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

ESPOL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL

INDICE GENERAL

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 Vs 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.

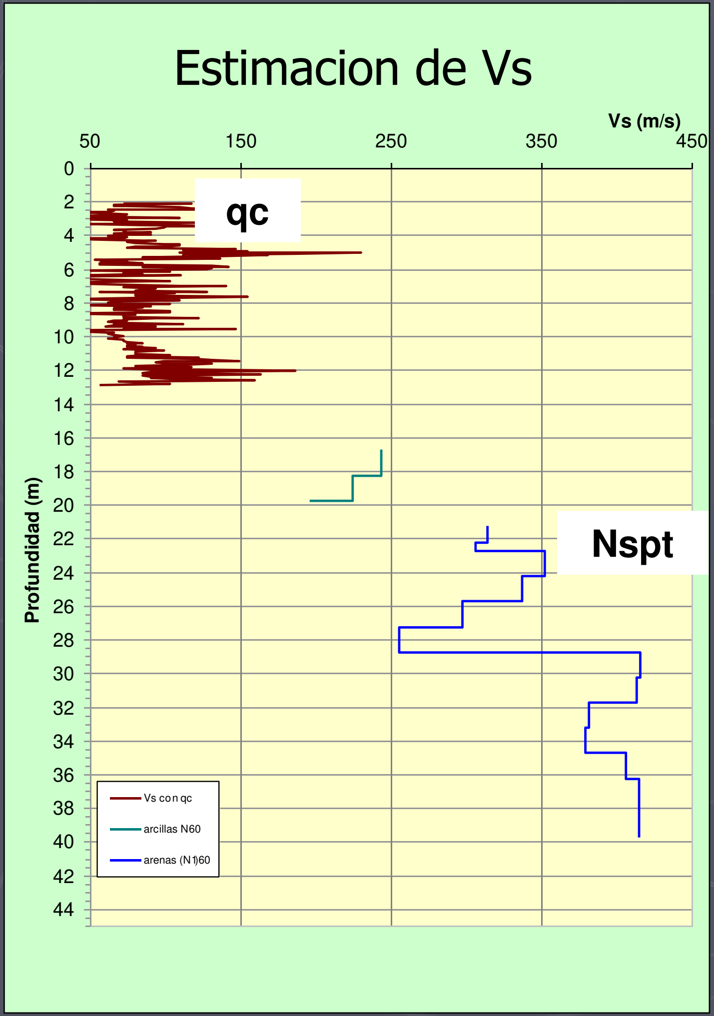
- “Investigación y estudio del comportamiento dinámico del subsuelo y microzonificación sísmica de la ciudad de la ciudad de Guayaquil”, 2004.

- 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

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

G, Módulo de Rigidez Máxima

$$G\max = \rho V_s^2$$

CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

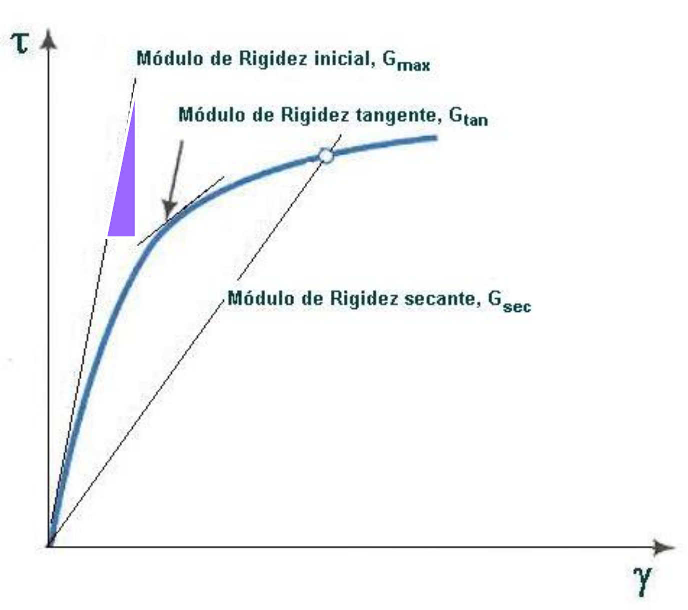
2.1 Módulo de rigidez al cortante, G

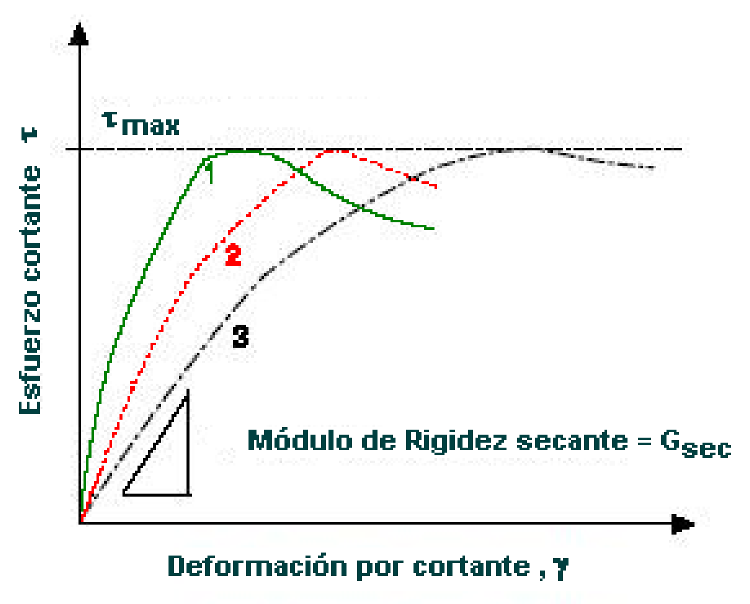
$$G_{max} = \rho \cdot V_s^2$$

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

ρ : Densidad de laboratorio (T/m^3)

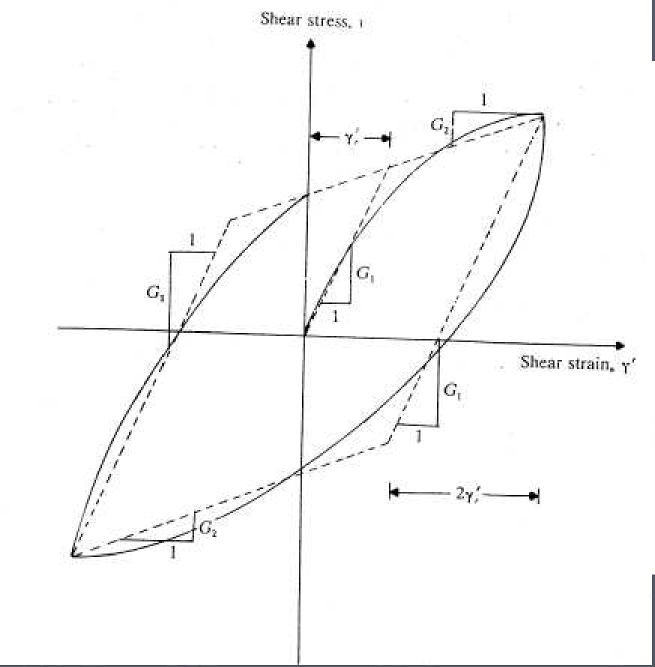
Vs : Velocidad de onda de corte (m/s)

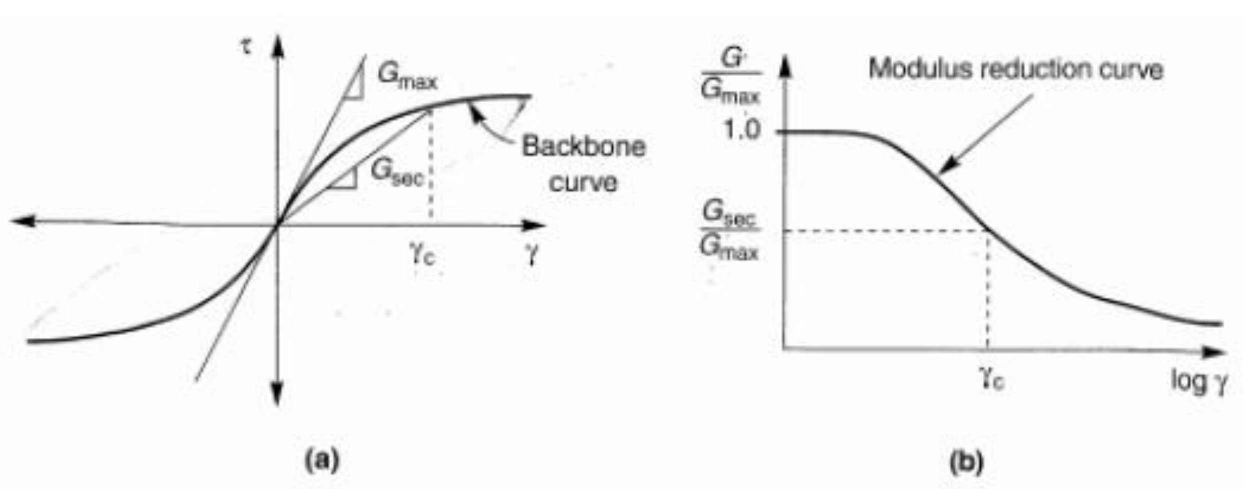




CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS



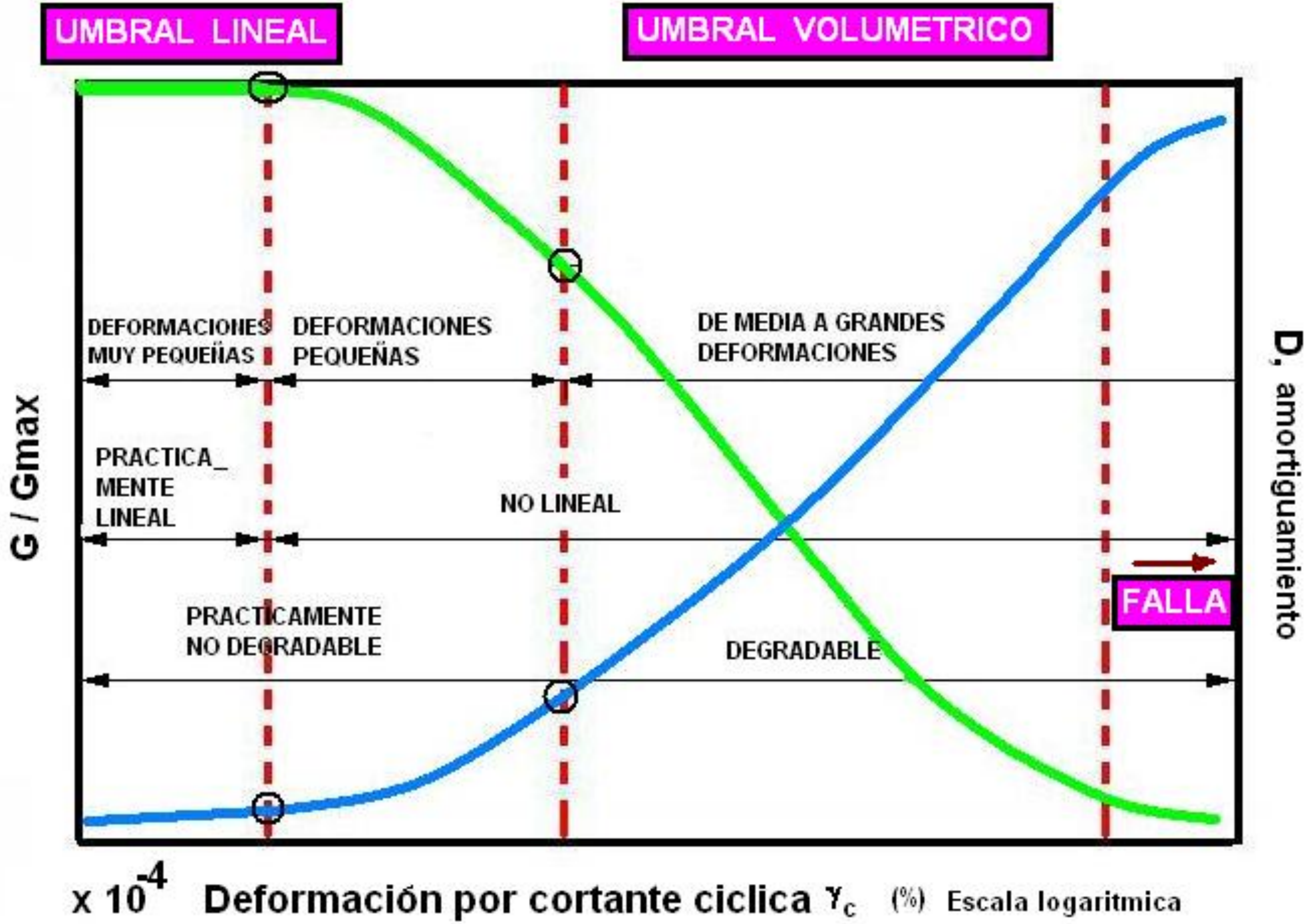


$$G = \frac{E}{2.(1+\nu)}$$

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

Características del comportamiento del suelo:

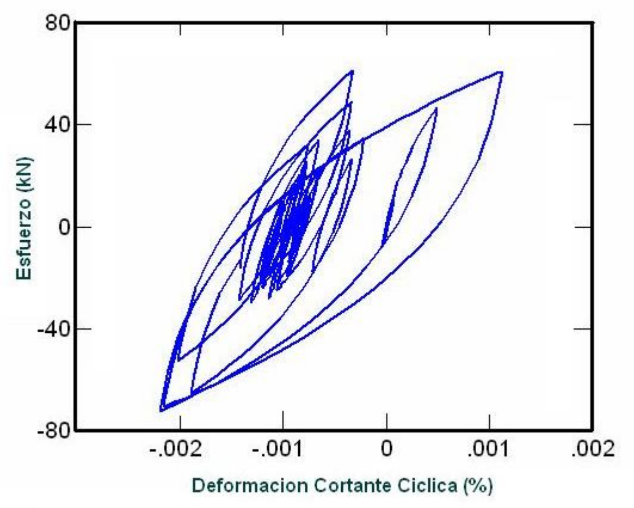
- No es único, varía en función del rango de deformación
- Pérdida de rigidez = Mayores deformaciones por cortante

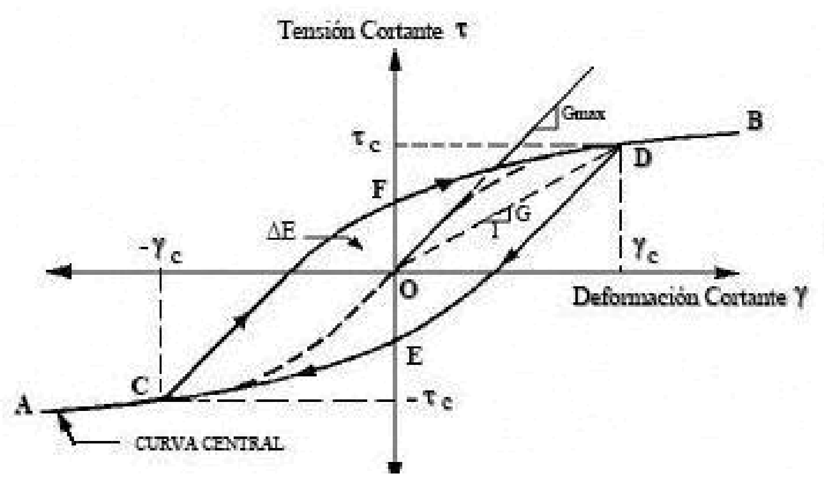

UMBRAL LINEAL
UMBRAL VOLUMETRICO
DEFORMACIONES MUY PEQUEÑAS
DEFORMACIONES PEQUEÑAS
DE MEDIA A GRANDES DEFORMACIONES
PRACTICA_ MENTE LINEAL
NO LINEAL
PRACTICAMENTE NO DEGRADABLE
DEGRADABLE
FALLA
G / Gmax
D, amortiguamiento
x 10^{-4} Deformación por cortante ciclica γ_c (%) Escala logaritmica

CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

2.2 Amortiguamiento histerético





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

Lazo Histerético:

Lugar geométrico definido por varias amplitudes de cargas cíclicas

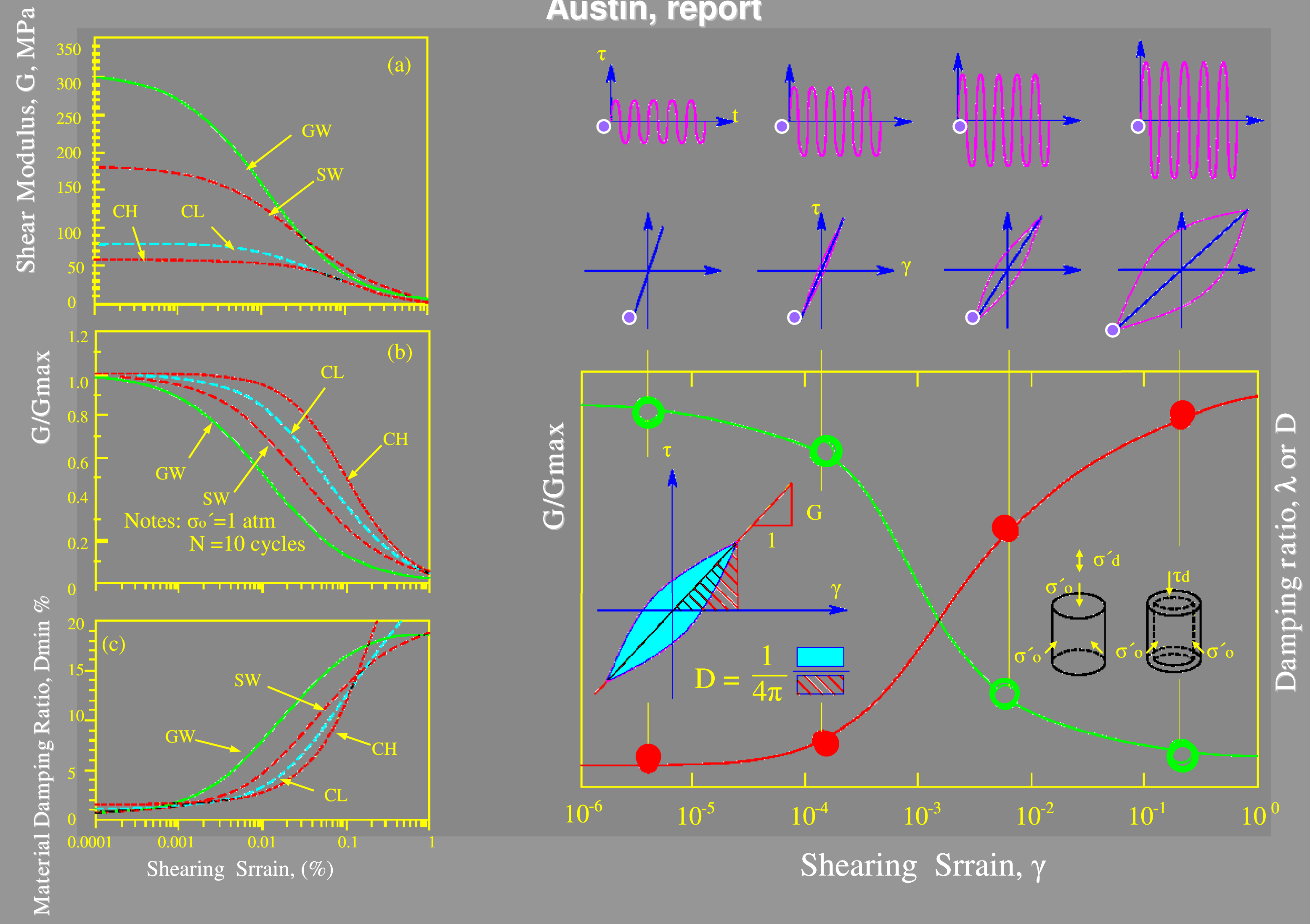
Inclinación = Rigidez

Amplitud = Energía de disipación

CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

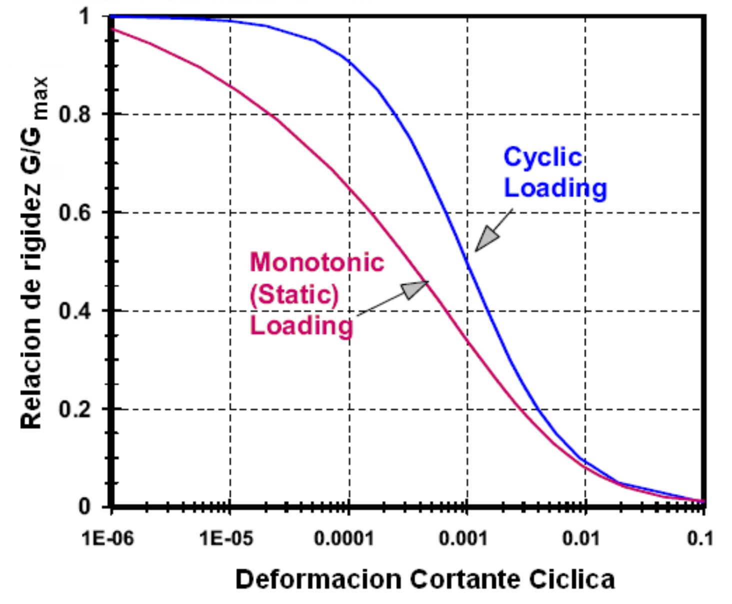
Stokoe, K II (2004), University of Texas at Austin, report

