

LUTITAS SILICIAS Y CALCAREAS

LUTITAS SILICIAS CON NODULOS DE CHERT

MEGATURBIDITAS

ARENISCAS

LUTITAS

BRECHAS

ANDESITAS

DIABASAS

Fm. GUAYAQUIL
(Maestrchtiano-Paleoceno)

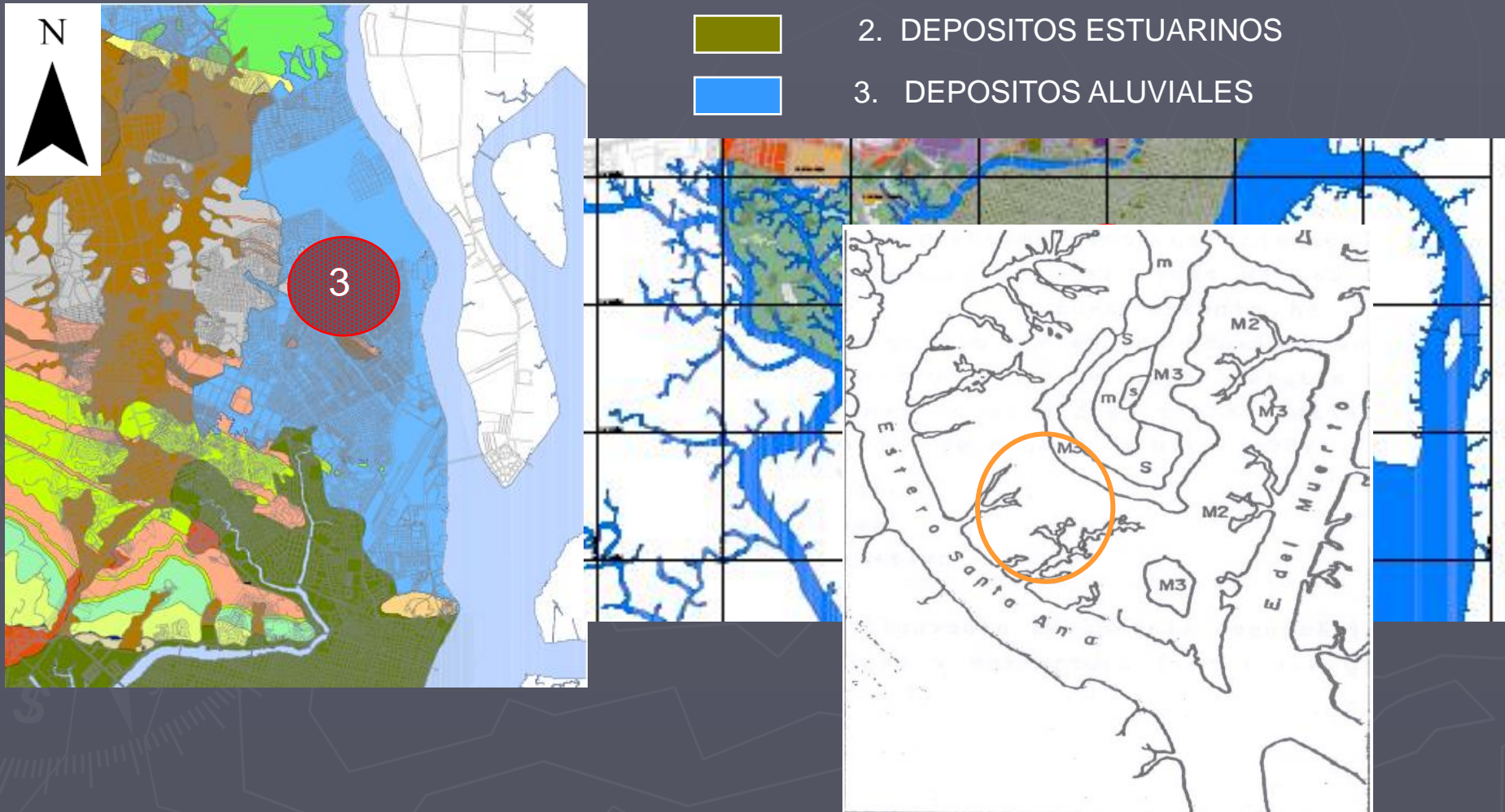
Fm. CAYO
(Cenomaniano ?-Maestrchtiano)

Fm. PIÑON
(Cret. Inf.)

CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.2 Marco Geológico Regional



CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

- ✓ Constituye una continuación del proyecto RADIUS (1998-1999)

Risk **A**ssessment Tools for **D**iagnosis of **U**rban Areas against **S**eismic Disasters

(Herramientas de Evaluación del Riesgo para el diagnóstico de zonas urbanas contra desastres sísmicos.)

CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

- ✓ Variación espacial de las propiedades geotécnicas

Conocer el **MACRO-COMPORTAMIENTO** del subsuelo

- ✓ **Comportamiento Estático**
- ✓ **Problemas de amplificaciones dinámicas**

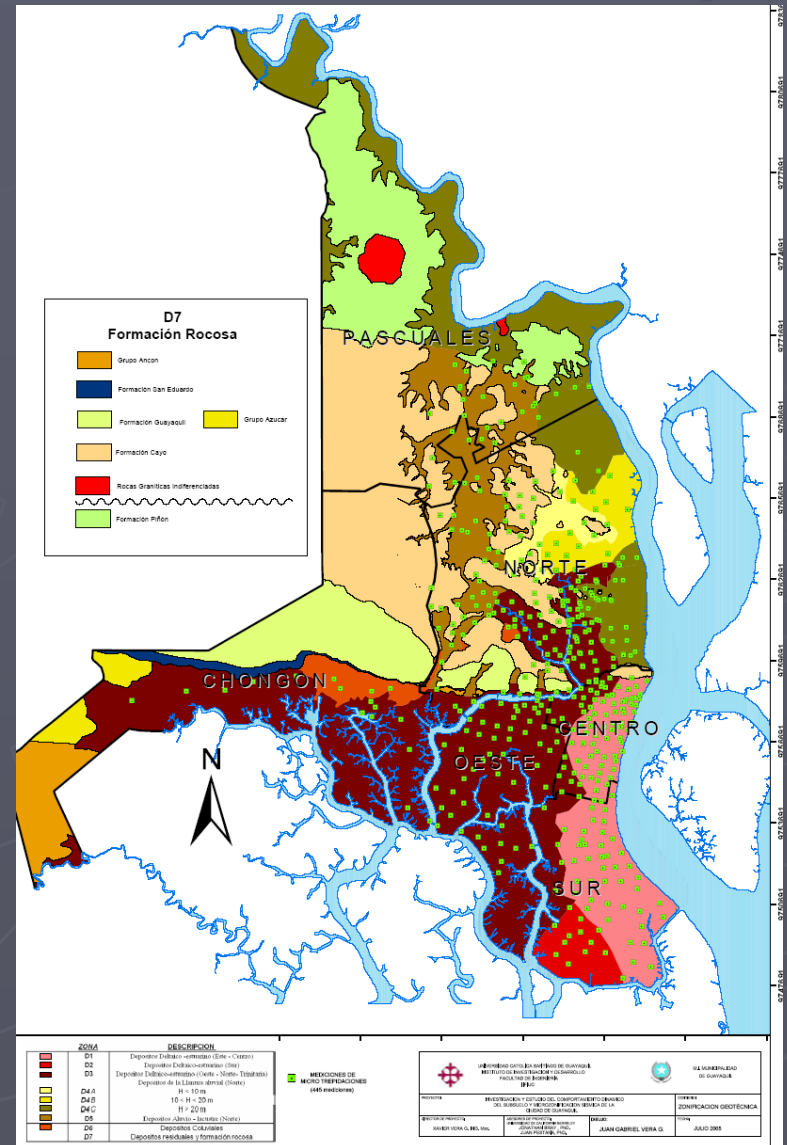
CAPITULO 3

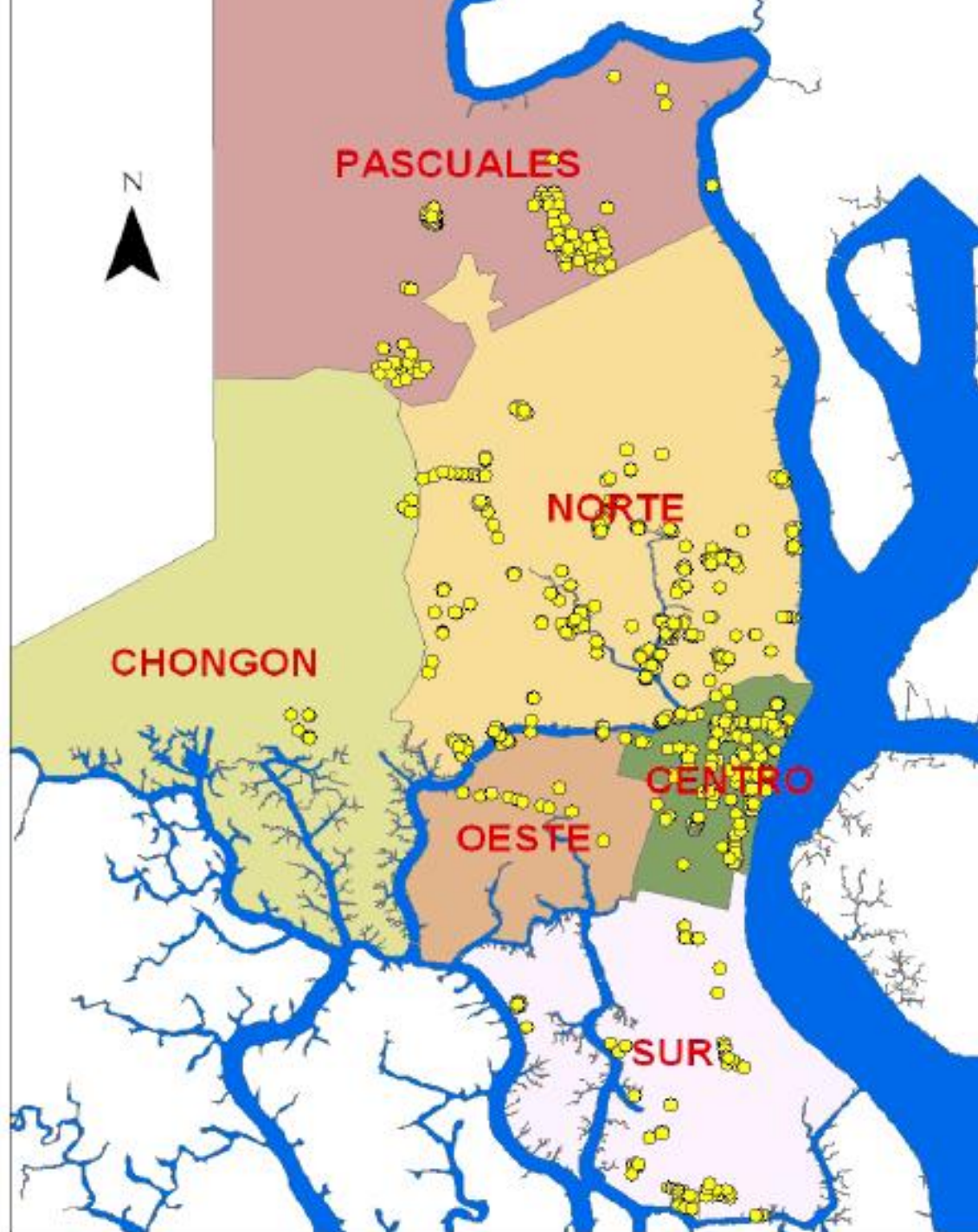
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

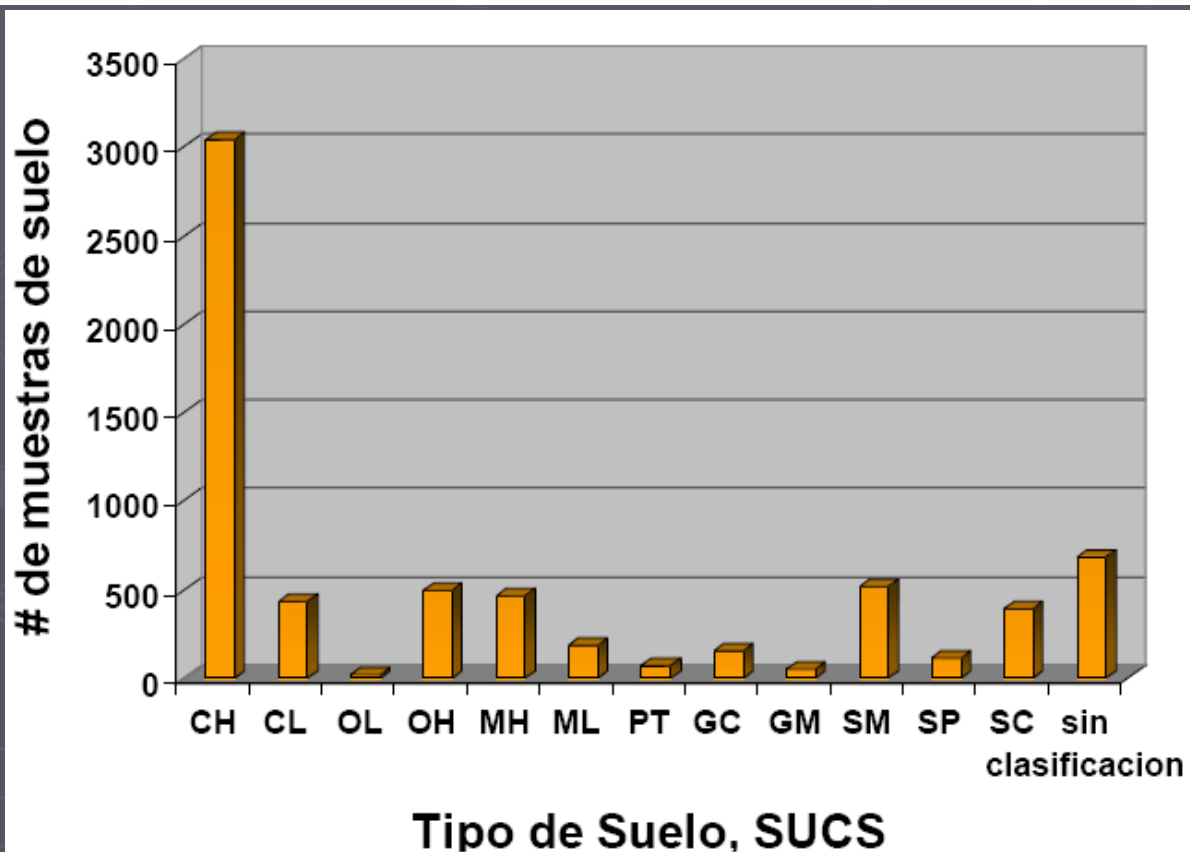
FASE I “Estudio de investigación para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil”

RECOLECCION DE REGISTROS
800 sondeos a profundidades
entre 20 a 40 metros





<u>ZONA</u>	<u>DESCRIPCION</u>	# Perforaciones en Base de datos	Muestras de suelo analizadas
D1	Depositos Deltaico -estuarino (Este - Centro)	146	1979
D2	Depositos Deltaico-estuarino (Sur)	37	321
D3	Depositos Deltaico-estuarino (Oeste - Norte- Trinitaria)	173	2520
	Depositos de la Llanura aluvial (Norte)		
D4A	H < 10 m	25	88
D4B	10 < H < 20 m	10	73
D4C	H > 20 m	58	845
D5	Depositos Aluvio - lacustre (Norte)	78	420
D6	Depositos Coluviales	7	66
D7	Depositos residuales y formación rocosa	56	319
Total =		590	6631



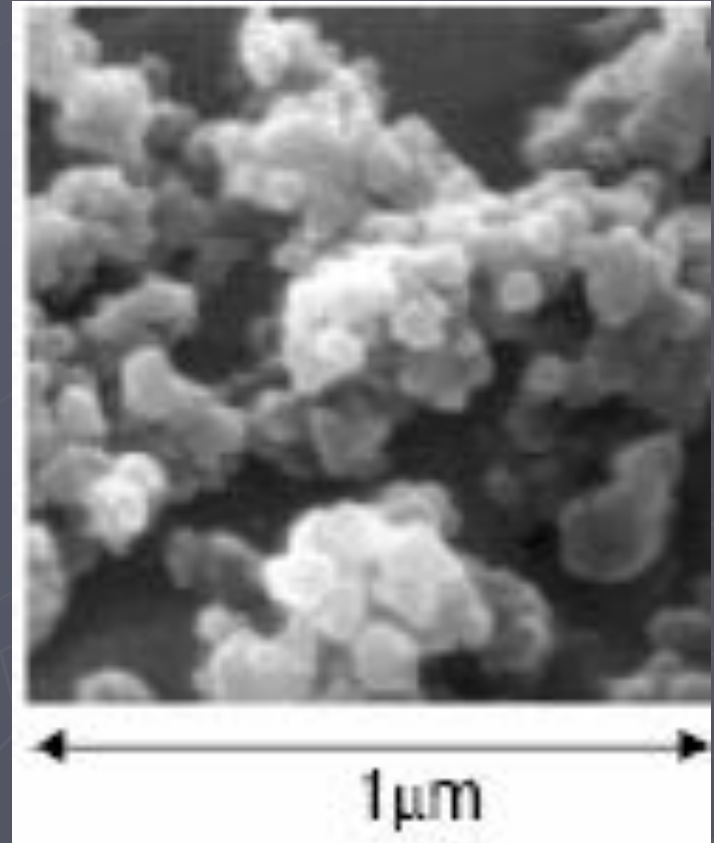
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

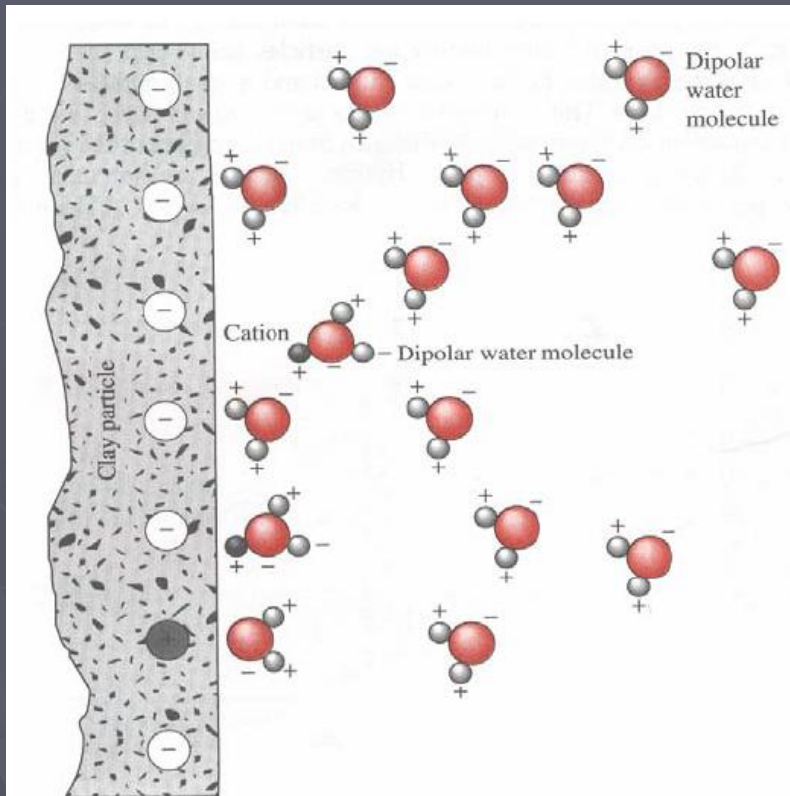
COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS.

Considerando su microestructura y
la influencia de sus propiedades
mecánicas



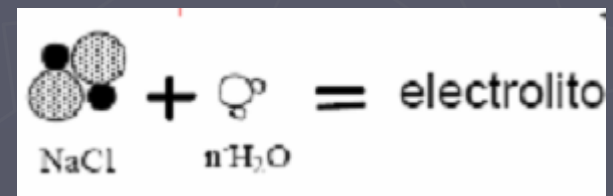
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL



- La carga en la superficie de la arcilla depende de la

CONCENTRACION IONICA Y



PH DEL FLUIDO

- Los cationes del agua son atraídos para mantener su neutralidad

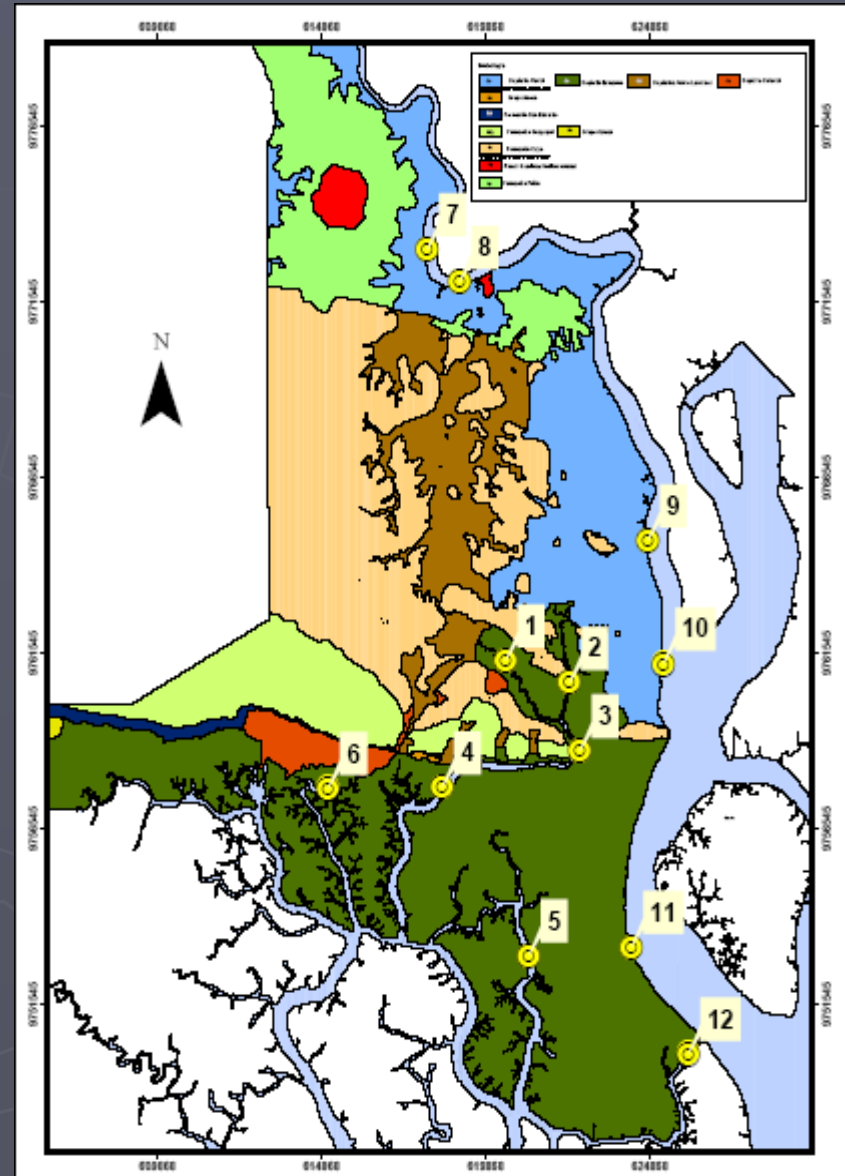
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

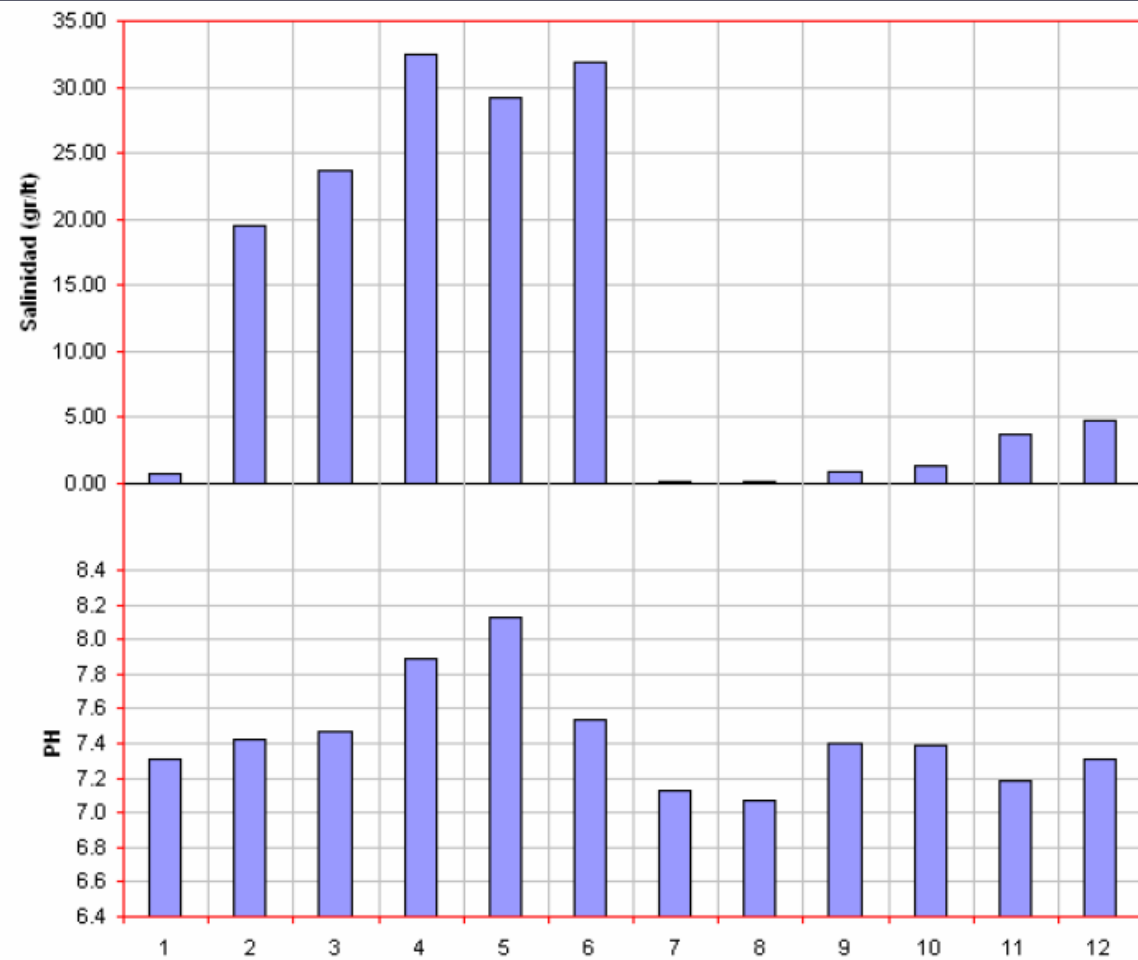
3.3 Estudio Geotécnico Previo

EVALUACION DE SALINIDAD Y VALORES DE PH

Variación de la salinidad en 12 puntos en la ciudad de Guayaquil

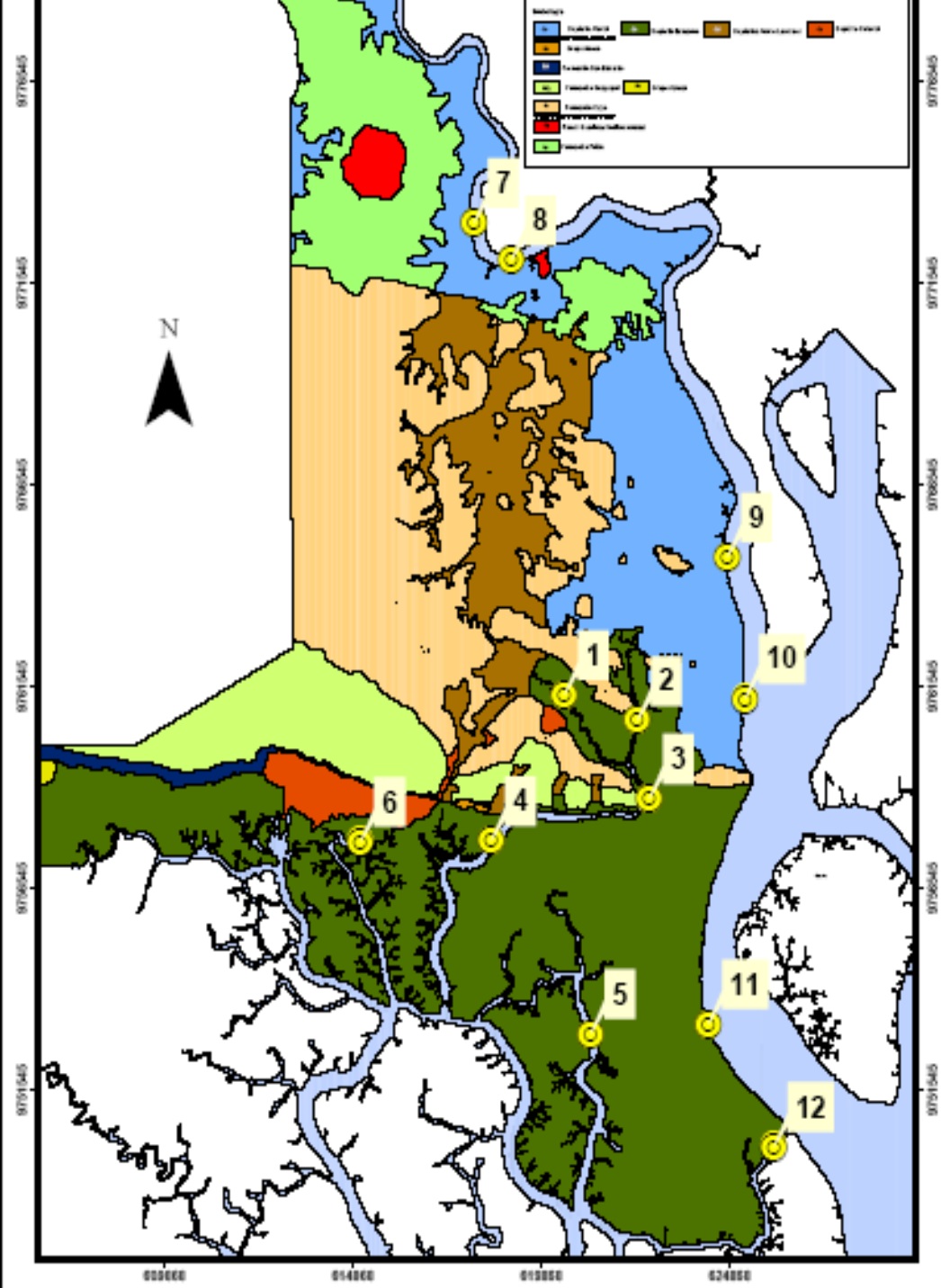


PUNTOS



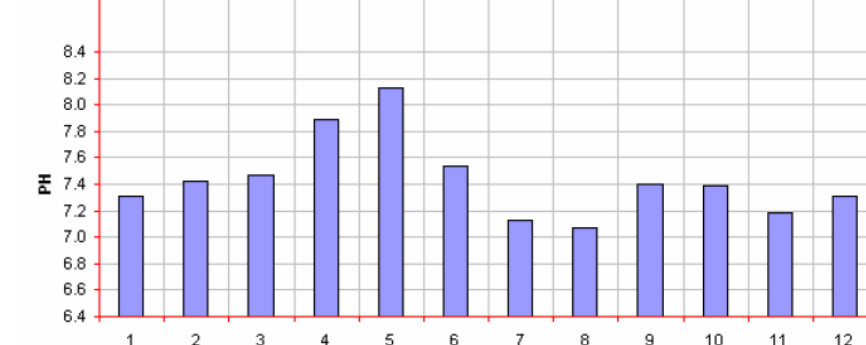
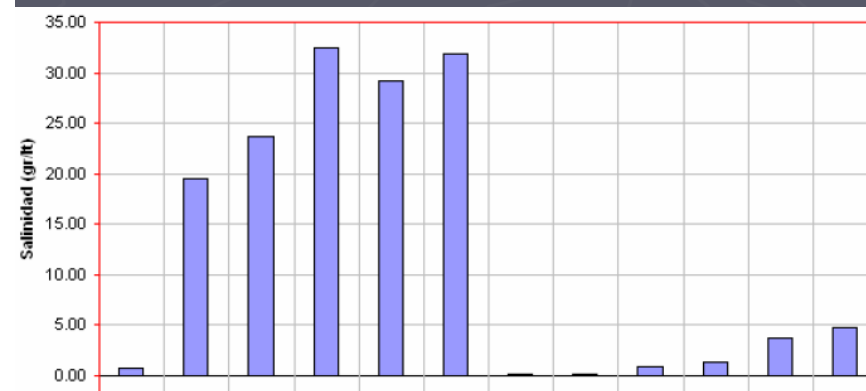
RESULTADOS	ID	UBICACION	SALINIDAD gr/ft	COV
Estero Salado Abril04/ Feb05	1	Puente Miraflores	0.74	0.08
	2	Puente del Policentro	19.56	0.22
	3	Puente 5 de Junio	23.65	0.15
	4	Puente Portete	32.48	0.13
	5	Puente Perimetral #1	29.23	0.15
	6	Puerto Azul	31.80	0.15
Rio Guayas Abril04/ Jun05	7	La Toma	0.14	0.18
	8	Frente a Pascuales	0.13	0.12
	9	Frente a Alborada	0.82	1.11
	10	Frente a Progreso	1.39	1.08
	11	Frente a Guasmo	3.73	1.05
	12	Frente a Estero Cobina	4.79	0.77