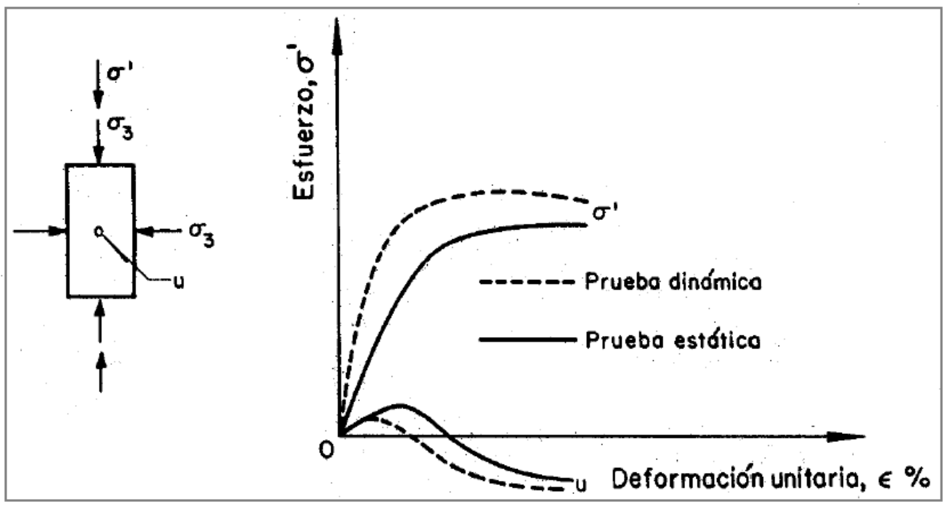


CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

2.3 Resistencia dinámica al esfuerzo cortante

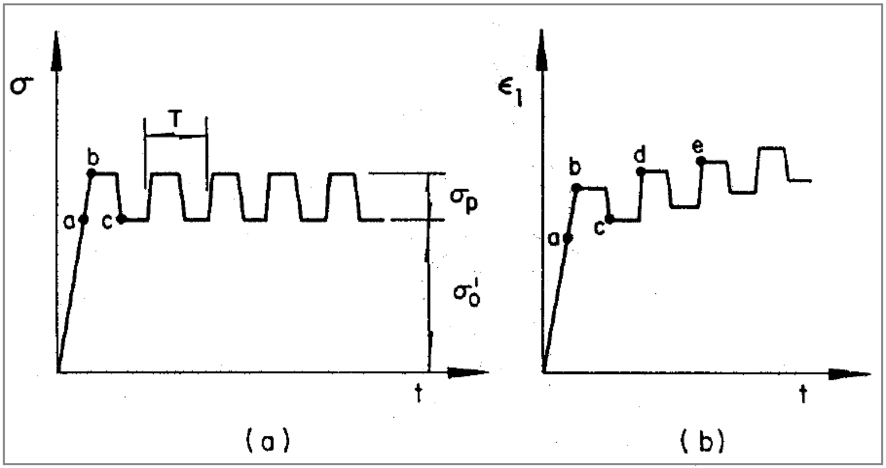


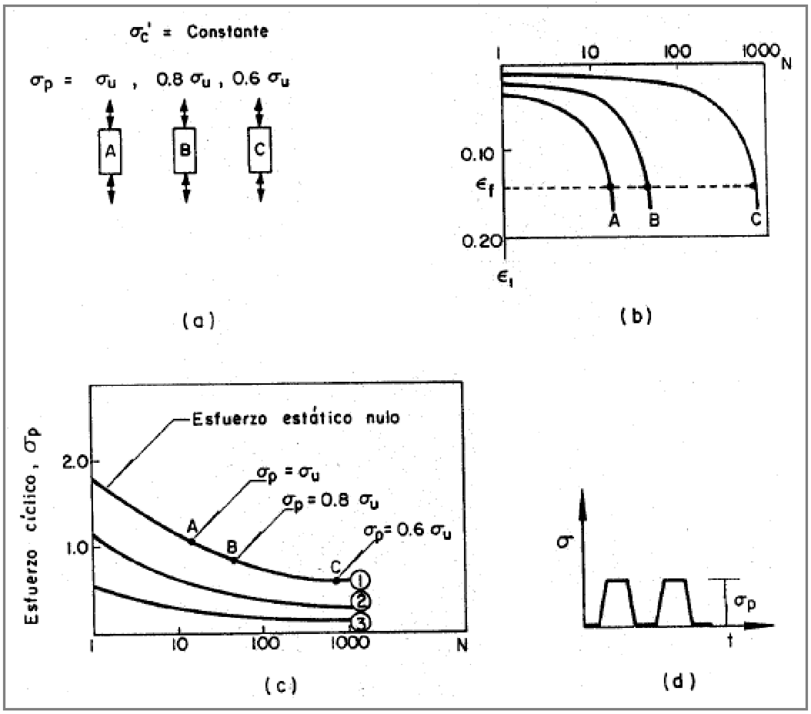


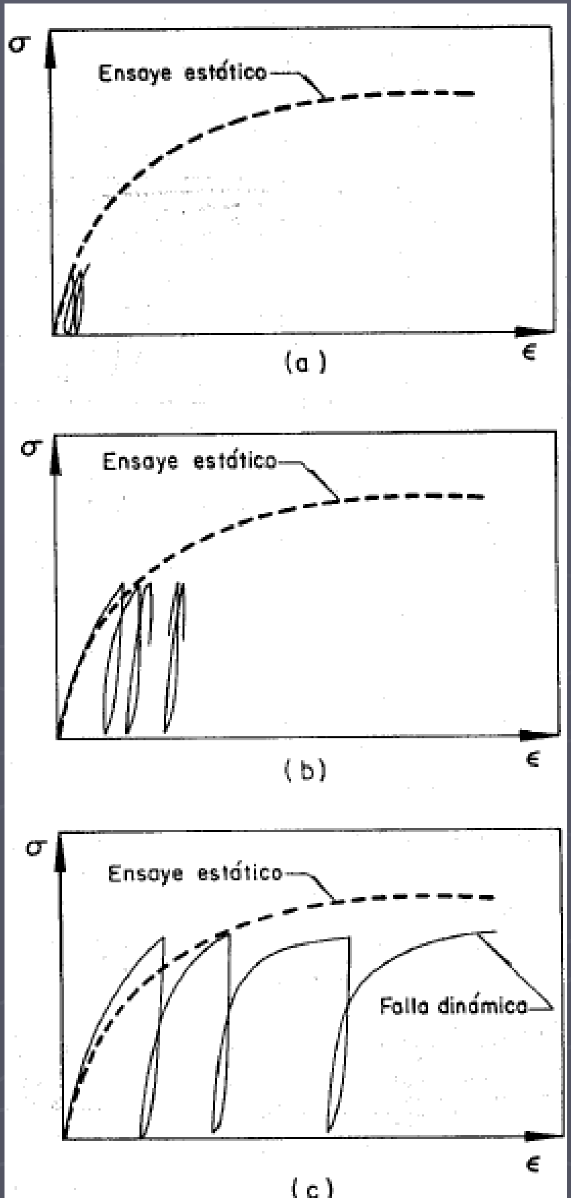
El esfuerzo cortante no drenado dinámico NO es igual al usado por cargas “estáticas”/monotónicas

CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS

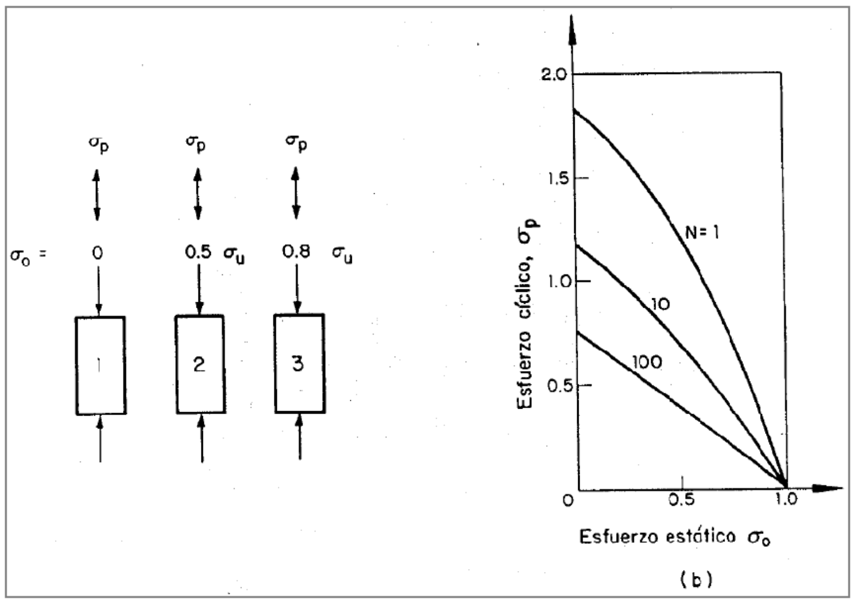


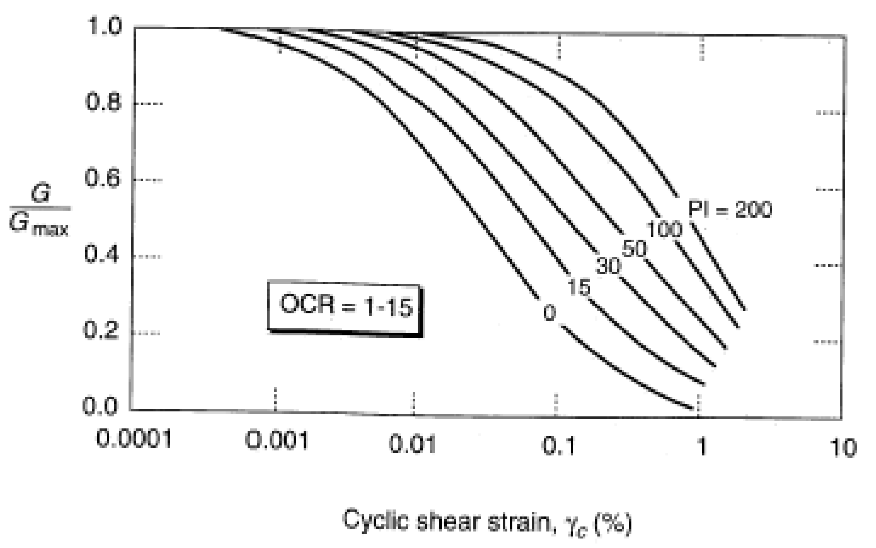


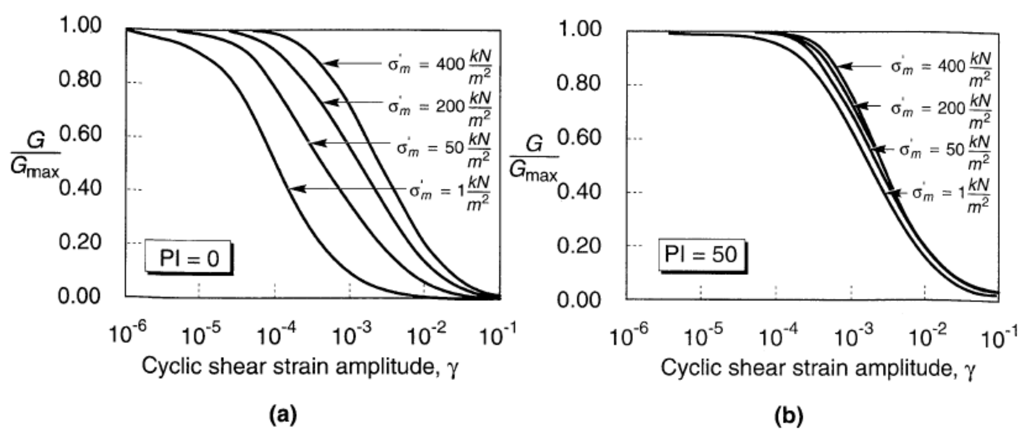


CAPITULO 2

PROPIEDADES DINAMICAS DE LOS SUELOS







(a)

(b)

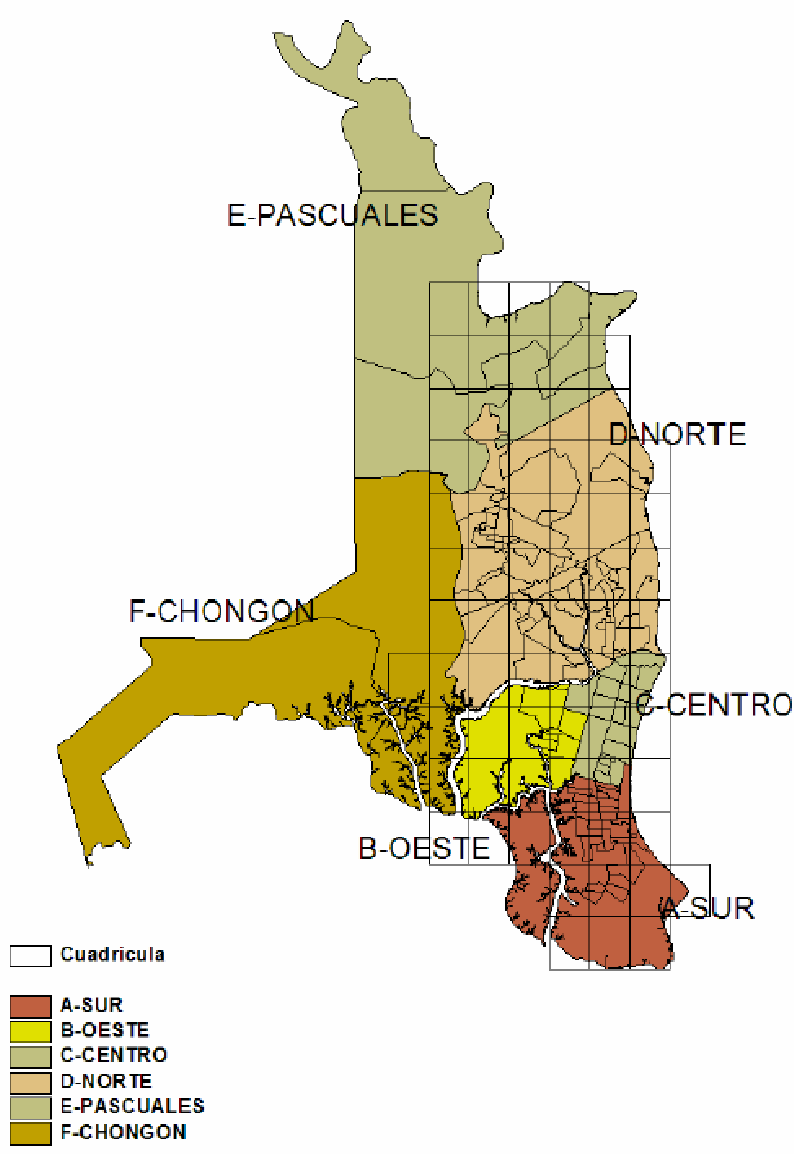
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1 Delimitación del área de estudio

PLANO DE GUAYAQUIL

ESC 1:50000

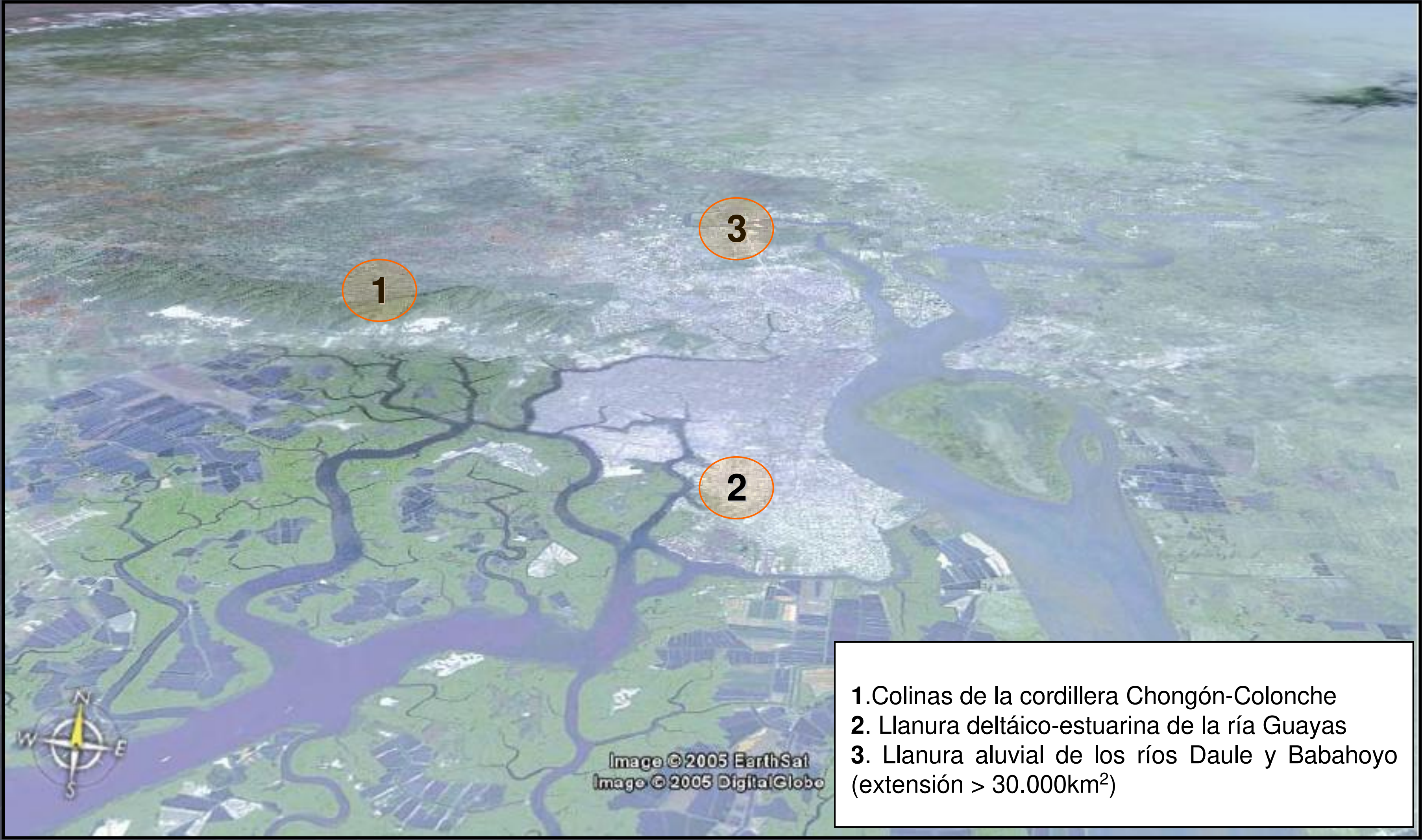


División por cuadrantes del área urbana de la ciudad de Guayaquil

CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.2 Marco Geológico Regional

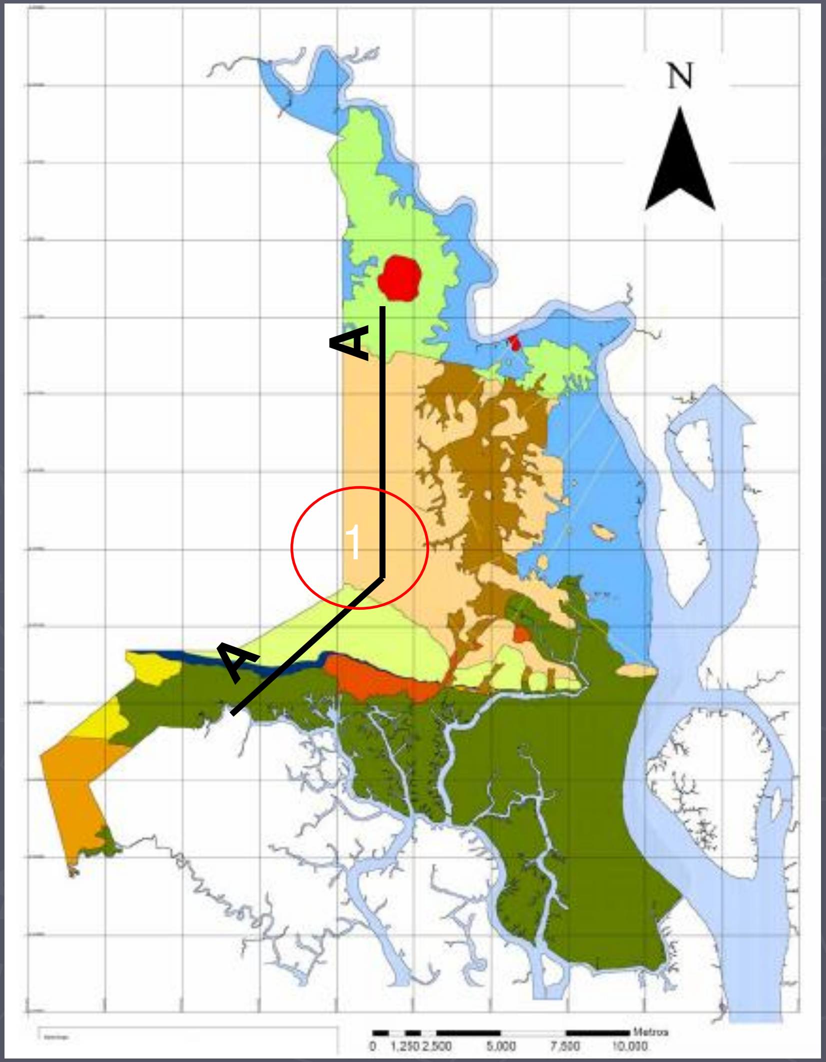


1.Colinas de la cordillera Chongón-Colonche
2. Llanura deltáico-estuarina de la ría Guayas
3. Llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo (extensión > 30.000km^2)

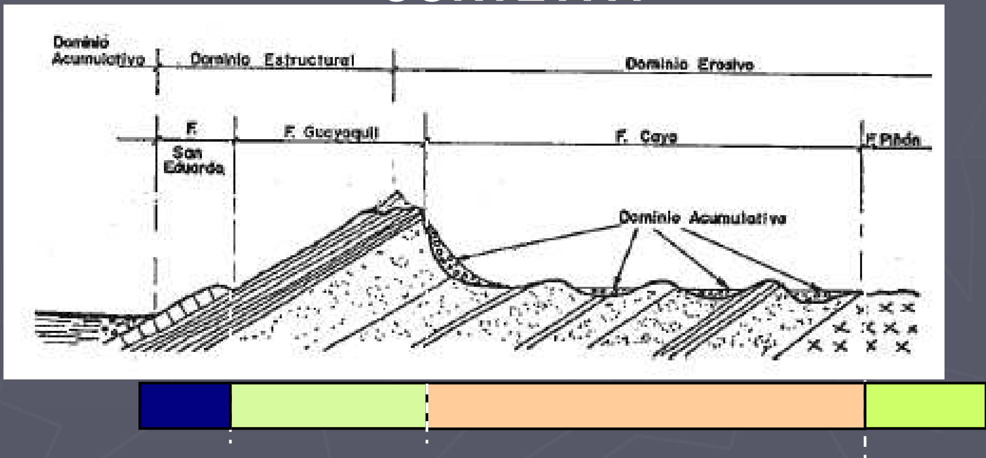
CAPITULO 3

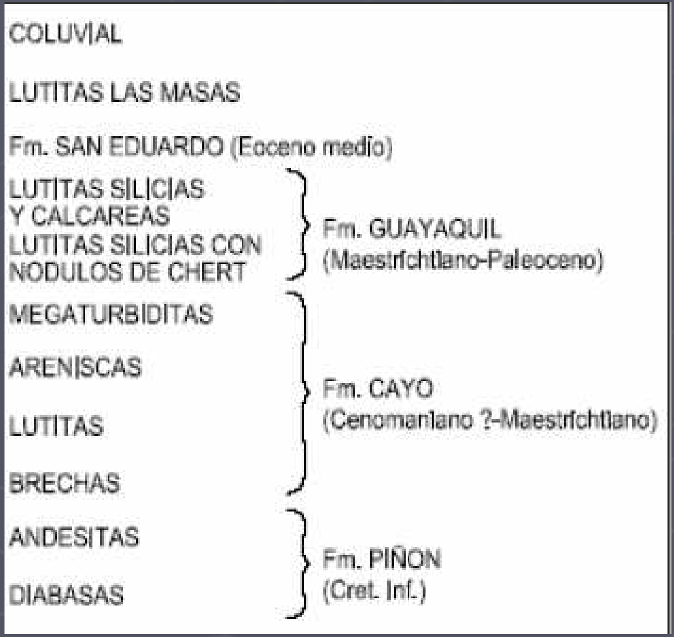
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.2 Marco Geológico Regional



CORTE A-A



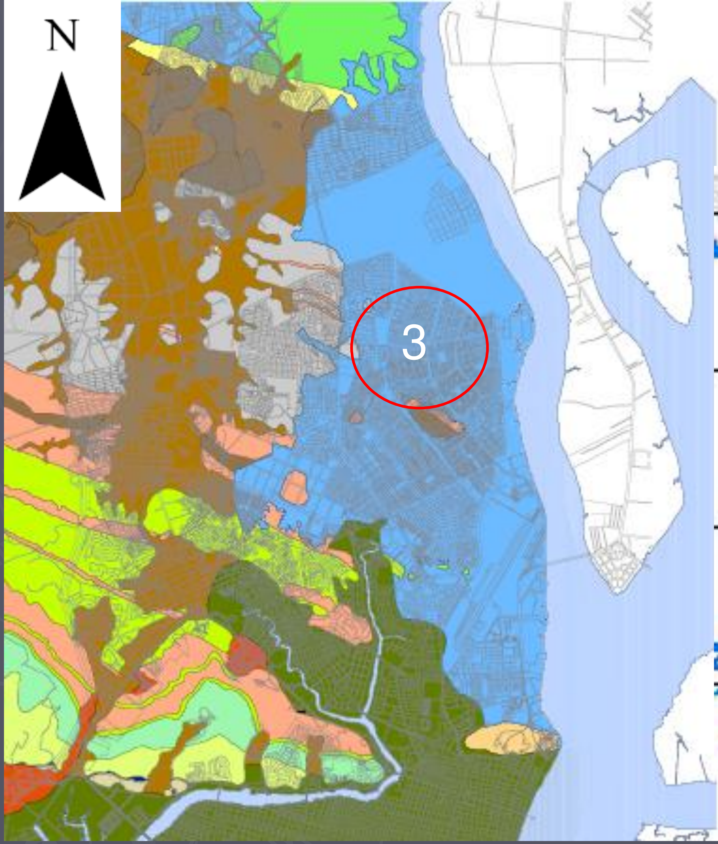


COLUVIAL	
LUTITAS LAS MASAS	
Fm. SAN EDUARDO (Eoceno medio)	
LUTITAS SILICIAS Y CALCAREAS LUTITAS SILICIAS CON NODULOS DE CHERT	Fm. GUAYAQUIL (Maestrichtiano-Paleoceno)
MEGATURBIDITAS ARENISCAS LUTITAS BRECHAS	Fm. CAYO (Cenomaniano ?-Maestrichtiano)
ANDESITAS DIABASAS	Fm. PIÑON (Cret. Inf.)