RESULTADOS	ID	UBICACION	pH	COV
Estero Salado Abril04/ Feb05	1	Puente Miraflores	7.31	0.03
	2	Puente del Policentro	7.42	0.01
	3	Puente 5 de Junio	7.47	0.04
	4	Puente Portete	7.89	0.07
	5	Puente Perimetral #1	8.12	0.05
	6	Puerto Azul	7.54	0.04
Rio Guayas Abril04/ Jun05	7	La Toma	7.13	0.05
	8	Frente a Pascuales	7.07	0.03
	9	Frente a Alborada	7.40	0.04
	10	Frente a Progreso	7.39	0.06
	11	Frente a Guasmo	7.18	0.06
	12	Frente a Estero Cobina	7.31	0.05



Estero Salado Abril04/ Feb05	2	Puente del Policentro	19.56	0.22
	3	Puente 5 de Junio	23.65	0.15
	4	Puente Portete	32.48	0.13
	5	Puente Perimetral #1	29.23	0.15
	6	Puerto Azul	31.80	0.15
	Rio Guayas Abril04/ Jun05	7	La Toma	0.14
8		Frente a Pascuales	0.13	0.12
9		Frente a Alborada	0.82	1.11
10		Frente a Progreso	1.39	1.08
11		Frente a Guasmo	3.73	1.05
12		Frente a Estero Cobina	4.79	0.77

RESULTADOS	ID	UBICACION	pH	COV
Estero Salado Abril04/ Feb05	1	Puente Miraflores	7.31	0.03
	2	Puente del Policentro	7.42	0.01
	3	Puente 5 de Junio	7.47	0.04
	4	Puente Portete	7.89	0.07
	5	Puente Perimetral #1	8.12	0.05
	6	Puerto Azul	7.54	0.04
Rio Guayas Abril04/ Jun05	7	La Toma	7.13	0.05
	8	Frente a Pascuales	7.07	0.03
	9	Frente a Alborada	7.40	0.04
	10	Frente a Progreso	7.39	0.06
	11	Frente a Guasmo	7.18	0.06
	12	Frente a Estero Cobina	7.31	0.05



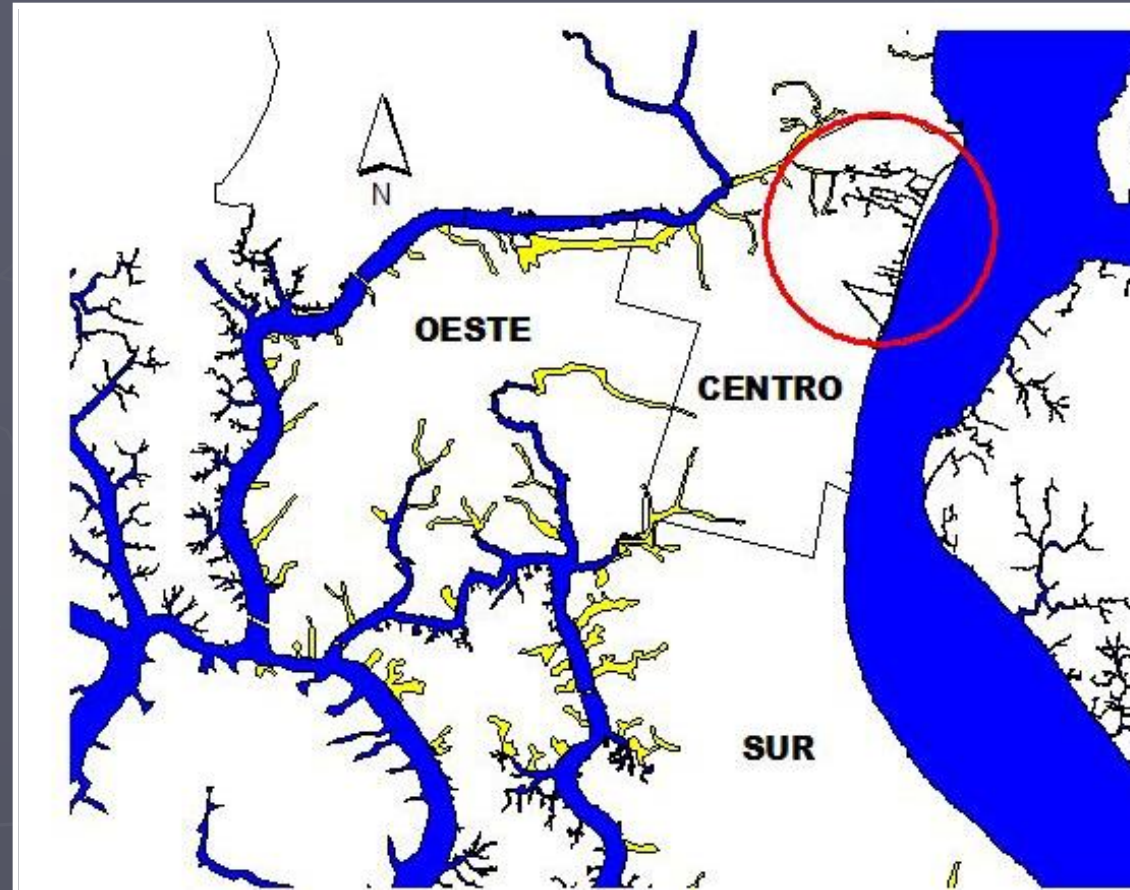
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

FASE I “Estudio de investigación para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil “

Levantamiento de esteros antiguos



CAPITULO 3

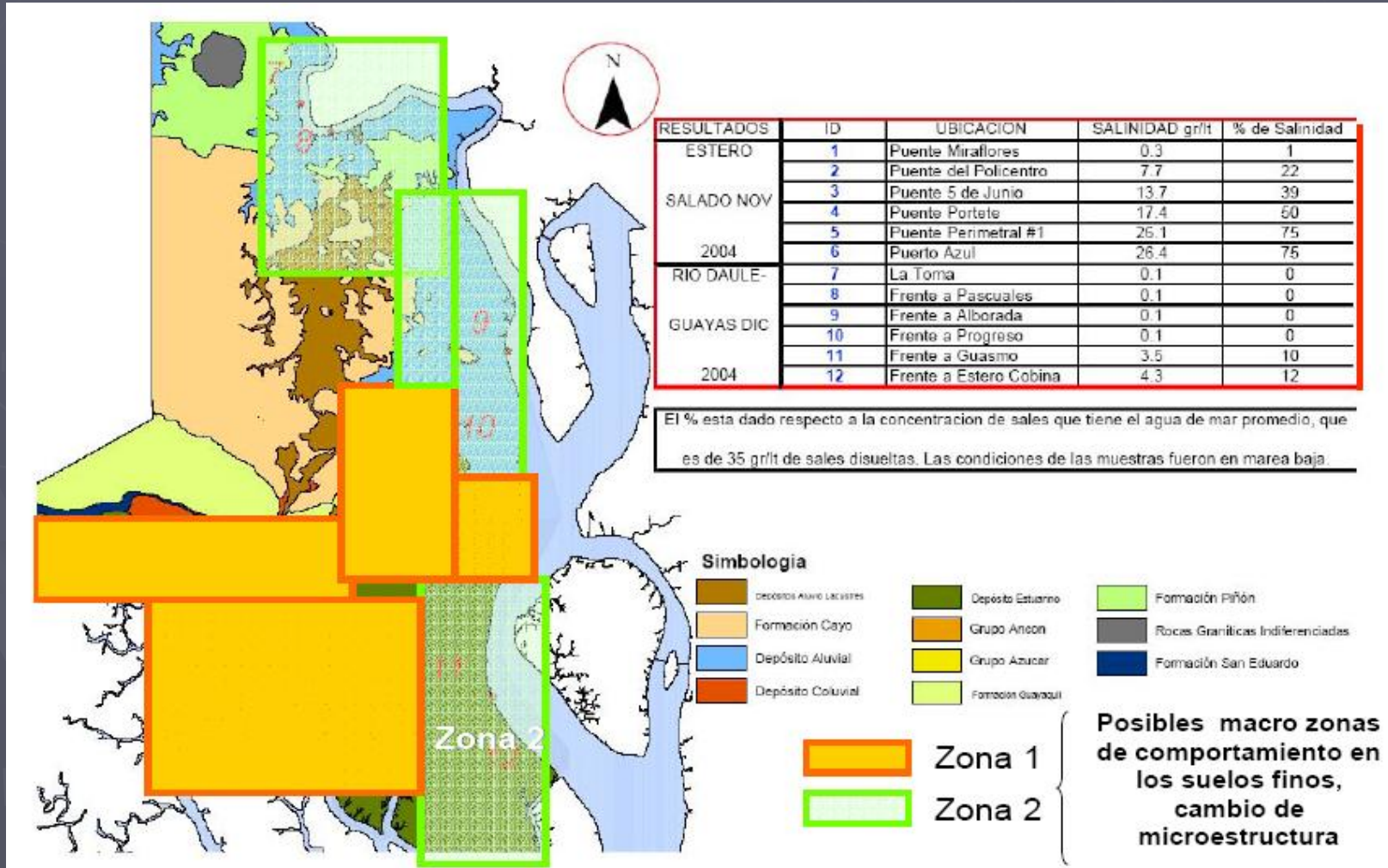
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL



CAPITULO 3

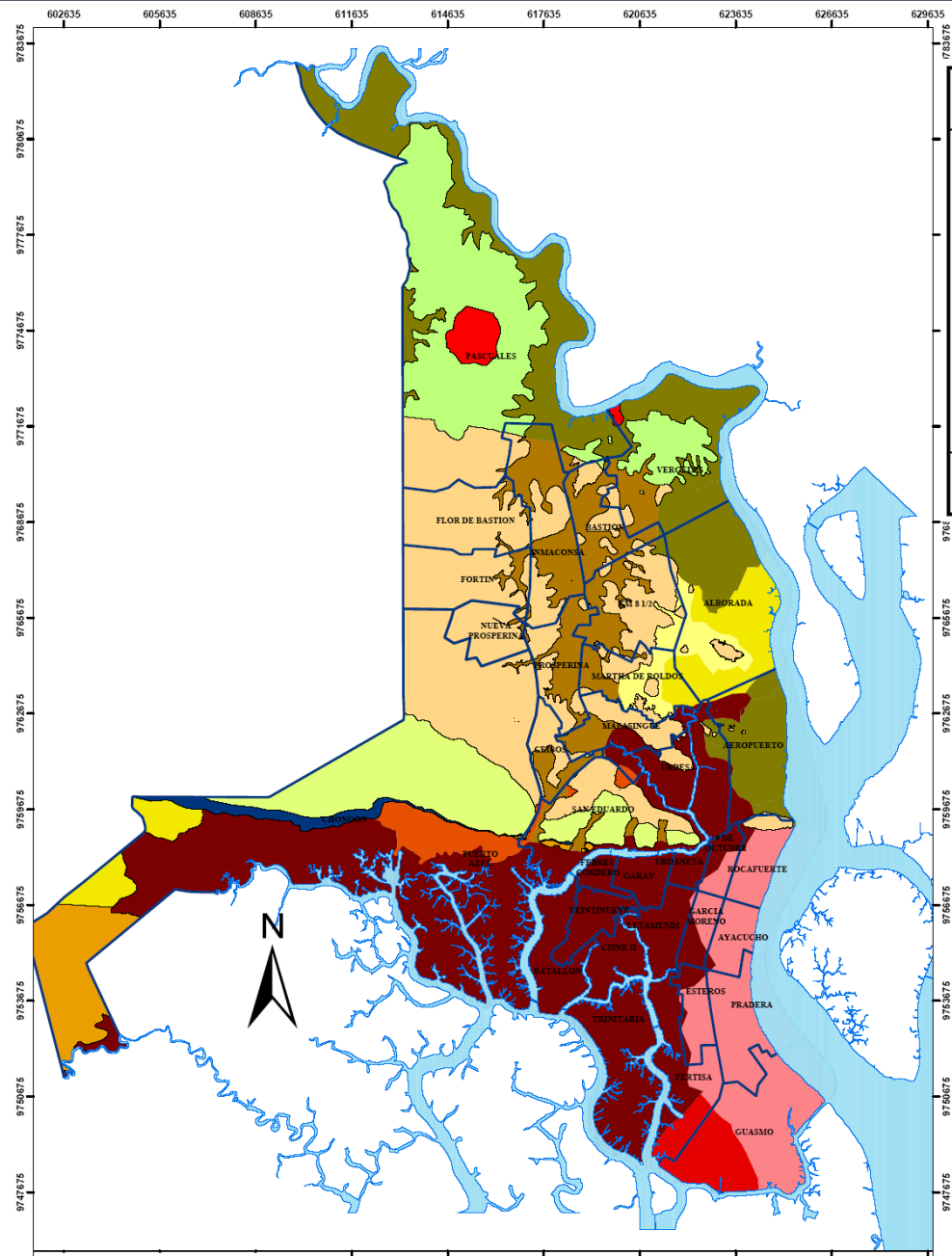
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

El series arcillosas divididas según 2 tipos diferentes de ambientes











CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL



ZONA		DESCRIPCION
	D1	Depósitos Deltáico - estuarino (Este - Centro)
	D2	Depósitos Deltáico - estuarino (Sur)
	D3	Depósitos Deltáico - estuarino (Oeste - Norte - Trinitaria) Depósitos de la Llanura Aluvial (Norte)
	D4A	H < 10 m
	D4B	10 < H < 20 m
	D4C	H < 20 m
	D5	Depósitos Aluvio - lacustres (Norte)
	D6	Depósitos Coluviales
	D7	Depósitos residuales y formación rocosa

D7 Formación Rocosa

-  Grupo Ancon
-  Formación San Eduardo
-  Formación Guayaquil
-  Grupo Azucar
-  Formación Cayo
-  Rocas Graníticas Indiferenciadas
- 
-  Formación Piñón

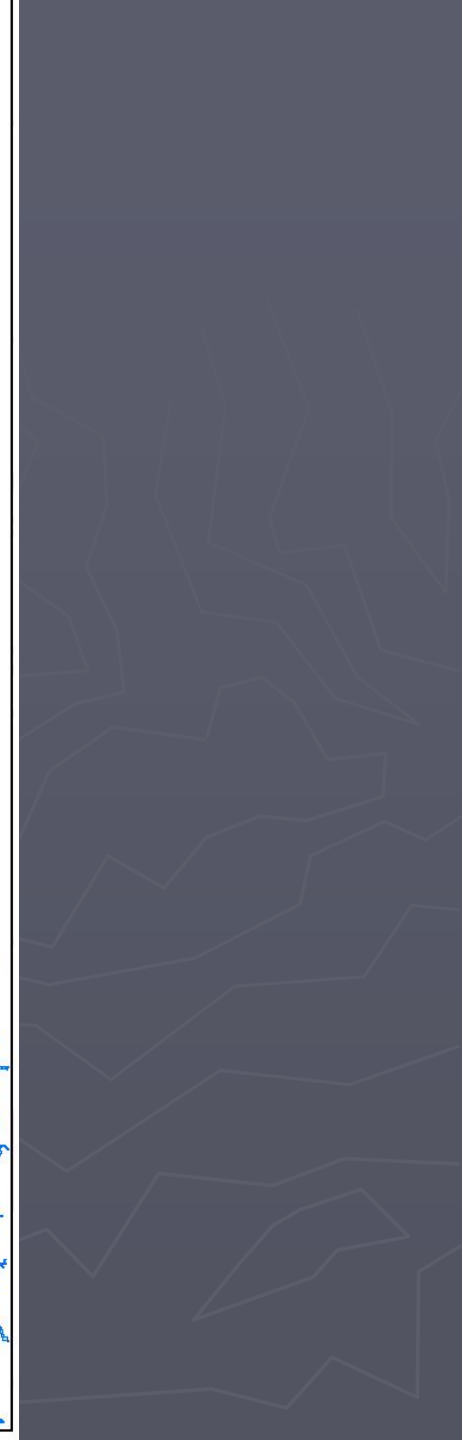
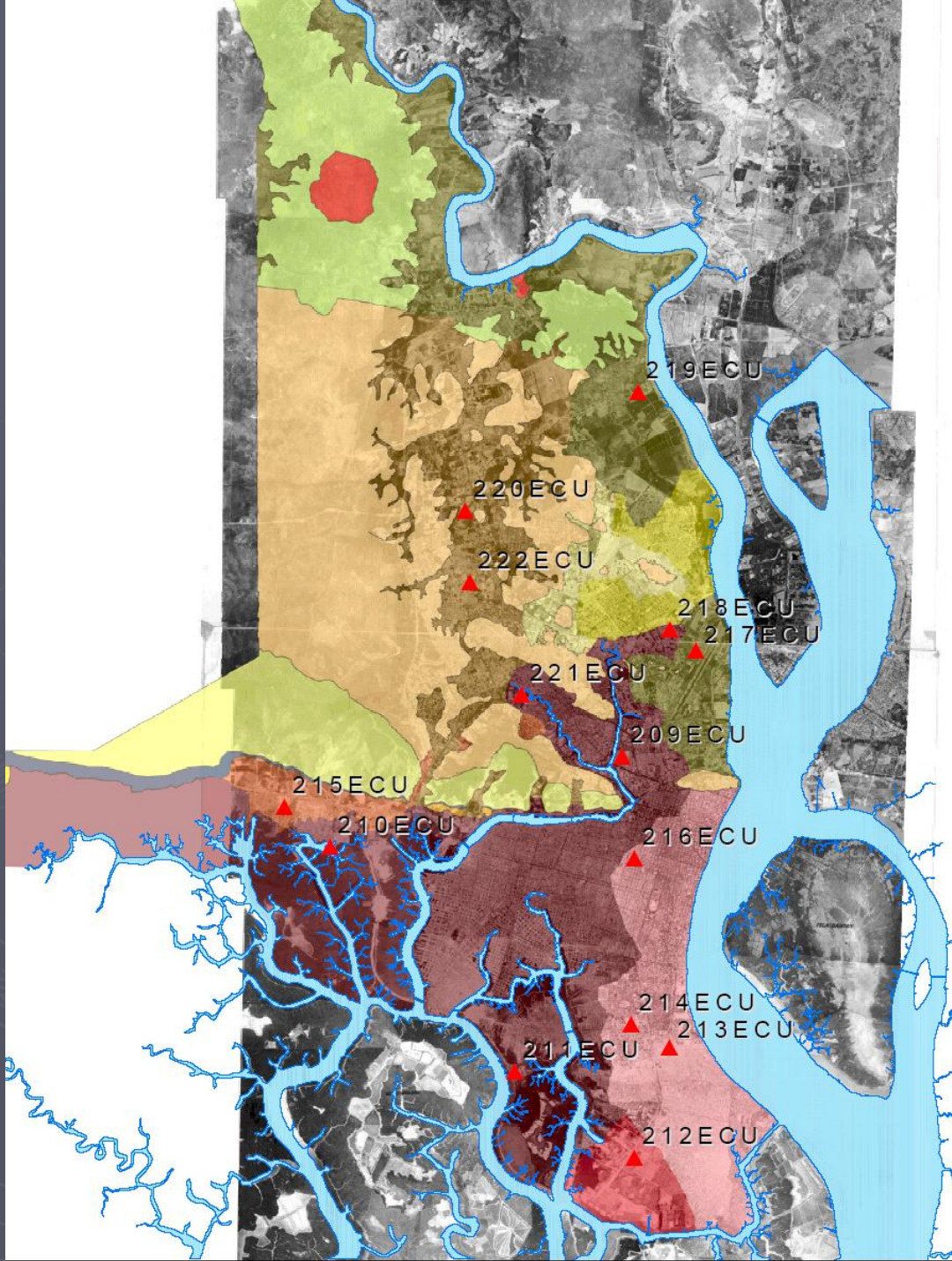
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

CAMPAÑA DE EXPLORACION EN 14 SITIOS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

213ECU	La Pradera-2	D1
214ECU	Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA	
216ECU	Estadio Ramón Unamuno	
212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	D2
209ECU	Kennedy Baseball Field	D3
210ECU	Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul	
211ECU	Municipal Hospital of Isla Trinitaria	
221ECU	Federación de Deportiva del Guayas, Miraflores	
218ECU	La Garzota District	D4
217ECU	Nueva Terminal Internacional, Antiguo Jardin de la Salsa	
219ECU	Duale River Site, Rivera de los Vergeles	
220ECU	Ciudadela 2 de Julio (at Ave. Daule)	D5
222ECU	La Prosperina (Cooperativa Santa Cecilia)	
215ECU	Chongon JP Camp	D6
	Zona de investigación geomecánica	D7



CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

FASE I “Estudio de investigación para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil “

Estudio de Microtepidaciones



Mapa de zonificación geotécnica de Guayaquil



CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

SASW (Spectra Analysis of Surface Waves), análisis espectral de la onda de superficie



Esquema del método SASW

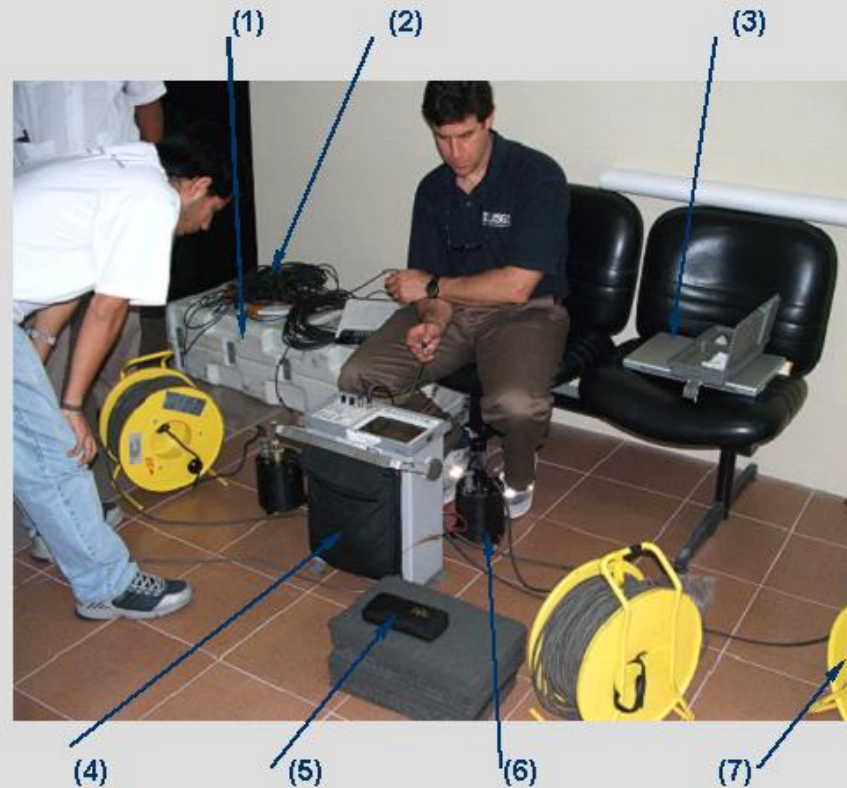
CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Equipo utilizado

EQUIPOS UTILIZADOS

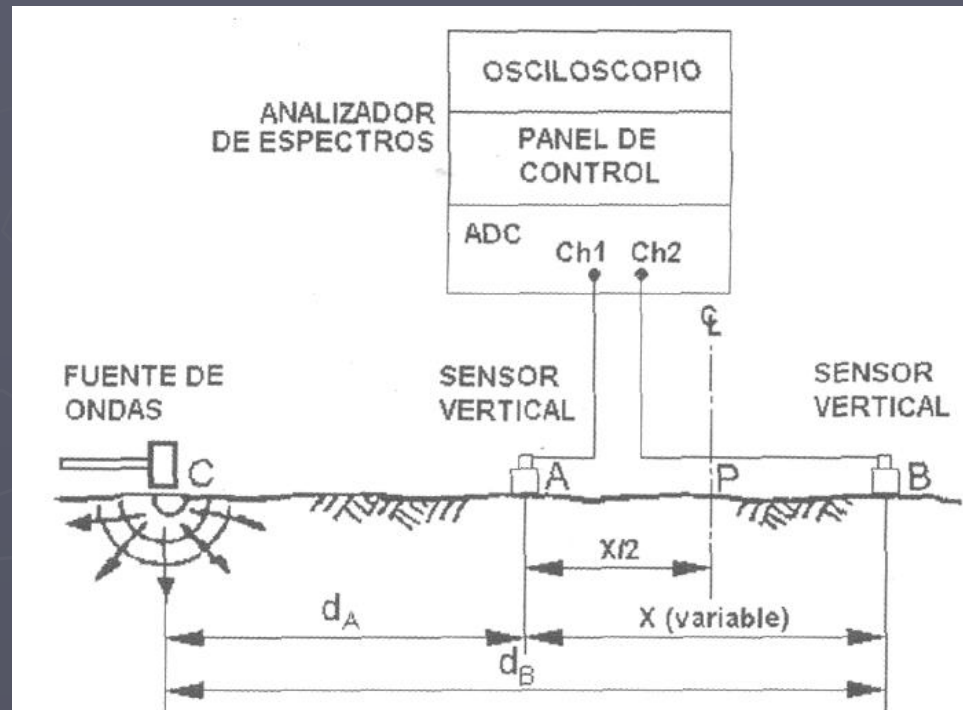
- 1) Estuche acolchonado de transporte
- 2) Cables 100m
- 3) Laptop
- 4) Unidad de Sistema de Registro de ondas
- 5) GPS
- 6) Sismógrafos Kinometrics de 1-Hz
- 7) Cinta



CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis



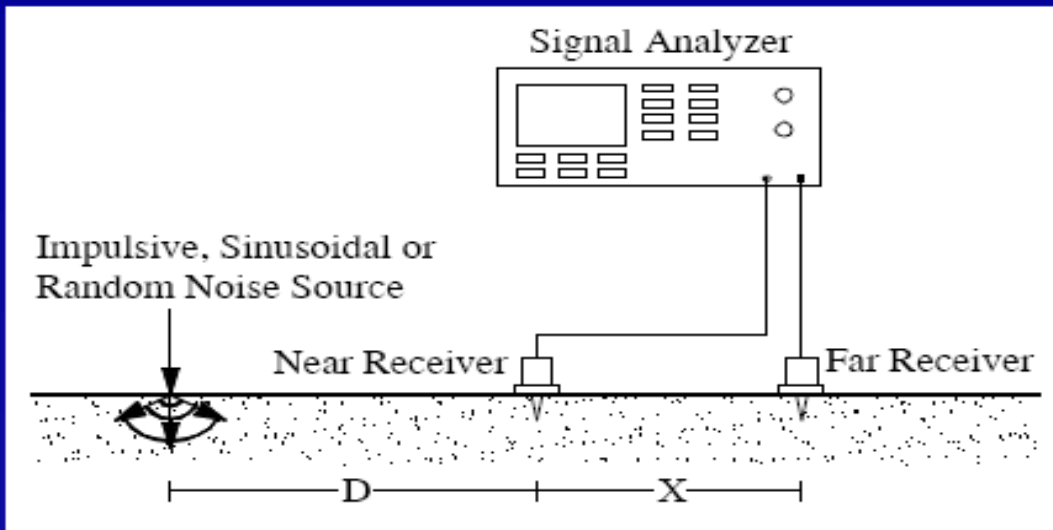
Variación de X, para obtener perfil de dispersión de sitio

$$X = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ y } 64 \text{ m.}$$

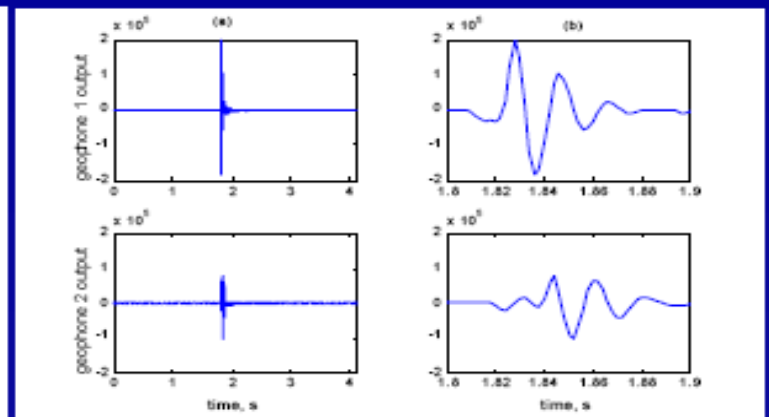
CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis



Usually $D=X$



Fast Fourier Transform

$$Y_1(\omega) = \text{FFT}(y_1(t))$$

$$Y_2(\omega) = \text{FFT}(y_2(t))$$



Cross Power Spectrum

$$G_{y_1 y_2} = Y_1(\omega)^* \cdot Y_2(\omega)$$

Time Delay

$$t(\omega) = \text{fase}(G_{y_1 y_2}(f)) / \omega$$

Phase Velocity

$$V_R(\omega) = X / t(\omega)$$

Frequency range of acceptable data function of D (near field effects)

$$\lambda_R = \frac{2\pi X}{\varphi}$$

CAPITULO 4

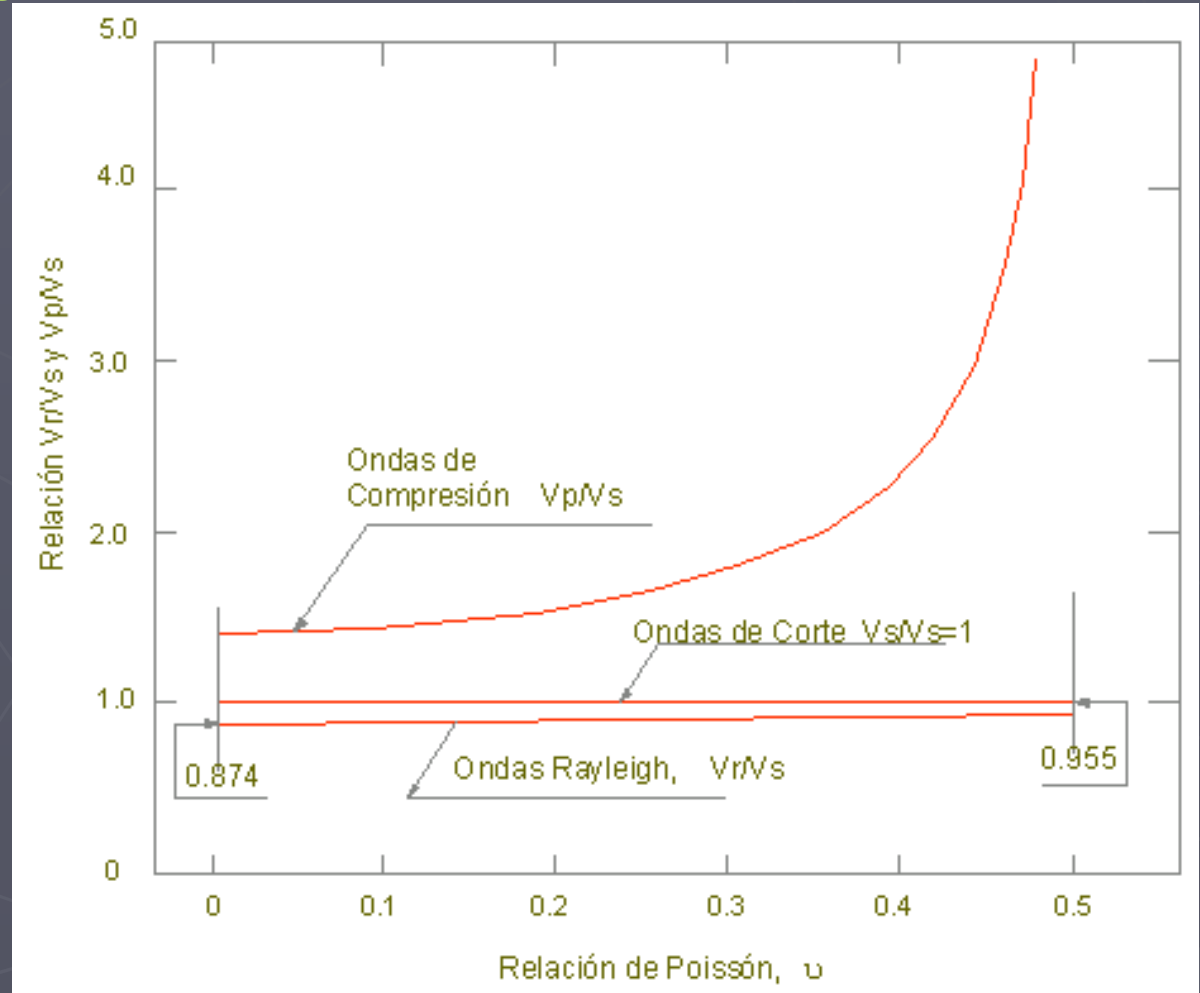
MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis

$$V_R = \lambda_R \cdot f$$

Como primera aproximación en campo:

$$V_S \approx 1.1 V_R$$

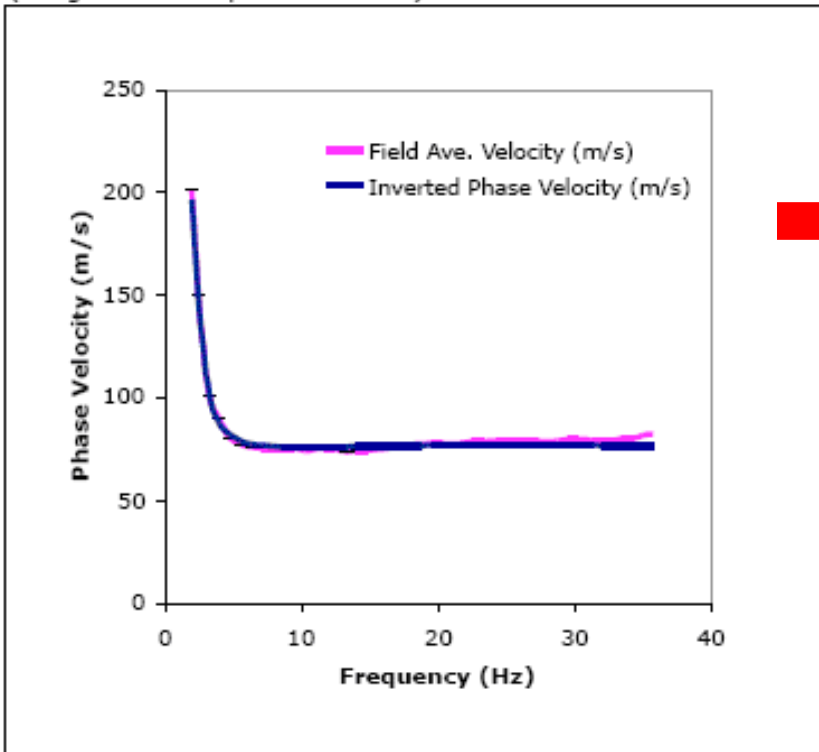


CAPITULO 4

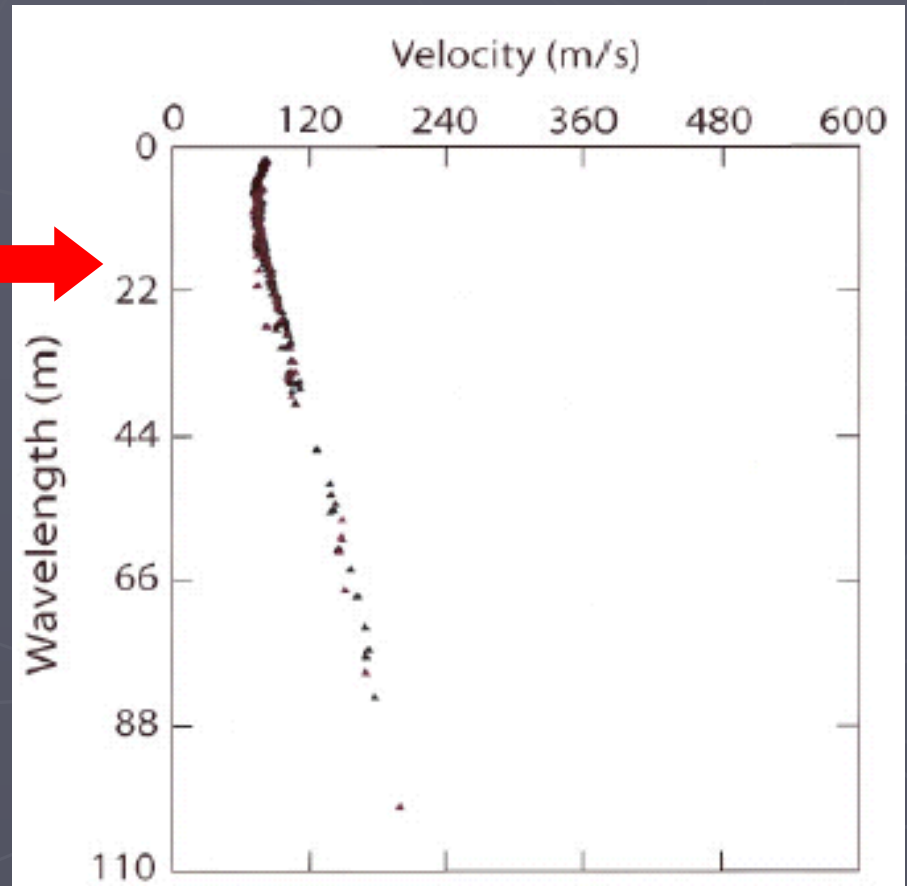
MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis

(Merged Field-Dispersion Curves)



(Inverted-theoretical-dispersion curve versus average field curve, bars represent $\pm 1\sigma$ range of merged field data)



SITIO	DESCRIPCION
A	Roca dura con velocidad de onda cortante $V_s > 1500$
B	Roca con velocidad de onda cortante $760 \text{ m/s} < V_s < 1500 \text{ m/s}$
C	Roca suave, suelo granular*, muy denso ($N > 50$) o suelo fino** con $IP \geq 8$, de muy rígido a duro ($S_u > 150 \text{ Kpa}$), todos ellos con velocidades de onda cortante $360 \text{ m/s} < V_s < 760 \text{ m/s}$
D	Suelo granular* de medianamente denso a denso ($15 \leq N \leq 50$), o suelo fino** de rígido a muy rígido ($50 \text{ kPa} \leq S_u \leq 150 \text{ kPa}$) ambos con velocidad de onda cortante $180 \text{ m/s} < V_s < 360 \text{ m/s}$
E	Un perfil de suelo con velocidad de onda cortante $V_s < 180 \text{ m/s}$, o cualquier perfil con más de 3m de arcilla suave a media ($IP > 20\%$, $w > 40\%$, y $S_u < 50 \text{ kPa}$)
F	Suelo requiriendo una evaluación específica de respuesta dinámica de sitio, cualquier perfil de suelo que contenga uno o más de las siguientes características geotécnicas: <ol style="list-style-type: none"> Suelos vulnerables a falla potencial colapso bajo carga sísmica: <ul style="list-style-type: none"> Suelo licuables Arcillas rápidas y altamente sensitivas Suelos debilmente cementados colapsibles Capas de turba y/o arcilla altamente orgánica de más de 3m Capas de arcilla de muy alta plasticidad ($IP > 75\%$) de más de 8m Capas de arcilla de suave a media ($S_u < 50 \text{ kPa}$) con más de 36m

National
Earthquake
Hazards
Reduction
Program

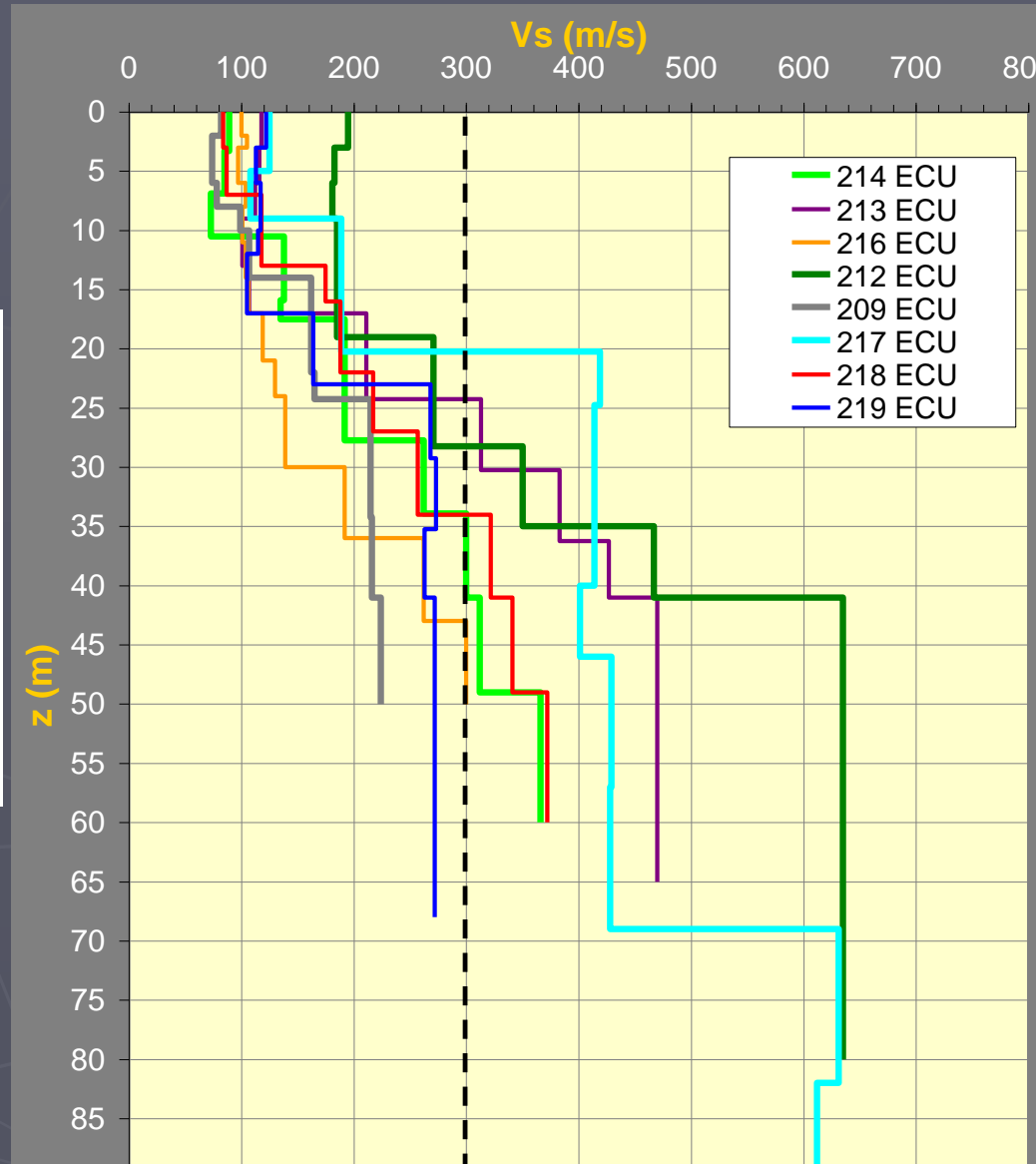
$$\bar{V}_{s_{30}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{s_i}}}$$

CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

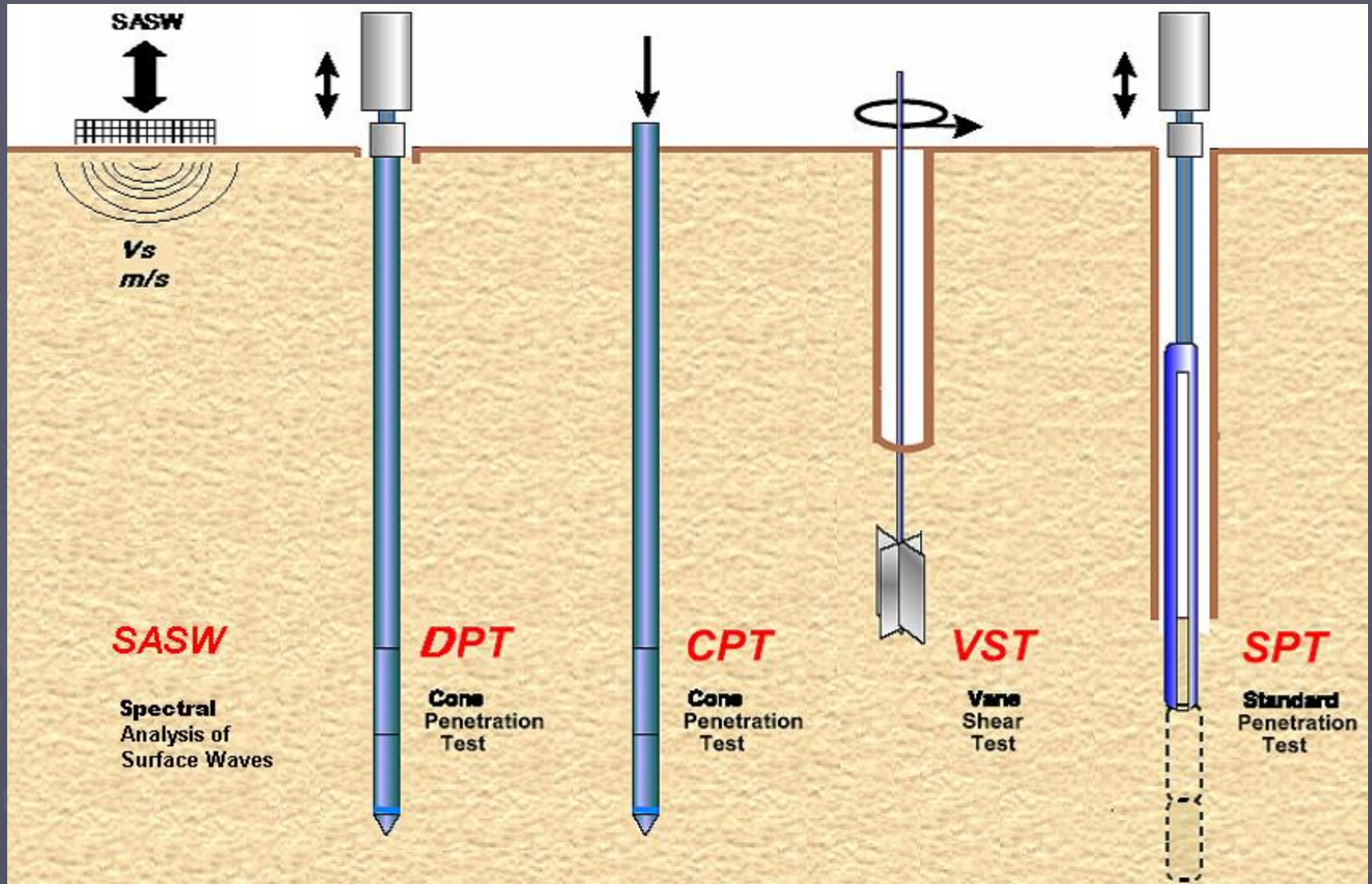
4.3 Resultados de las mediciones

213ECU	La Pradera-2	D1
214ECU	Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA	
216ECU	Estadio Ramón Unamuno	
212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	D2
209ECU	Kennedy Baseball Field	D3
210ECU	Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul	
211ECU	Municipal Hospital of Isla Trinitaria	
221ECU	Federación de Deportiva del Guayas, Miraflores	
218ECU	La Garzota District	D4
217ECU	Nueva Terminal Internacional, Antiguo Jardin de la Salsa	
219ECU	Duale River Site, Rivera de los Vergeles	
220ECU	Ciudadela 2 de Julio (at Ave. Daule)	D5
222ECU	La Prosperina (Cooperativa Santa Cecilia)	
215ECU	Chongon JP Camp	D6
	Zona de investigación geomecánica	D7



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO



SASW site ID #

Prof. (m)

209ECU	Kennedy Baseball Field	50
210ECU	Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul	100
211ECU	Municipal Hospital of Isla Trinitaria	82
212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	80
213ECU	La Pradera-2	65
214ECU	Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA	60
215ECU	Chongon (JP camp)	170
216ECU	Estadio Ramon Unamuno	30
217ECU	Nueva Terminal Internacional, Antiguo Jardin de la Salsa	100
218ECU	La Garzota District	60
219ECU	Duale River Site, Rivera de los Vergeles	60
220ECU	Ciudadela 2 de Julio (at Ave. Daule)	60
221ECU	Federacion de Deportiva del Guayas, Miraflores	30
222ECU	La Prosperina (Cooperativa Santa Cecilia)	30
Total	total (m) B =	977

Coreholes II SASW site ID #

Coreholes II SASW site ID #		CPT	DCP	Veleta campo	Percusión y lavado (SPT + Shelby)
GYE-01N	209ECU	17	25		35
GYE-02CH	210ECU	12	23	5	51
GYE-03S	211ECU	13	19	6	80
GYE-04S	212ECU	14	21	8	36
GYE-05S	213ECU	13	20	7	40
GYE-06S	214ECU	13	22	6	34
GYE-14CH	215ECU				10
GYE-07C	216ECU	12	36	10	52
GYE-08N	217ECU	11	20		40
GYE-10N	218ECU	18	23	15	33
GYE-13N	219ECU	15	18	7	40
GYE-12P	220ECU				15
GYE-09N	221ECU	19	22	10	40
GYE-11N	222ECU				15
		157	249	74	522
		total (m) A =			1002

* se repitieron ensayos para verificar SPT

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.1 Metodología de los ensayos de campo

SPT Standard Penetration Test
CPT Cone Penetration Test
DPT Cone Penetration Test
VST Wave Speed Test

MARTILLO DONUT

MARTILLO SAFETY

Accelerometers
Strain Gauges
Instrumented portion of the rod string

AZUL DE METILENO

ANGULO DE FRICCION INTERNA

COMPRESION SIMPLE

ESFUERZO CORTANTE NO DRENADO

DCPT

VST

TUBO SHELBY
MUESTRAS CADA 1.5 m

CONSOLIDACION

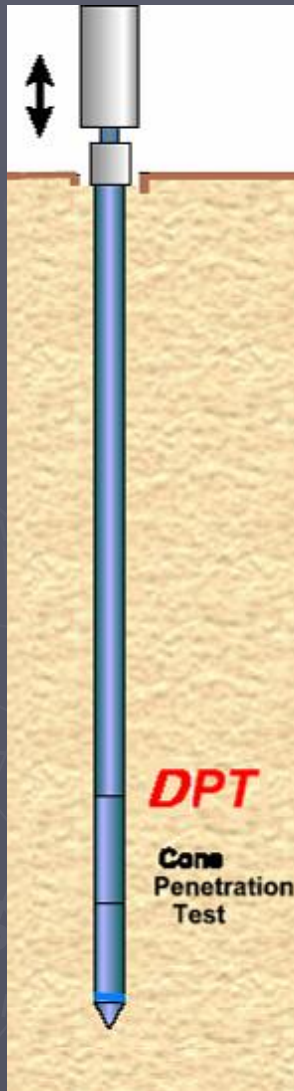
PENETROMETRO ESTANDAR

SASW

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.1.1 Ensayo de cono dinámico, DPT



$$q_d = \frac{M^2 \cdot H}{(M + P) \cdot A \cdot e}$$

Area: 19.6 cm²

- M:** Peso del Martillo
- P:** Peso de las Barras
- e:** Incremento por cada golpe
- A:** Área del cono
- H:** Altura de caída del martillo

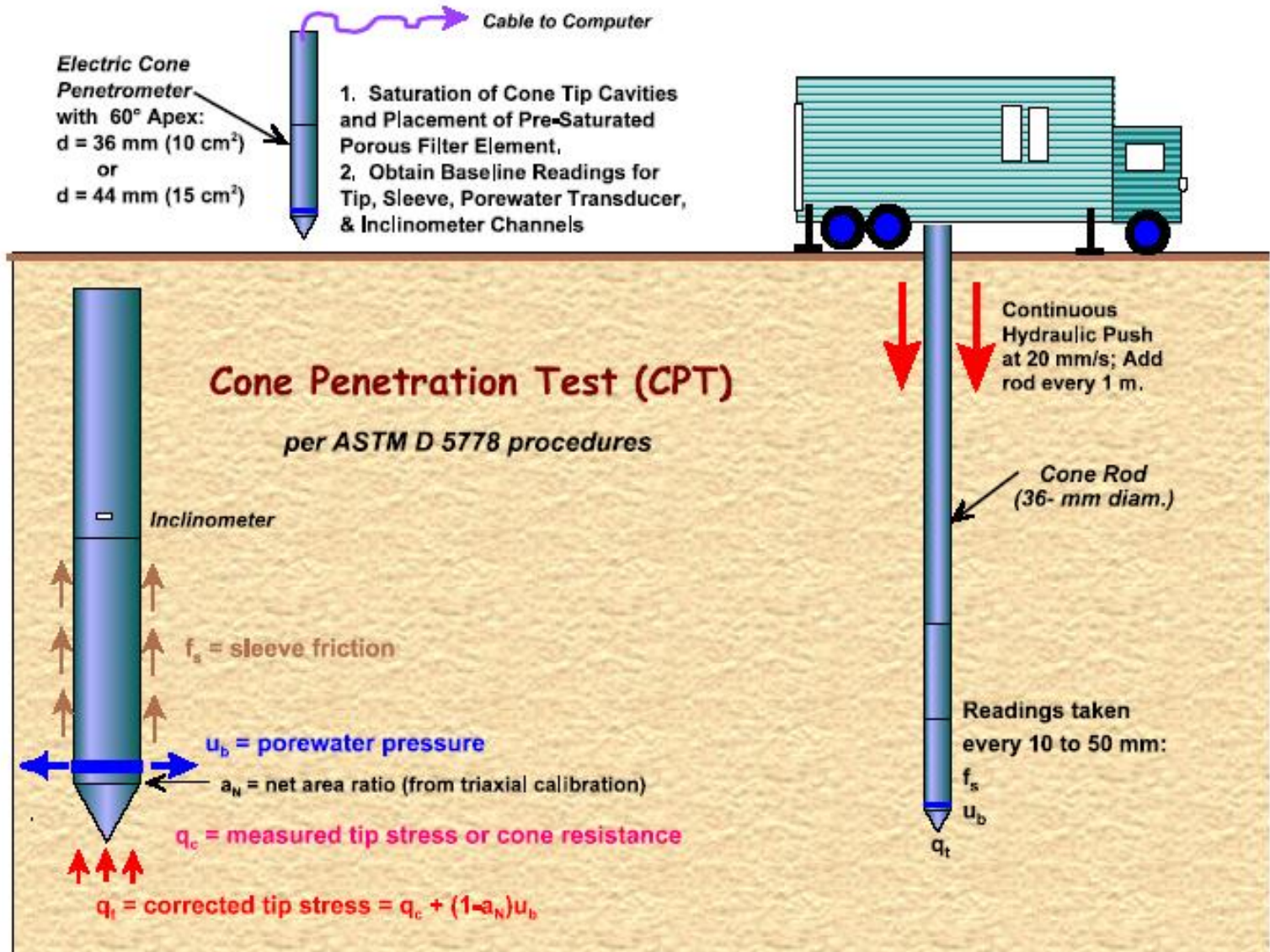
Conos Perdibles

Peso Barras AW : 6.80 Kg/m
Peso del Martillo: 61.69 Kg

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.1.2 Ensayo de cono estático eléctrico, CPT



5.1.2 Ensayo de cono estático eléctrico , CPT



Barras Ew de 1m de longitud;
Unión cónica y con un área de 2.55 cm².



Consola



Impresora, mediante señal de consola



Sensor de nivel

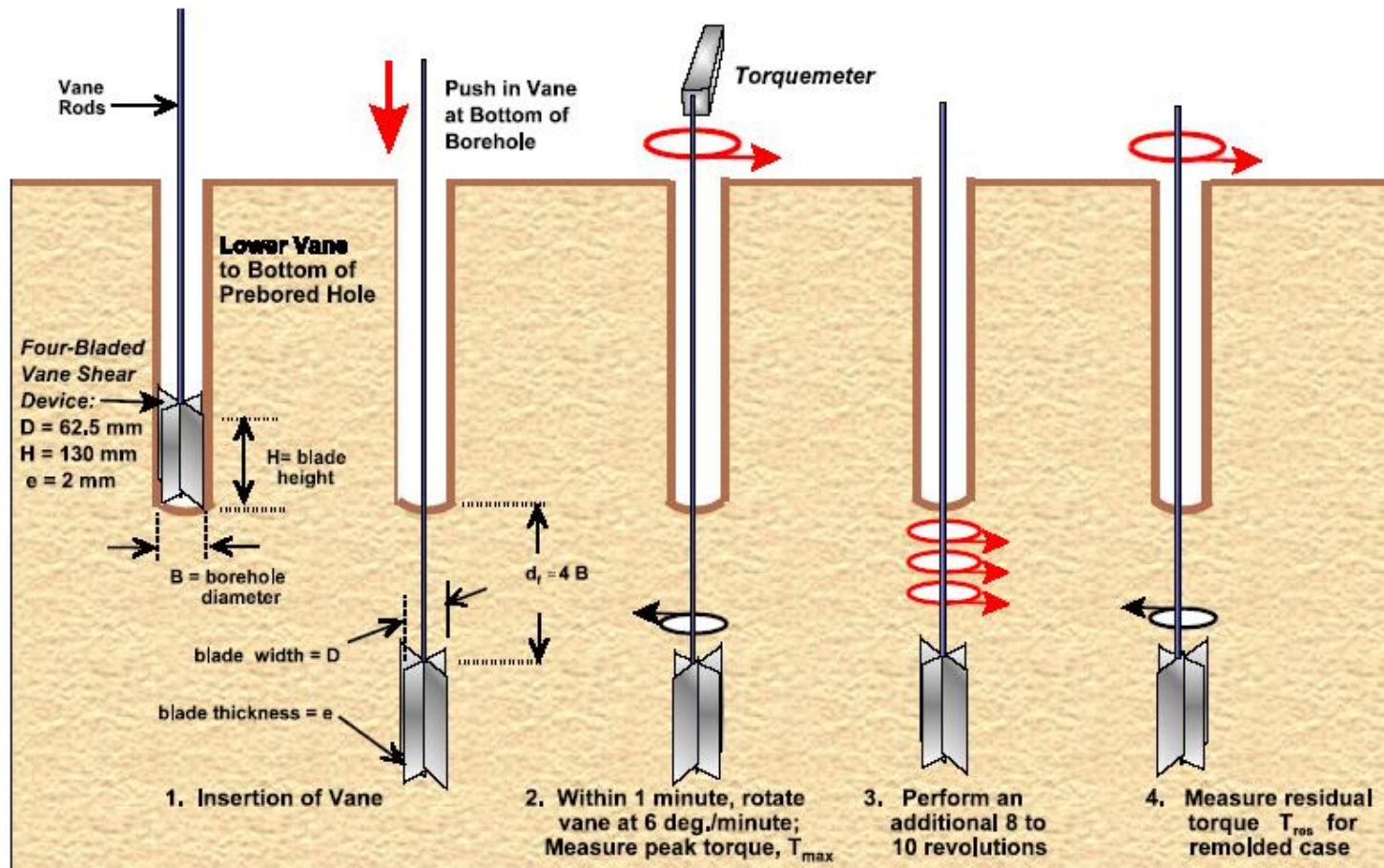
5.1.2 Ensayo de cono eléctrico , CPT



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.1.3 Ensayo de veleta de campo, VST



Vane Shear Test (VST) per ASTM D 2573:

Undrained Shear Strength: $S_{uv} = 6 T / (7\pi D^3)$ For $H/D = 2$

In-Situ Sensitivity: $S_t = S_{uv} (\text{peak}) / S_{uv} (\text{remolded})$

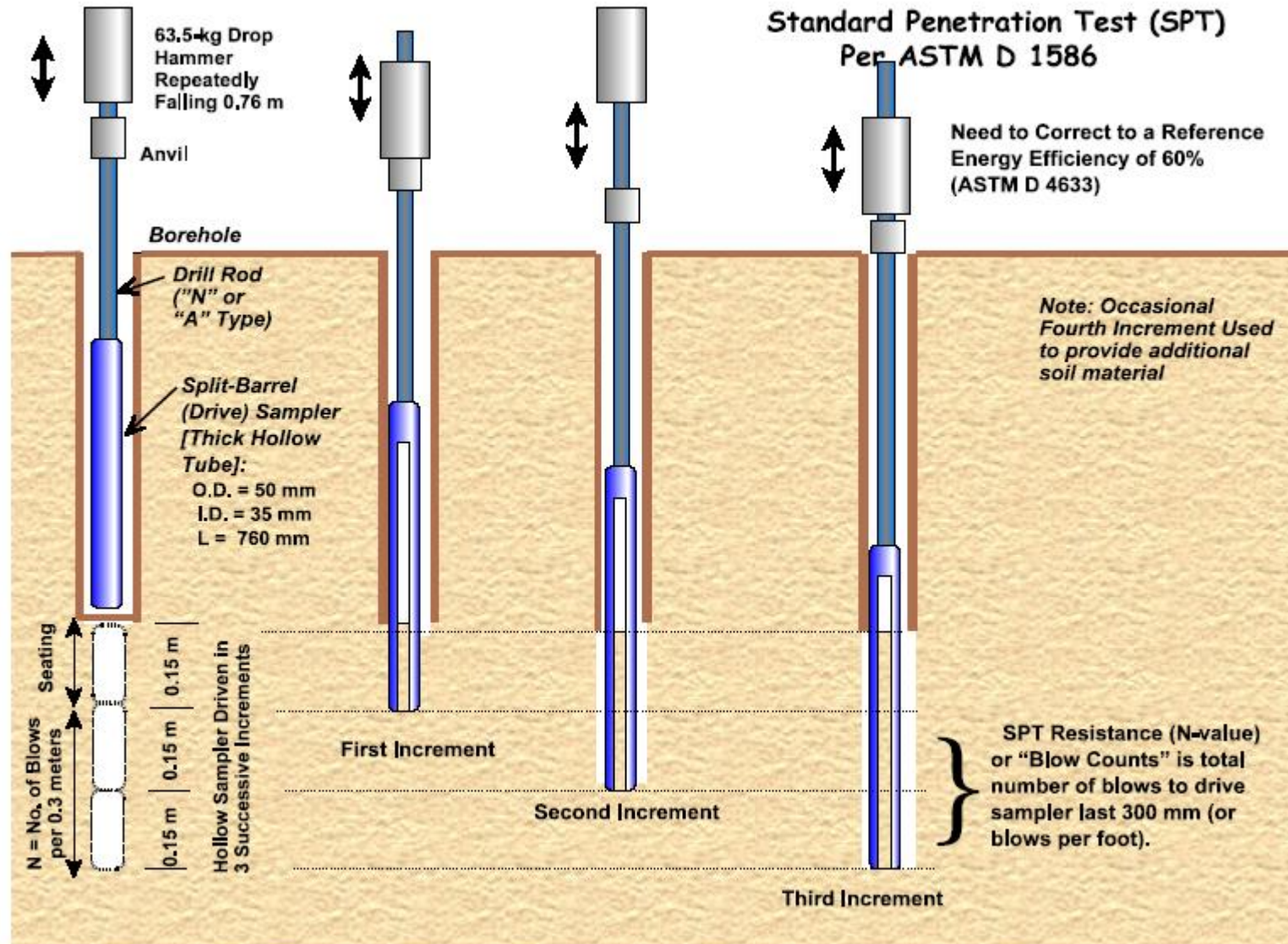
5.1.3 Ensayo de veleta de campo, VST



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.1.4 Ensayo de Penetración Estándar, SPT



Es de gran importancia La medición de la energía transmitida a las barras y al muestreador?