CAPITULO 3

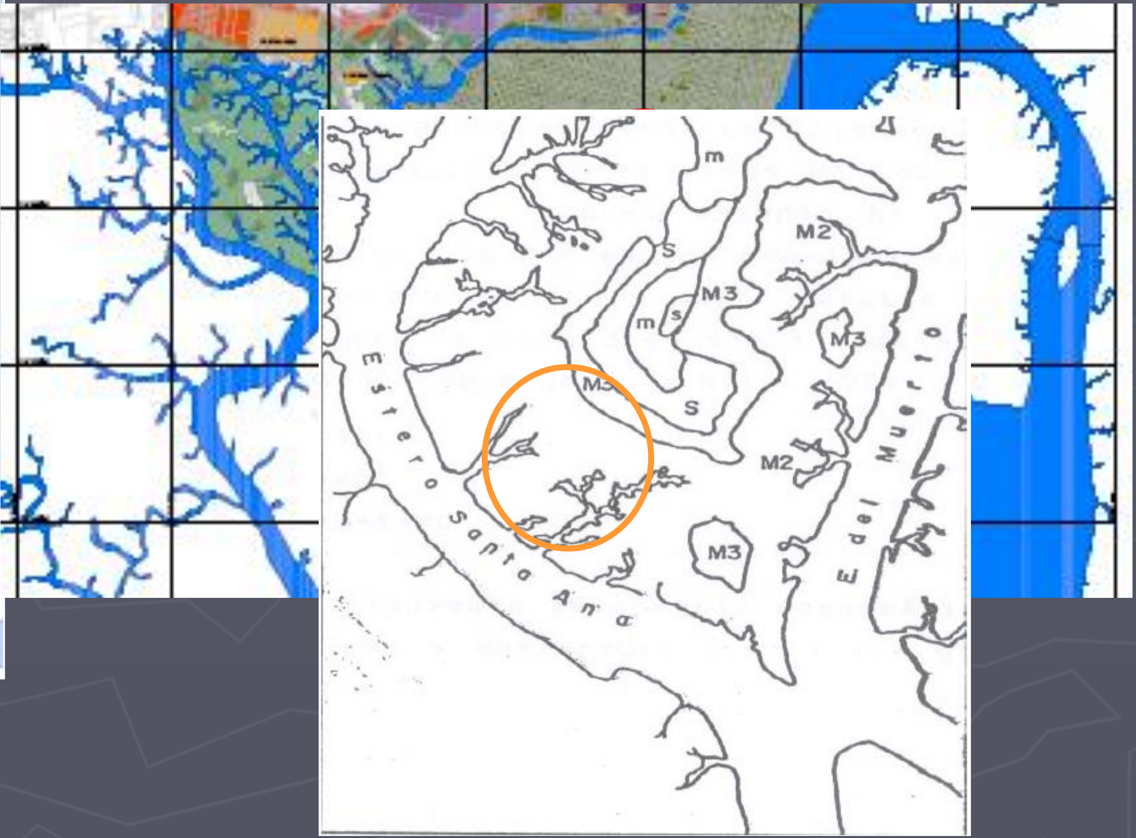
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.2 Marco Geológico Regional



🟫 2. DEPOSITOS ESTUARINOS

🟦 3. DEPOSITOS ALUVIALES



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 **Di**agnosis 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**

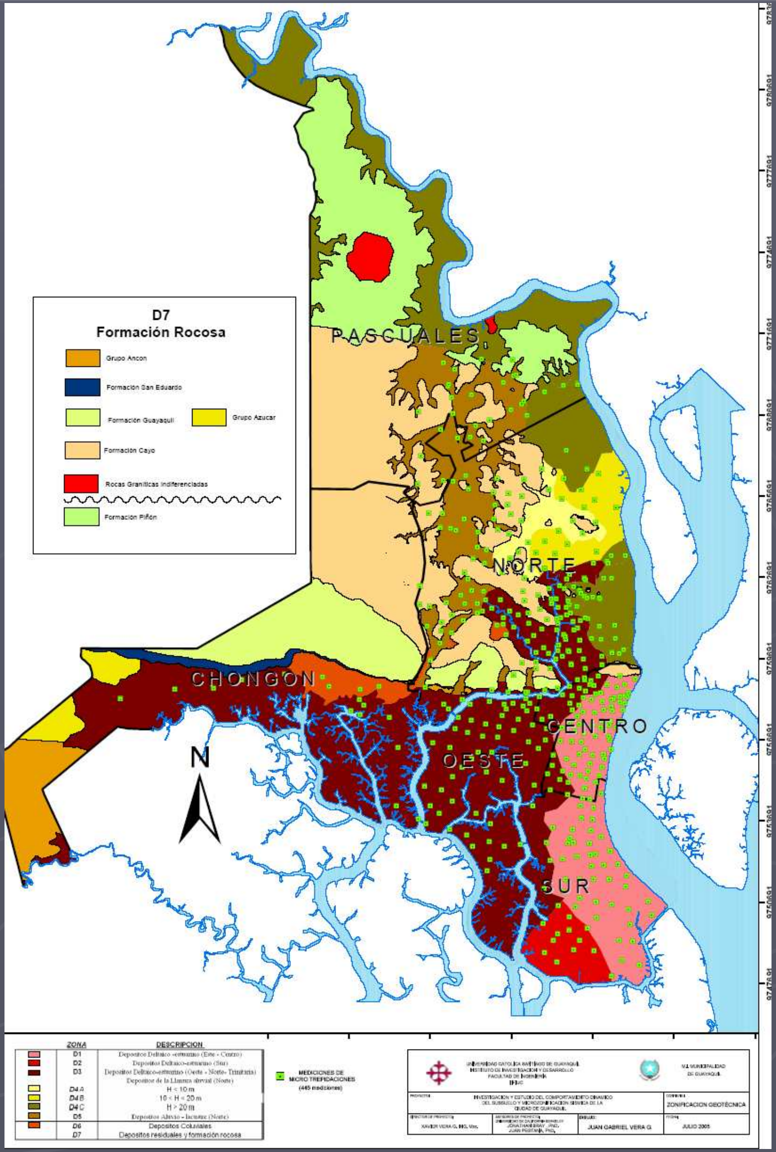
CAPITULO 3

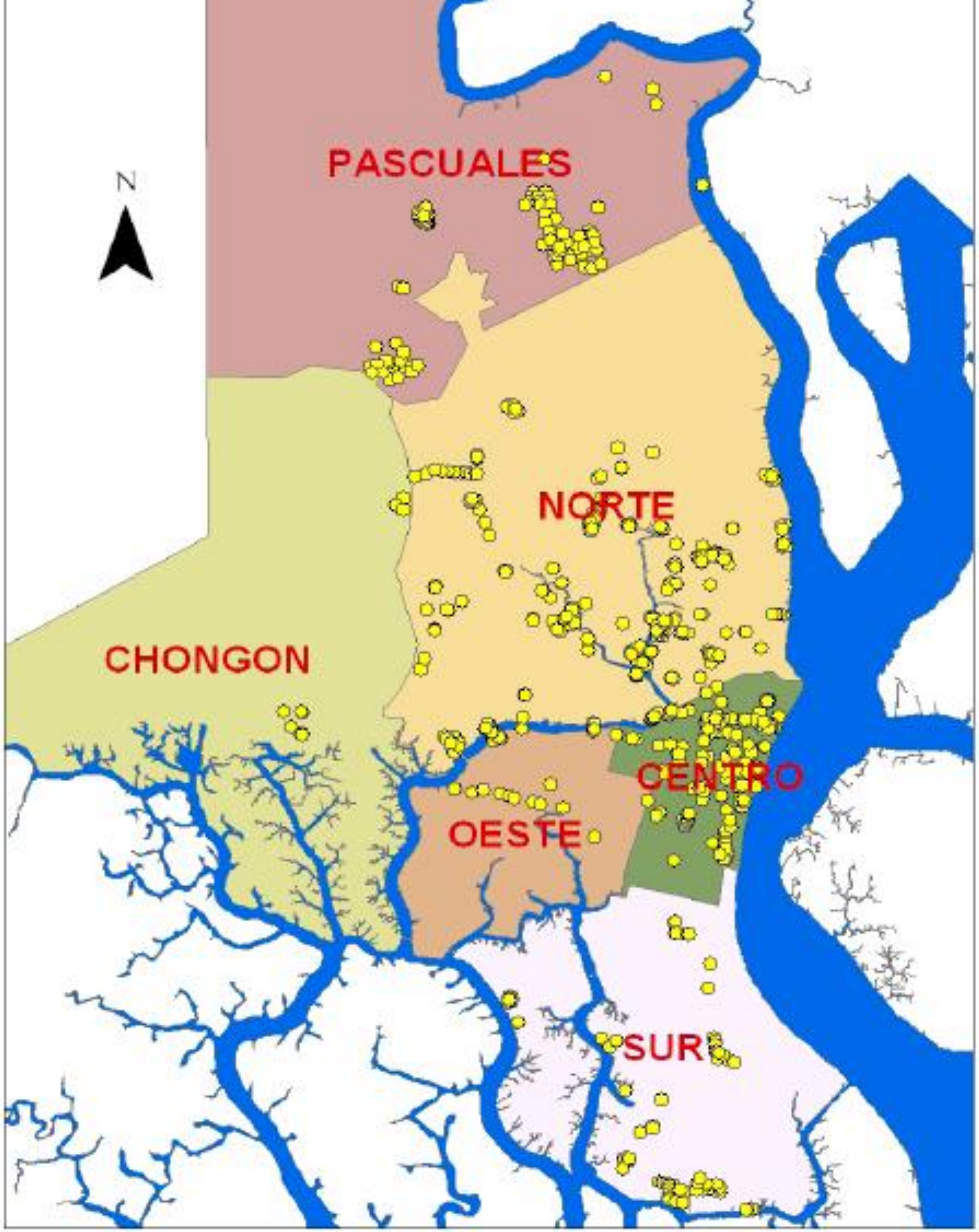
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

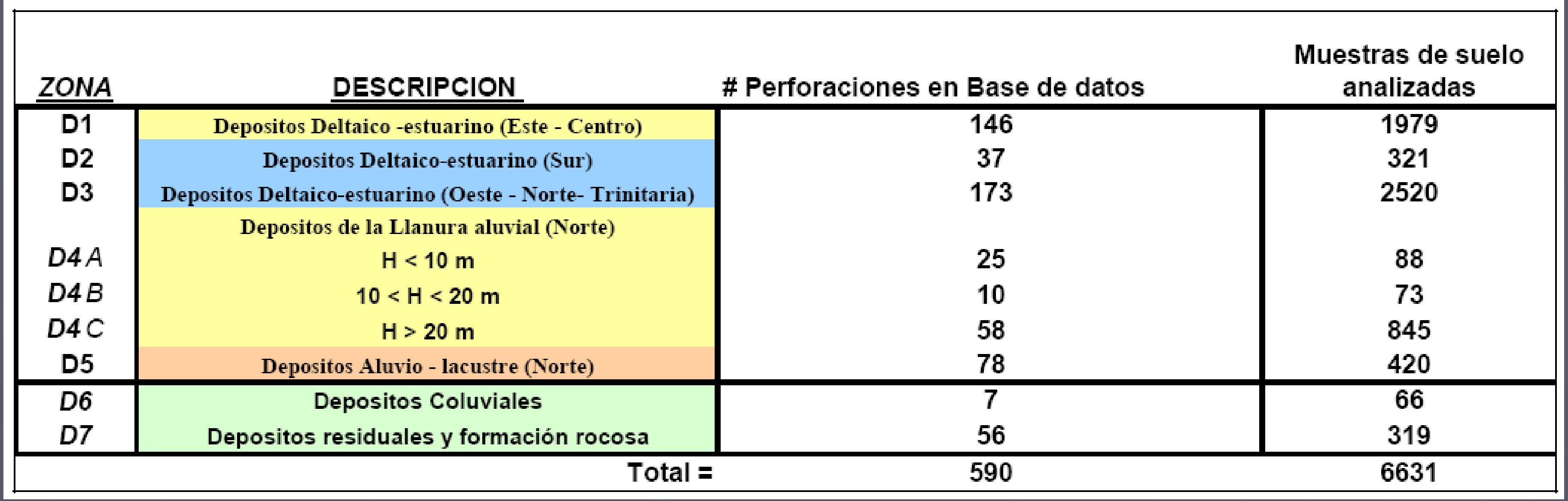
3.3 Estudio Geotécnico Previo

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

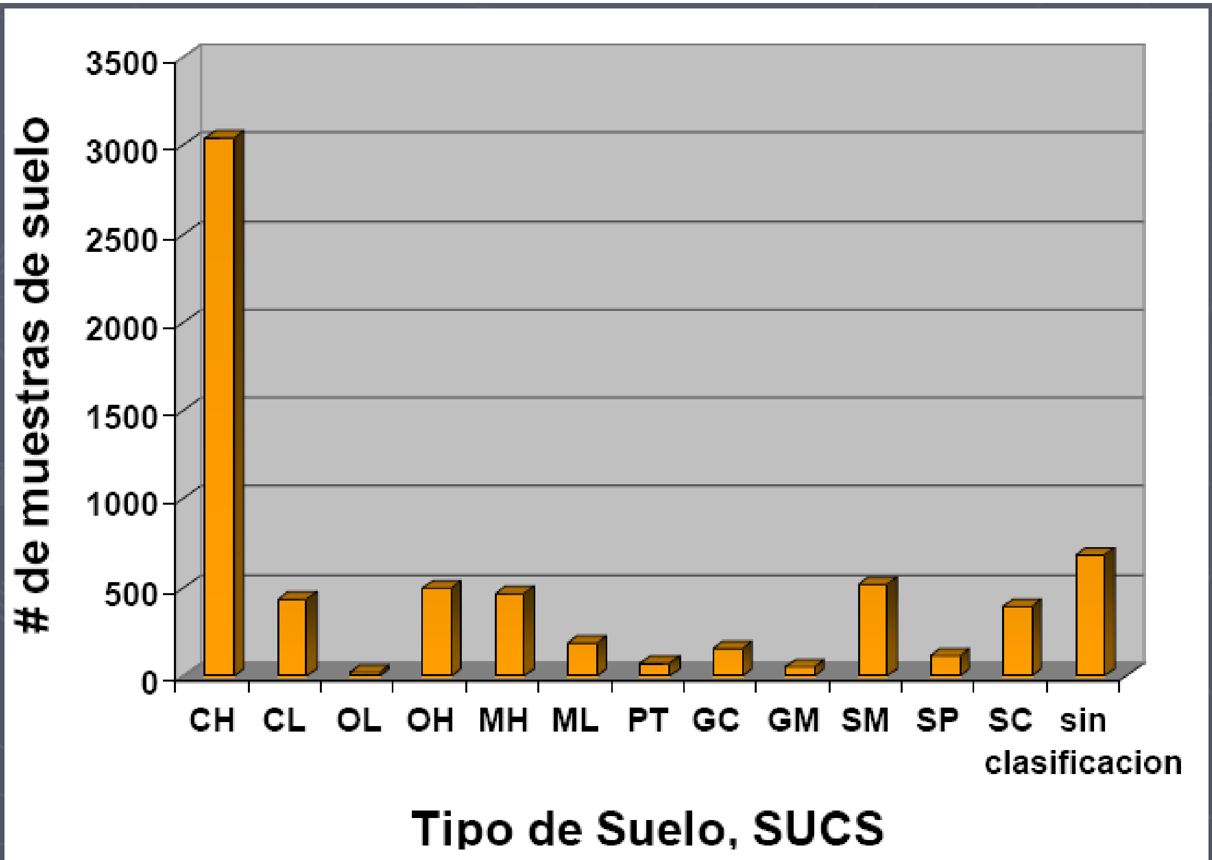
RECOLECCION DE REGISTROS
800 sondeos a profundidades
entre 20 a 40 metros




N
PASCUALES
NORTE
CHONGON
CENTRO
OESTE
SUR



ZONA	DESCRIPCION	# 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)		
D4 A	H < 10 m	25	88
D4 B	10 < H < 20 m	10	73
D4 C	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



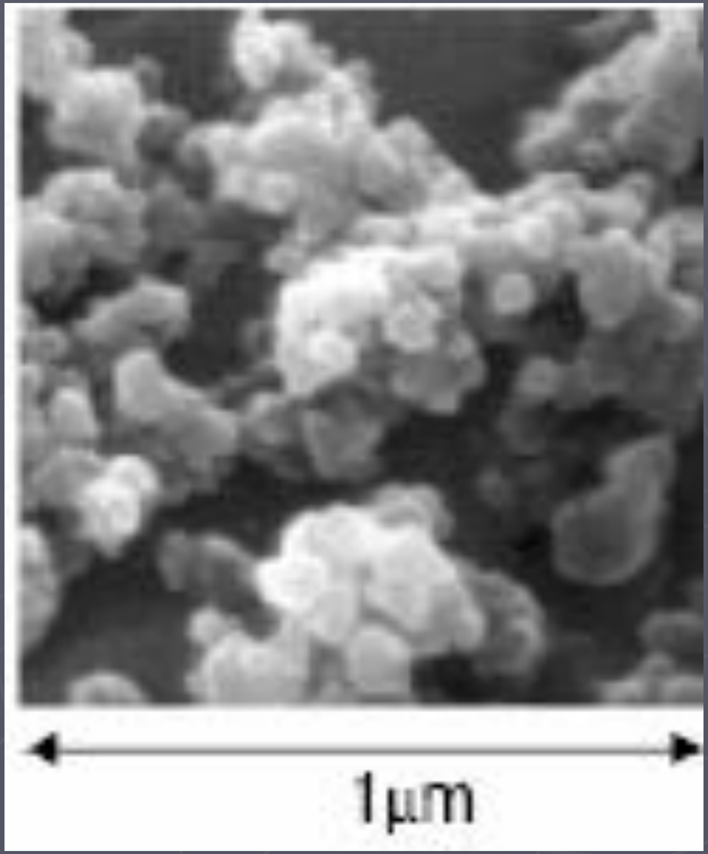
CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

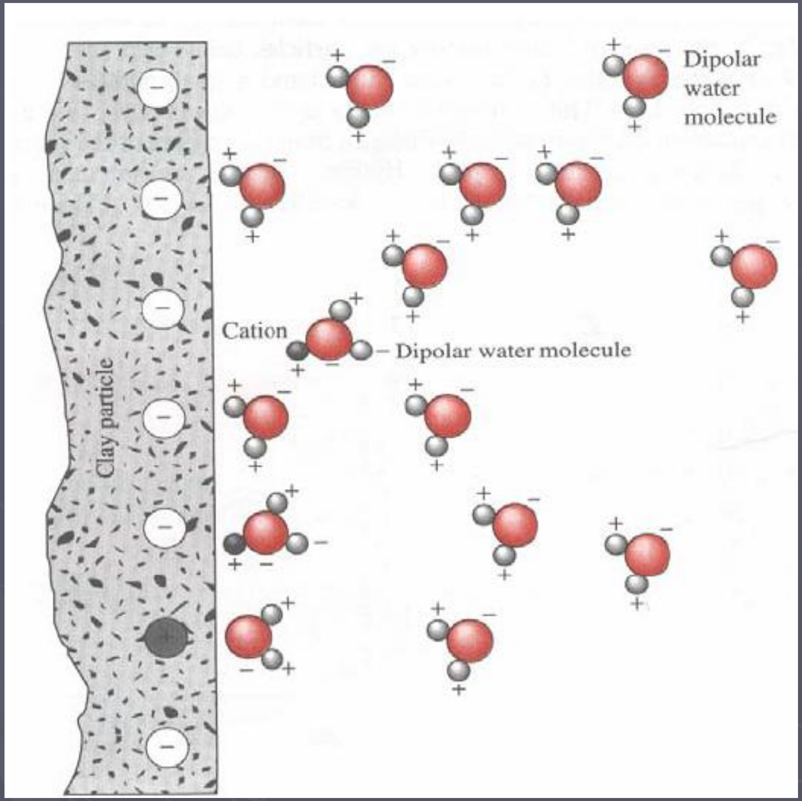
COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS.

Considerando su microestructura y la influencia de sus propiedades mecánicas



CAPITULO 3

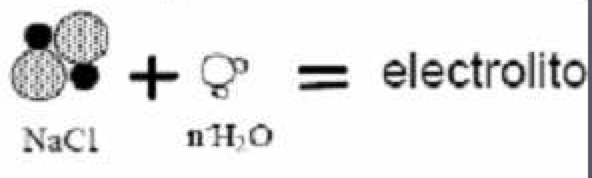
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL



- Los cationes del agua son atraídos para mantener su neutralidad

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

CONCENTRACION IONICA Y



PH DEL FLUIDO

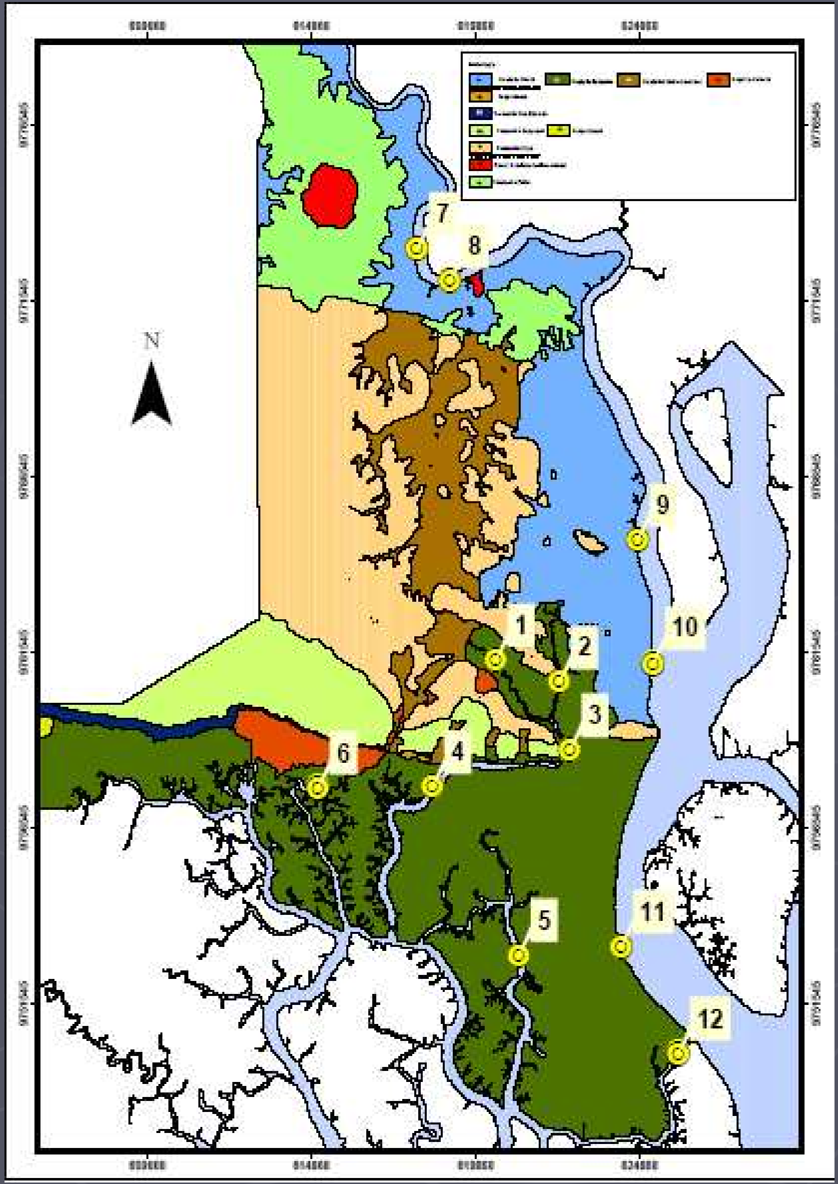
CAPITULO 3

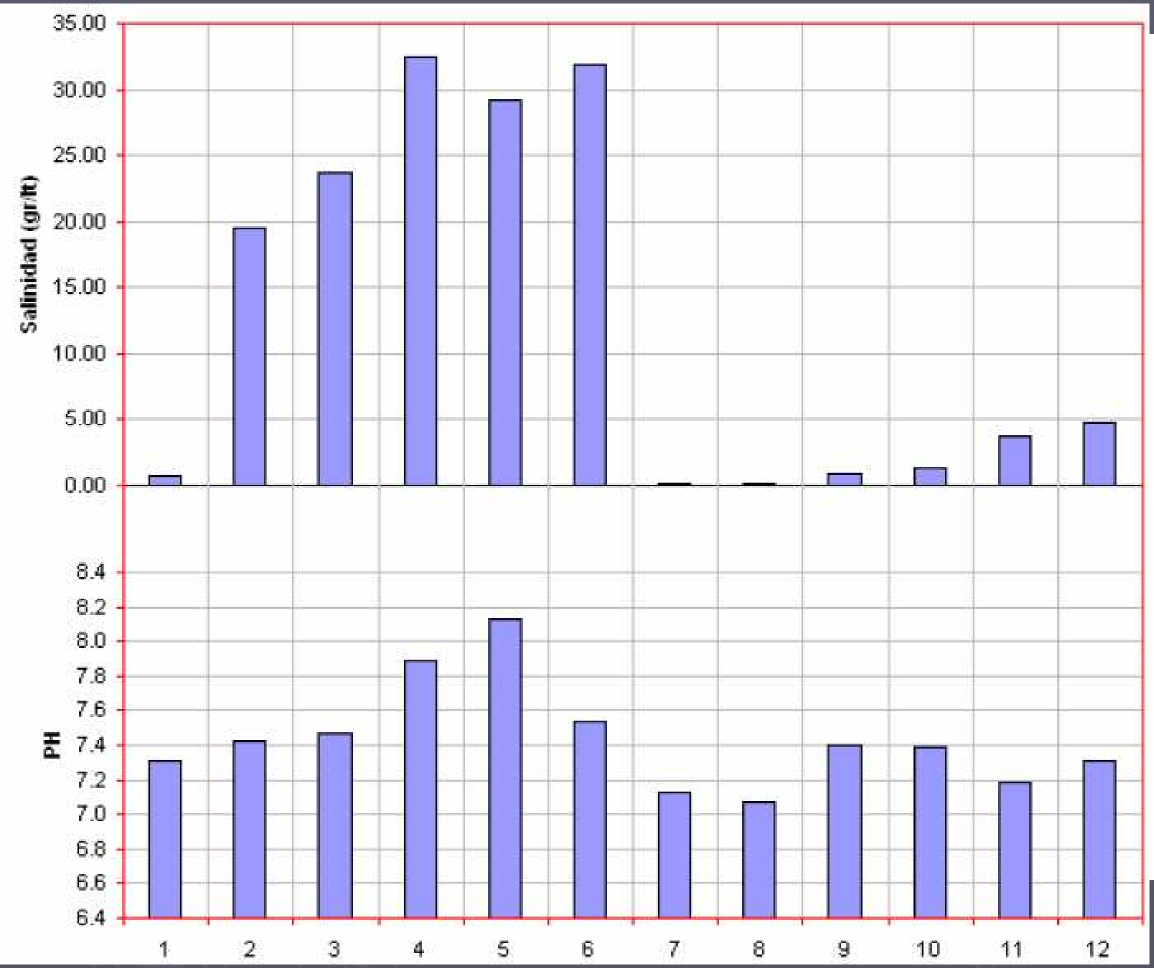
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.3 Estudio Geotécnico Previo

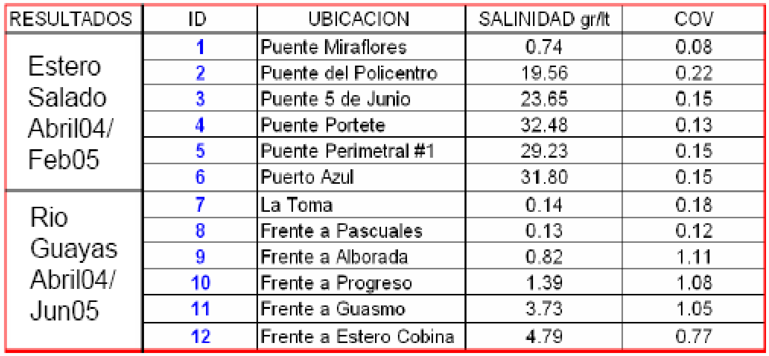
EVALUACION DE SALINIDAD Y VALORES DE PH

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



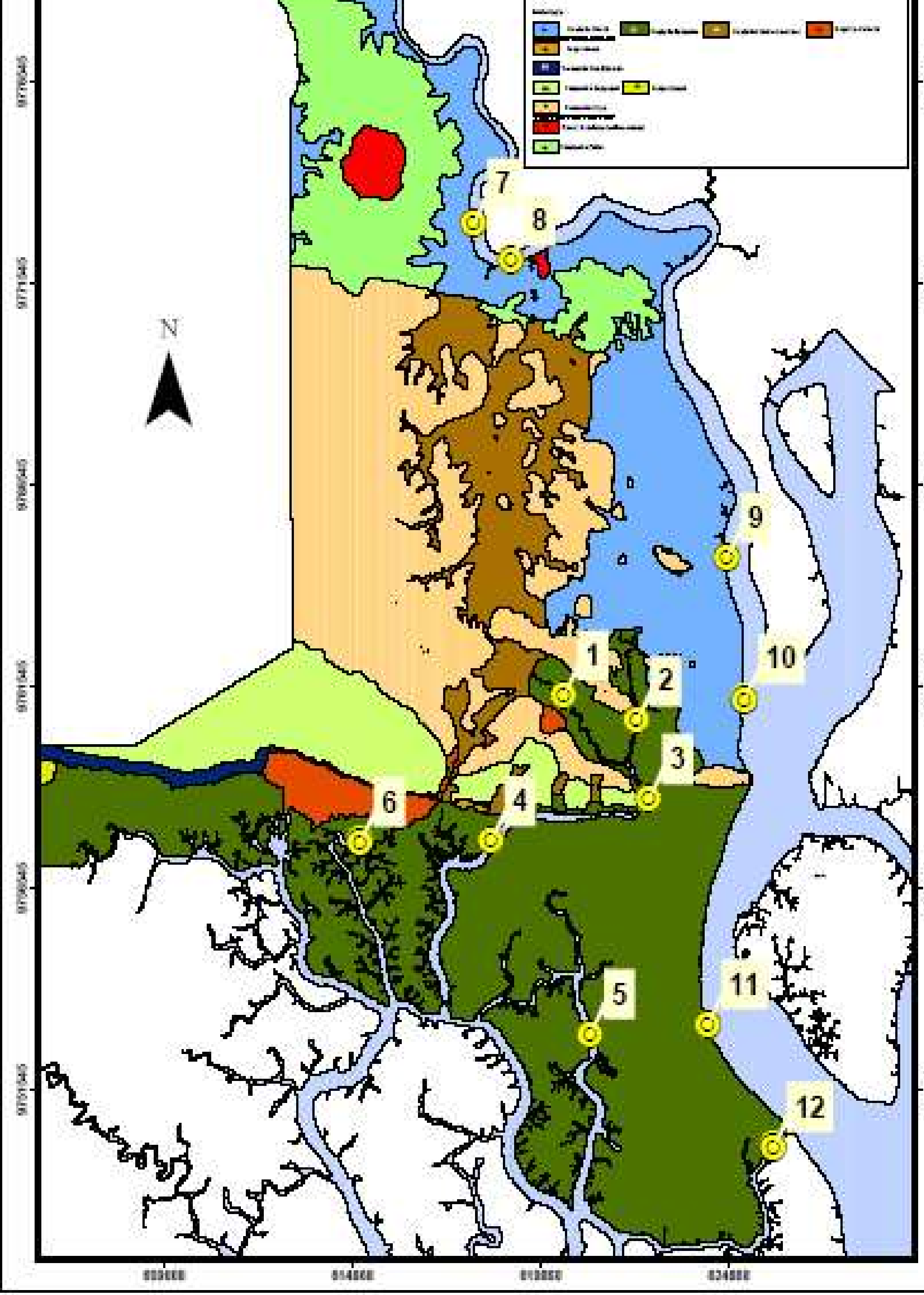


PUNTOS



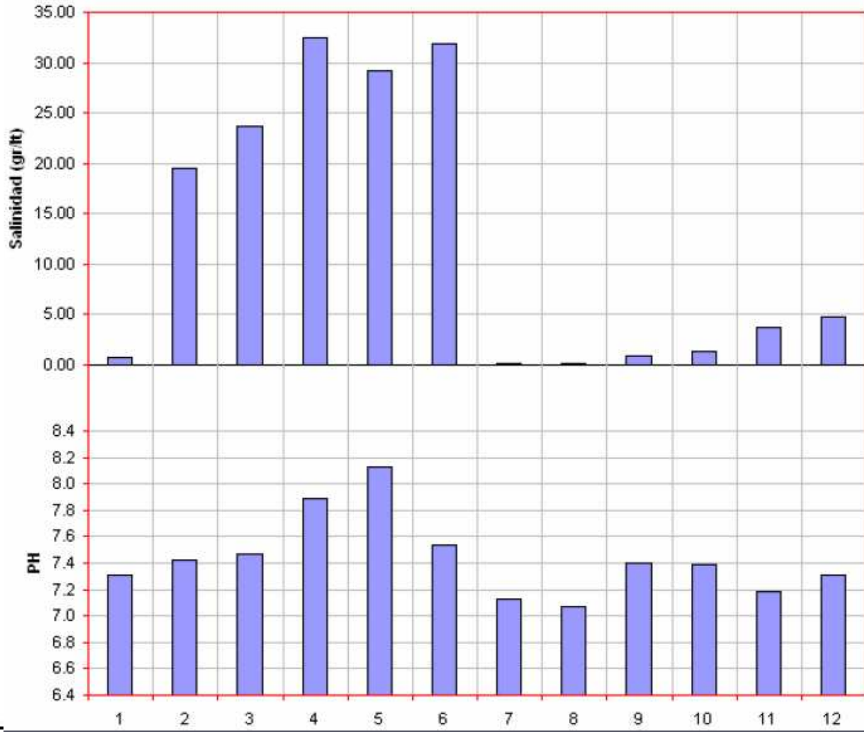
RESULTADOS	ID	UBICACION	SALINIDAD gr/lt	COV
Estero Salado Abril04/ Feb05	1	Puente Miraflores	0.74	0.08
	2	Puente del Policentro	19.56	0.22
	3	Puente 5 de Junio	23.65	0.15
	4	Puente Portete	32.48	0.13
	5	Puente Perimetral #1	29.23	0.15
	6	Puerto Azul	31.80	0.15
Rio Guayas Abril04/ Jun05	7	La Toma	0.14	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	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

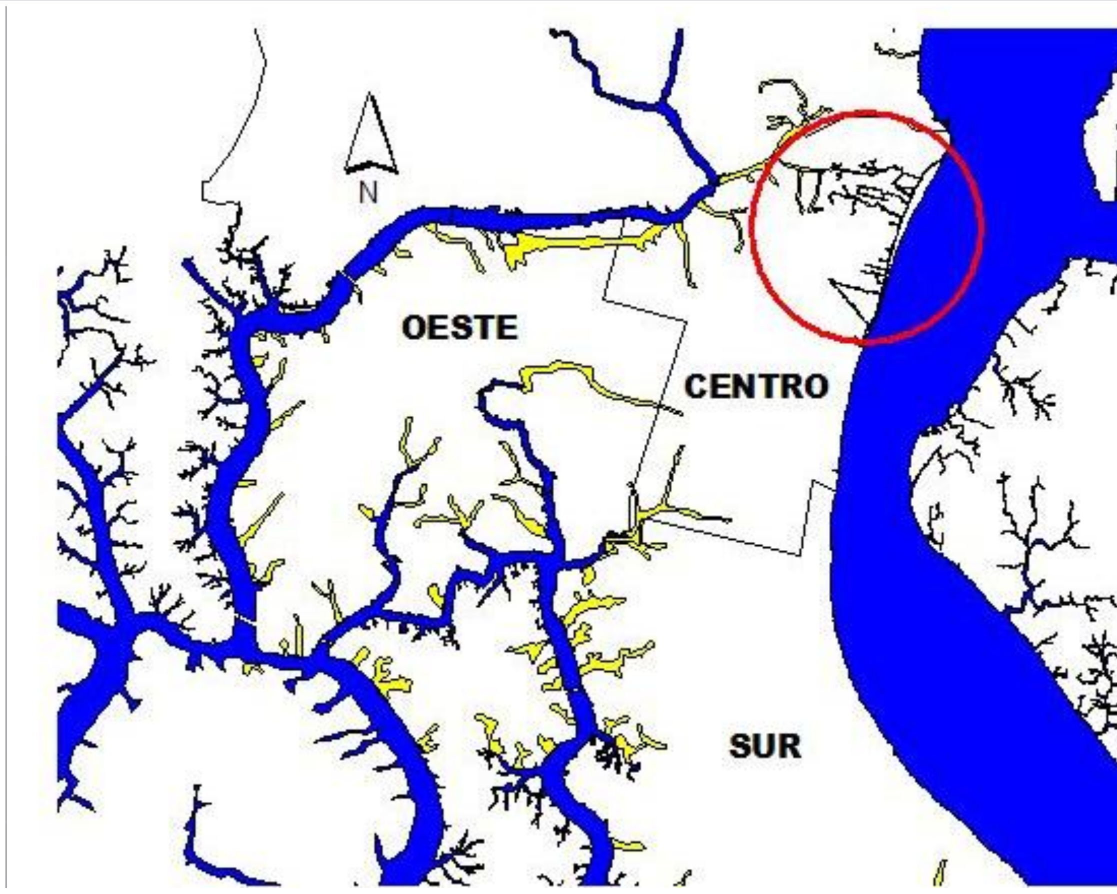


CAPITULO 3

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

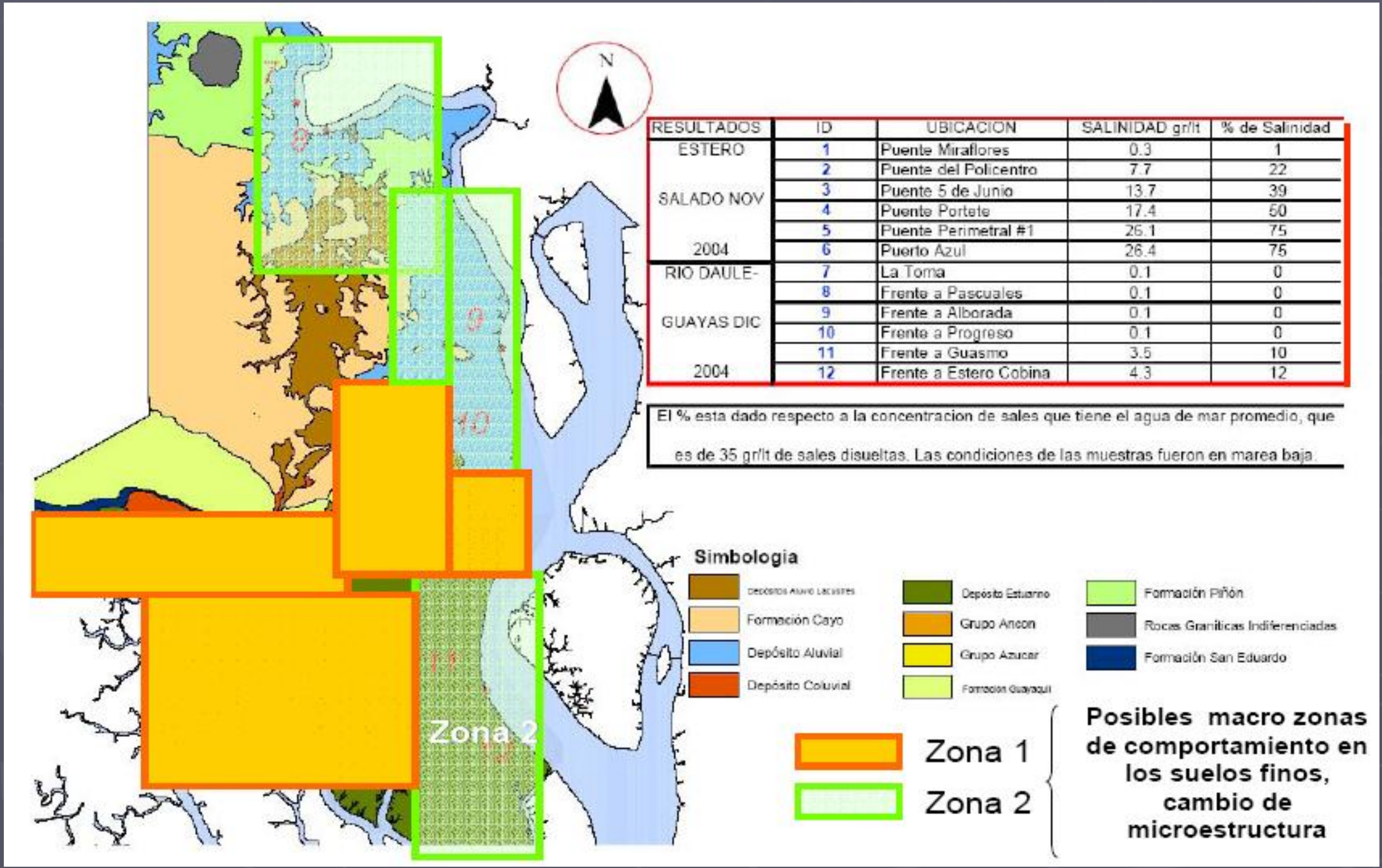
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Fotografía área del centro y sur de Guayaquil en el año 1946, Estrada J. 2000

CAPITULO 3

UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

El series arcillosas divididas según 2 tipos diferentes de ambientes



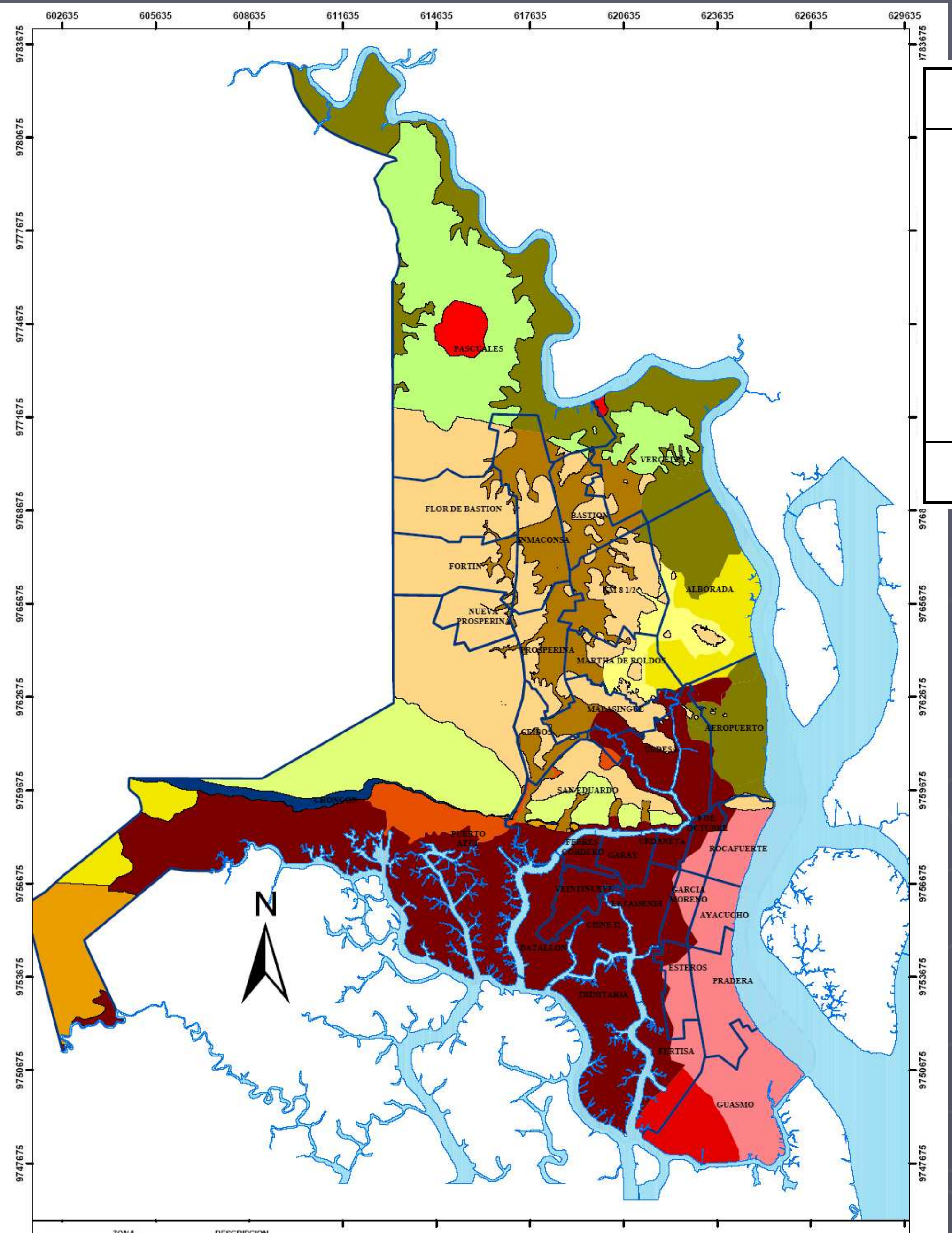
RESULTADOS	ID	UBICACION	SALINIDAD gr/lt	% de Salinidad
ESTERO SALADO NOV 2004	1	Puente Miraflores	0.3	1
	2	Puente del Policentro	7.7	22
	3	Puente 5 de Junio	13.7	39
	4	Puente Portete	17.4	50
	5	Puente Perimetral #1	26.1	75
	6	Puerto Azul	26.4	75
RIO DAULE-GUAYAS DIC 2004	7	La Toma	0.1	0
	8	Frente a Pascuales	0.1	0
	9	Frente a Alborada	0.1	0
	10	Frente a Progreso	0.1	0
	11	Frente a Guasmo	3.5	10
	12	Frente a Estero Cobina	4.3	12

El % esta dado respecto a la concentracion de sales que tiene el agua de mar promedio, que es de 35 gr/lt de sales disueltas. Las condiciones de las muestras fueron en marea baja.