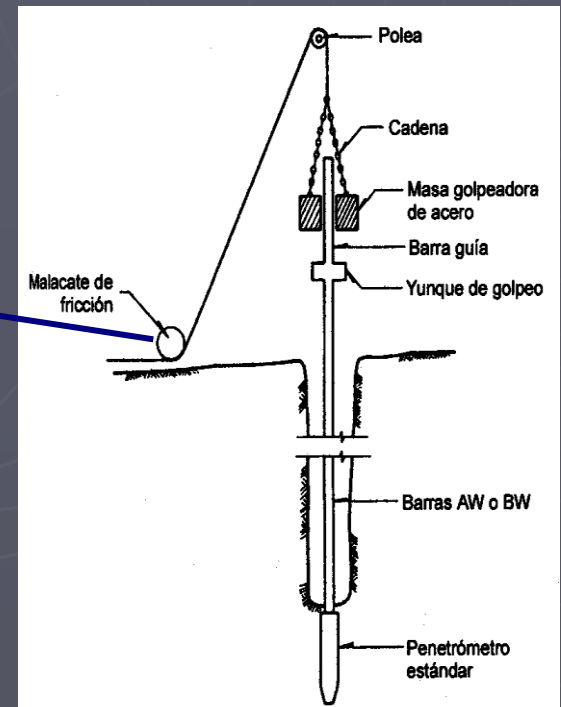


Tabla 7. Cambios en los valores de N dado por varios factores (De Kulhawy y Trautmann, 1996)

N-SPT Variables		Efectos relativos de los resultados del ensayo
Grupo	Item	
Equipo	Muestreador no estándar	Moderado
	Muestreador Deformado o dañado	Moderado
	Diámetro/Peso de varillas	Menor
	Longitud de varillas	Menor
	Varillas deformadas	Menor
	Tipos de martillo	Moderado a significativo
	Sistema de caída de martillo	Significativo
	Peso del martillo	Menor
	Tamaño del bloque de impacto	Moderado a significativo
	Clase de equipo de perforación	menor
Procesador/Operador	Tamaño del agujero	Moderado
	Método de estabilización del agujero	Menor a significante
	Limpieza del agujero	Moderado a significante
	Cabeza hidrostática insuficiente	Moderado a significante
	Preparación del muestreador	Moderado a significante
	Método de caída del martillo	Moderado a significante
	Error en el conteo de golpes	Menor

$$N_{60} = N_{\text{field}} C_E$$

Donde:

N_{60} = valor N corregido al 60% de la máxima energía teórica liberada por un martillo de 140 lbs que se deja caer desde 30 pulg.

N_{field} = valor de SPT medido en el campo.

C_E = factor de corrección de energía (ver Tabla 2)

$$C_E = (E_f / 60)$$

$$N_{60} = (E_f / 60) N_{\text{prom}}$$

E_f = sistema de energía del martillo expresada como un porcentaje de la energía teórica de un martillo de 140 lbs cayendo 30 pulg..

Hammer	Correction Factor, C_E
Automatic	1.3
Safety	1.0
Donut	0.75

Eficiencias (ER) de martillos de la prueba SPT (adaptado de Clayton, 1990)

Country	Hammer Type (per Figure 4.10)	Hammer Release Mechanism	Hammer Efficiency ER
Argentina	Donut	Cathead	0.45
Brazil	Pin weight	Hand dropped	0.72
China	Automatic	Trip	0.60
	Donut	Hand dropped	0.55
	Donut	Cathead	0.50
Colombia	Donut	Cathead	0.50
Japan	Donut	Tombi trigger	0.78–0.85
	Donut	Cathead 2 turns + special release	0.65–0.67
UK	Automatic	Trip	0.73
US	Safety	2 turns on cathead	0.55–0.60

$$N_{60} = \frac{ER(C_B C_S C_R) N_{campo}}{0.60}$$

Donde,

ER, es la eficiencia del martillo, tabla
 C_B , factor de corrección por el diámetro de
 la perforación

C_S , corrección de la muestra

C_R , corrección por longitud de la barra

Factores de corrección (adaptado de Skempton, 1986)

Factor	Equipment Variables	Value
Borehole diameter factor, C_B	65–115 mm (2.5–4.5 in)	1.00
	150 mm (6 in)	1.05
	200 mm (8 in)	1.15
Sampling method factor, C_S	Standard sampler	1.00
	Sampler without liner (not recommended)	1.20
Rod length factor, C_R	3–4 m (10–13 ft)	0.75
	4–6 m (13–20 ft)	0.85
	6–10 m (20–30 ft)	0.95
	>10 m (>30 ft)	1.00

Efecto de la presión de confinamiento en arenas

- La resistencia a la penetración de materiales pocos cohesivos (arenas) dependen fuertemente de la presión de confinamiento.
- Multiplicando N_{60} por C_N , los efectos de la presión de confinamiento son compensados.
- ▶ Considerando la ecuación propuesta por Liao y Whitman (1986) se determina el valor de $(N_1)_{60}$ como:

$$(N_1)_{60} = N_{60} \sqrt{\frac{100kPa}{\sigma'_z}}$$

C_N

Variabilidad de la Energía por profundidades

SPT Analyzer.

- El equipo procesa automáticamente las señales que se producen debido a la propagación de la onda compresional, y automáticamente y en tiempo real integra la aceleración para obtener la velocidad de la partícula en la barra $v(t)$.
- Usando la ley de Hooke, y del registro tiempo historia de la deformación unitaria $\varepsilon(t)$, se obtiene el registro de la fuerza $F(t)$.
Los instrumentos fueron calibrados en las oficinas de Pile Dynamic Inc, Cleveland, OH.

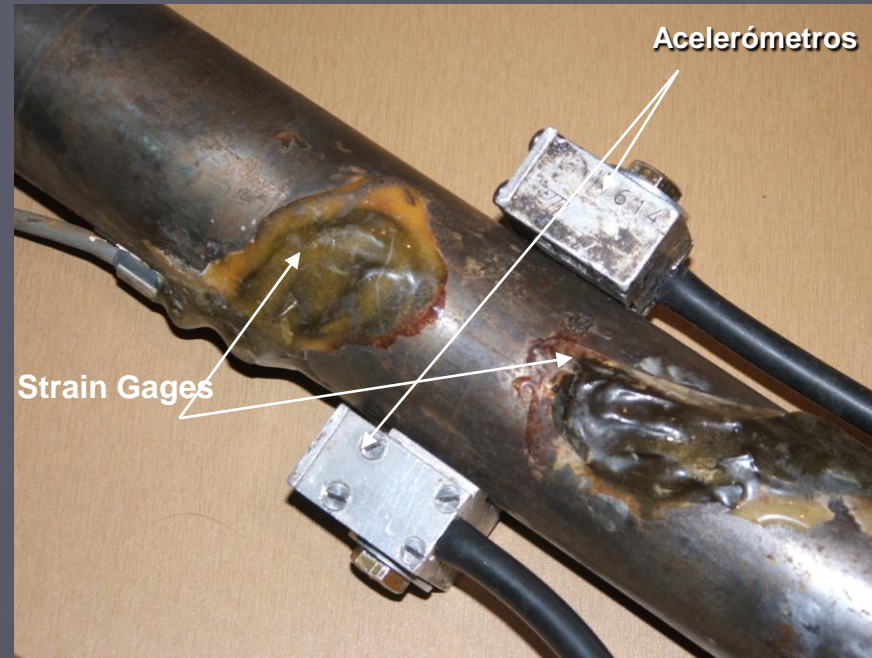
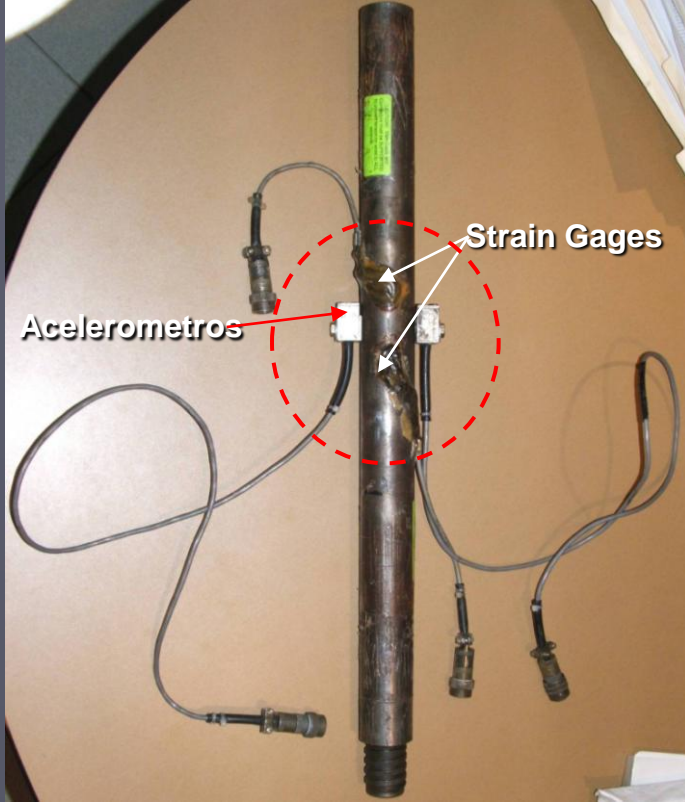
La energía transmitida se la midió como, la integral:

$$EFV = \int_{t=0}^{t=t_{\max}} F(t) \cdot v(t) dt$$

- t_{\max} = el tiempo en el cual se produce la energía máxima entre el tiempo t_0 y el final del registro
- $F(t)$ = la medición del registro fuerza-tiempo
- $v(t)$ = la medición del registro de velocidad-tiempo

A esta relación se la conoce como el **método Fuerza- Velocidad, EFV**

Barra Instrumentada AWJ



Dimensiones:
DE:44.5mm
DI: 34mm
A: 6.47cm²
L:600mm

Se colocaron:

Dos acelerómetros piezoresistente diametralmente opuesto, sobre un bloque de acero

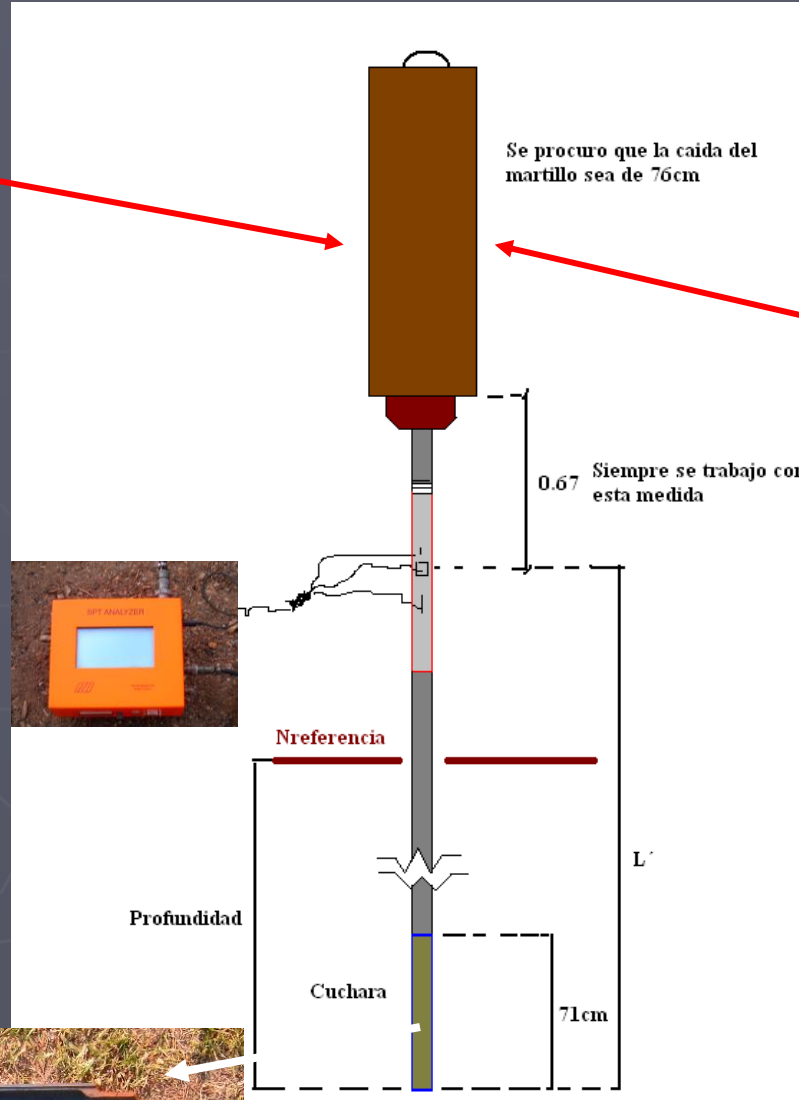
Dos medidores de deformación (Strain Gages) soldados a la barra.

Barrad de 60 cms de longitud tipo AWJ

Instrumentos fueron conectados en un Analizador de señales, **SPT Analyzer™ (Pile Dynamics Inc.2000)**



Martillo tipo DONUT



Martillo tipo SAFETY





Diferencias entre el martillo Safety (SEGURO) y el Donut (Usado en la Ciudad de Guayaquil)

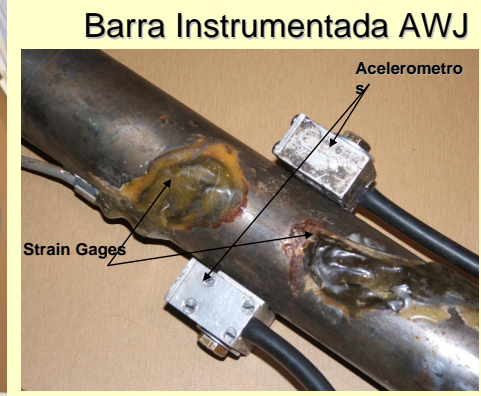
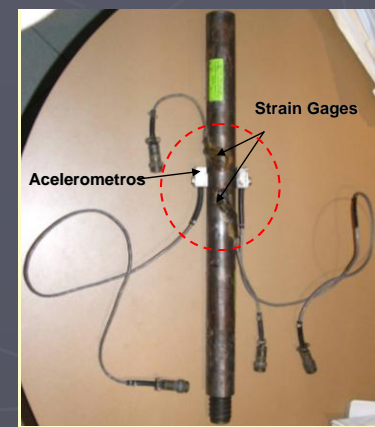


Cambios en los valores de N dado por varios factores (Kulhawy y Trautmann, 1996)

N-SPT Variables		Efectos relativos de los resultados del ensayo
Grupo	Item	
Equipo	Muestreador no estándar	Moderado
	Muestreador Deformado o dañado	Moderado
	Diámetro/Peso de varillas	Menor
	Longitud de varillas	Menor
	Varillas deformadas	Menor
	Tipos de martillo	Moderado a significativo
	Sistema de caída de martillo	Significativo
	Peso del martillo	Menor
Procesador/Operador	Tamaño del agujero	Moderado
	Método de estabilización del agujero	Menor a significativa
	Limpieza del agujero	Moderado a significativa
	Cabeza hidrostática insuficiente	Moderado a significativa
	Preparación del muestreador	Moderado a significativa
	Método de caída del martillo	Moderado a significativa
	Error en el conteo de golpes	Menor



$$CE = (ER/60) \quad N_{60} = (ER/60) N_{prom}$$



Dimensiones:
 DE: 44.5mm
 DI: 34mm
 A: 6.47cm²
 L: 600mm



Geostudios

GYE TRINIPUERTO

F (200)
V (7.65)

TS: 12.8
TB: 7.7



Pile Driving Analy

Martillo tipo
DONUT

Geostudios

Martillo tipo
SAFETY

Pile Driving Analyzer ®

GYE-3S

Se precuro que la vida del martillo sea de 7 años

0.67 Siempre se trabajo con esta medida

Profundidad

Referencia

Cuchara

TB: 7.7

A34 F34

Project Information

PROJECT: GYE TRINIPUERTO
PILE NAME: GYE-3S
DESCR: CATHEAD & ROPE;DONUT CEVACONSULFVPW0.67[];EOSUELOS
OPERATOR: XVG & ETO
FILE: GYE-3S
02/06/2005 17:00:01
Blow Number 35

Quantity Results

FMX 56 kN
VMX 2.97 m/s
EMX 0.19 kN-m
E2E 0.19 kN-m
ETR 39.9 (%)
EF2 0.18 kN-m
BPM 20 bpm
EFV 0.19 kN-m

ER=40%

Pile Properties

LE 23.95 m
AR 6.47 cm²
EM 206840 MPa
SP 77.3 kN/m³
WS 5123.0 m/s
EA/C 26 kN-s/m
2L/C 9.24 ms
JC 0.00 []
LP 23.15 m

Sensors

F3: [F1] 220.7 (1)
F4: [F2] 221.51 (1)
A3: [A1] 360 mv/5000g's (1)
A4: [A2] 435 mv/5000g's (1)
CLIP: OK
F3/F4: OK 1.06
V3/V4: OK 1.03

Project Information

PROJECT: GYE TRINIPUERTO
PILE NAME: GYE-3S
DESCR: CATHEAD & ROPE;DONUT CEVACONSULFVPW0.60[];EOSUELOS
OPERATOR: XVG & ETO
FILE: GYE-3S
03/06/2005 10:38:01
Blow Number 44

Quantity Results

FMX 59 kN
VMX 3.17 m/s
EMX 0.28 kN-m
E2E 0.28 kN-m
ETR 60.0 (%)
EF2 0.20 kN-m
BPM 0 bpm
EFV 0.28 kN-m

ER=60%

Pile Properties

LE 24.94 m
AR 6.47 cm²
EM 206840 MPa
SP 77.3 kN/m³
WS 5123.0 m/s
EA/C 26 kN-s/m
2L/C 9.62 ms
JC 0.00 []
LP 24.65 m

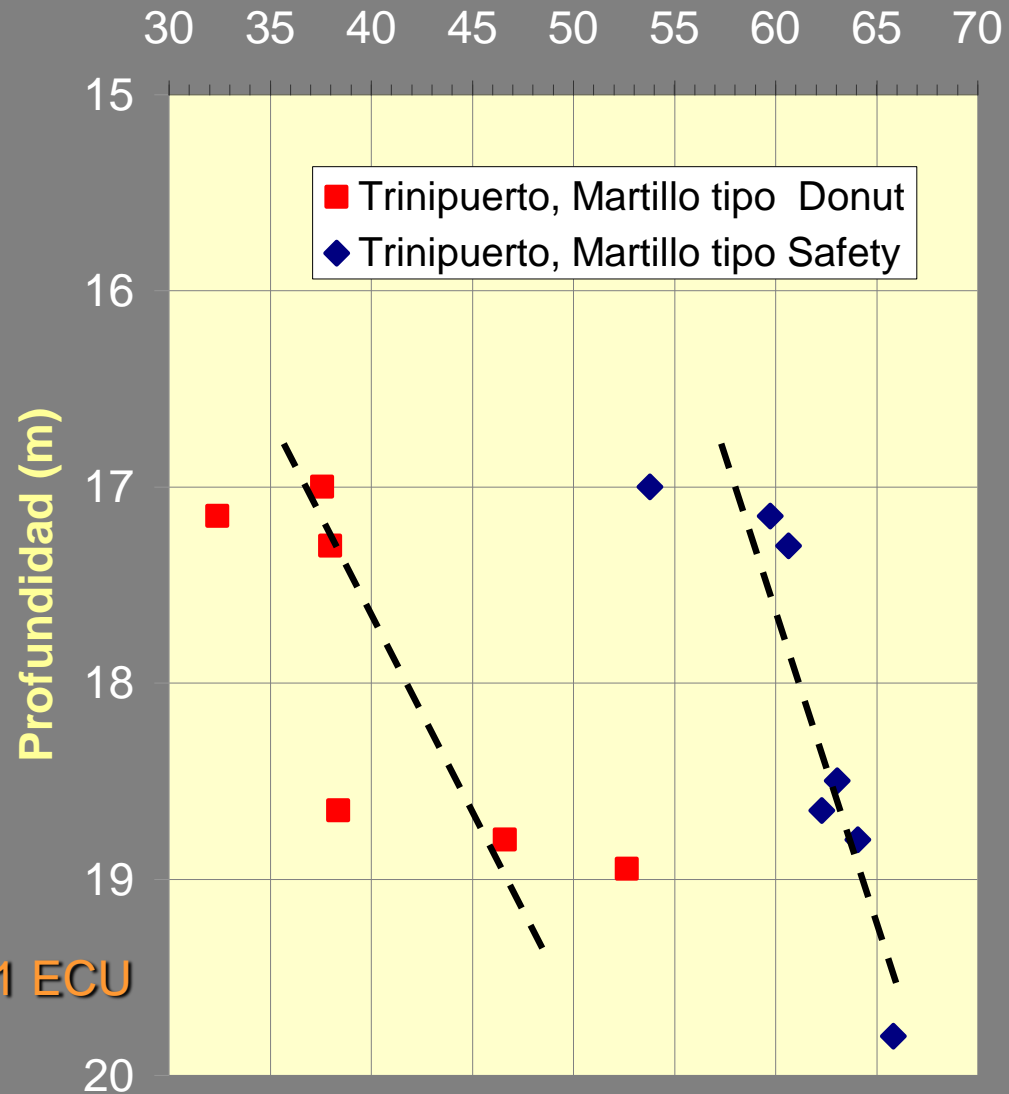
Sensors

F3: [F1] 220.7 (1)
F4: [F2] 221.51 (1)
A3: [A1] 360 mv/5000g's (1)
A4: [A2] 435 mv/5000g's (1)
CLIP: OK
F3/F4: OK 0.87
V3/V4: OK 0.80

ER = energía transmitida/ energía teórica (474.5 joules)

475 joules = 0.47 kN-m

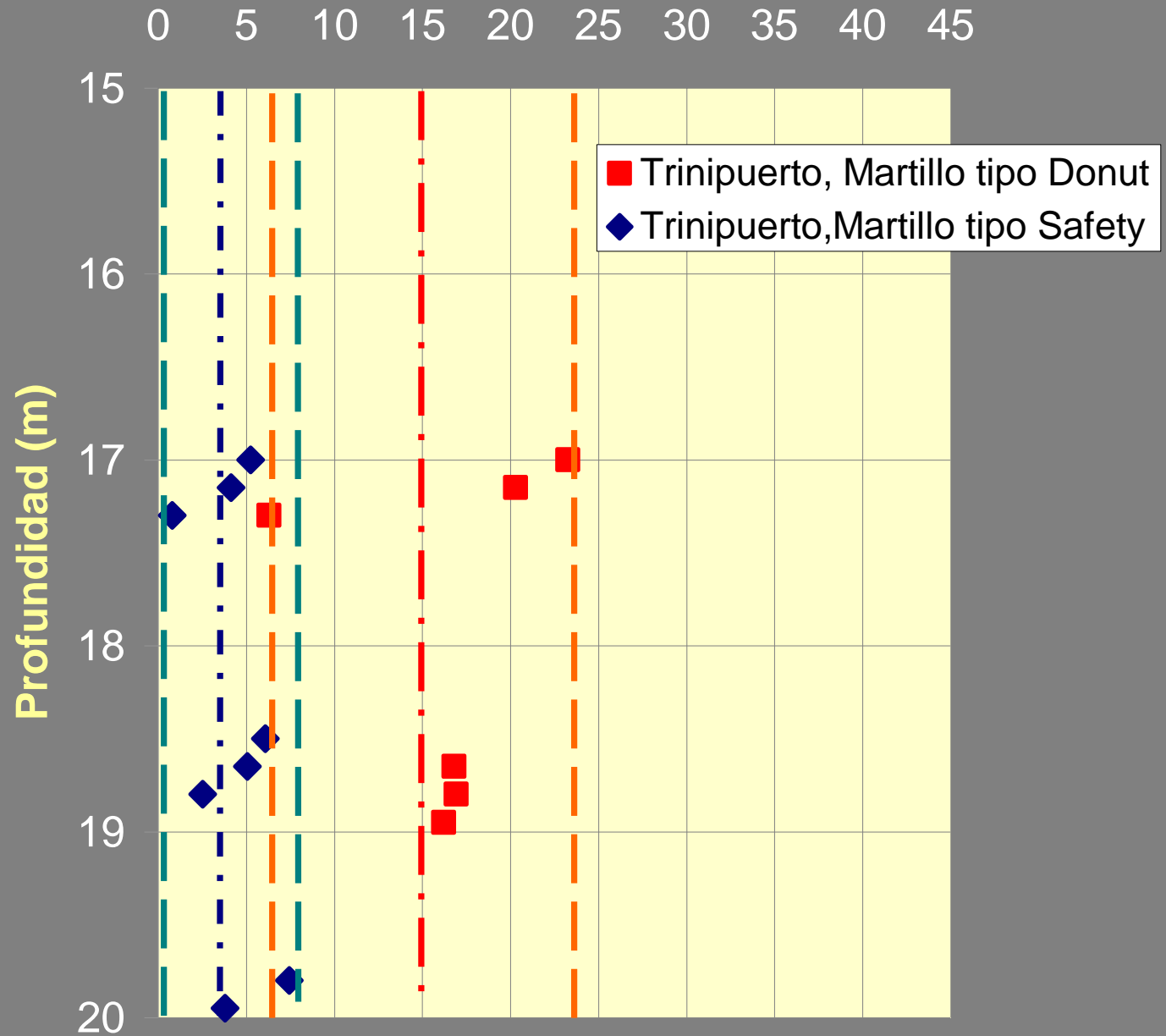
ER (%)



Sitio GYE 03S / 211 ECU

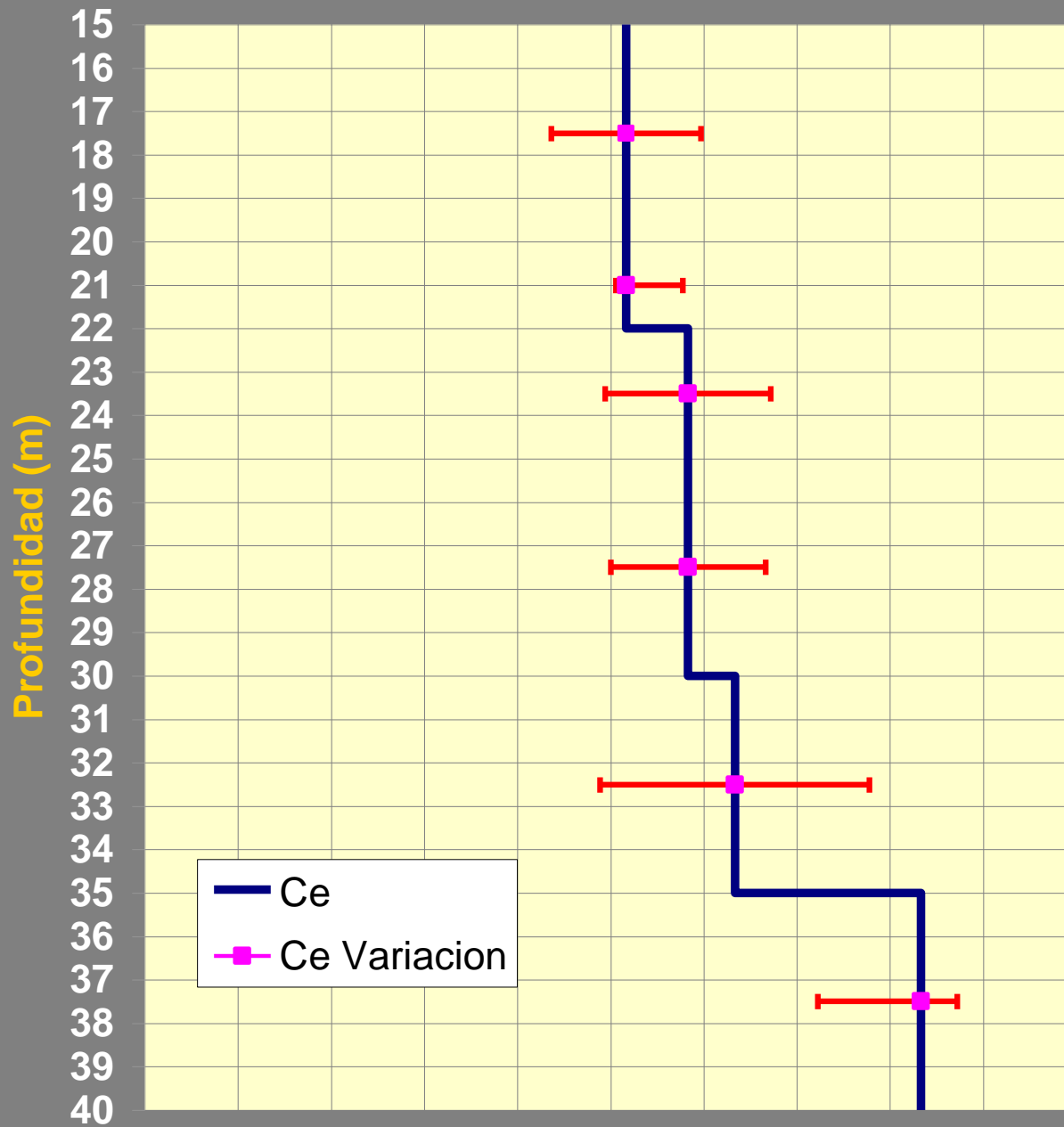
Coeficiente de Variación de ER

Cov (%)