Posibles macro zonas de comportamiento en los suelos finos, cambio de microestructura

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

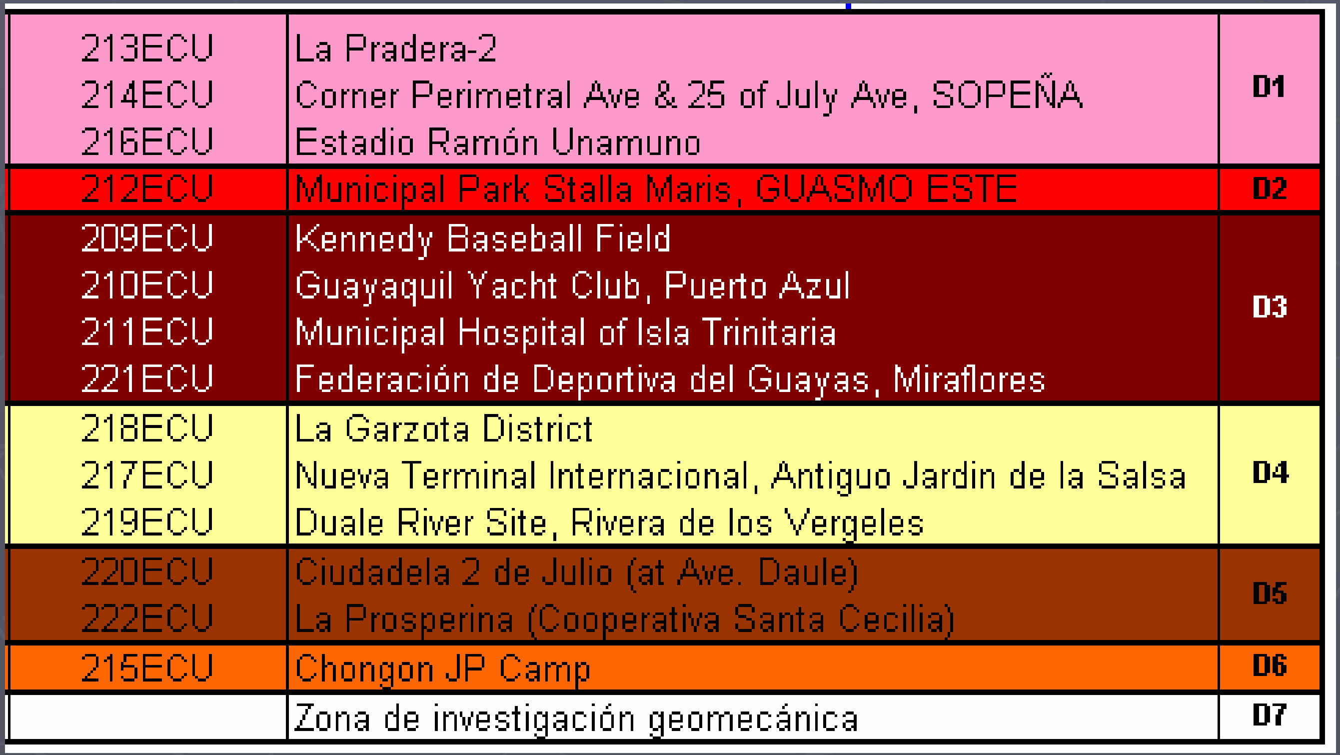
🟧	Grupo Ancon
🟦	Formación San Eduardo
🟩	Formación Guayaquil
🟨	Grupo Azucar
🟧	Formación Cayo
🟥	Rocas Graníticas Indiferenciadas
🟩	Formación Piñón

CAPITULO 3

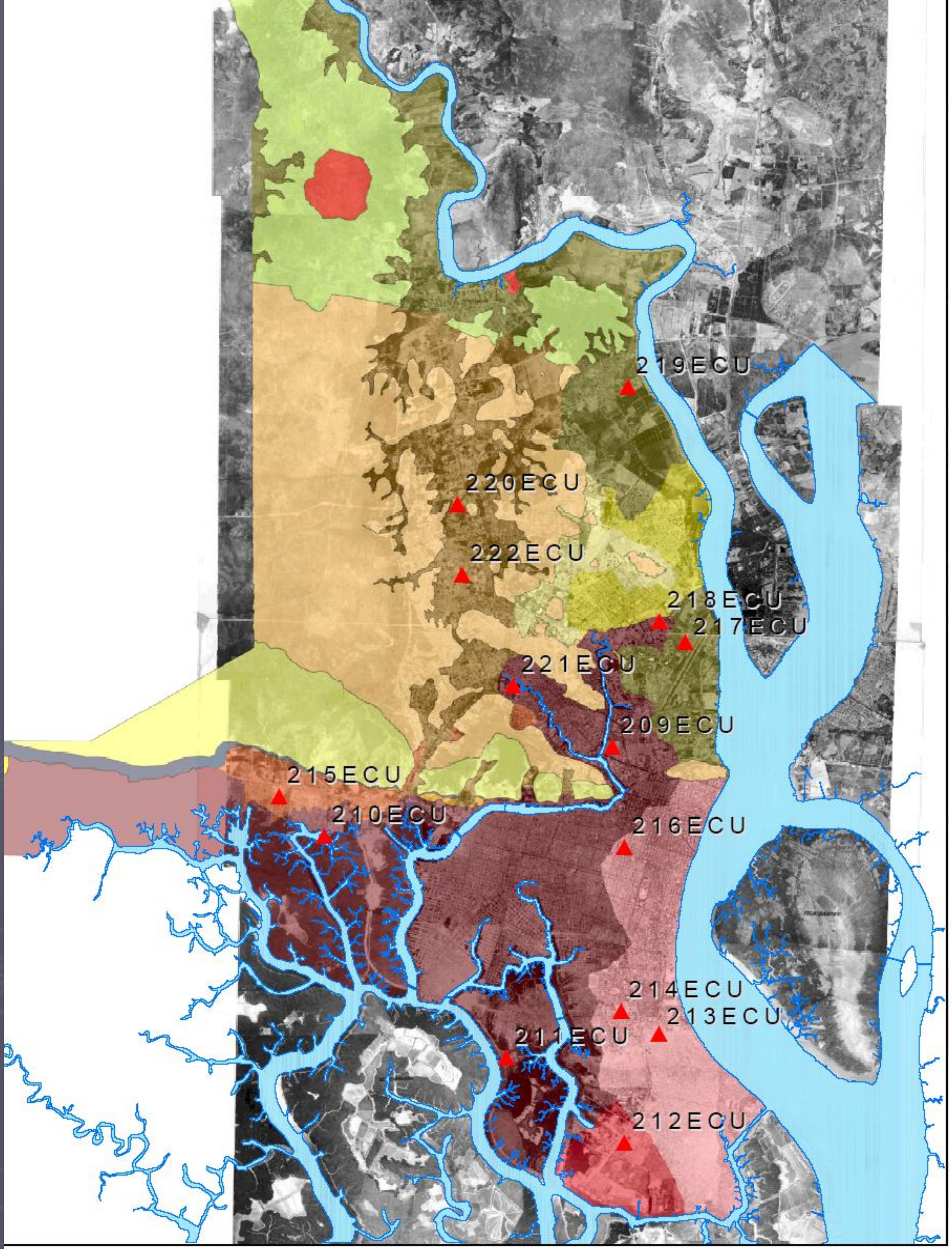
UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

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**


219ECU
220ECU
222ECU
218ECU
217ECU
221ECU
209ECU
215ECU
210ECU
216ECU
214ECU
213ECU
211ECU
212ECU

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

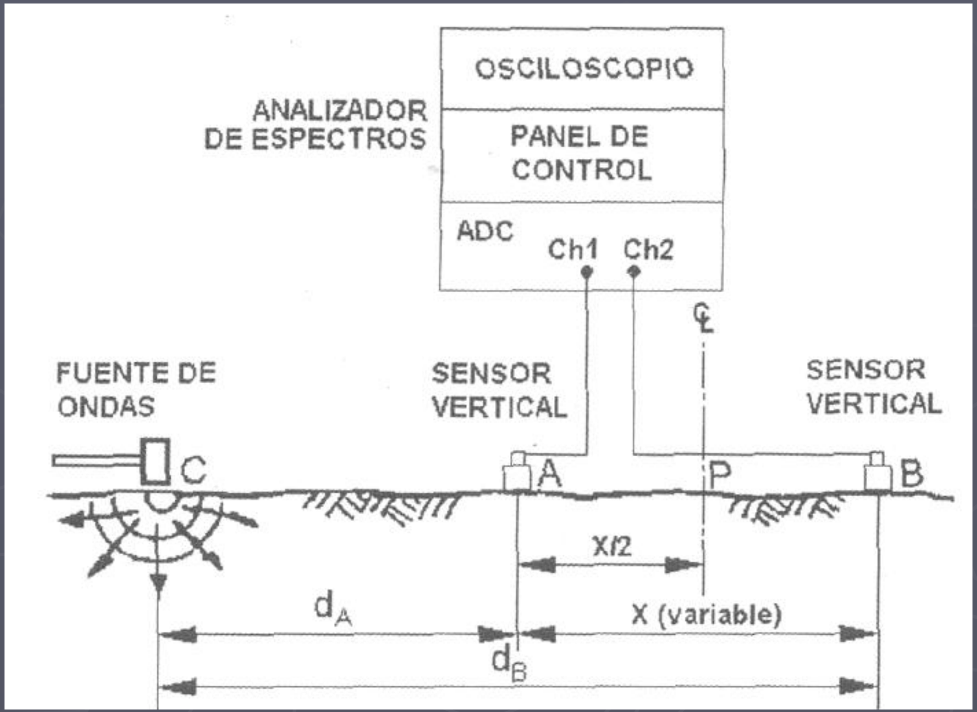
EQUIPOS UTILIZADOS

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

CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis



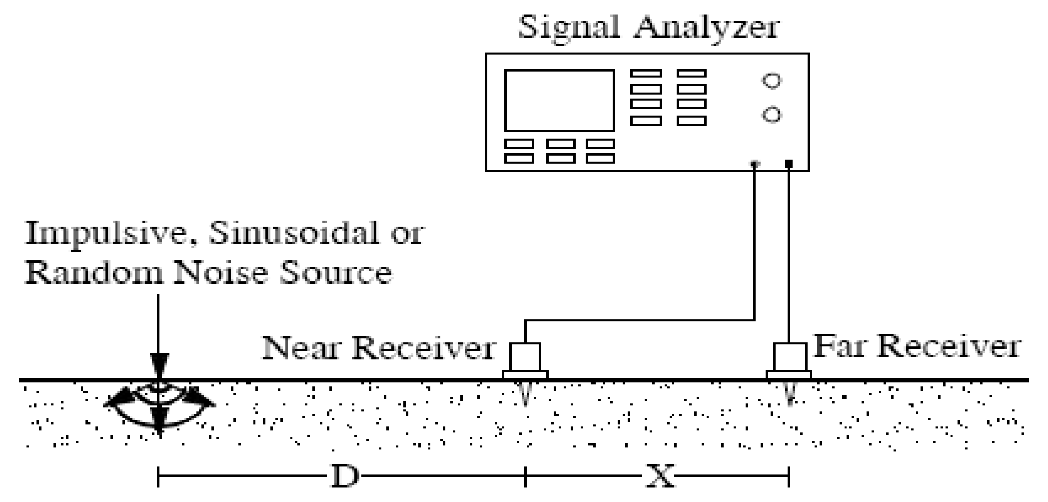
Variación de X, para obtener perfil de dispersión de sitio

X = 2, 4, 8, 16, 32, y 64 m.

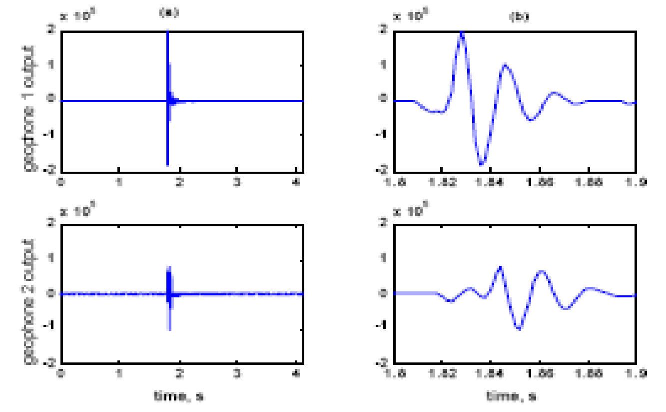
CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis



Usually D=X



Fast Fourier Transform

$Y_1(\omega)=FFT(y_1(t))$

$Y_2(\omega)=FFT(y_2(t))$

Cross Power Spectrum

$G_{y1y2} = Y_1(\omega)^* \cdot Y_2(\omega)$

Time Delay

$t(\omega) = \text{fase}(G_{y1y2}(f)) / \omega$

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

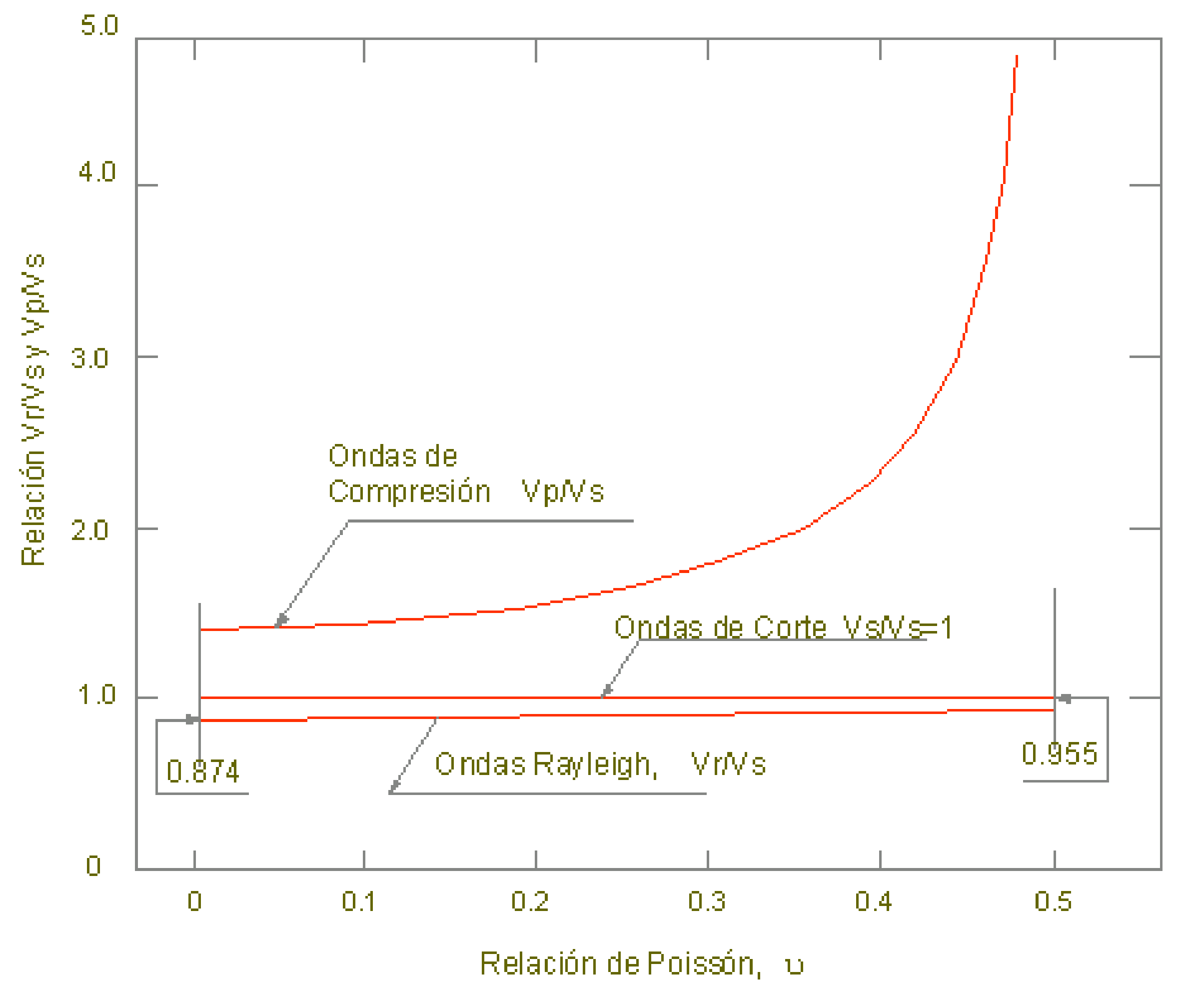
MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.1 Metodología de análisis

$$V_R = \lambda_R \cdot f$$

Como primera aproximación en campo:

VS≈ 1.1 VR

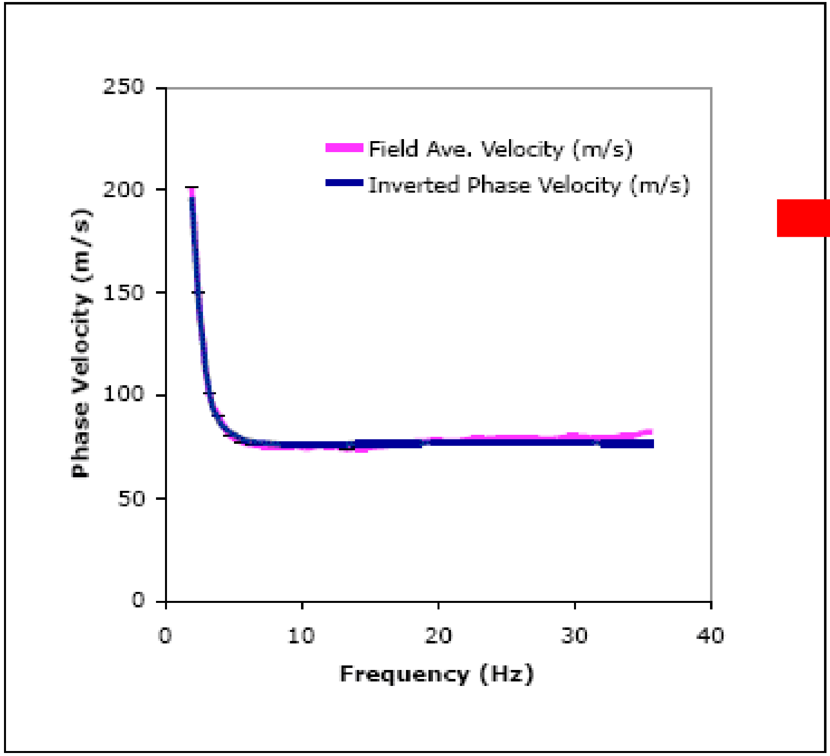


CAPITULO 4

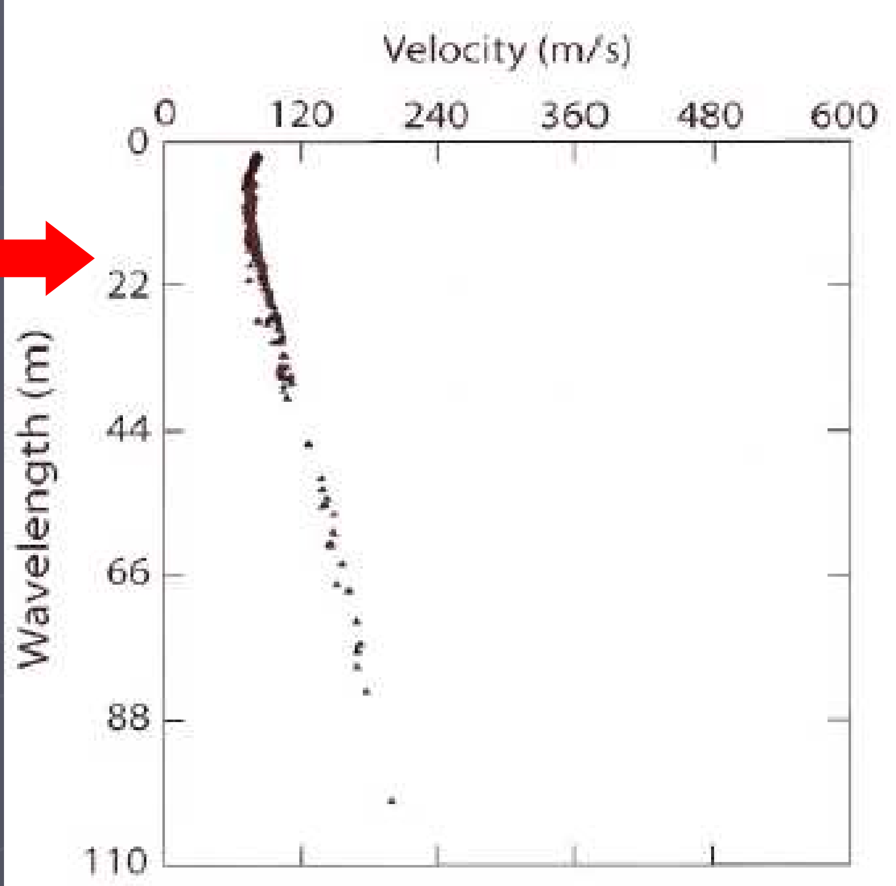
MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