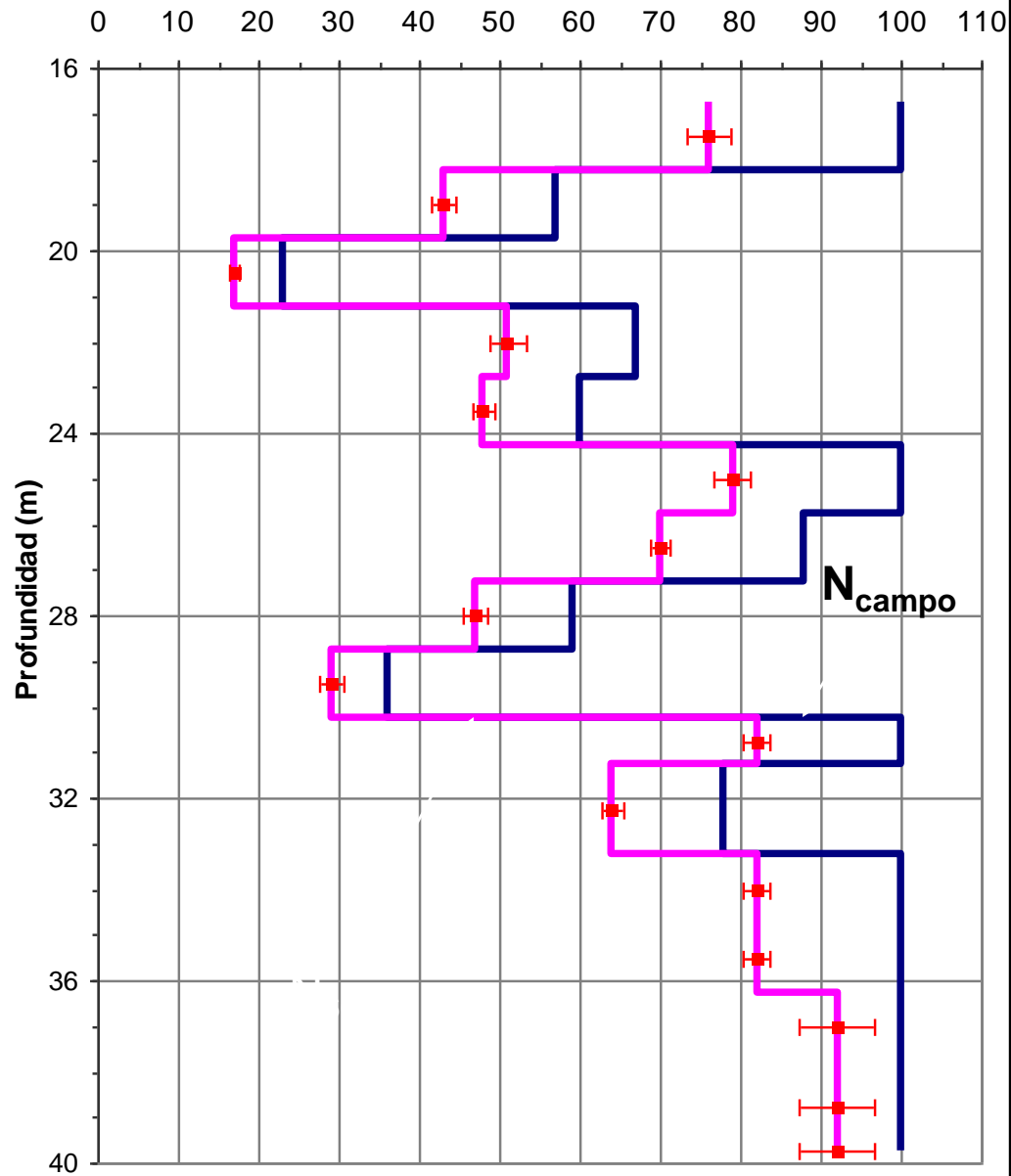
CE, Usando Martillo tipo DONUT

0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00



Pradera II S-6 213 ECU

N_{SPT}



VARIABILIDAD DE LA ENERGIA DE IMPACTO EN EL ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR, GUAYAQUIL 2005

Martillo DONUT y barras AW

Energía

Profundidad (m)	% ER	C _E	COV
15-22	45,5	0,76	0,05
22-30	47,5	0,79	0,06
30-35	49	0,82	0,09
35-40	55	0,92	0,06

Martillo SAFETY y barras AW

Energía

Profundidad (m)	% ER	C _E	COV
15-40	61	1.02	0.02

Seed, et al 1985

Tabla de Marillo	%ER	C _E
Anular ("Donut")	45	0.75
De Seguridad (Safety)	60	1
Automatico	100	1.67

Youd e Idriss, 1997

Anular ("Donut")	30 a 60	0.5 a 1.0
De Seguridad (Safety)	42 a 72	0.7 a 1.2
Automatico	48 a 78	0.8 a 1.3

Gye, 2005

DONUT	45-55	0.76-0.92
SAFETY	61-63	1.02-1.04

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| ✓ Contenido de humedad natural | norma ASTM D2216 |
| ✓ Límites de Atterberg | norma ASTM D4318 |
| ✓ Granulometría | norma ASTM D422 |
| ✓ Compresión sin confinar (simple) | norma ASTM D2166 |
| ✓ Consolidación | norma ASTM D2435-90 |
| ✓ Clasificación de Suelos | norma ASTM D2487 |
| ✓ Densidad de sólidos | norma ASTM D854 |

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.2.1 Estimación de la superficie específica (S_e) de los suelos finos



- *10.0 gr de suelo secado a horno en 30 ml de agua desionizada.*

- *1.0 gr de polvo seco de AM , en 200 ml de agua desionizada.*

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

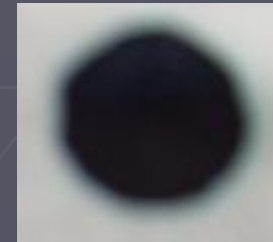
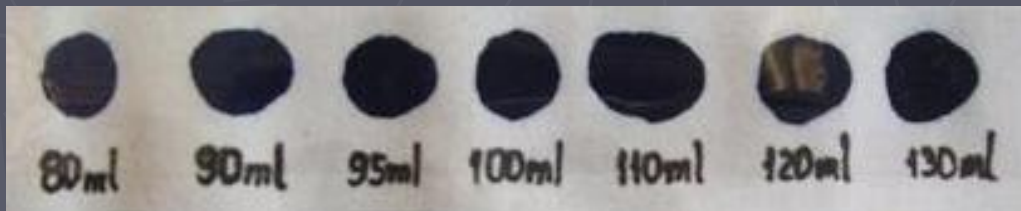
5.2.1 Estimación de la superficie específica (S_e) de los suelos finos



$$S_e = \frac{1 \text{ gr}}{319.87 \text{ gr/mol}} \cdot \frac{1}{200 \text{ ml}} \cdot (N) \cdot N_{AV} \cdot A_{AM} \cdot \frac{1}{10 \text{ gr}}$$

Donde:

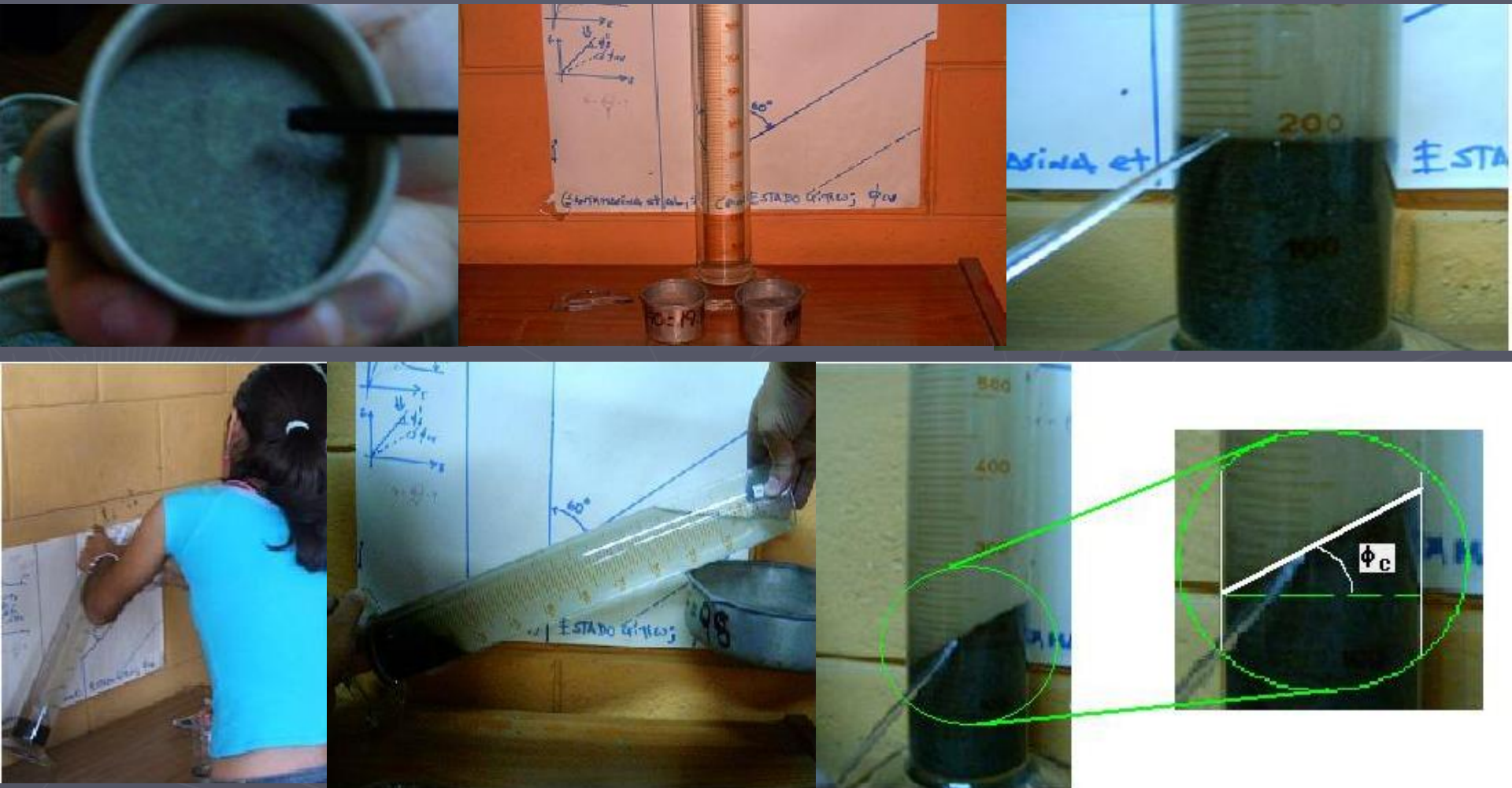
$N_{AV} = 6.02 \times 10^{23}$ moléculas/mol es el Número de Avogadro
 A_{AM} es el área cubierta por un catión de AM, asumida generalmente en 130 \AA



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

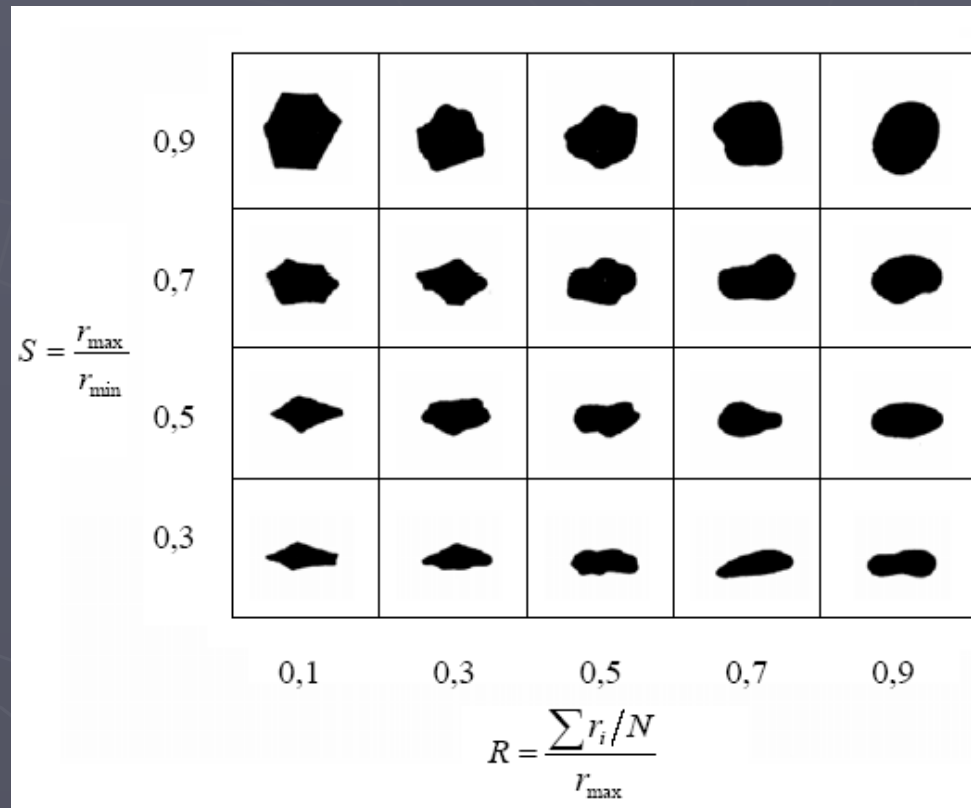
5.2.2 Estimación del ángulo de fricción en el estado crítico



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

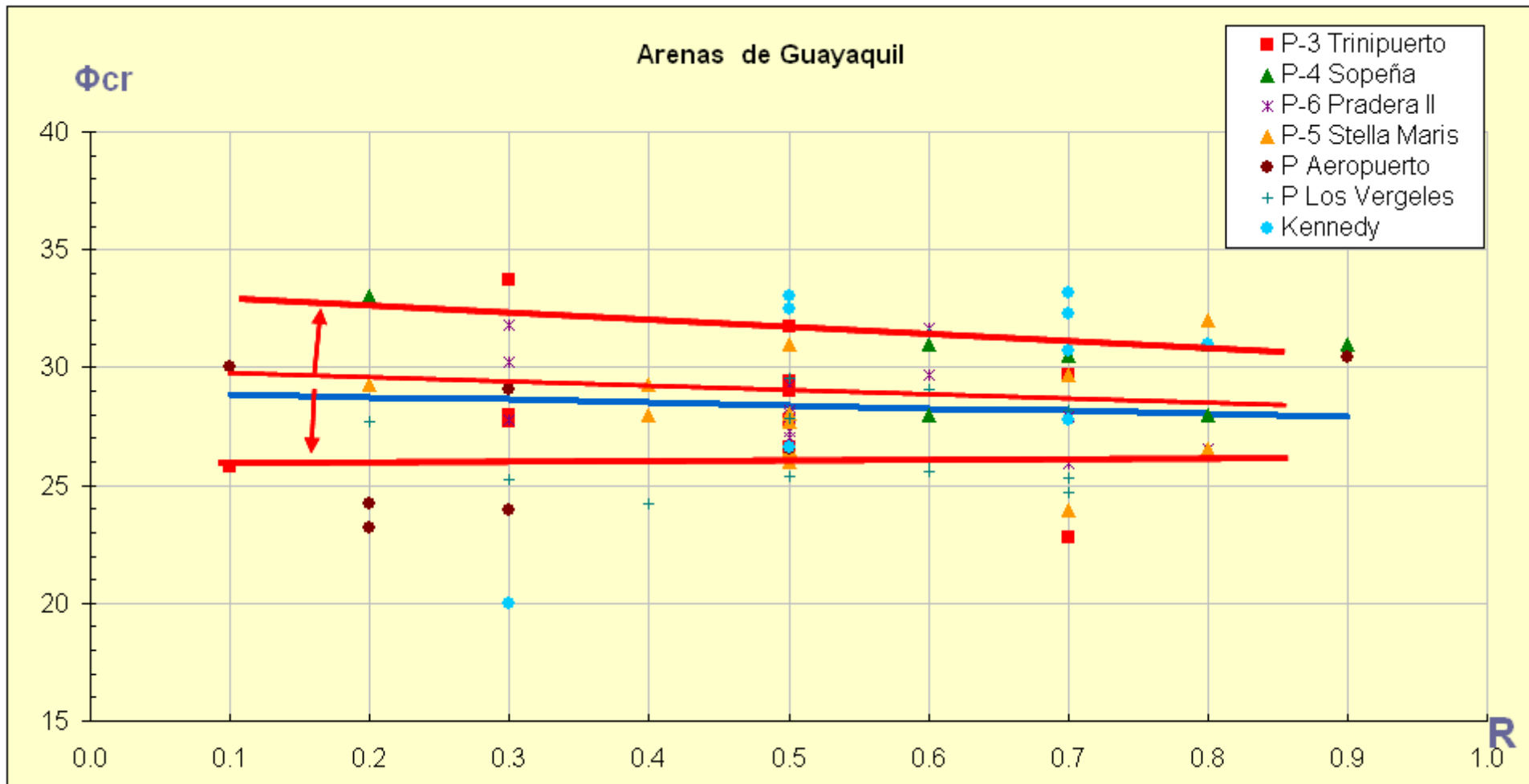
5.2.3 Estimación de la redondez y esfericidad de las arenas



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

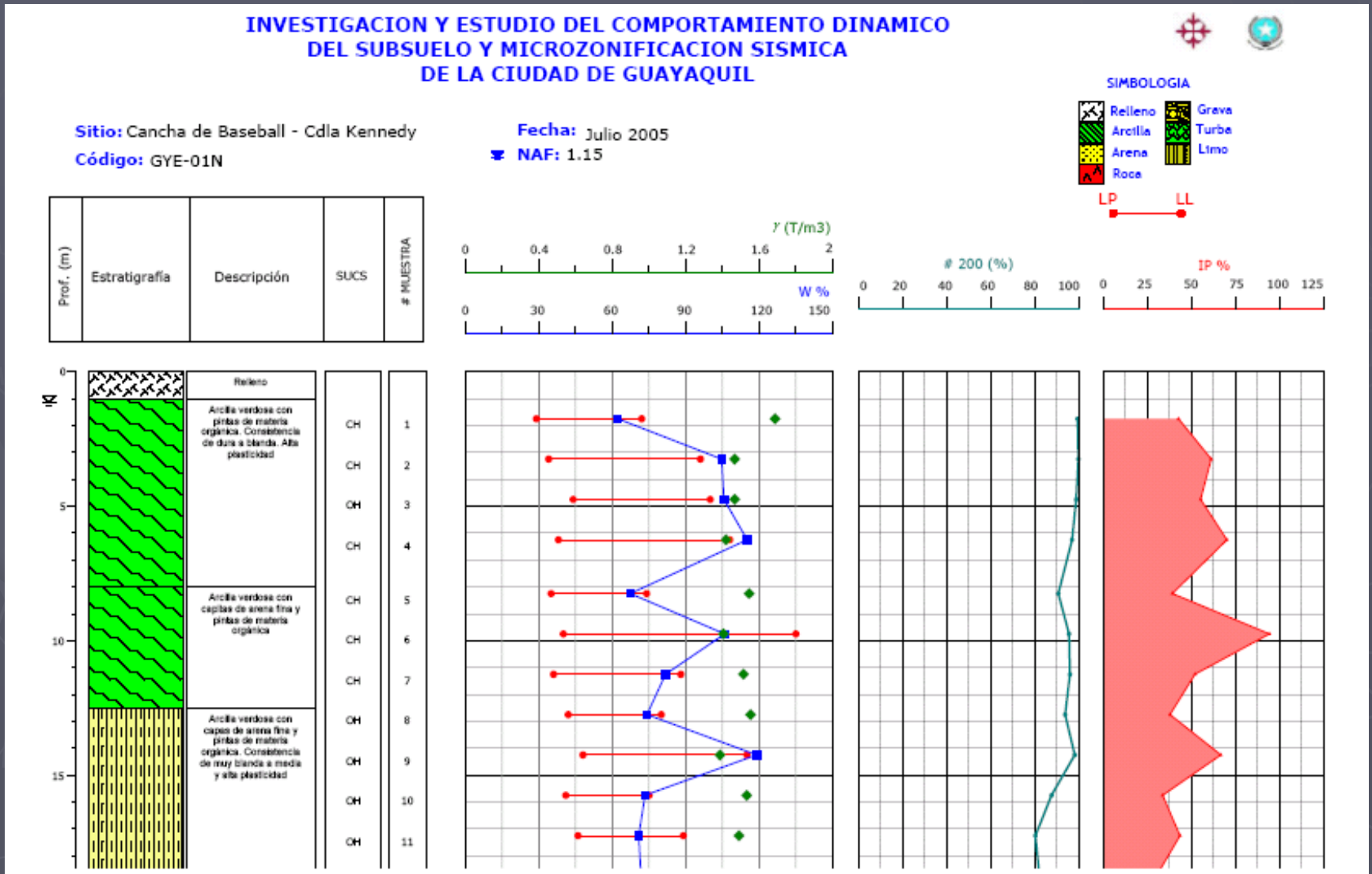
5.2.3 Estimación de la redondez y esfericidad de las arenas



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

INVESTIGACION Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINAMICO DEL SUBSUELO Y MICROZONIFICACION SISMICA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

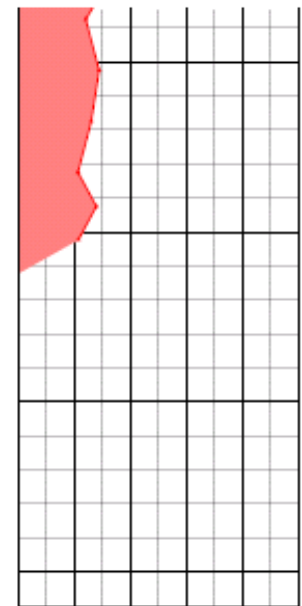
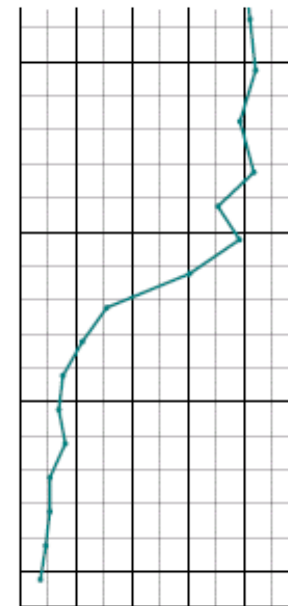
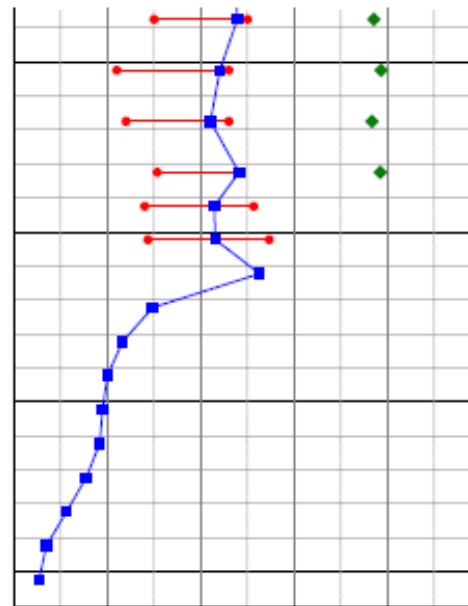
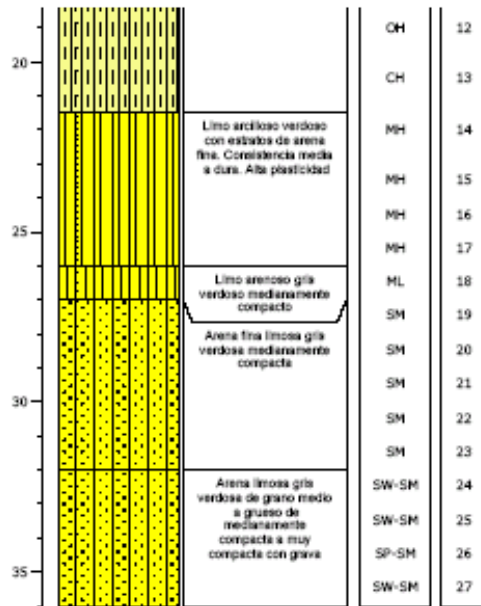
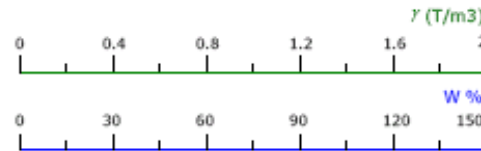


Sitio: Cancha de Baseball - Cdla Kennedy
Código: GYE-01N

Fecha: Julio 2005
NAF: 1.15



Prof. (m)	Estratigrafía	Descripción	SUCS	# MUESTRA
-----------	---------------	-------------	------	-----------

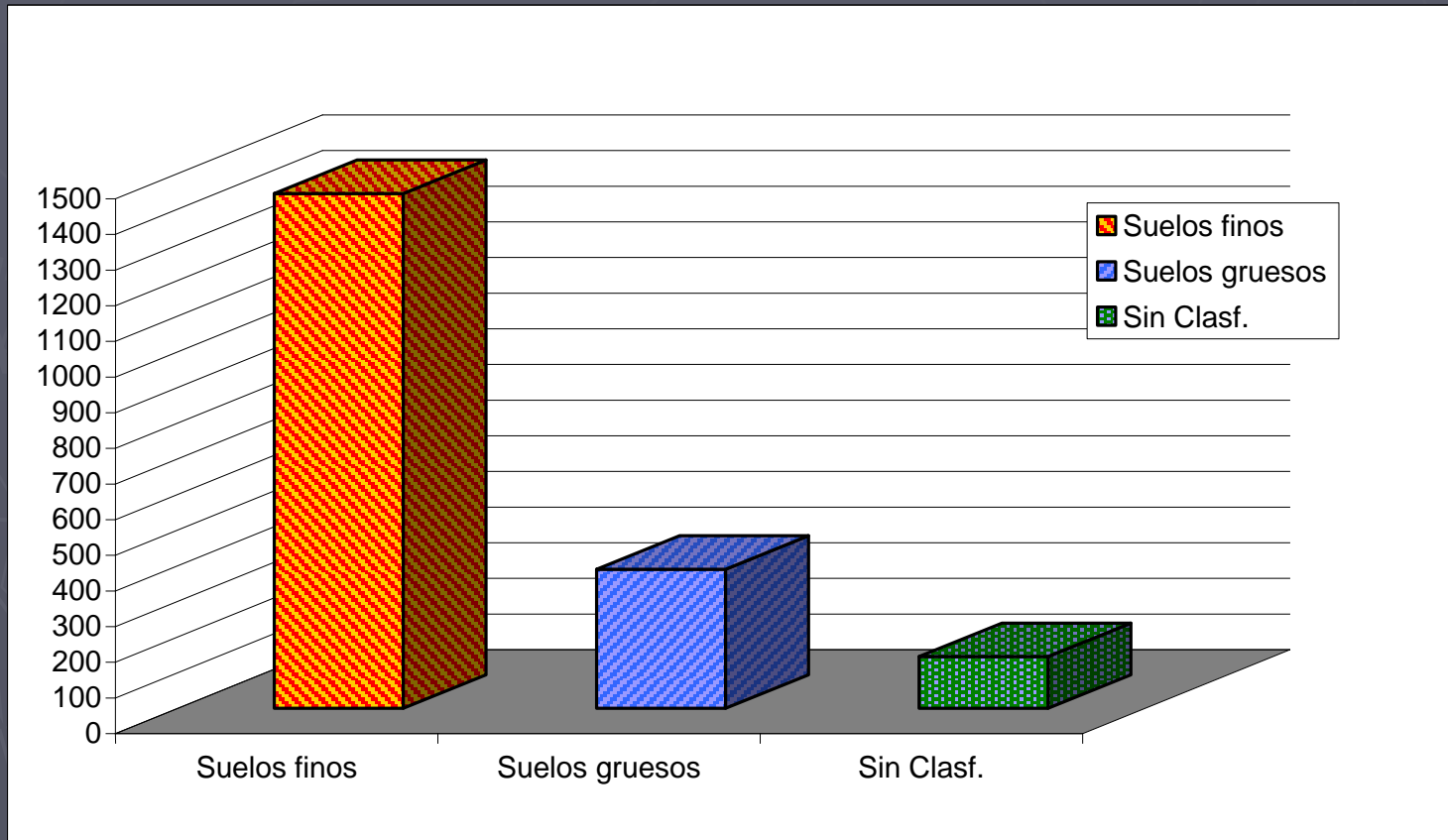


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D1 Deltaico Estuarino Este Centro