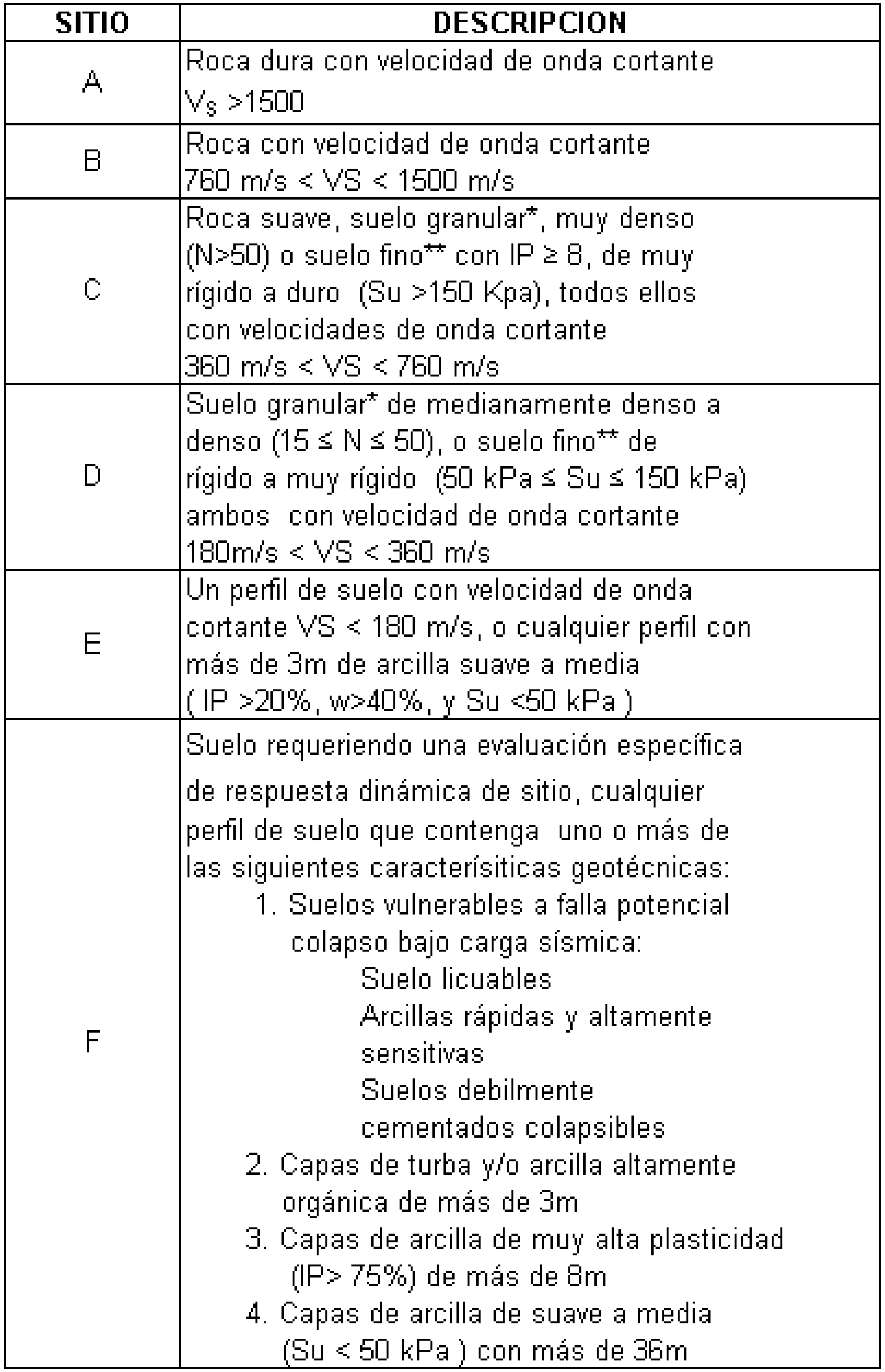
4.1 Metodología de análisis

(Merged Field-Dispersion Curves)



(Inverted-theoretical-dispersion curve versus average field curve, bars represent ±1σ 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 m/s < VS < 1500 m/s
C	Roca suave, suelo granular*, muy denso (N>50) o suelo fino** con IP ≥ 8, de muy rígido a duro (Su >150 Kpa), todos ellos con velocidades de onda cortante 360 m/s < VS < 760 m/s
D	Suelo granular* de medianamente denso a denso (15 ≤ N ≤ 50), o suelo fino** de rígido a muy rígido (50 kPa ≤ Su ≤ 150 kPa) ambos con velocidad de onda cortante 180m/s < VS < 360 m/s
E	Un perfil de suelo con velocidad de onda cortante VS < 180 m/s, o cualquier perfil con más de 3m de arcilla suave a media (IP >20%, w>40%, y Su <50 kPa)
F	Suelo requeriendo una evaluación específica de respuesta dinámica de sitio, cualquier perfil de suelo que contenga uno o más de las siguientes caracterísiticas geotécnicas: 1. Suelos vulnerables a falla potencial colapso bajo carga sísmica: Suelo licuables Arcillas rápidas y altamente sensitivas Suelos debilmente cementados colapsibles 2. Capas de turba y/o arcilla altamente orgánica de más de 3m 3. Capas de arcilla de muy alta plasticidad (IP> 75%) de más de 8m 4. Capas de arcilla de suave a media (Su < 50 kPa) con más de 36m

National

Eathquake

Hazards

Reduction

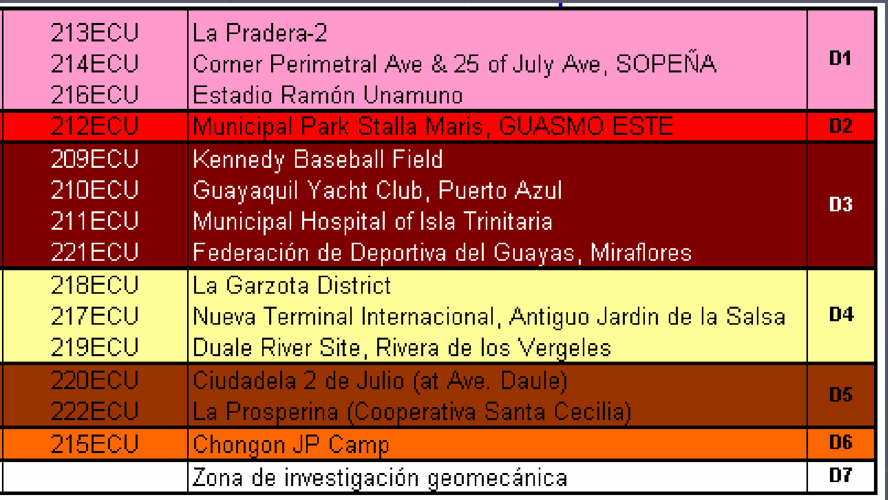
Program

$$\overline{Vs}_{30} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{Vs_i}}$$

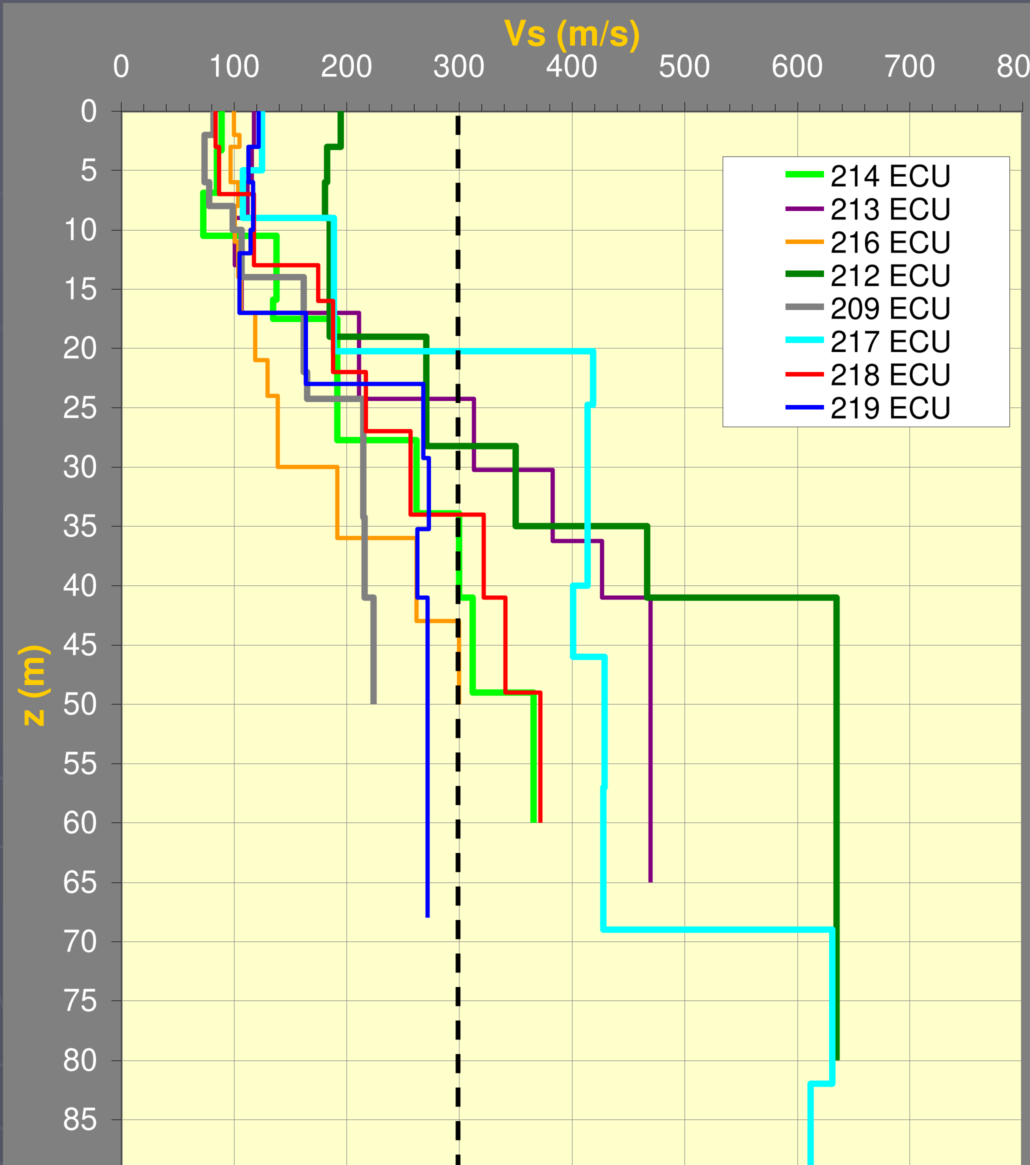
CAPITULO 4

MEDICIONES DE LAS VELOCIDADES DE LA ONDA DE CORTE, SASW

4.3 Resultados de las mediciones

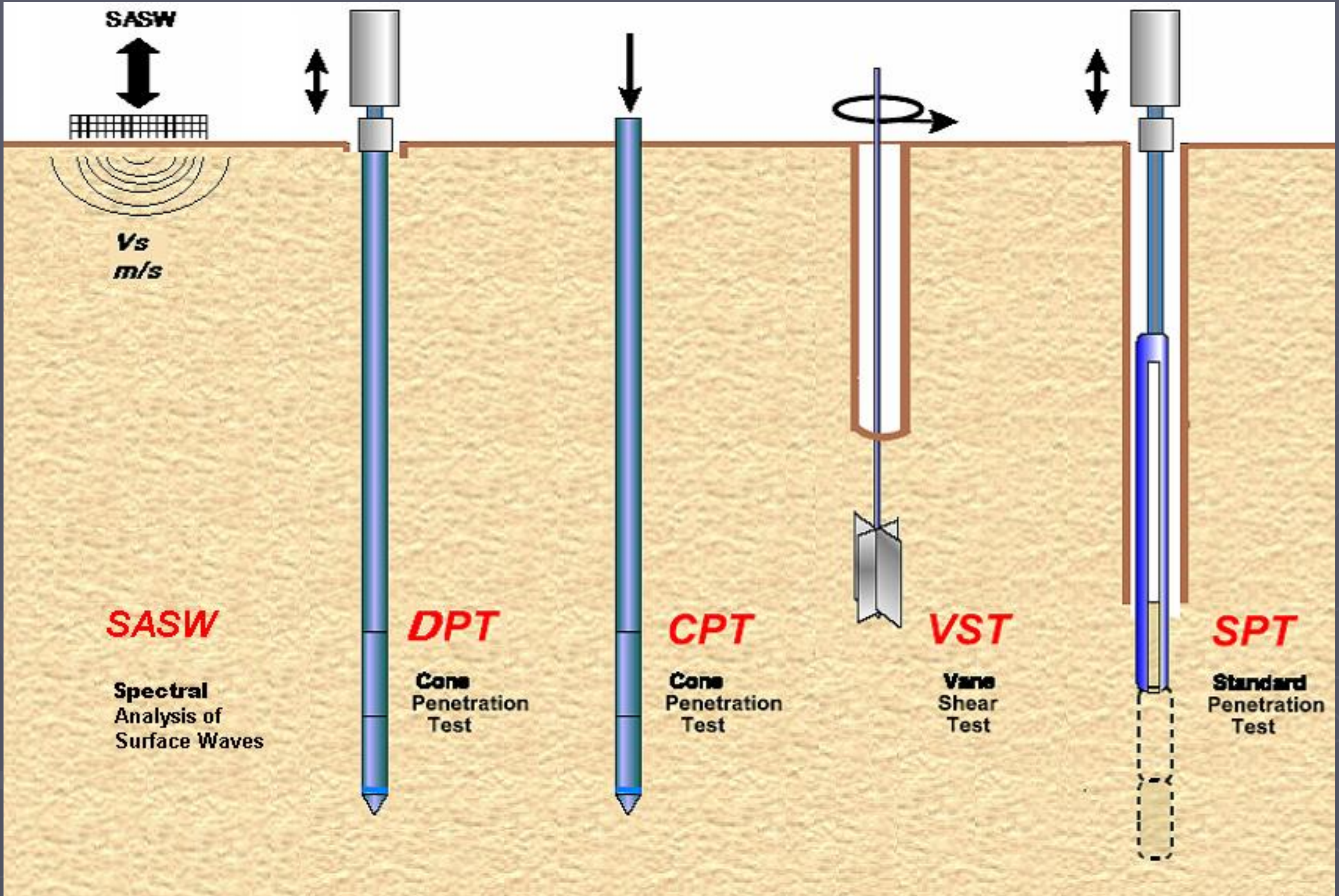


213ECU 214ECU 216ECU	La Pradera-2 Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA Estadio Ramón Unamuno	D1
212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	D2
209ECU 210ECU 211ECU 221ECU	Kennedy Baseball Field Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul Municipal Hospital of Isla Trinitaria Federación de Deportiva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

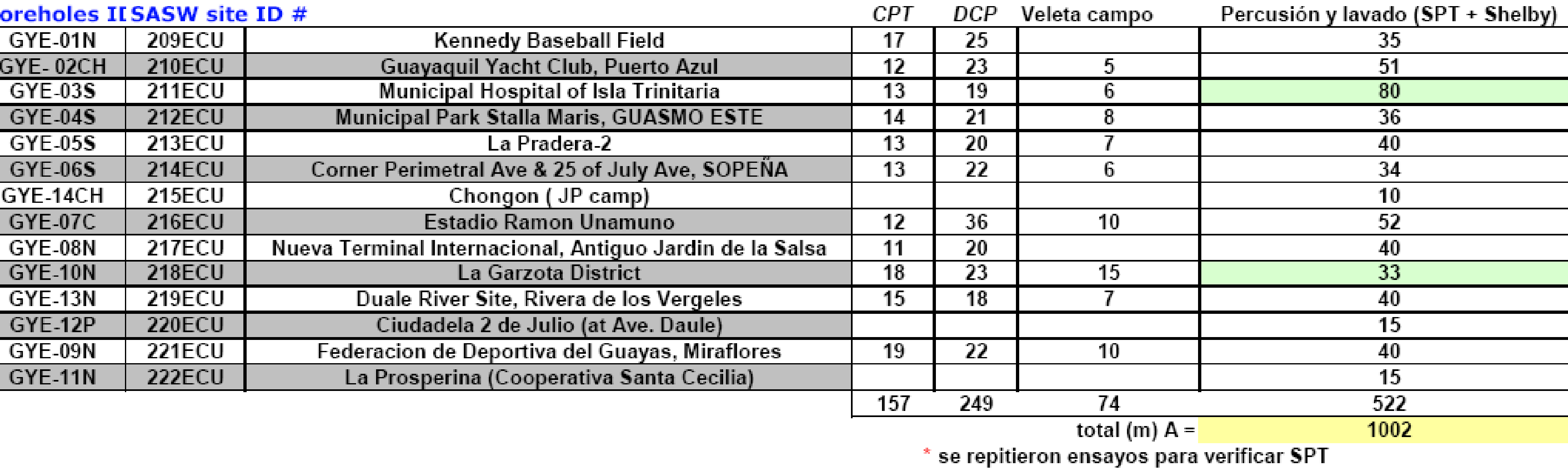


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO



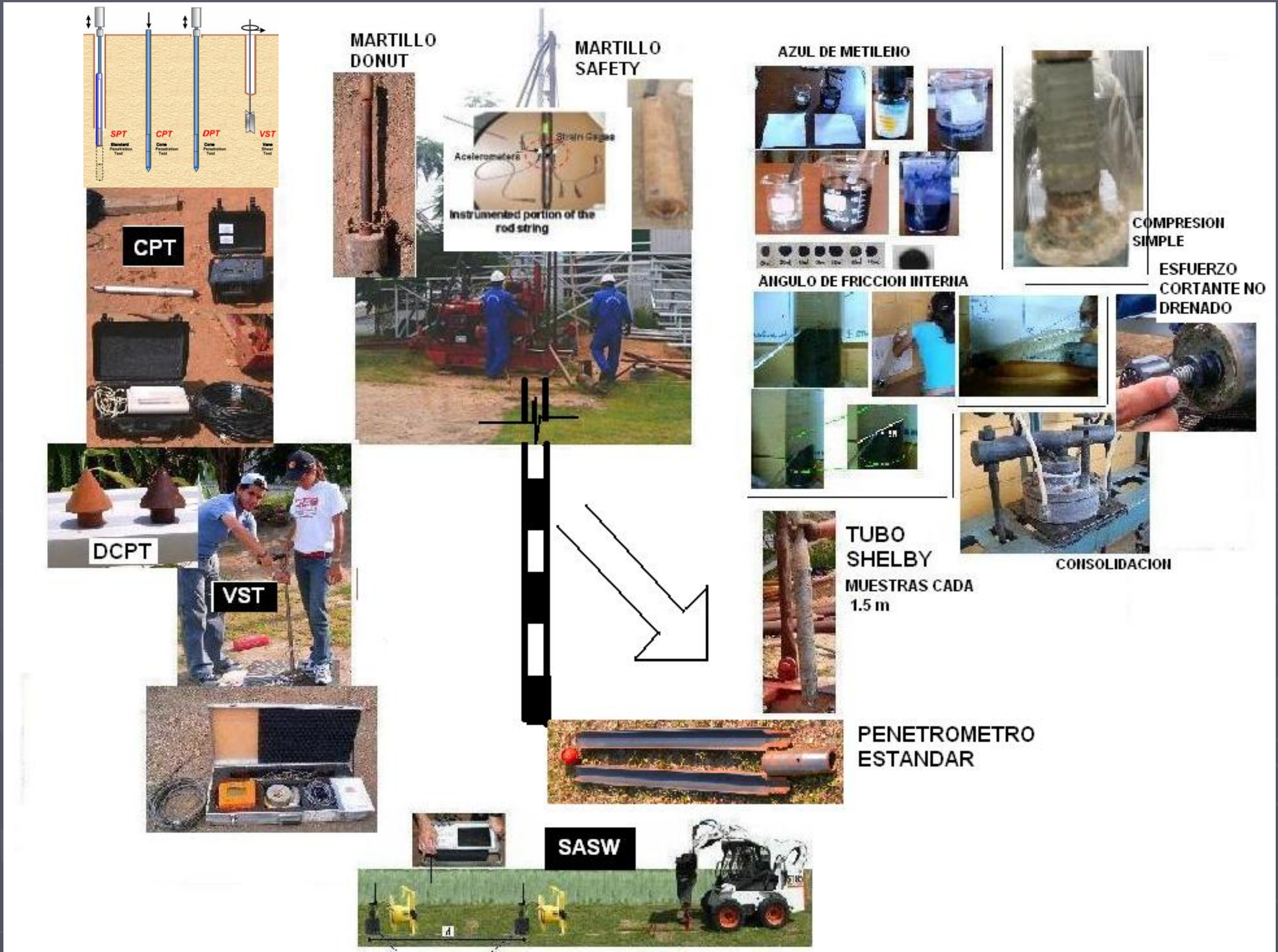
SASW site ID #		*Prof. (m)*
209ECU	Kennedy Baseball Field	50
210ECU	Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul	100
211ECU	Municipal Hospital of Isla Trinitaria	82
212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	80
213ECU	La Pradera-2	65
214ECU	Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA	60
215ECU	Chongon (JP 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



			Pruebas in situ			SPT + Shelby (ensayos lab)
oreholes I	SASW site ID #		*CPT*	*DCP*	Veleta campo	Percusión y lavado (SPT + Shelby)
GYE-01N	209ECU	Kennedy Baseball Field	17	25		35
GYE- 02CH	210ECU	Guayaquil Yacht Club, Puerto Azul	12	23	5	51
GYE-03S	211ECU	Municipal Hospital of Isla Trinitaria	13	19	6	80
GYE-04S	212ECU	Municipal Park Stalla Maris, GUASMO ESTE	14	21	8	36
GYE-05S	213ECU	La Pradera-2	13	20	7	40
GYE-06S	214ECU	Corner Perimetral Ave & 25 of July Ave, SOPEÑA	13	22	6	34
GYE-14CH	215ECU	Chongon (JP camp)				10
GYE-07C	216ECU	Estadio Ramon Unamuno	12	36	10	52
GYE-08N	217ECU	Nueva Terminal Internacional, Antiguo Jardin de la Salsa	11	20		40
GYE-10N	218ECU	La Garzota District	18	23	15	33
GYE-13N	219ECU	Duale River Site, Rivera de los Vergeles	15	18	7	40
GYE-12P	220ECU	Ciudadela 2 de Julio (at Ave. Daule)				15
GYE-09N	221ECU	Federacion de Deportiva del Guayas, Miraflores	19	22	10	40
GYE-11N	222ECU	La Prosperina (Cooperativa Santa Cecilia)				15
			157	249	74	522
					total (m) A =	1002