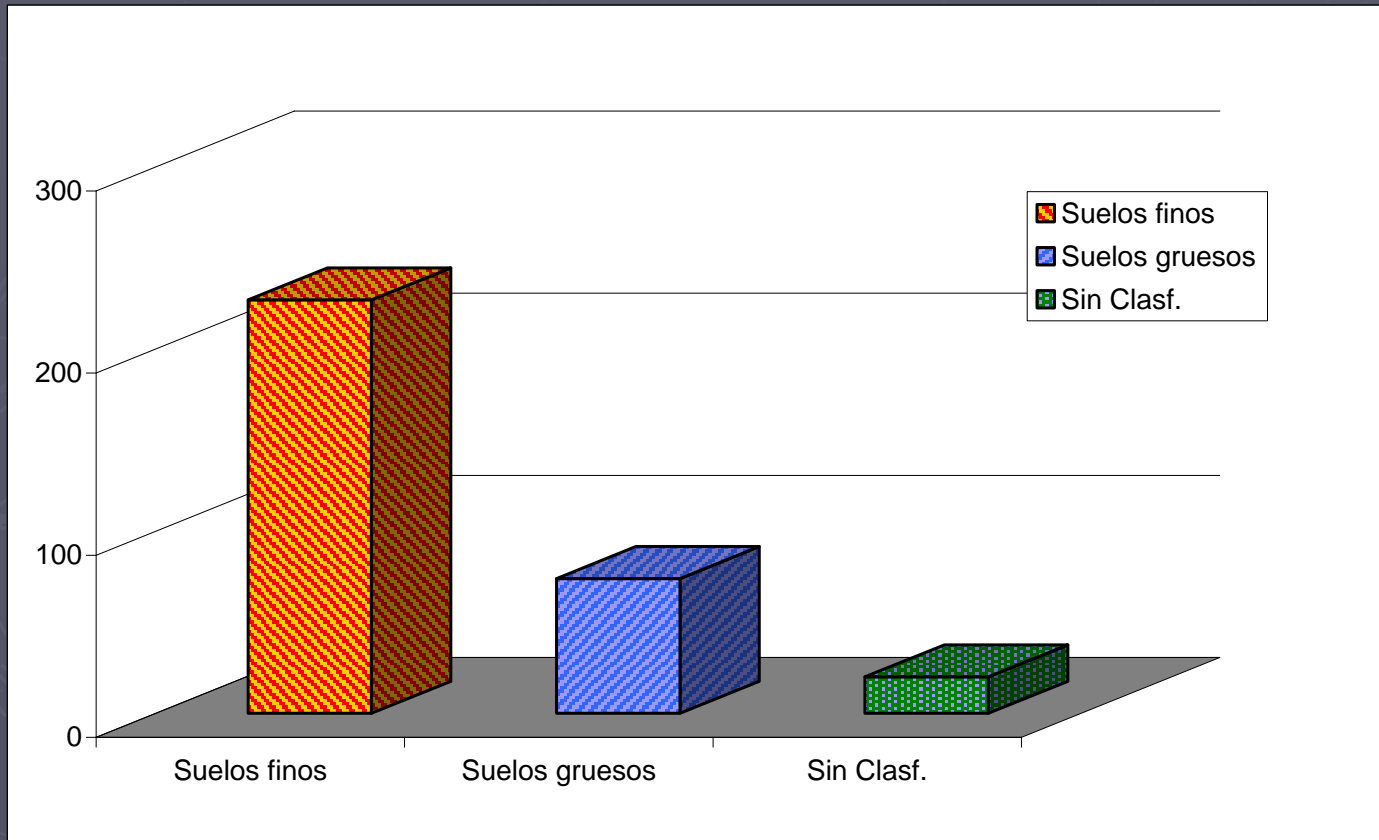


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D2 Deltáico Estuarino Sur

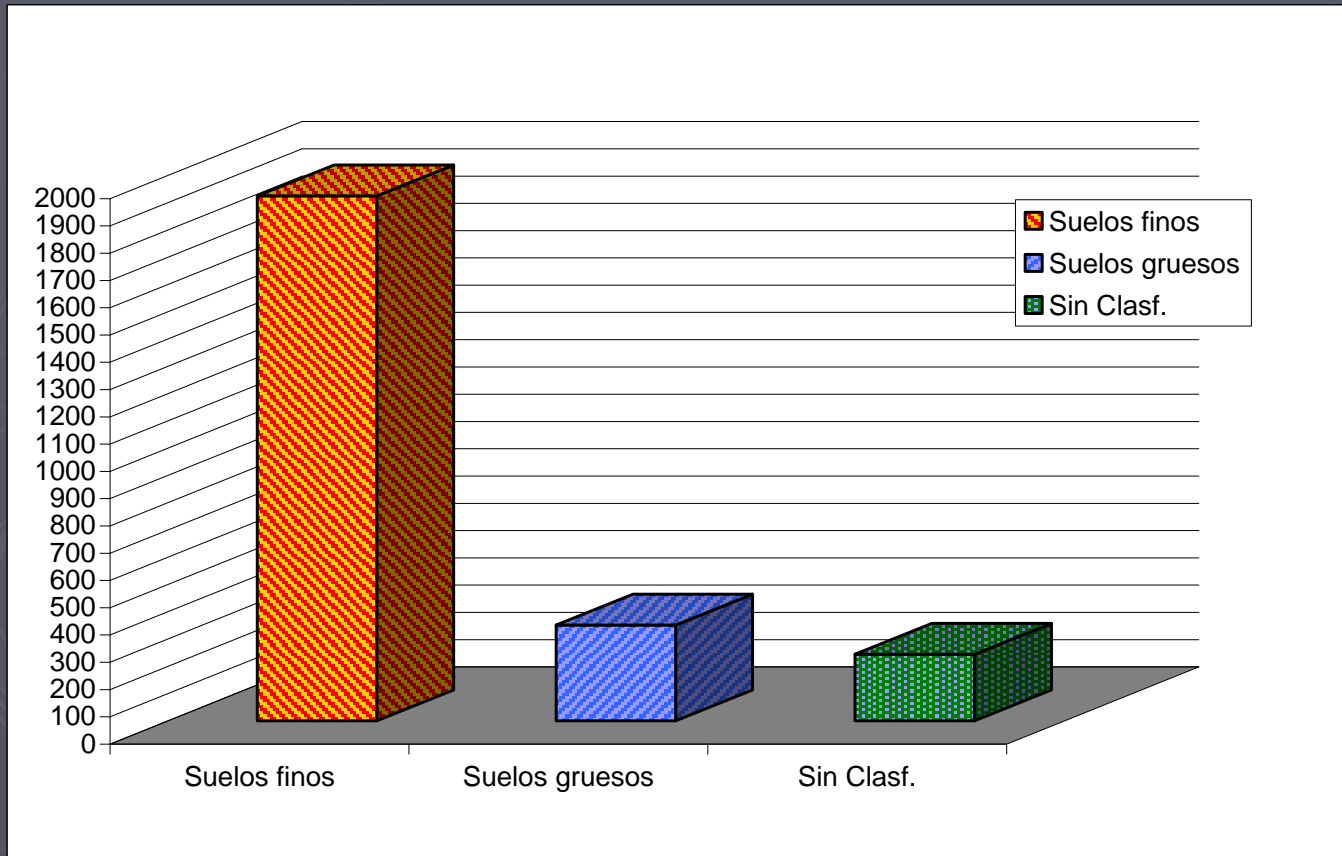


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D3 Deltáico Estuarino Oeste Norte Trinitaria

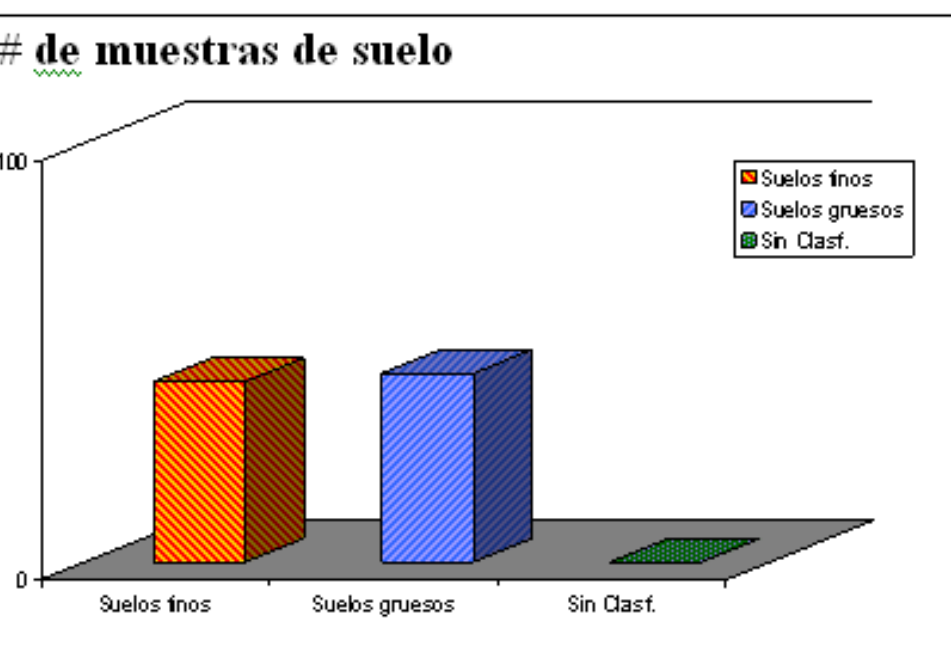


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

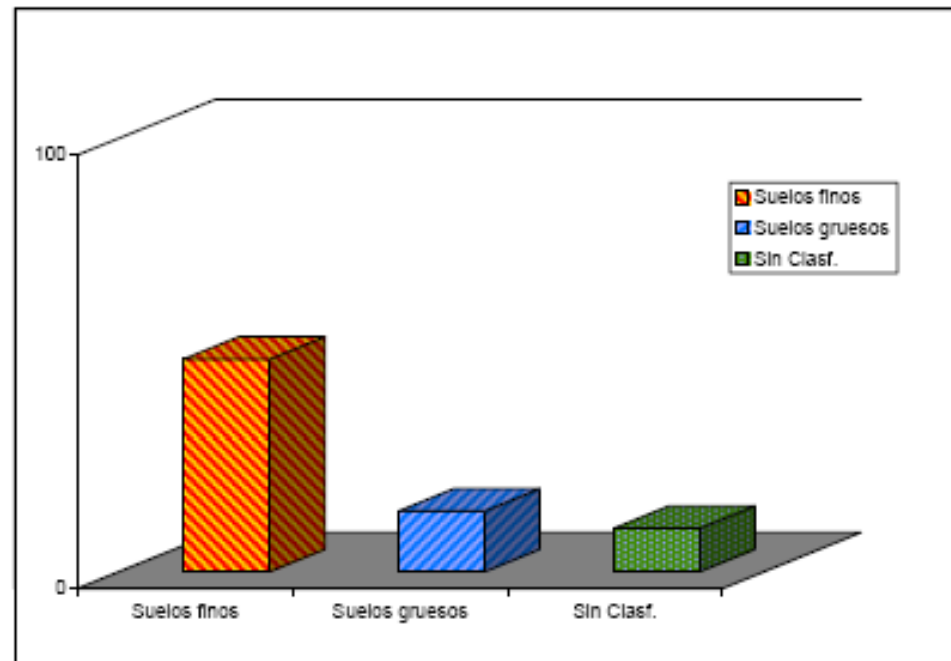
5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D4 Llanura Aluvial Norte



D4 A

$H < 10m$



D4 B

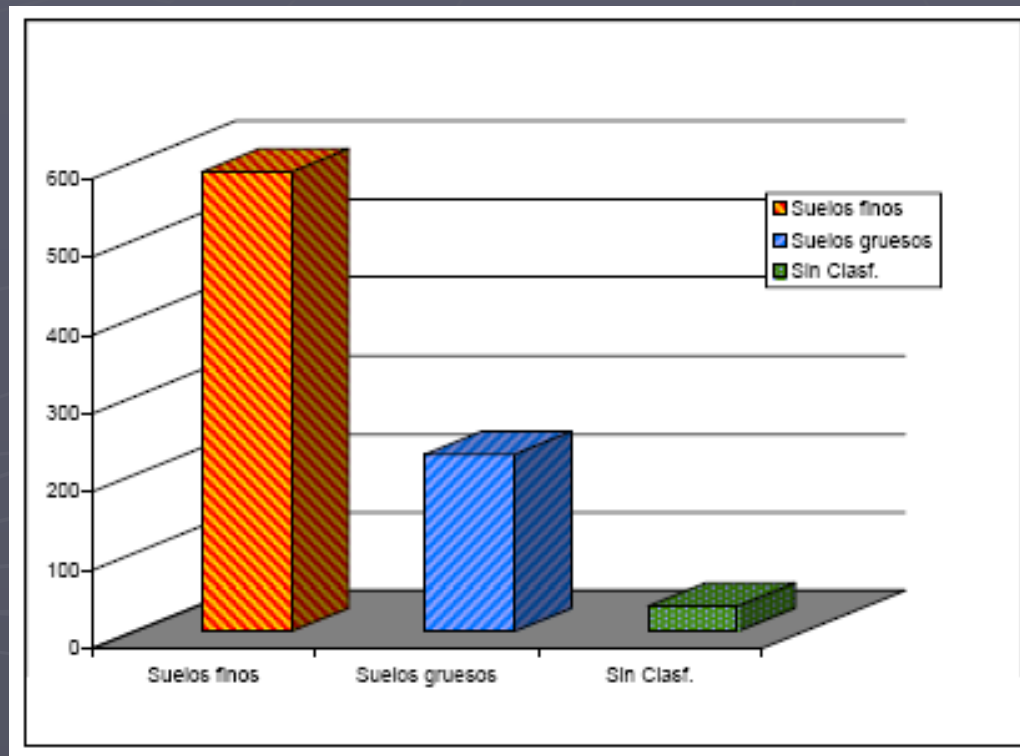
$10 < H < 20m$

CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D4 Llanura Aluvial Norte



D4 C

H > 20m



CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1 Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de laboratorio

6.1.1 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado (S_u), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

Zona geotécnica D1, Deltáico-Estuarino (Este-Centro)

$$G_{max} = \left(95 \cdot \frac{S_u}{IL} + 870\right) \cdot \sigma'_{vo}$$

COV: 0.25

Zona geotécnica D2, Deltáico-Estuarino (Sur)

$$G_{max} = \left(35 \cdot \frac{S_u}{IL} + 3325\right) \cdot \sigma'_{vo}$$

COV: 0.15

Donde

$G_{max} = (t/m^2)$, $S_u = (t/m^2)$, $\sigma'_{vo} = (t/m^2)$, $IL = \%$

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1 Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de laboratorio

6.1.1 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado (S_u), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

Zona geotécnica D3, Deltáico-Estuarino (Oeste–Norte-Trinitaria)

$$G_{max} = \left(625 \cdot \frac{S_u}{IL} + 70\right) \cdot \sigma'_{vo}$$

COV: 0.35

Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

$$G_{max} = \left(60 \cdot \frac{S_u}{IL} + 1000\right) \cdot \sigma'_{vo}$$

COV: 0.23

Donde

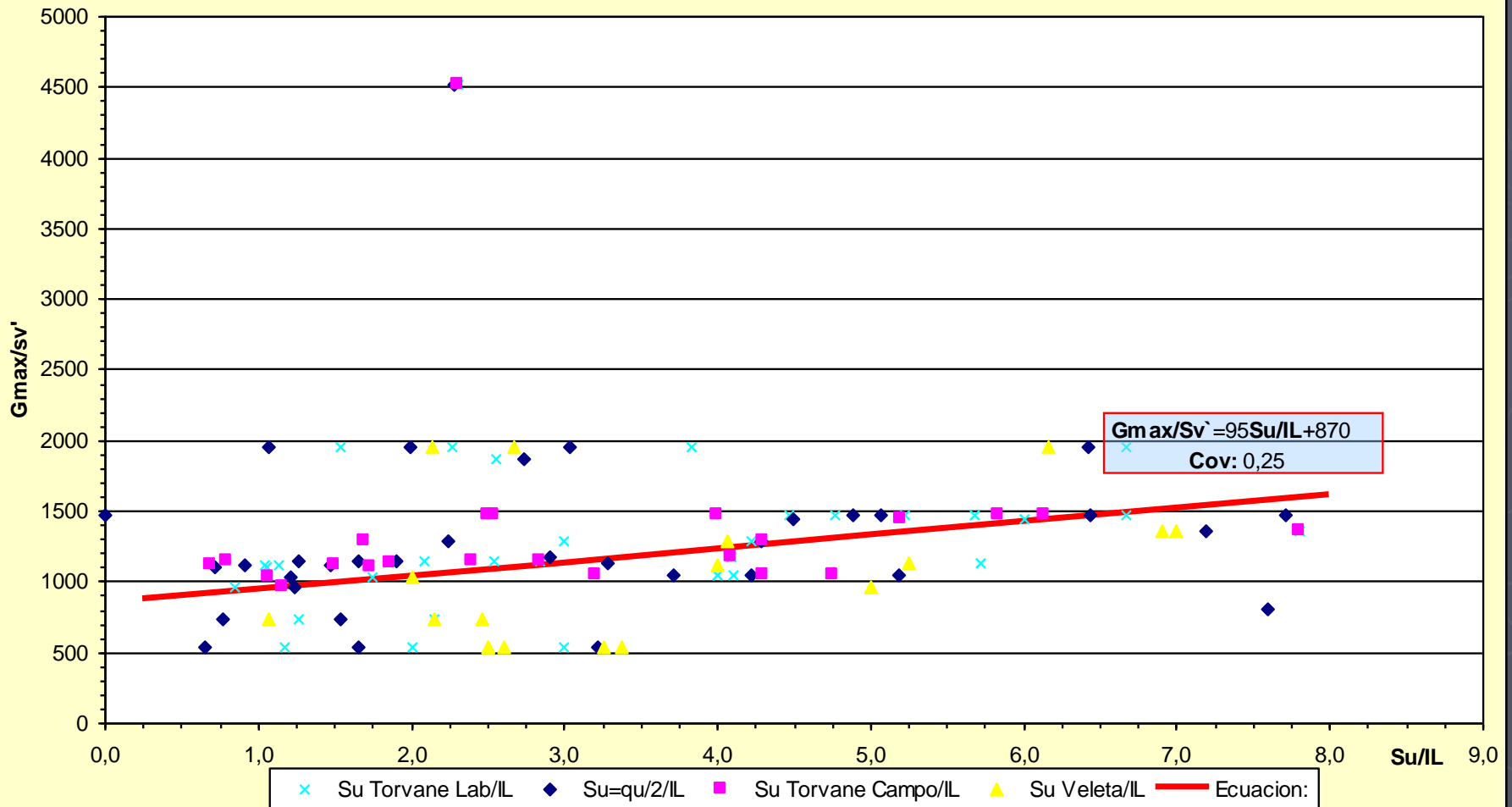
$G_{max} = (t/m^2)$, $S_u = (t/m^2)$, $\sigma'_{vo} = (t/m^2)$, $IL = \%$

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1.1 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado (S_u), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

D1: Deltaico-Estuarino (Este-Centro)

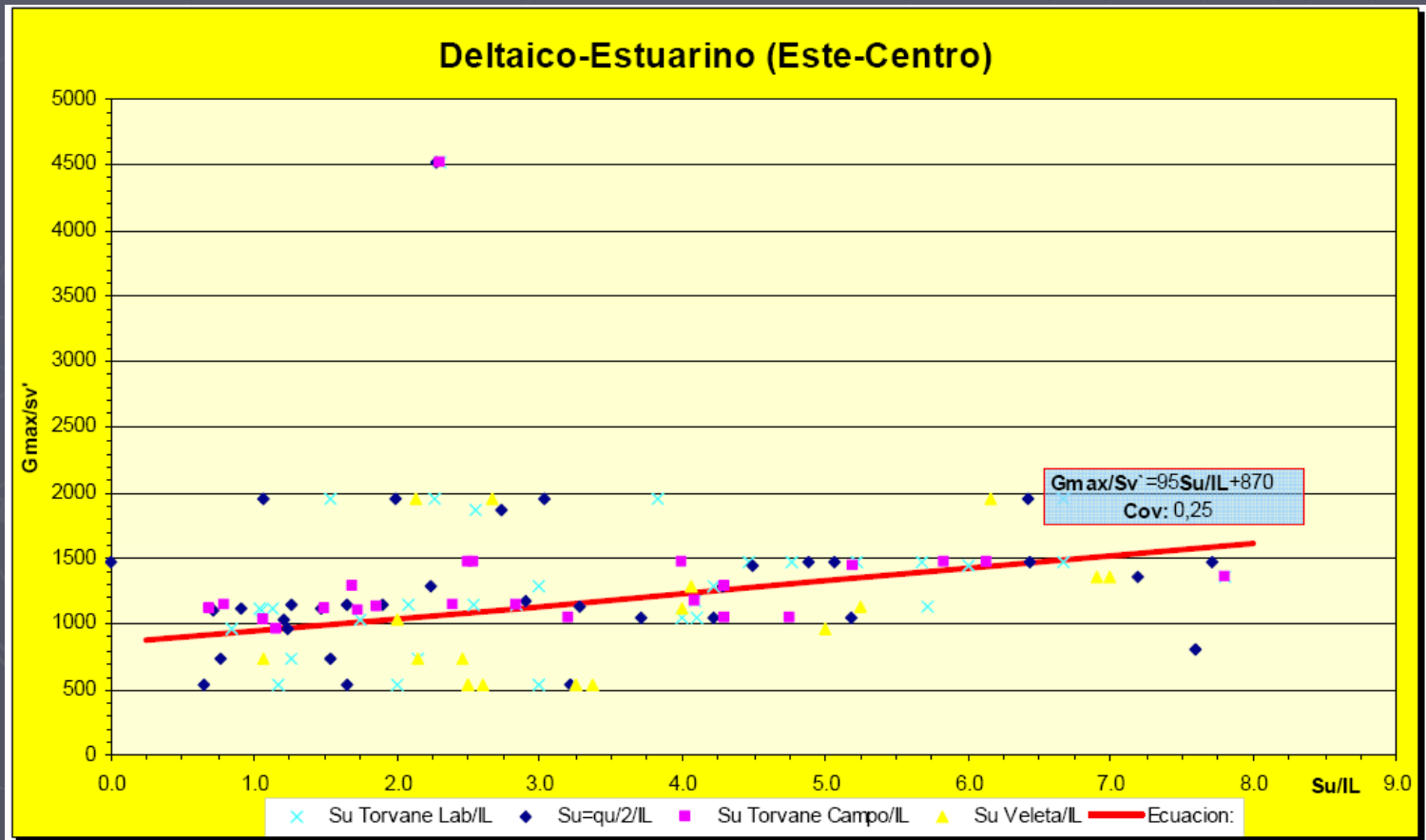


CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1 Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de laboratorio

6.1.1 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado (S_u), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})



CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1 Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de laboratorio

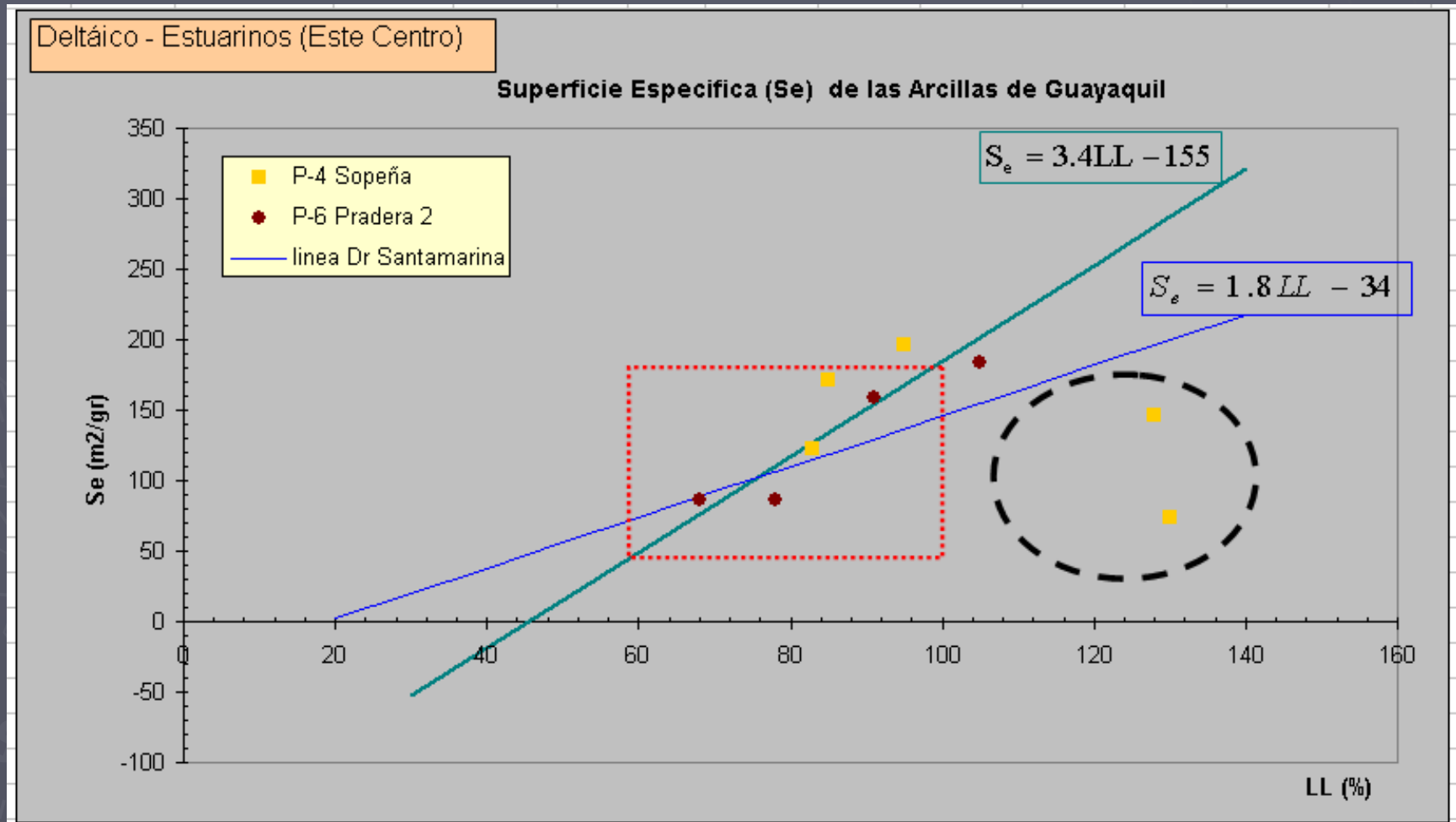
6.1.2 Ecuaciones de correlación para estimar el valor de la superficie específica (Se) de las series arcillosas

Zona	Rango de datos LL (%)			Se (m ² /gr)			PH Fluido en los poros del suelo	Ecuación de estimación
	Min	Max	Rango	Min	Max	Rango		
Deltáico Estuarino (Este Centro)	60	100	40	49	185	136	7.7	Se=3.4LL - 155
Deltáico Estuarino (Sur)	60	100	40	51	155	104	7,0	Se=2.6LL - 105
Deltáico Estuarino (Oeste Norte Trinitaria)	40	100	60	110	260	150	7.8	Se=2.5LL + 10

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1.2 Ecuaciones de correlación para estimar el valor de la superficie específica (S_e) de las series arcillosas



CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1.3 Ecuaciones de estimación de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado para la arcilla gris verdosa de la ciudad de Guayaquil, CH, en estado normalmente consolidado (NC).

$$\frac{S_{u..torv}}{\sigma'_{vo}} = 0.11 + 0.0037IP$$

Skempton 1957

Zona geotécnica D1, Deltáico-Estuarino (Este-Centro)

$$\frac{S_{u..torv}}{\sigma'_{vo}} = 0.23 + 0.0037IP$$

$$\frac{S_{u..VST}}{\sigma'_{vo}} = 0.35 + 0.0037IP$$

Zona geotécnica D3, Deltáico-Estuarino (Oeste–Norte-Trinitaria)

$$\frac{S_{u..torv}}{\sigma'_{vo}} = 0.23 + 0.0037IP$$

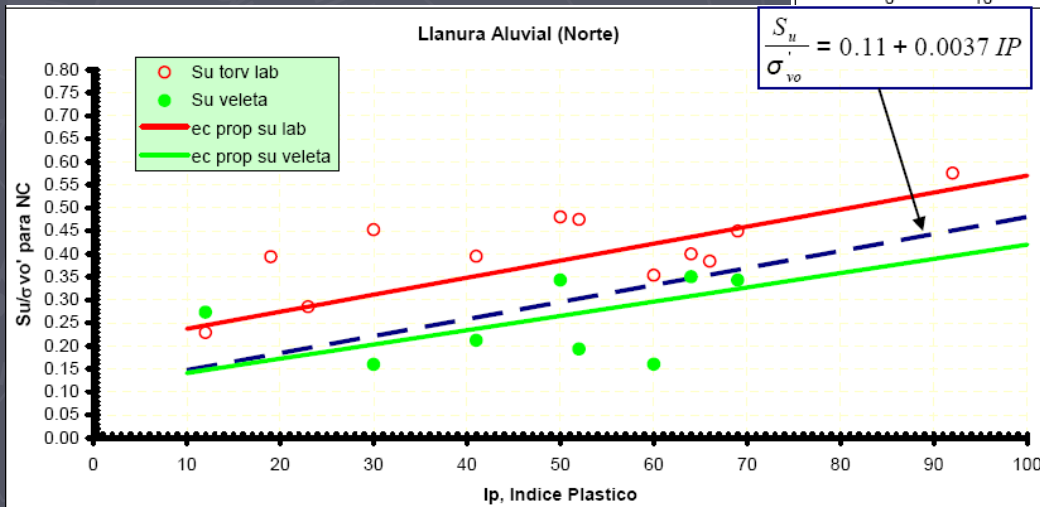
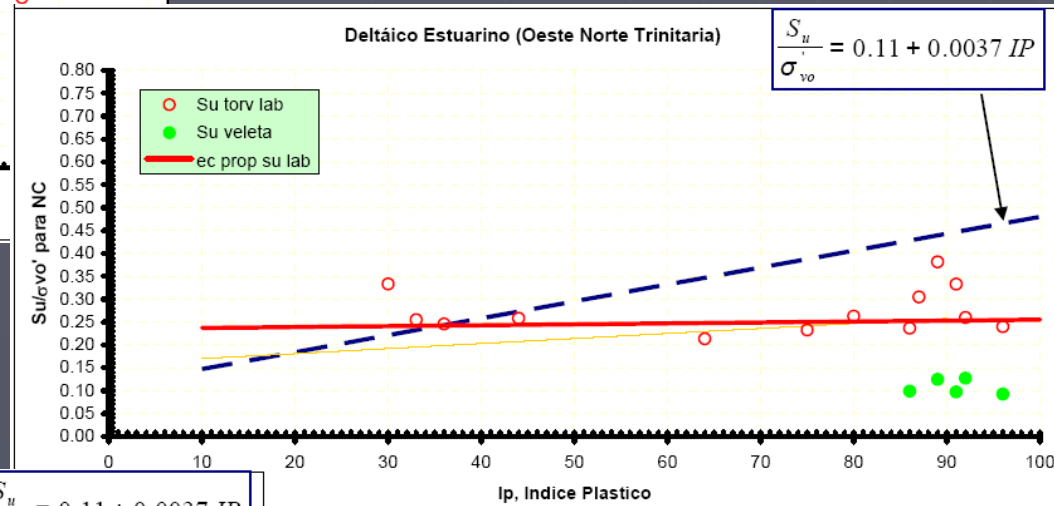
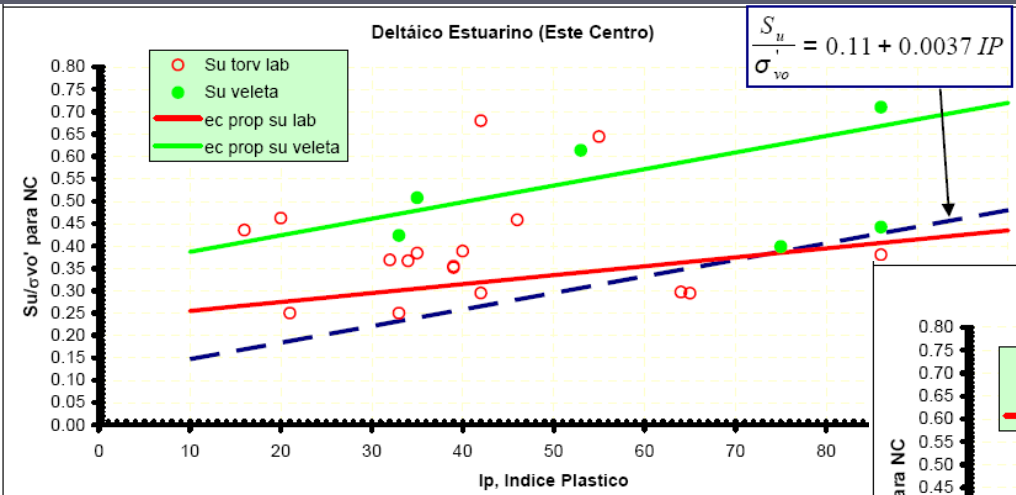
Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

$$\frac{S_{u..torv}}{\sigma'_{vo}} = 0.20 + 0.0037IP$$

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.1.3 Ecuaciones de estimación de la resistencia al esfuerzo cortante no drenado para la arcilla gris verdosa de la ciudad de Guayaquil, CH, en estado normalmente consolidado (NC).



CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.2. Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de campo.

6.2.1 Ecuaciones de correlación entre la resistencia al esfuerzo cortante no drenado Su y la resistencia de punta del cono estático q_c .

$$Su = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_{Kv}}$$

Donde Su_{VST}

$$Su = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_{KT}}$$

Donde Su_{TOR}

ZONA	Factor N_{Kv}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	24 – 25
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	17
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	15 – 20
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	27

ZONA	Factor N_{KT}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	25 – 27
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	22
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	15 – 18
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	20

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.2. Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de campo.