* se repitieron ensayos para verificar SPT

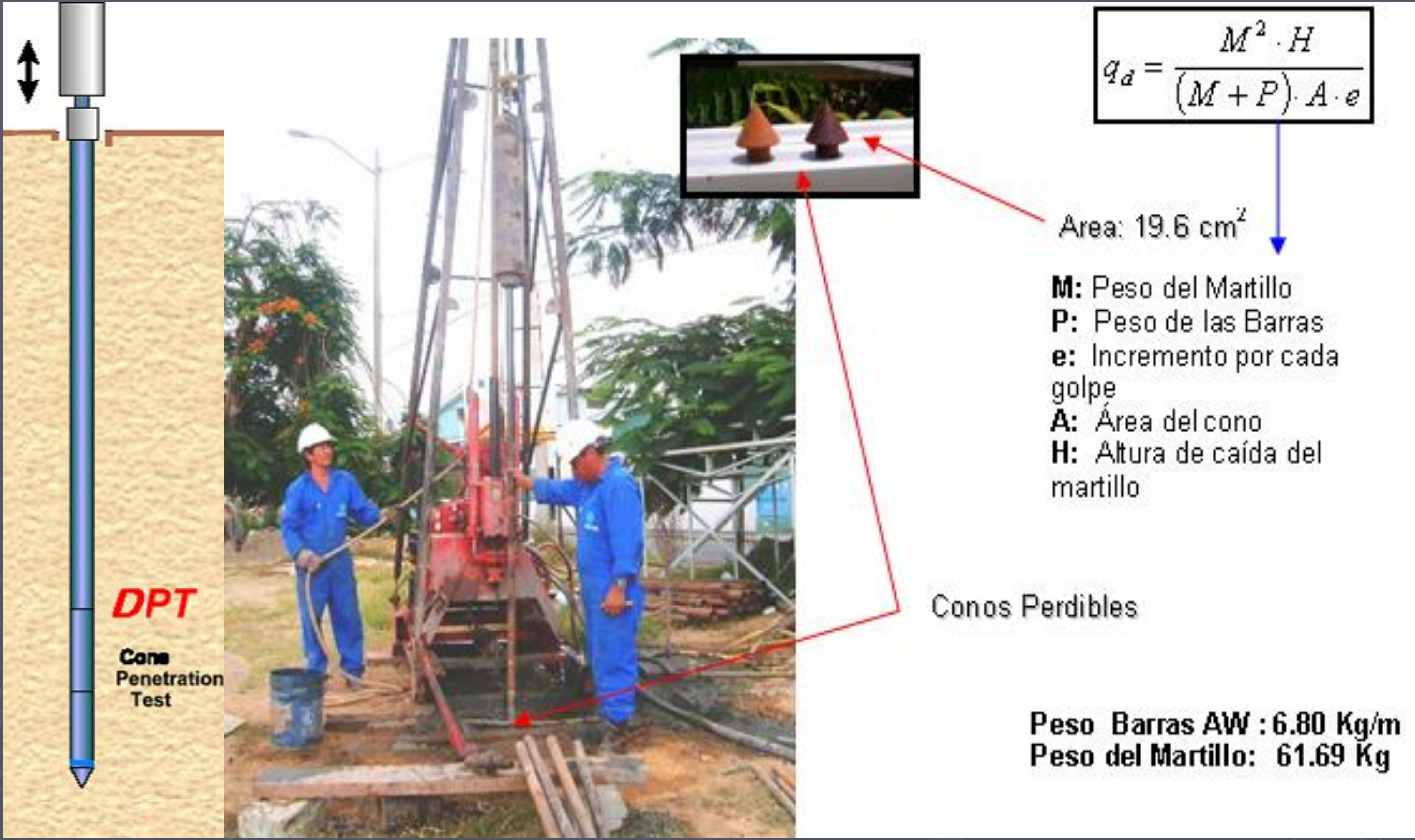
5.1 Metodología de los ensayos de campo



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 cm^2

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

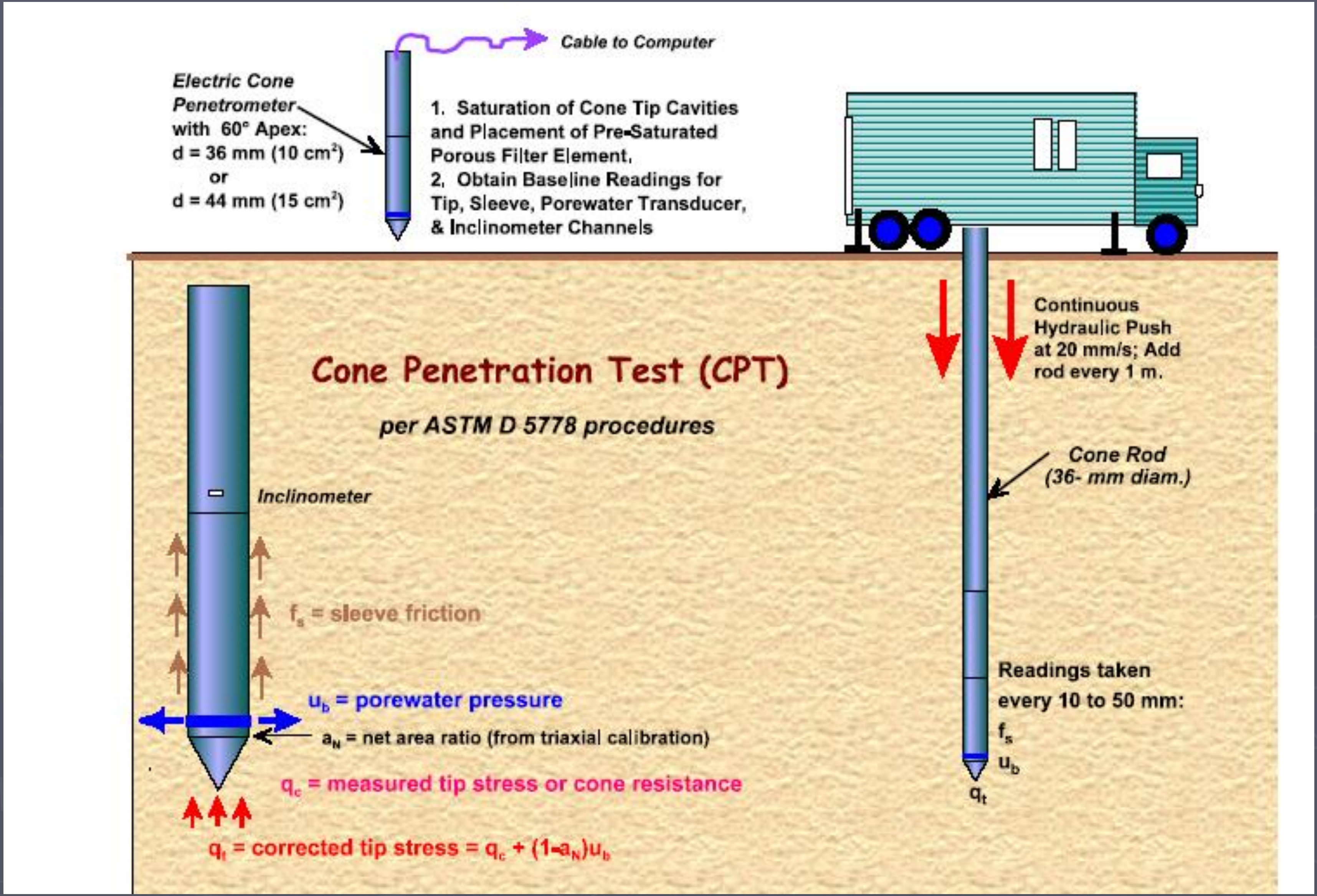
Conos Perdibles

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



1. Saturation of Cone Tip Cavities and Placement of Pre-Saturated Porous Filter Element,
2. Obtain Baseline Readings for Tip, Sleeve, Porewater Transducer, & Inclinometer Channels

Continuous Hydraulic Push at 20 mm/s; Add rod every 1 m.

Readings taken every 10 to 50 mm:

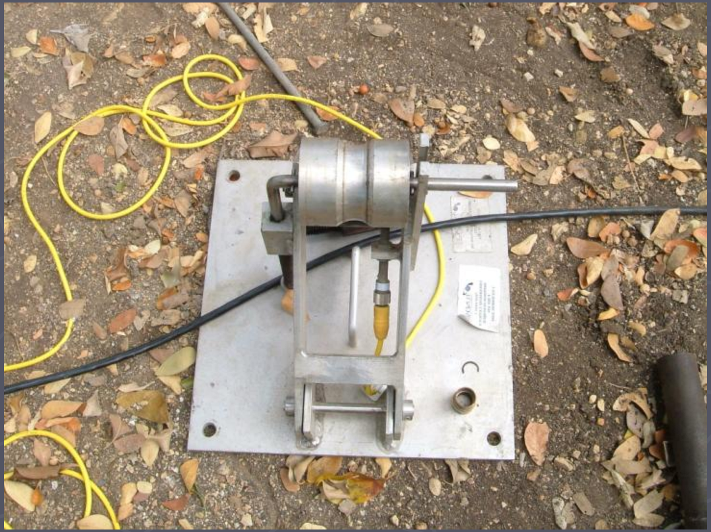
5.1.2 Ensayo de cono estático eléctrico , CPT

Barras Ew de 1m de longitud;

Unión cónica y con un área de 2.55 cm2.

Consola

Impresora, mediante señal de consola



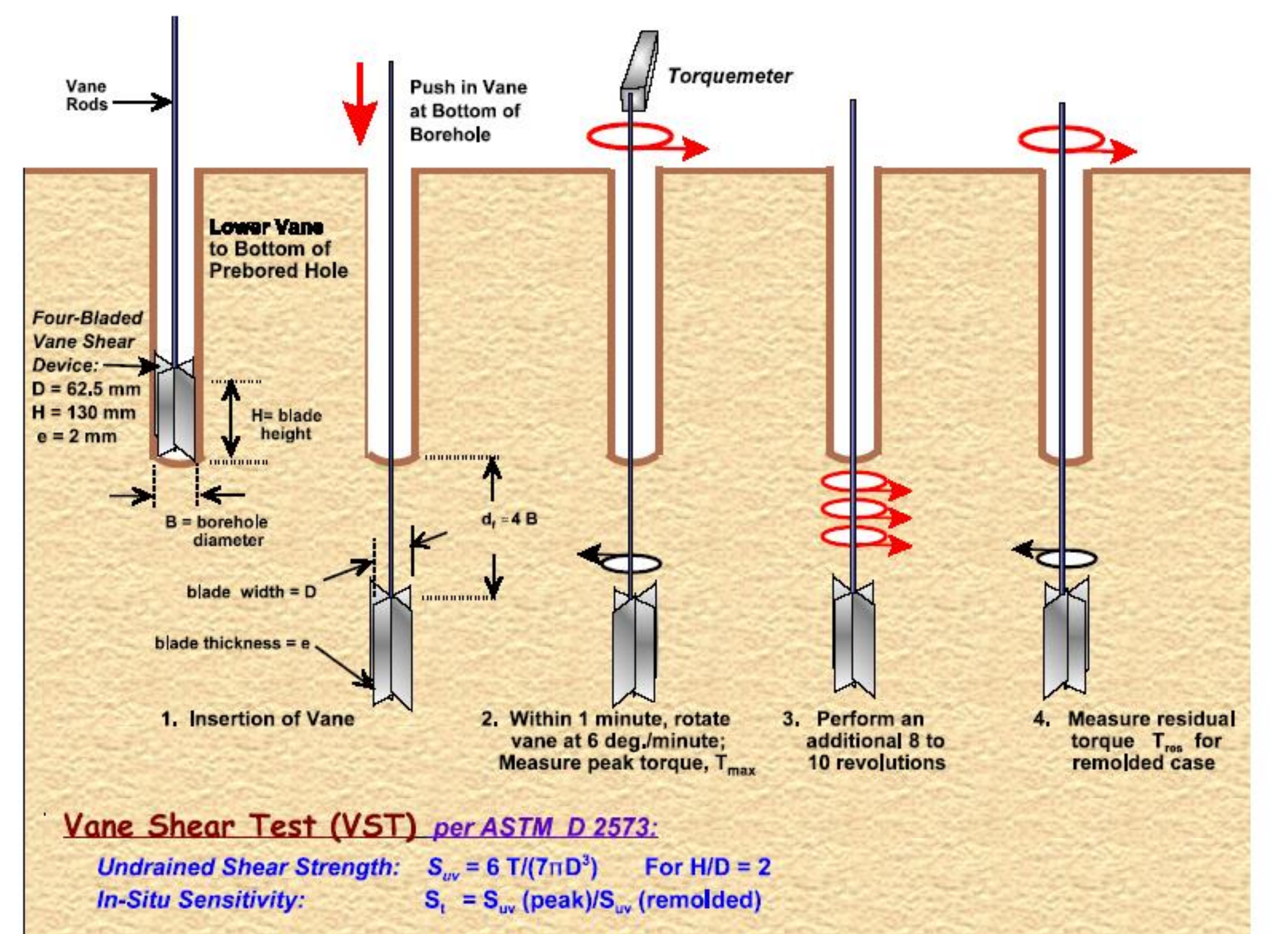
Sensor de nivel

5.1.2 Ensayo de cono estático 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 $H/D = 2$

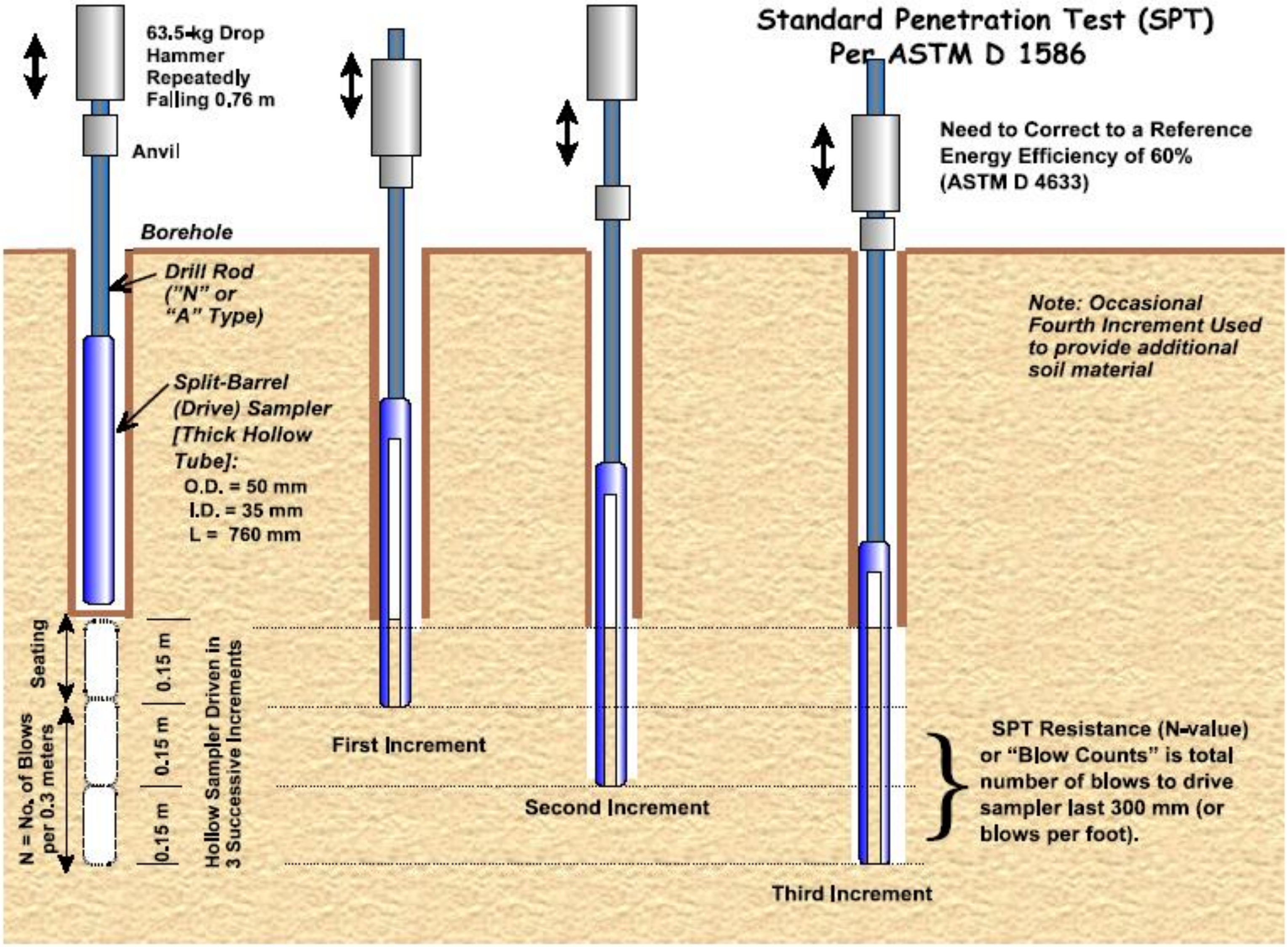
In-Situ Sensitivity: $S_t = S_{uv}\text{(peak)}/S_{uv}\text{(remolded)}$

5.1.3 Ensayo de veleta de campo, VST

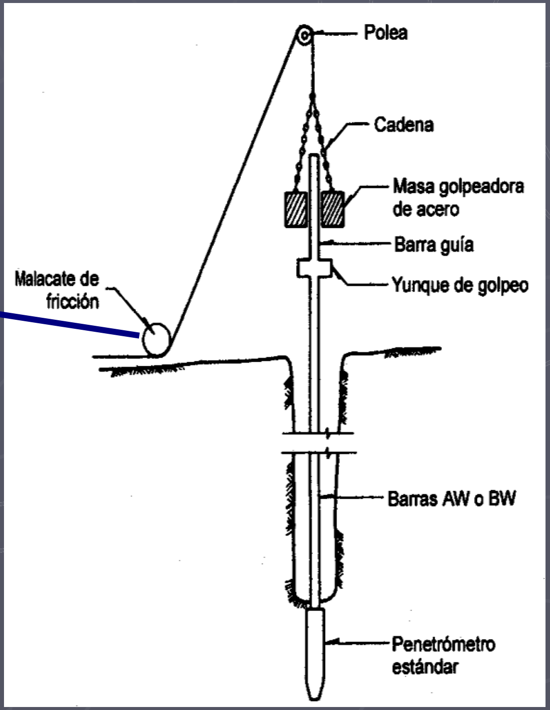
CAPITULO 5

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?



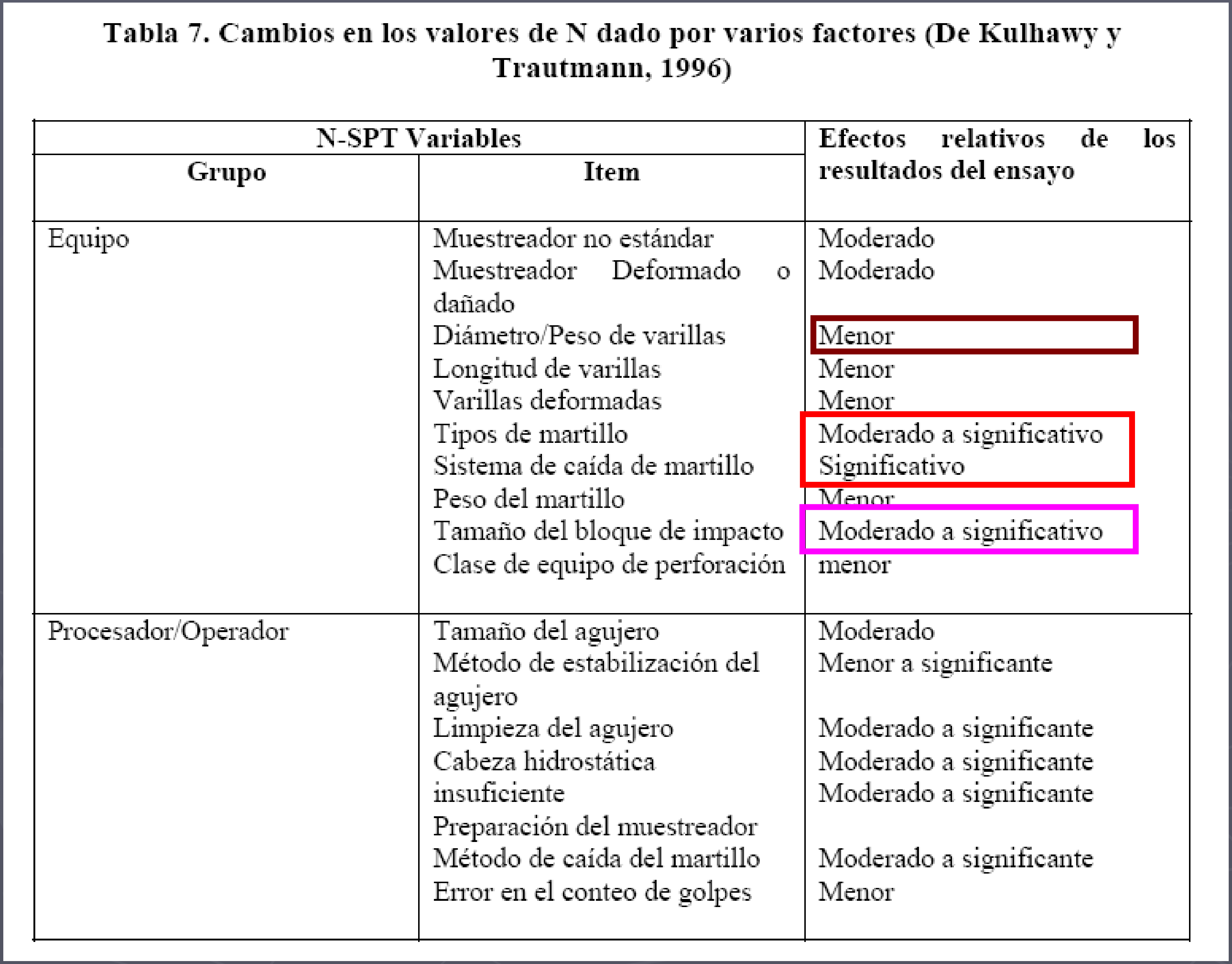
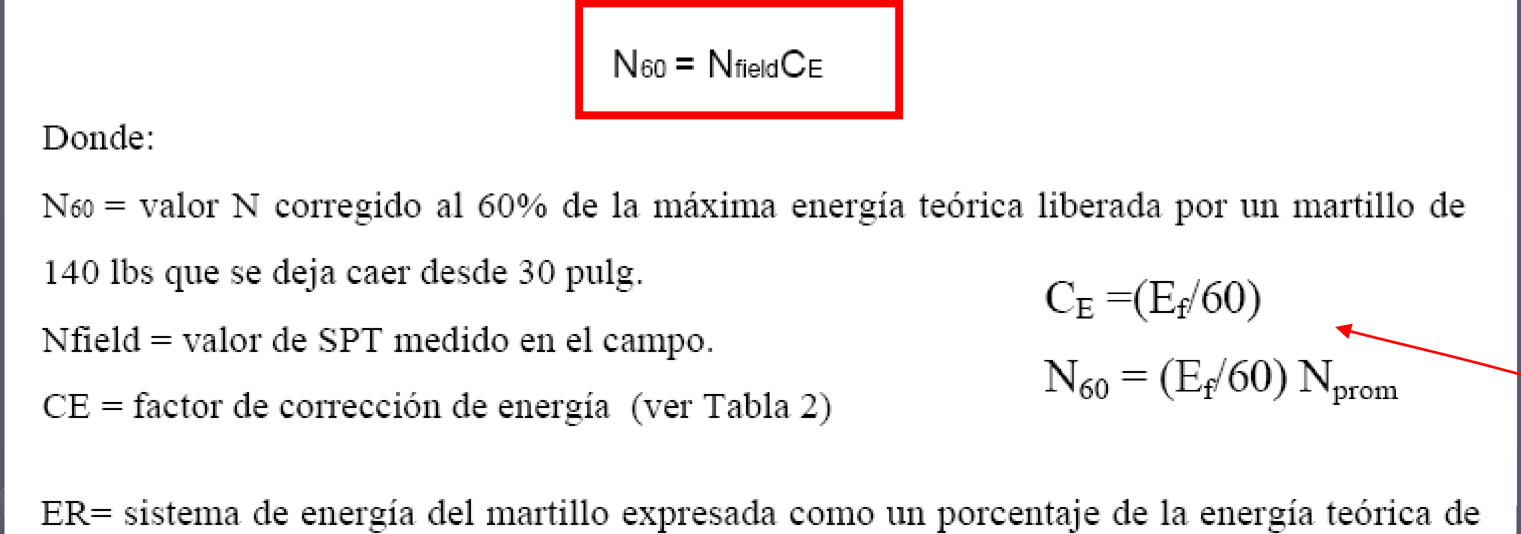


Tabla 7. Cambios en los valores de N dado por varios factores (De Kulhawy y Trautmann, 1996)

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 Moderado a significante
	Preparación del muestreador	
	Método de caída del martillo	Moderado a significante
	Error en el conteo de golpes	Menor



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

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.

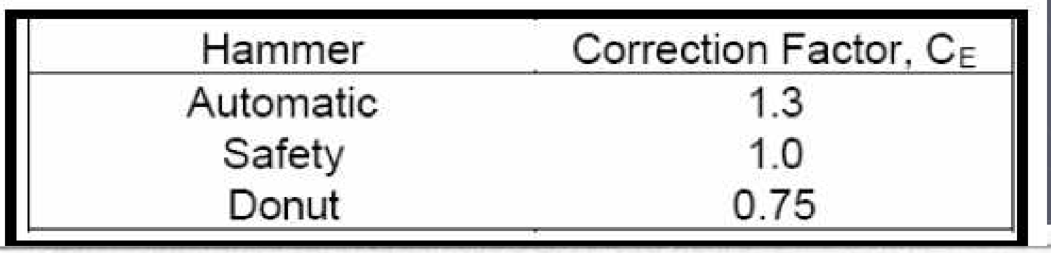
Nfield = valor de SPT medido en el campo.