6.2.1 Ecuaciones de correlación entre la resistencia al esfuerzo cortante no drenado S_u y la resistencia de punta del cono estático q_c .

$$S_u = \frac{q_c - \sigma_{vo'}}{N_{Kqu}}$$

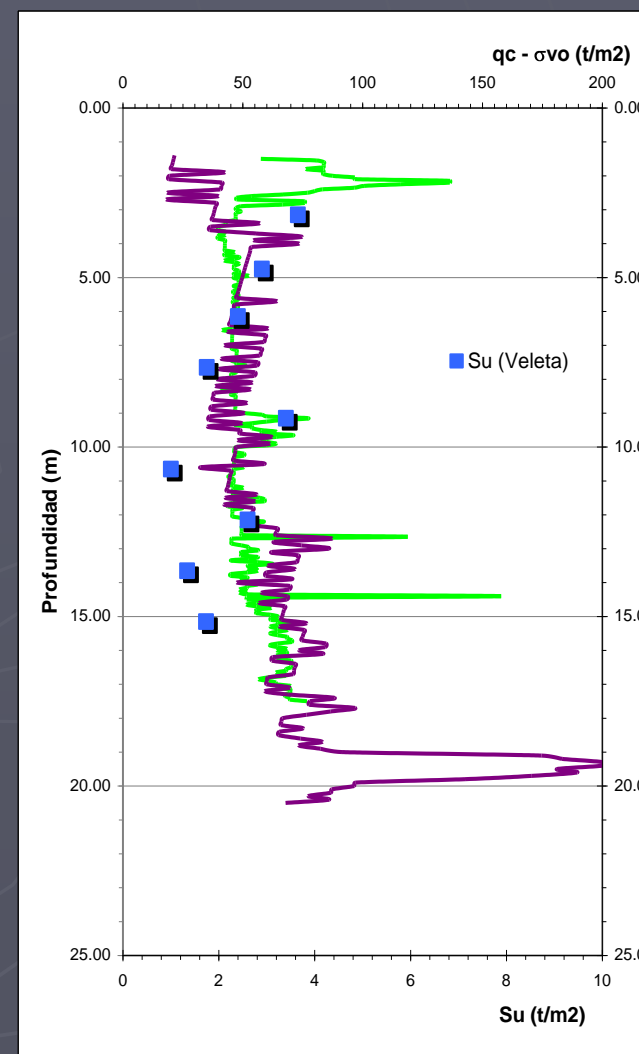
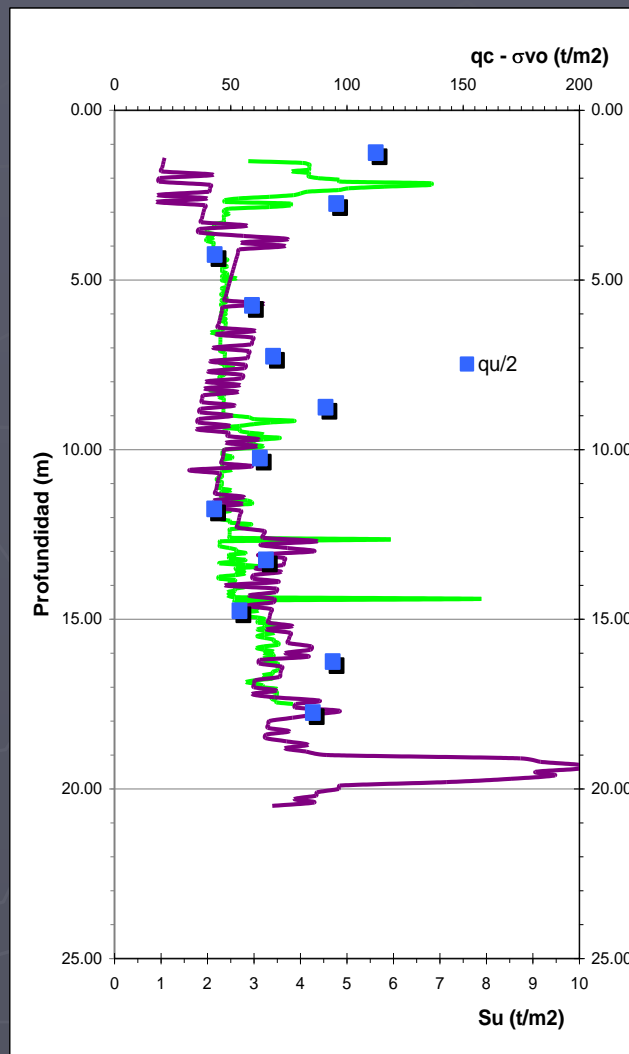
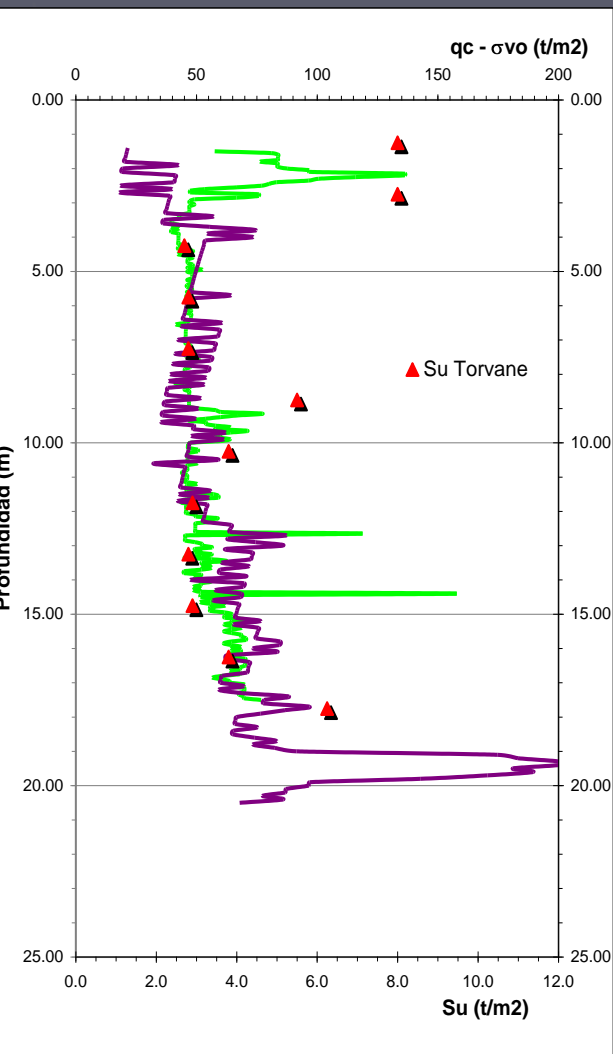
Donde S_u $q_u/2$

ZONA	Factor N_{Kqu}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	27 - 31
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	25
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	17 - 21
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	22

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.2.1 Ecuaciones de correlación entre la resistencia al esfuerzo cortante no drenado S_u y la resistencia de punta del cono estático q_c .



CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.2. Ecuaciones de correlación en función de los ensayos de campo.

6.2.2 Ecuaciones de correlación para la estimación de la sensibilidad mediante el valor de qc

$$St = \frac{Rf}{N_{Kf}}$$

$$Rf = \frac{fs}{qc} * 100$$

$$St = \frac{fs}{qc * N_{Kf}} \cdot 100$$

ZONA	Factor N_{Kf}
DELTAICO- ESTUARINO (ESTE- CENTRO)	4
DELTAICO ESTUARINO (SUR)	5
DELTAICO ESTUARINO (OESTE- NORTE- TRINITARIA)	4.5
LLANURA ALUVIAL (NORTE)	6

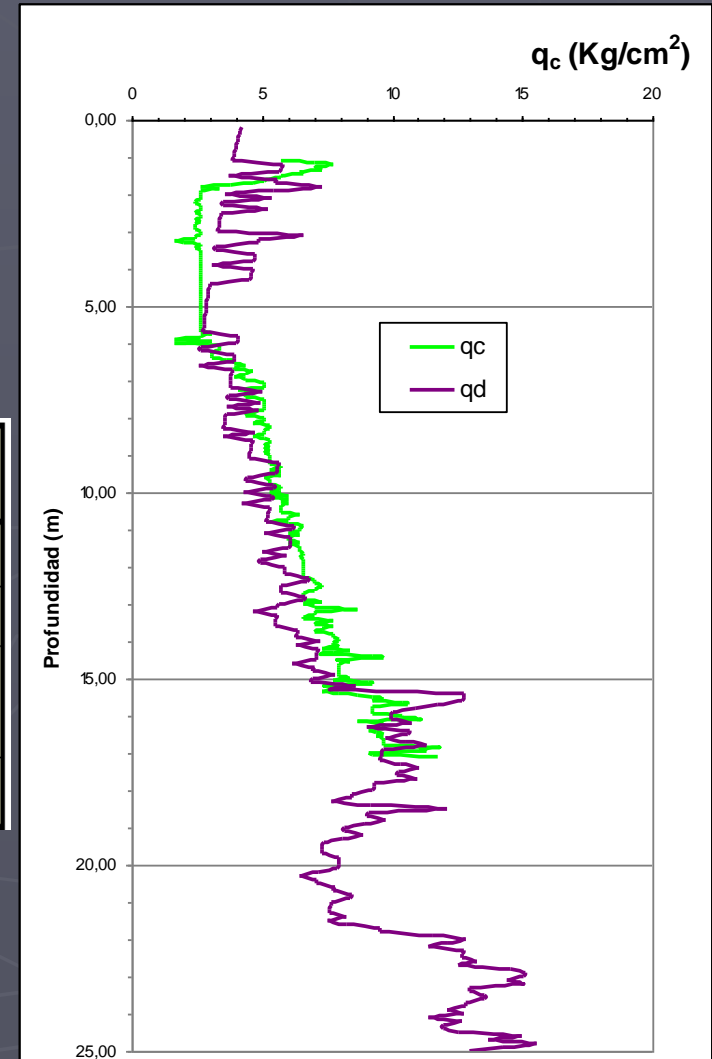
CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.3. Correlación entre la resistencia por punta del cono estático q_c y la resistencia por punta del cono dinámico q_d .

$$q_d = N_{Kd} \cdot q_c$$

ZONA	Factor N_{Kd}	Cov
DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	6.2	0.1
DELTAICO ESTUARINO (SUR)	6.5	0
DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	7.6	0.38
LLANURA ALUVIAL (NORTE)	8	0



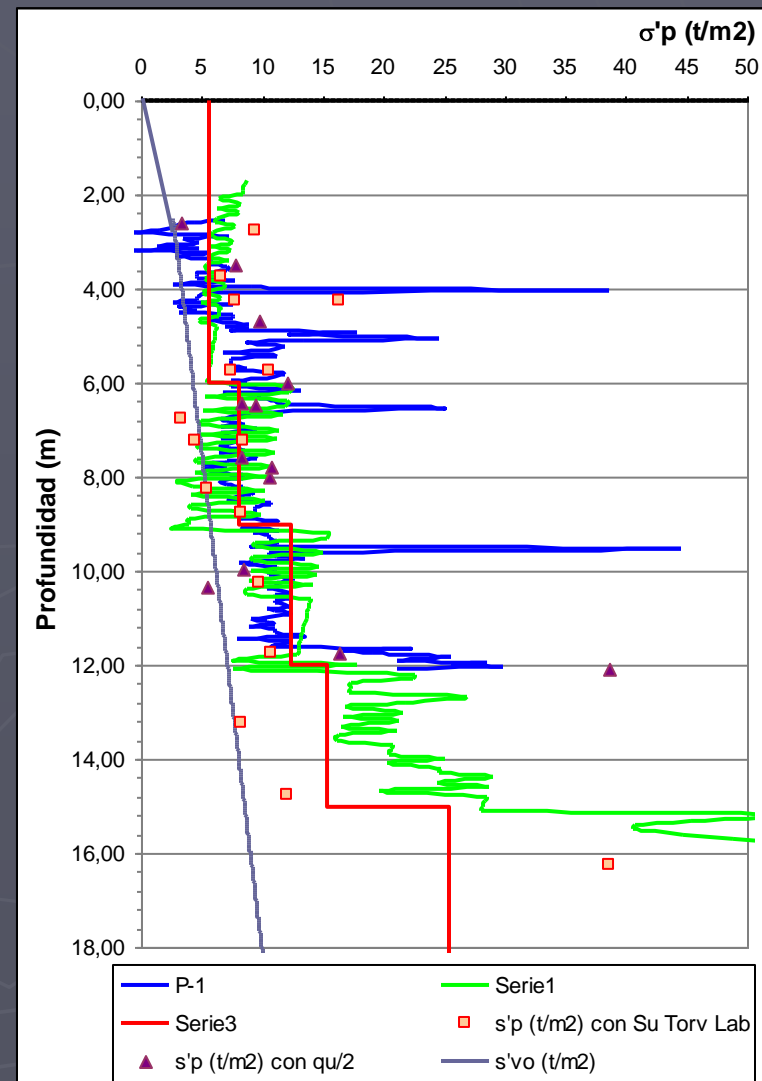
CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.4. Ecuaciones de correlación para estimar los esfuerzos de preconsolidación de los suelos en función de la Velocidad de onda de corte V_s .

$$\sigma'_p = N_{kp} \cdot V_s^{1.47}$$

ZONA	Factor N_{kp}	Cov
Deltáico Estuarino (Este Centro)	2.30	0.13
Deltáico Estuarino (Sur)	0.80	0
Deltáico Estuarino (Oeste Norte Trinitaria)	1.46	0.62
Llanura Aluvial (Norte)	2.12	0.12



CAPITULO 7

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.1 Ecuaciones de correlación en función del S_u , resistencia al esfuerzo cortante no drenado.

Zona geotécnica D1, Deltáico-Estuarino (Este-Centro)

OCR = 1-2

$$V_s = \left(25 \cdot S_u + 175 \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.40

OCR > 2

$$V_s = \left(25 \cdot S_u + 400 \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.50

Zona geotécnica D2, Deltáico-Estuarino (Sur)

OCR = 1-2

$$V_s = \left(50 \cdot S_u + 500 \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.23

OCR > 2

$$V_s = \left(60 \cdot S_u + 1000 \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.10

CAPITULO 7

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.1 Ecuaciones de correlación en función del S_u , resistencia al esfuerzo cortante no drenado.

Zona geotécnica D3, Deltáico-Estuarino (Oeste–Norte-Trinitaria)

OCR = 1-2

$$V_s = \left(60 \cdot S_u + 145 \cdot \frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.30

OCR > 2

$$V_s = \left(60 \cdot S_u + 70 \cdot \frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.16

Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

OCR = 1-2

$$V_s = \left(60 \cdot S_u + 250 \cdot \frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.35

OCR > 2

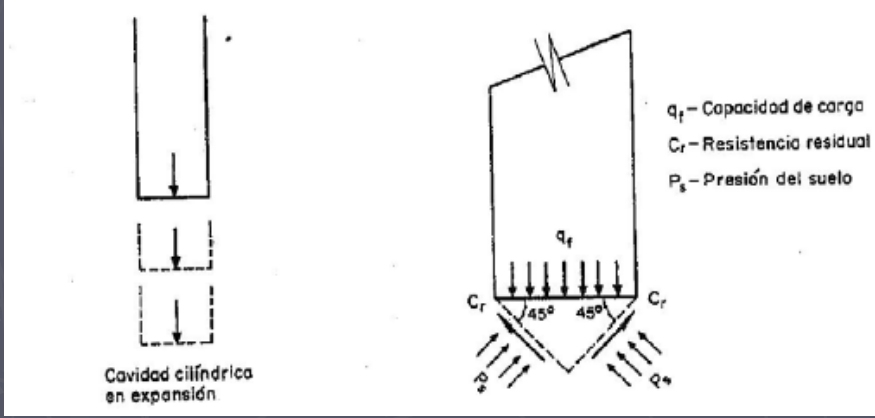
$$V_s = \left(5 \cdot S_u + 205 \cdot \frac{\sigma_{vo} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.14

CAPITULO 7

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.2 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia de punta de cono, q_c



$$V_s = \sqrt{\frac{3gq_c}{2N_{kc} \gamma_s (1 + \nu)}} e^{\frac{3N_{kc} - 4}{4} - \frac{1}{2\beta}}$$
$$V_s = \sqrt{\eta q_c} e^{\alpha}$$
$$\alpha = \frac{3N_{kc} - 4}{4} - \frac{1}{2\beta} \quad \eta = \frac{3g}{2N_{kc} \gamma_s (1 + \nu)}$$

Romo y Ovando (1992)

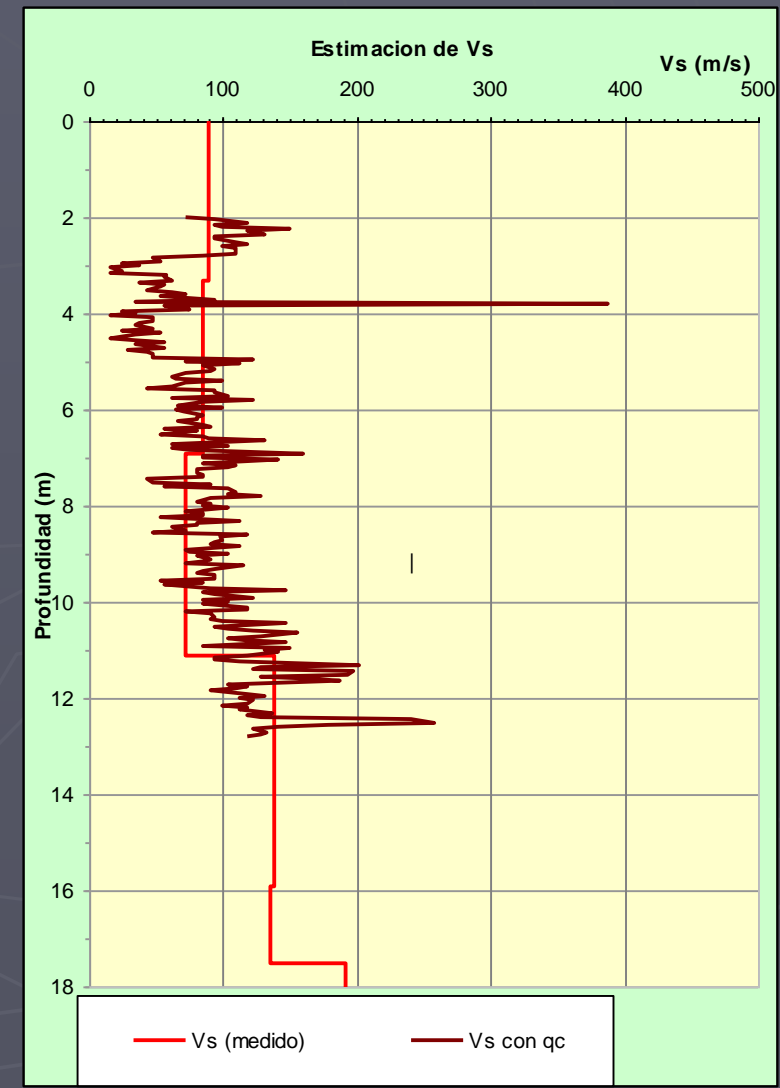
CAPITULO 7

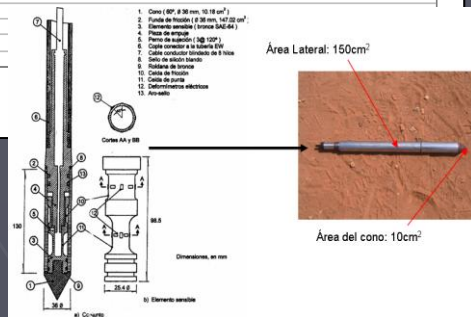
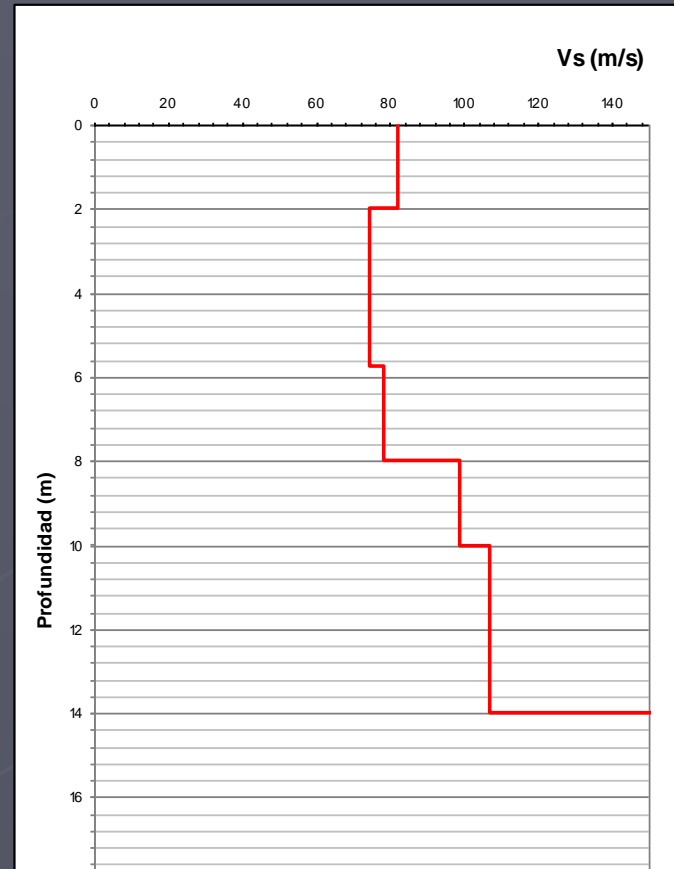
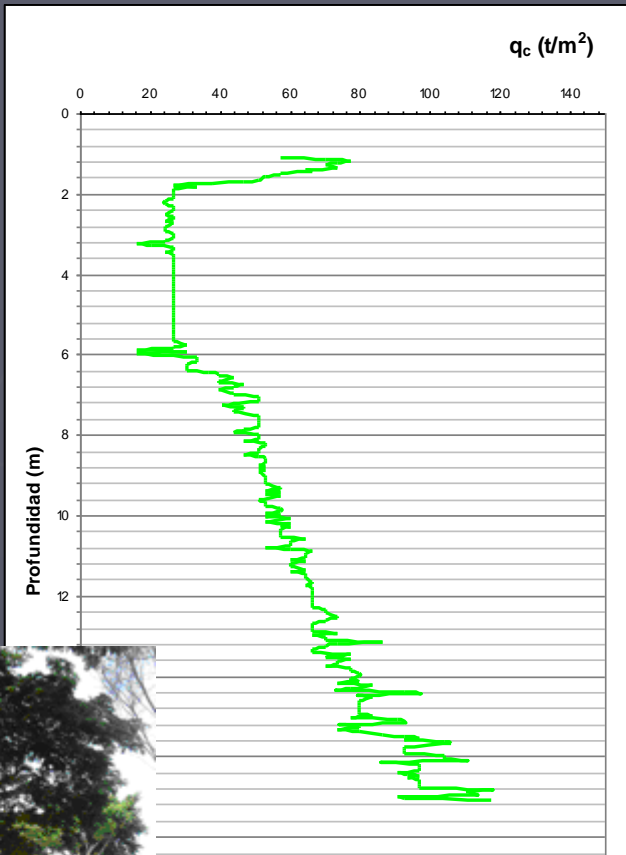
ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.2 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia de punta de cono, q_c

$$V_S = N_{kc} \cdot q_c$$

ZONA	Rango Factor N_{kc}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	1.30 – 1.50
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	2.75 – 2.95
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	2.00 – 3.00
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	1.50 – 1.70





CAPITULO 7

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.3 Ecuaciones de correlación en función del NSPT, número de golpes de la prueba de penetración estándar.

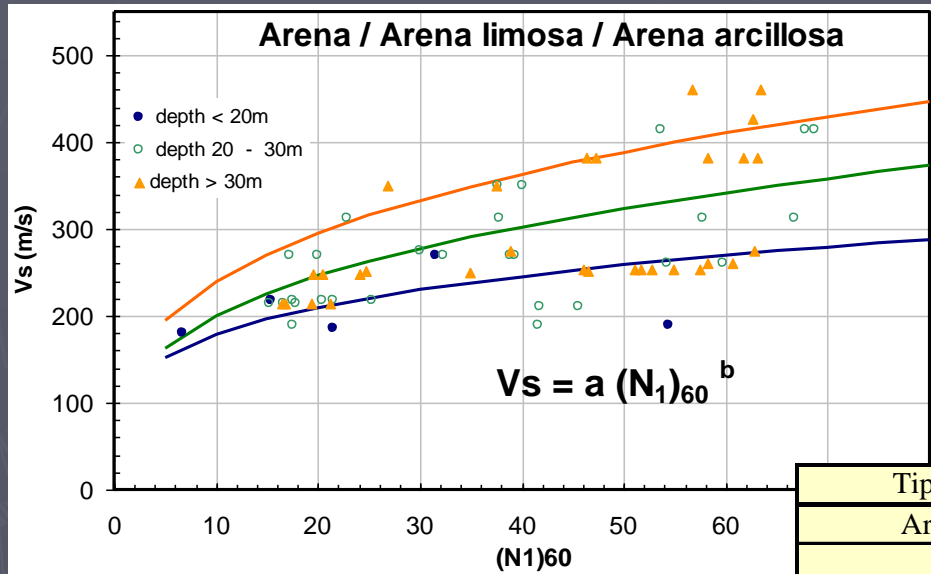
Algunas Correlaciones existentes de Vs-N (SPT)		
TIPO DE SUELO	Vs (m/s)	Autor
Arena	$V_s = 32 N^{0.5}$	Shibata (1970)
	$V_s = 87 N^{0.36}$	Ohta (1972)
	$V_s = 88 N^{0.34}$	Ohta y Goto (1978)
	$V_s = 80 N^{(1/3)}$	JRA (1980)
	$V_s = 56 N^{0.5}$	Seed (1983)
	$V_s = 81 N^{0.33}$	(holocene) Imai (1977)
	$V_s = 97 N^{0.32}$	(Pleistocene) Imai (1977)
	$V_s = 57 N^{0.49}$	Lee (1990)
	Arcilla	$V_s = 100 N^{(1/3)}$
$V_s = 114 N^{0.31}$		Lee (1990)
$V_s = 102 N^{0.29}$		(holocene) Imai (1977)
$V_s = 114 N^{0.29}$		(Pleistocene) Imai (1977)
Limos	$V_s = 106 N^{0.32}$	Lee (1990)
Aluviales	$V_s = 85 N^{0.31}$	Ohba y Toriuma (1970)
Friccionantes	$V_s = 59 N^{0.47}$	Ohsaki y Iwasaki (1973)
Gravas	$V_s = 94 N^{0.34}$	Ohta y Goto (1978)
Granulares (Granular)	$V_s = 100 N^{0.29}$	Sykora y Stokoe (1983)
Arenas diluviales (Dilluvial Sands)	$V_s = 125 N^{0.3}$	Okamota (1989)
Todos	$V_s = 19 N^{0.6}$	Kanai (1966)
	$V_s = 82 N^{0.39}$	Ohsaki y Iwasaki (1973)
	$V_s = 92 N^{0.329}$	Imai y Yoshimura (1975)
	$V_s = 90 N^{0.341}$	Imai (1975)
	$V_s = 91 N^{0.337}$	Imai (1977)
	$V_s = 85 N^{0.348}$	Ohta y Goto (1978)
	$V_c = 61 N^{0.5}$	Seed y Idriss (1981)
	$V_s = 97 N^{0.314}$	Imai y Tonouchi (1982)
	$V_s = 76 N^{0.33}$	Imai y Yoshimura (1990)
	$V_s = 121 N^{0.27}$	Yokota (1991)
	$V_s = 22 N^{0.85}$	Jafari (1997)
	$V_s = 84 N^{0.31}$	Obha y Toriumi (1970)

Note: This N values are for Japanese practice. The N values in Japanese practice is considered to be

CAPITULO 7

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

7.3 Ecuaciones de correlación en función del NSPT, número de golpes de la prueba de penetración estándar.



$$V_s = a (N_1)_{60}^b$$

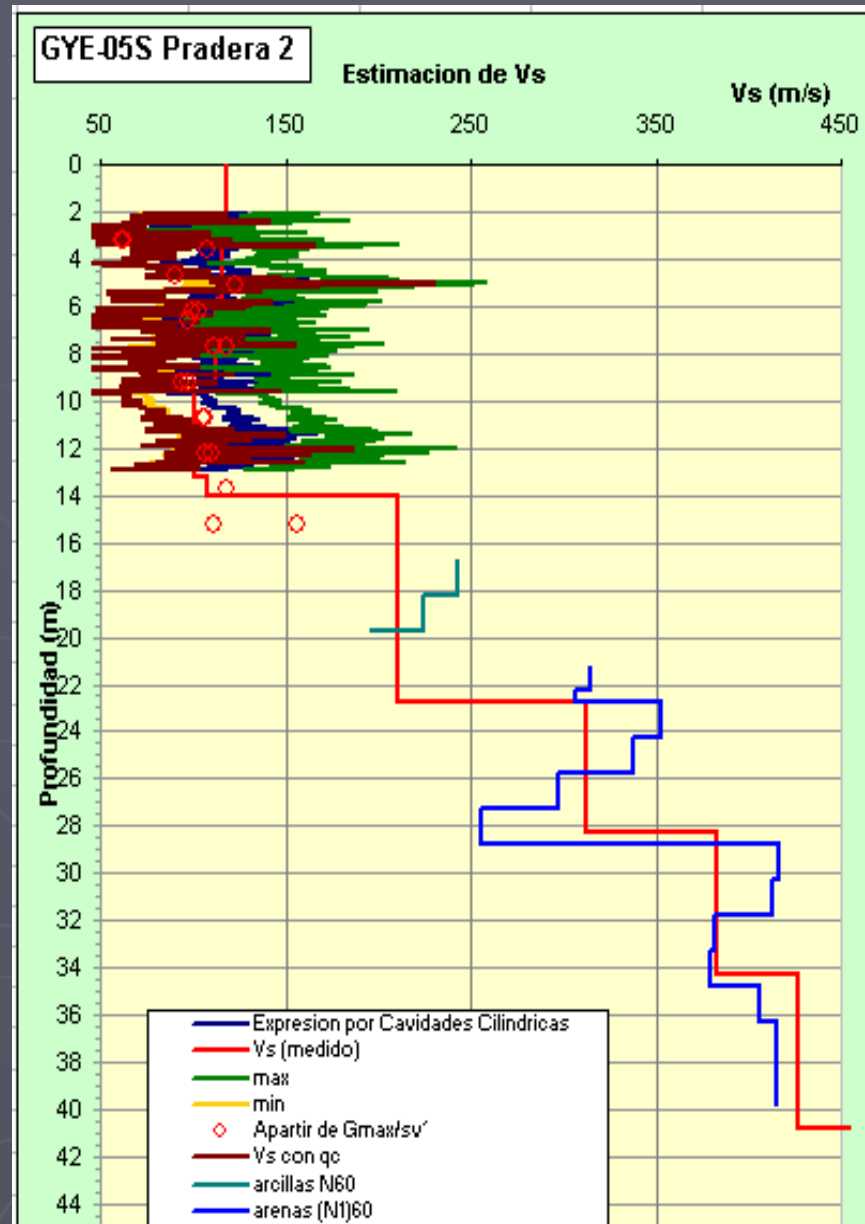
$$(N_1)_{60} = N_{60} \sqrt{\frac{100kPa}{\sigma'_{vo}}}$$

Tipo de suelo	% de finos	Prof. (m)	a	b	
Arcilla/limo	> 50	< 30	130	0.145	
Arena/Arena limosa/Arena arcillosa	< 40	< 20	105	0.23	
		20 - 30	100	0.3	
		> 30	120	0.3	
	20 - 40	< 20	-	-	-
		20 - 30	93	0.28	
		> 30	108	0.32	
	10 - 20	< 20	-	-	-
		20 - 30	60	0.4	
		> 30	62	0.42	
	< 10	< 20	105	0.22	
20 - 30		93	0.26		
> 30		100	0.25		

nota: Usar N60 para las arcillas y limos y (N1)60 para los suelos granulares

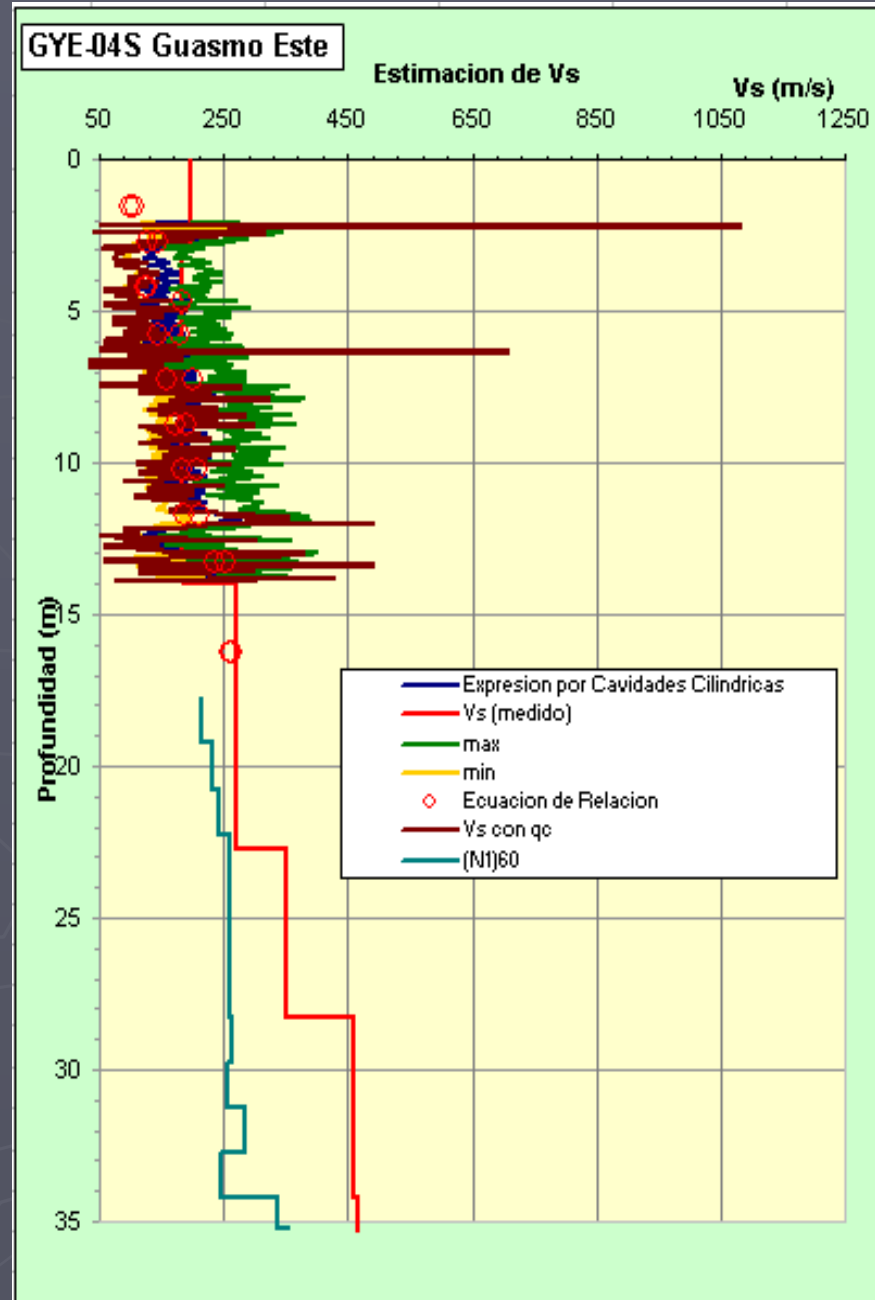
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



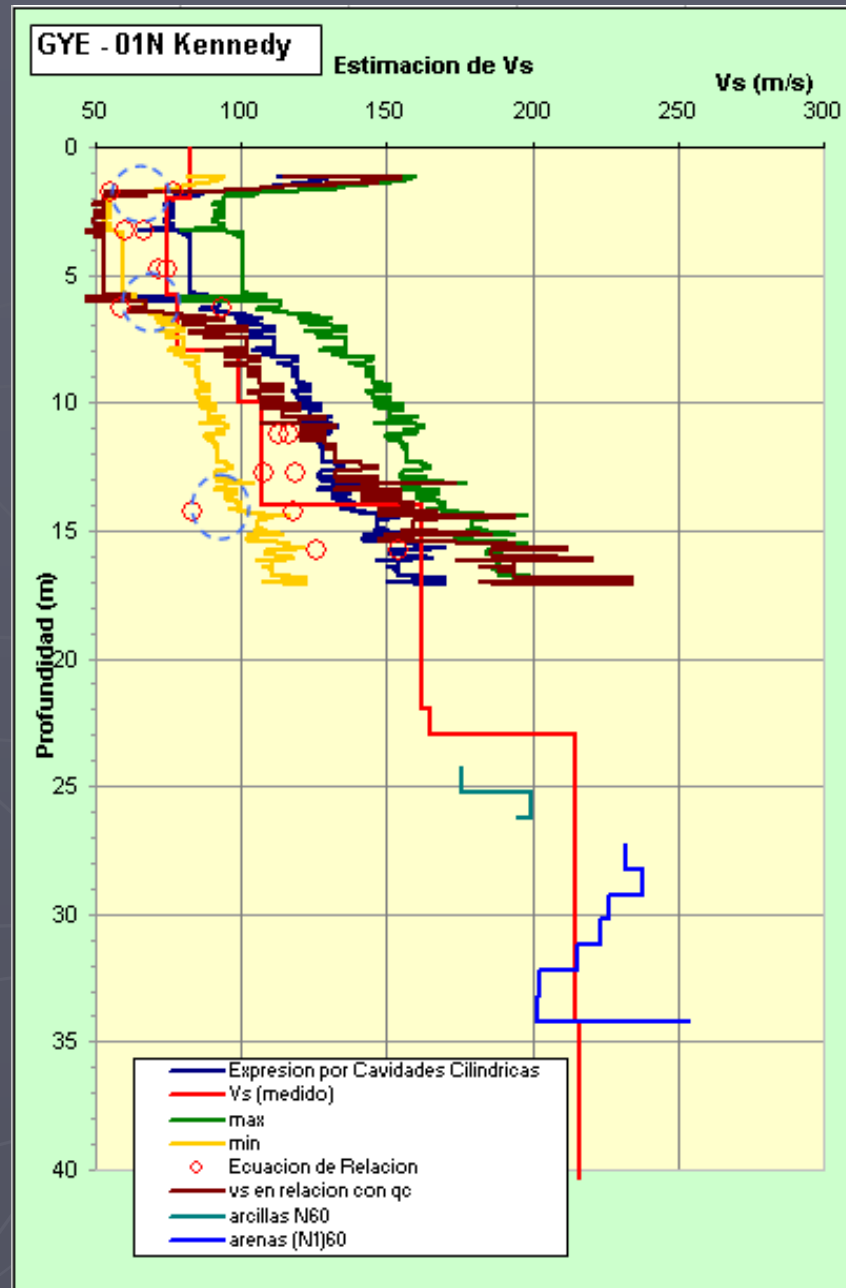
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



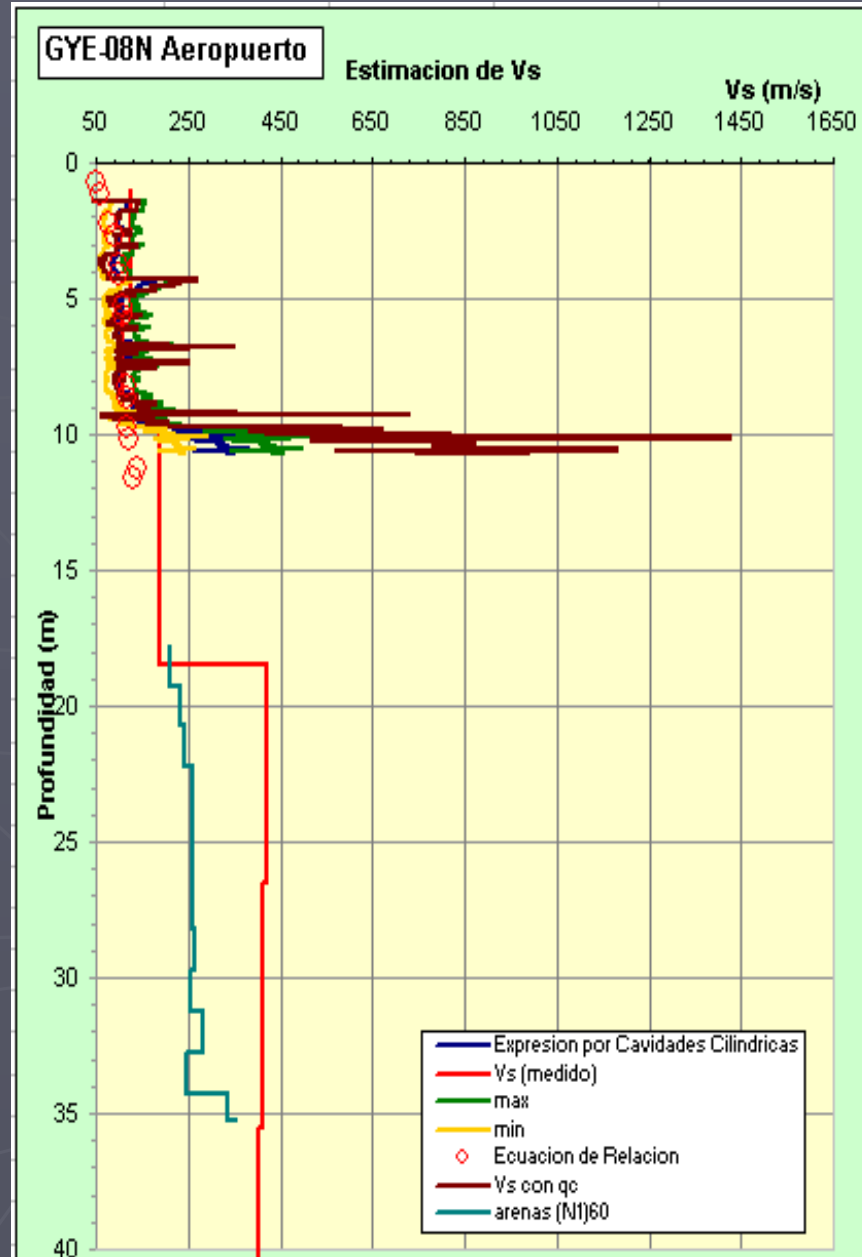
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Aporte a los ingenieros consultores y diseñadores

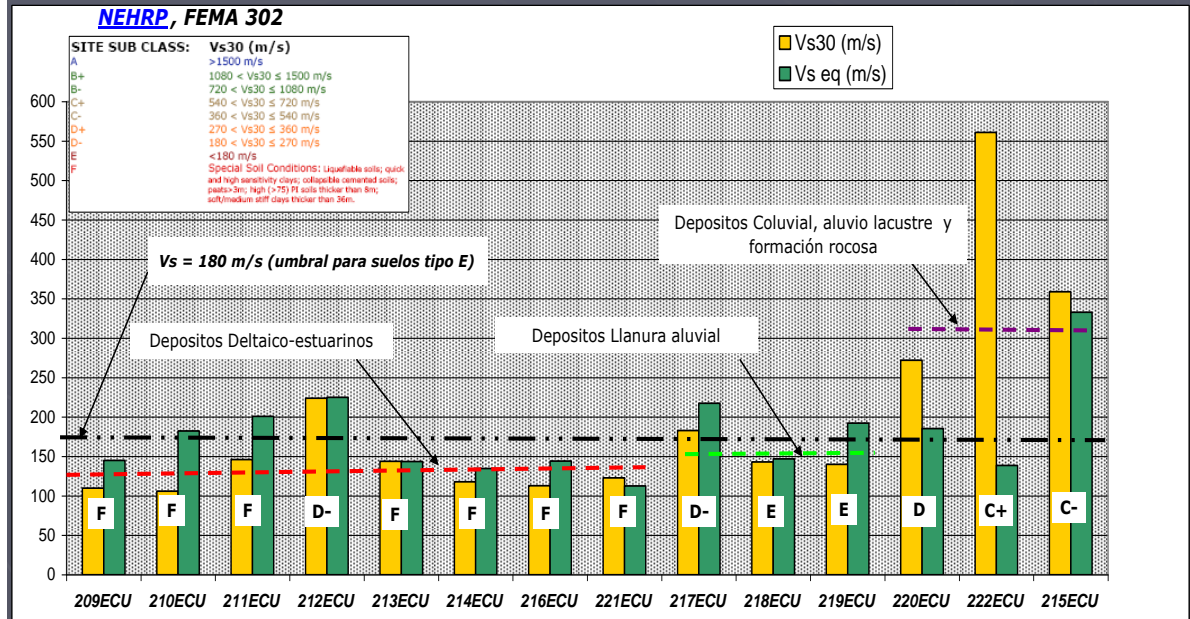


CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

➤ Según el modelo de clasificación NERPH, FEMA 302 los suelos de la zona deltáico estarino este centro, oeste norte y trinitaria de la ciudad de guayaquil son de tipo F

SITIO	DESCRIPCION
A	Roca dura con velocidad de onda cortante $V_s > 1500$
B	Roca con velocidad de onda cortante $760 \text{ m/s} < V_s < 1500 \text{ m/s}$
C	Roca suave, suelo granular*, muy denso ($N > 50$) o suelo fino** con $IP \geq 8$, de muy rígido a duro ($S_u > 150 \text{ KPa}$), todos ellos con velocidades de onda cortante $360 \text{ m/s} < V_s < 760 \text{ m/s}$
D	Suelo granular* de medianamente denso a denso ($15 \leq N \leq 50$), o suelo fino** de rígido a muy rígido ($50 \text{ kPa} \leq S_u \leq 150 \text{ kPa}$) ambos con velocidad de onda cortante $180 \text{ m/s} < V_s < 360 \text{ m/s}$
E	Un perfil de suelo con velocidad de onda cortante $V_s < 180 \text{ m/s}$, o cualquier perfil con más de 3m de arcilla suave a media ($IP > 20\%$, $w > 40\%$, y $S_u < 50 \text{ kPa}$)
F	Suelo requiriendo una evaluación específica de respuesta dinámica de sitio, cualquier perfil de suelo que contenga uno o más de las siguientes características geotécnicas: <ol style="list-style-type: none"> Suelos vulnerables a falla potencial colapso bajo carga sísmica: <ul style="list-style-type: none"> Suelo licuables Arcillas rápidas y altamente sensitivas Suelos debilmente cementados colapsibles Capas de turba y/o arcilla altamente orgánica de más de 3m Capas de arcilla de muy alta plasticidad ($IP > 75\%$) de más de 8m Capas de arcilla de suave a media ($S_u < 50 \text{ kPa}$) con más de 36m



- D1: Zona Deltáico Estuarino Este Centro $113 < V_{s30} < 155$
- D2: Zona Deltáico Estuarino Sur $V_{s30} = 224$
- D3: Zona D. E (Oeste Norte Trinitaria) $106 < V_{s30} < 146$
- D4: Llanura Aluvial Norte $140 < V_{s30} < 190$

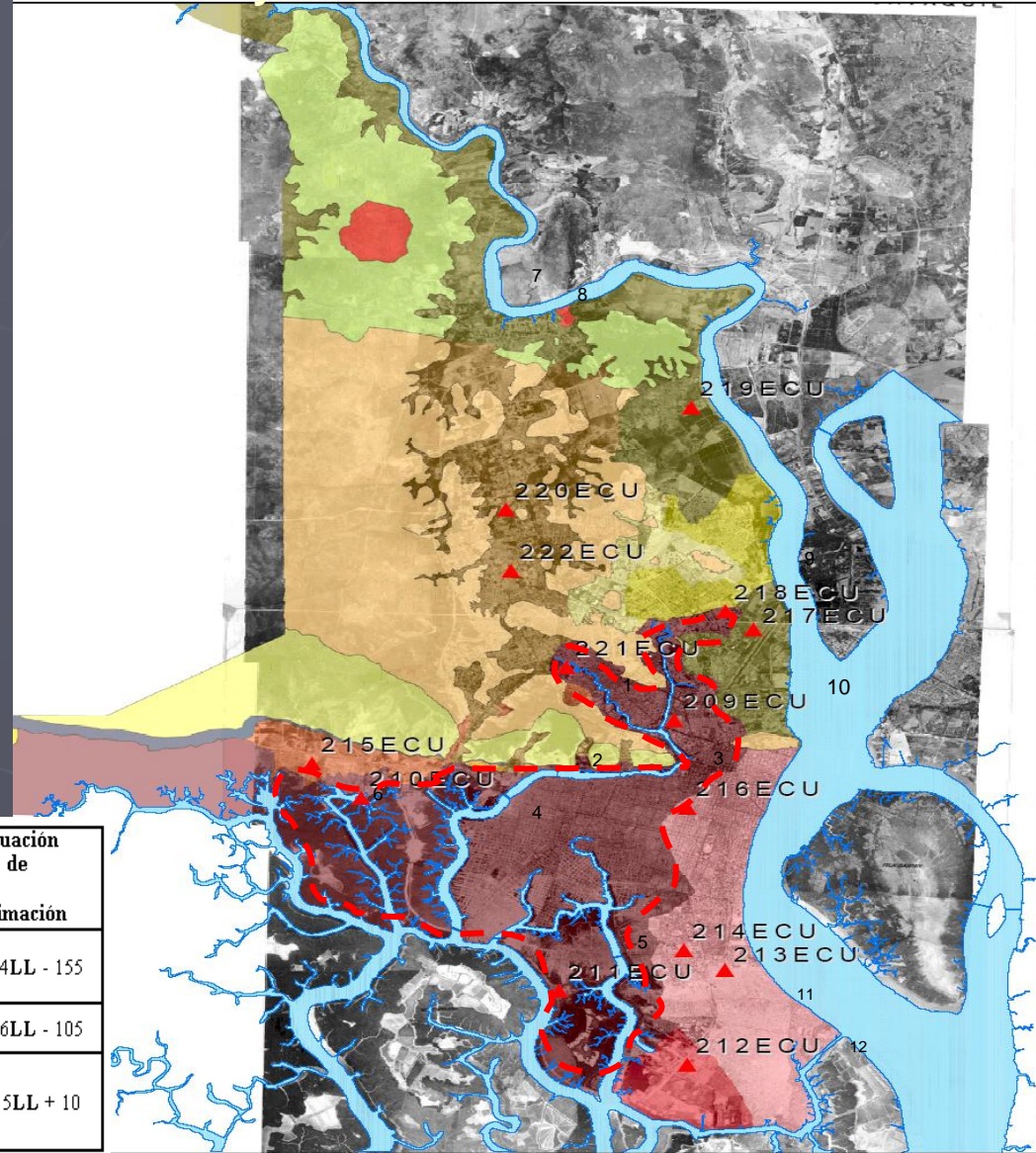
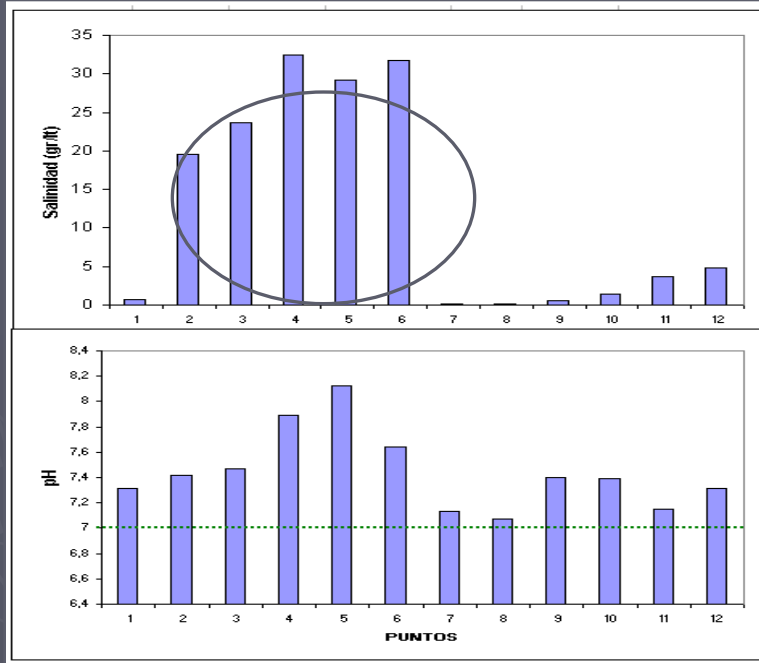
*Pasante del tamiz #200 <50% y 50% con $IP < 8\%$

** Pasante del tamiz #200 >50% con $IP \geq 8\%$

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

➤ En los puntos 2,4,5,6 existen mayores concentraciones de agua salada,;mientras que en las zonas este-centro y zona sur donde existen más influencia de la ría Guayas no.



Zona	Rango de datos LL (%)			Se (m2/gr)			PH Fluido en los poros del suelo	Ecuación de estimación
	Min	Max	Rango	Min	Max	Rango		
Deltáico Estuarino (Este Centro)	60	100	40	49	185	136	7.7	Se=3.4LL - 155
Deltáico Estuarino (Sur)	60	100	40	51	155	104	7,0	Se=2.6LL - 105
Deltáico Estuarino (Oeste Norte Trinitaria)	40	100	60	110	260	150	7.8	Se=2.5LL + 10

CAPITULO 9

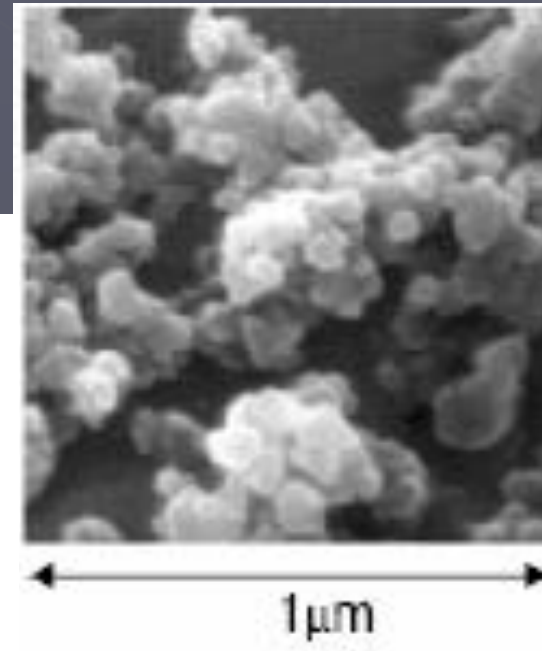
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

➤ A superficie específica más alta, sus depósitos poseen estructuras más abiertas lo cual induce a tener velocidades de la onda de corta más bajas.

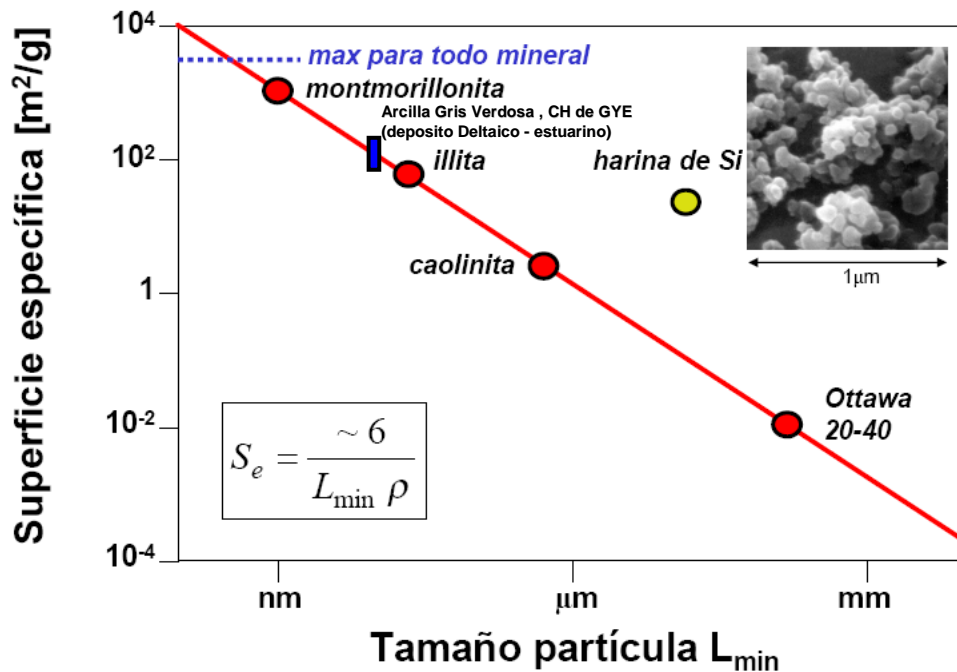
Zona D3

$110 < S_e \text{ (m}^2/\text{gr)} < 260$

$106 < V_s \text{ (m/s)} < 146$



Tamaño y superficie



Zona D2

$51 < S_e \text{ (m}^2/\text{gr)} < 155$

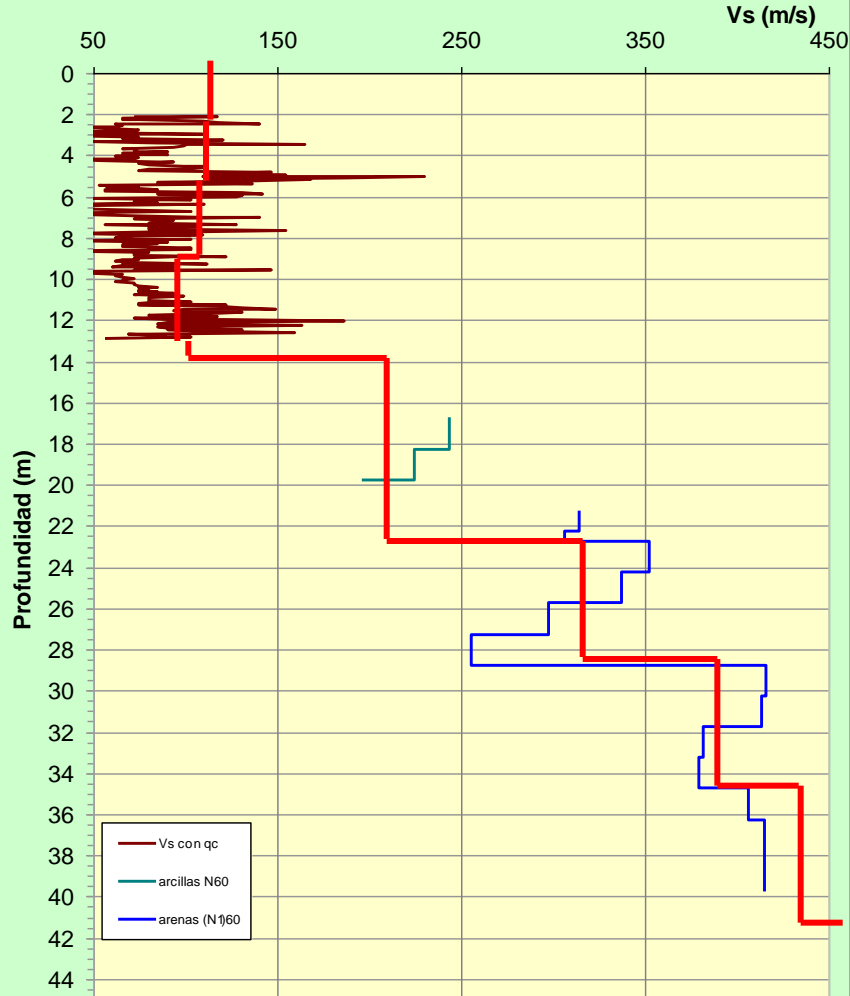
$V_s \text{ (m/s)} = 224$

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GYE-05S Pradera 2

Estimacion de Vs



$$V_S = N_{kc} \cdot qc$$

ZONA	Rango Factor N_{kc}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	1.30 – 1.50
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	2.75 – 2.95
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	2.00 – 3.00
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	1.50 – 1.70

$$V_S = a N_1^b$$

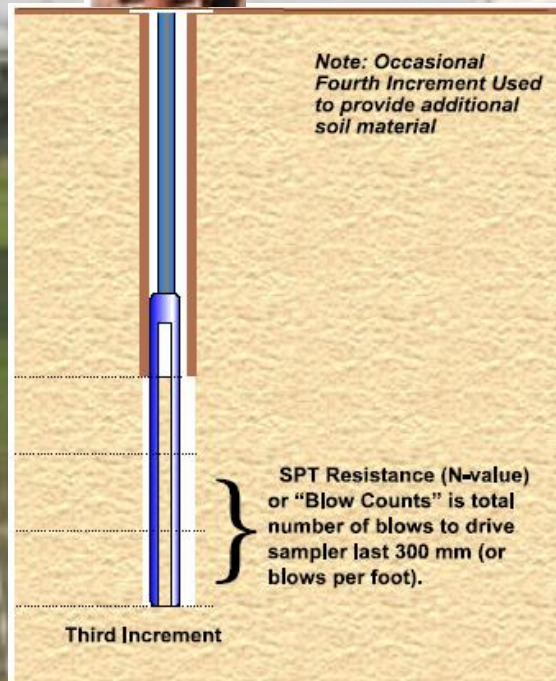
Tipo de suelo	% de finos	Prof. (m)	a	b
Arcilla/limo	> 50	< 30	130	0.145
		< 20	105	0.23
		20 - 30	100	0.3
Arena/Arena limosa/Arena arcillosa	> 30	> 30	120	0.3
		< 20	-	-
		20 - 30	93	0.28
	20 - 40	> 30	108	0.32
		< 20	-	-
		10 - 20	60	0.4
< 10	> 30	> 30	62	0.42
		< 20	105	0.22
	20 - 30	20 - 30	93	0.26
		> 30	100	0.25

nota: Usar N60 para las arcillas y limos y (N1)60 para los suelos granulares

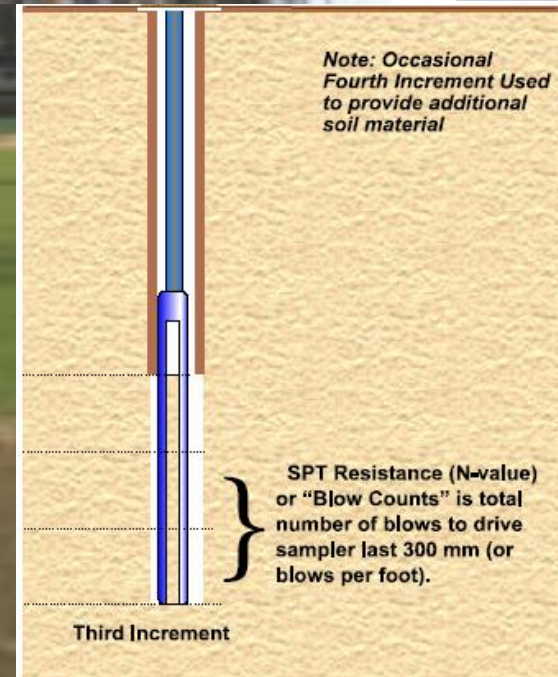
CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BAJA
EFICIENCIA



ALTA
EFICIENCIA



CAPITULO 9
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GRACIAS
POR SU
ATENCION