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

$$C_E = (E_f/60)$$

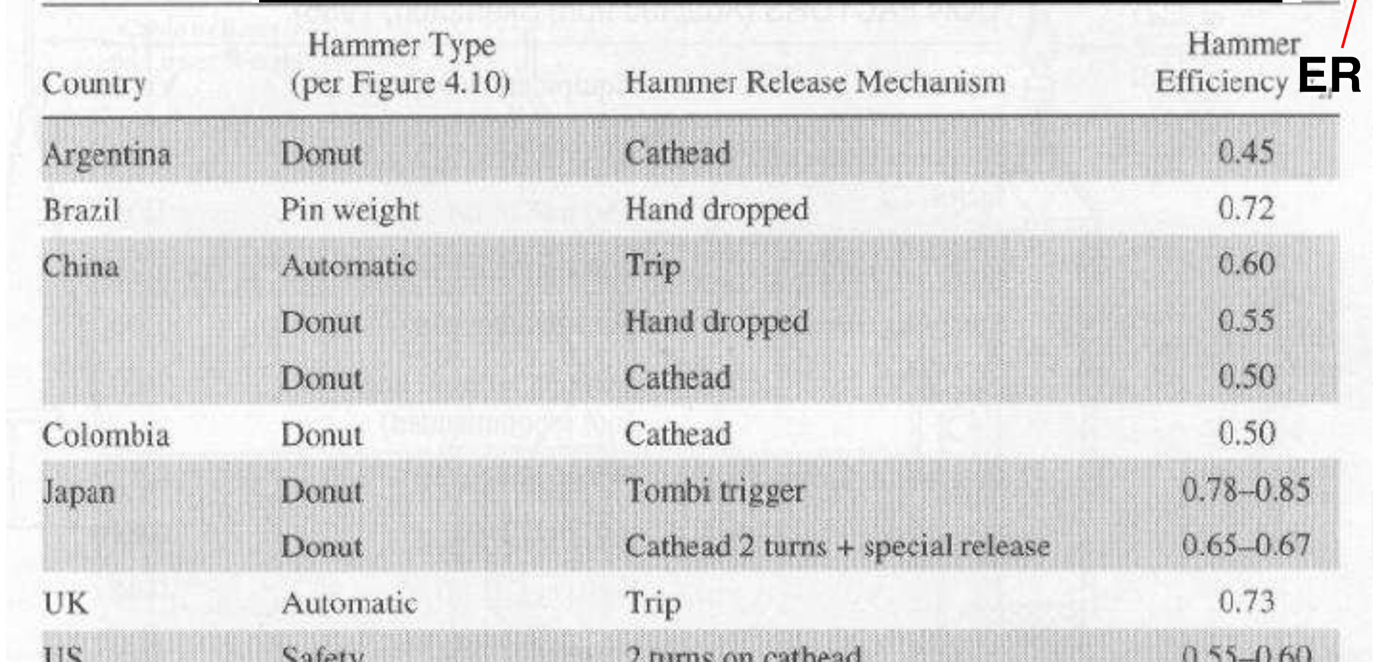
$$N_{60} = (E_f/60)\ N_{prom}$$

ER= 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)

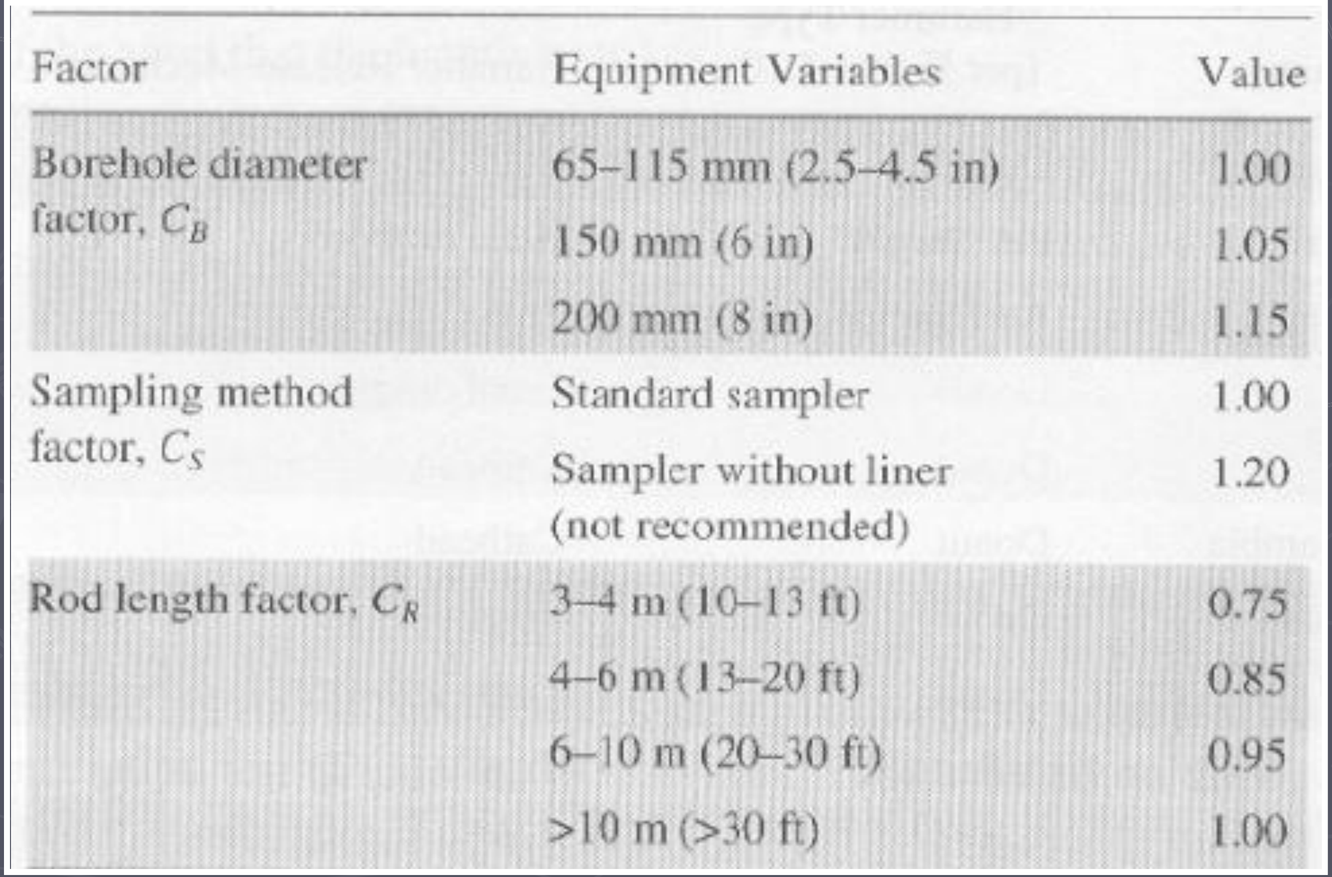


Country	Hammer Type (per Figure 4.10)	Hammer Release Mechanism	Hammer Efficiency **ER**
Argentina	Donut	Cathead	0.45
Brazil	Pin weight	Hand dropped	0.72
China	Automatic	Trip	0.60
	Donut	Hand dropped	0.55
	Donut	Cathead	0.50
Colombia	Donut	Cathead	0.50
Japan	Donut	Tombi trigger	0.78–0.85
	Donut	Cathead 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 N60 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 $(N1)_{60}$ como:

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

Variabilidad de le Energía por profundidades SPT Analyzer.

- El equipo procesa automáticamente las señales que se producen debido a la propagación e 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 Dinamic Inc, Cleveland, OH.*

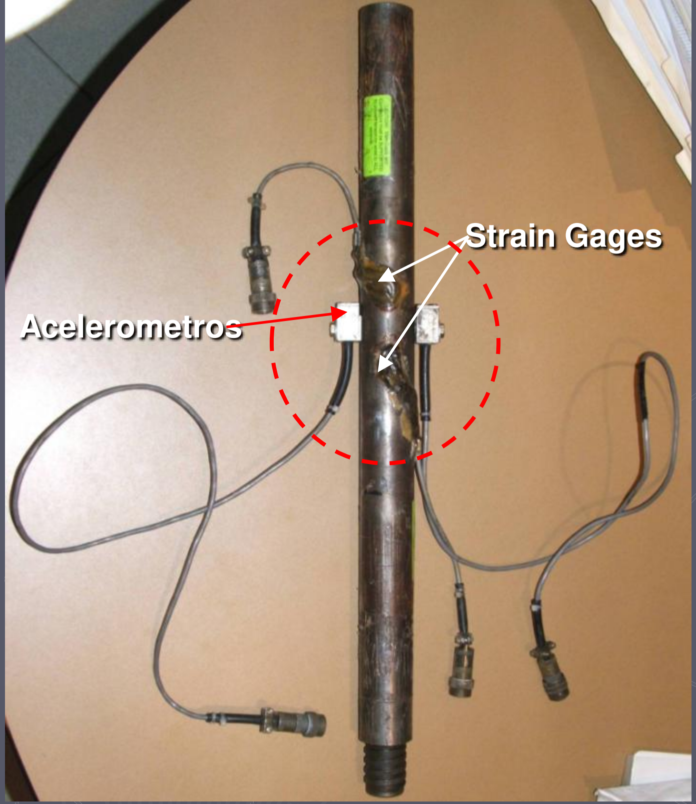
La energía transmitida se la midió como, la integral:

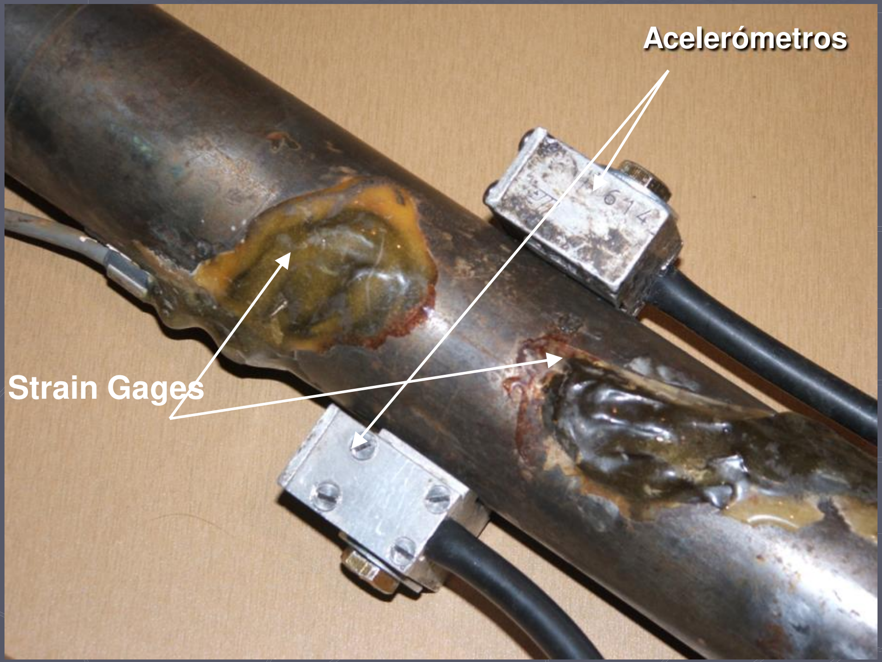
$$EFV = \int_{t=0}^{t=t\max} F(t) \cdot v(t) dt$$

- t_{max} = el tiempo en el cual se produce la energía máxima entre el tiempo t0 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

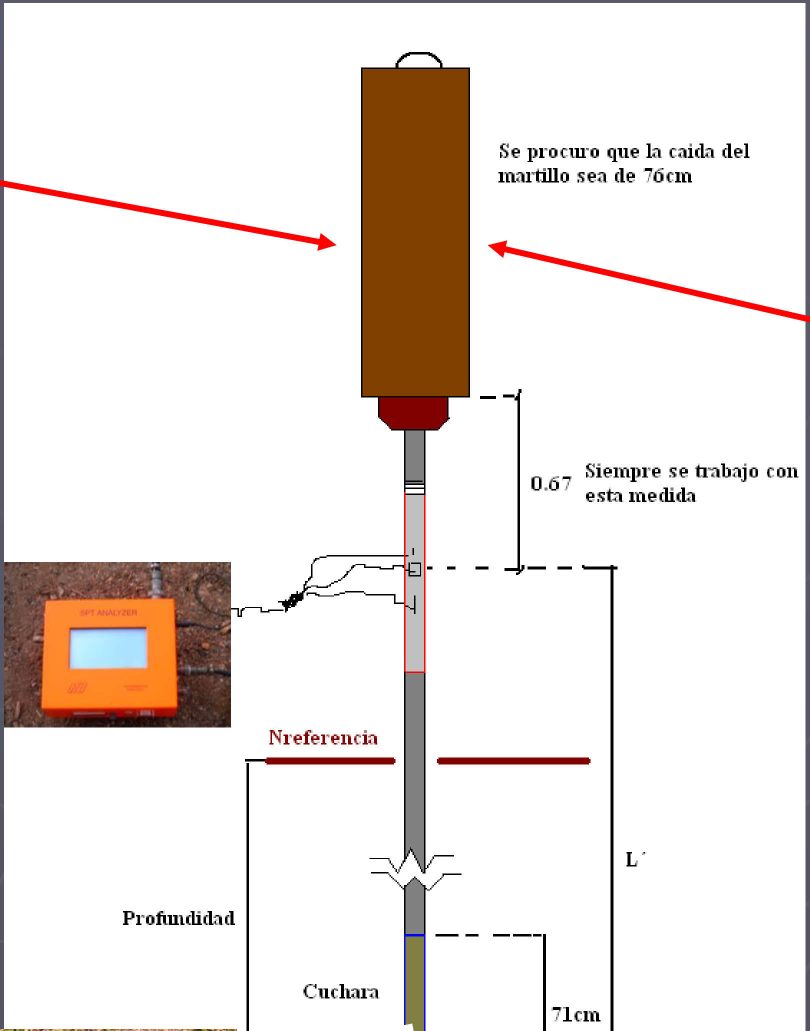
A: 6.47cm^2

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 AnalyzerTM (Pile Dynamics Inc.2000)**

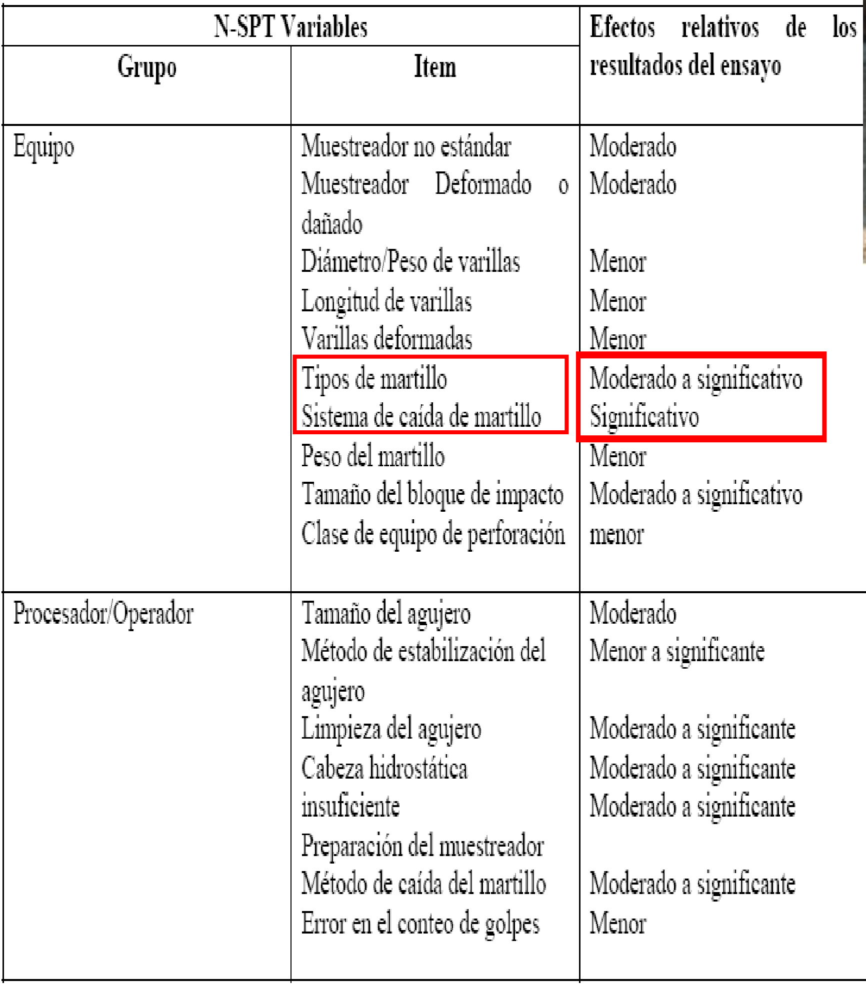
Martillo tipo DONUT

Martillo tipo SAFETY



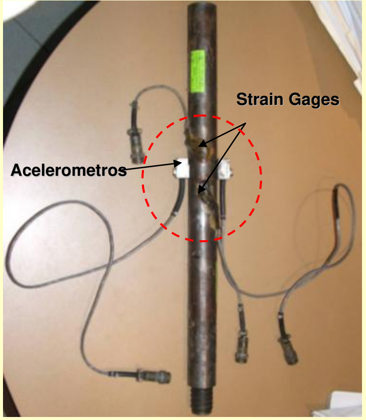
Diferencias entre el martillo Safety (SEGURO) y el Donut (Usado en la Ciudad de Guayaquil)

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

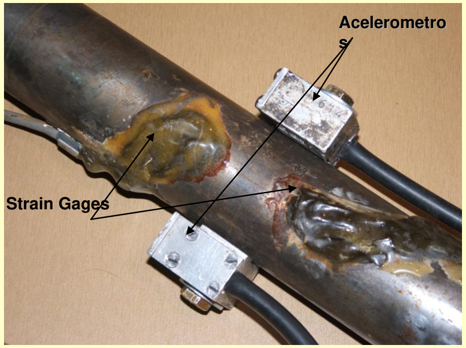


N-SPT Variables		Efectos relativos de los resultados del ensayo
Grupo	**Item**	
Equipo	Muestreador no estándar	Moderado
	Muestreador Deformado o dañado	Moderado
	Diámetro/Peso de varillas	Menor
	Longitud de varillas	Menor
	Varillas deformadas	Menor
	Tipos de martillo	Moderado a significativo
	Sistema de caída de martillo	Significativo
	Peso del martillo	Menor
	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

CE =(ER/60)   N60 = (ER/60) Nprom



Barra Instrumentada AWJ



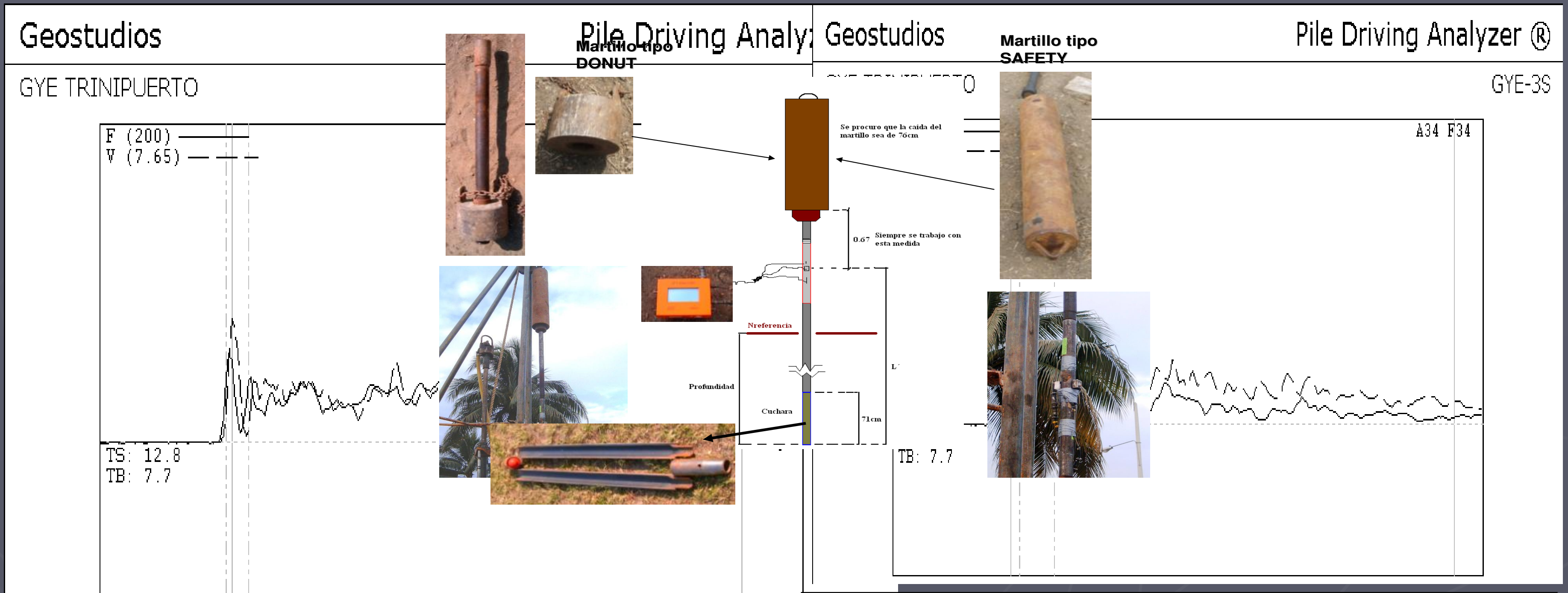
Dimensiones:

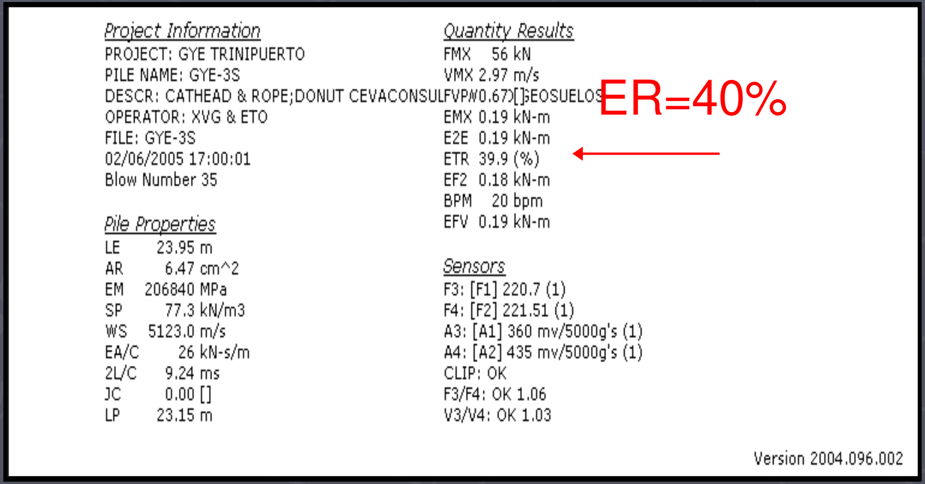
DE:44.5mm

DI: 34mm

A: 6.47cm^2

L:600mm





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

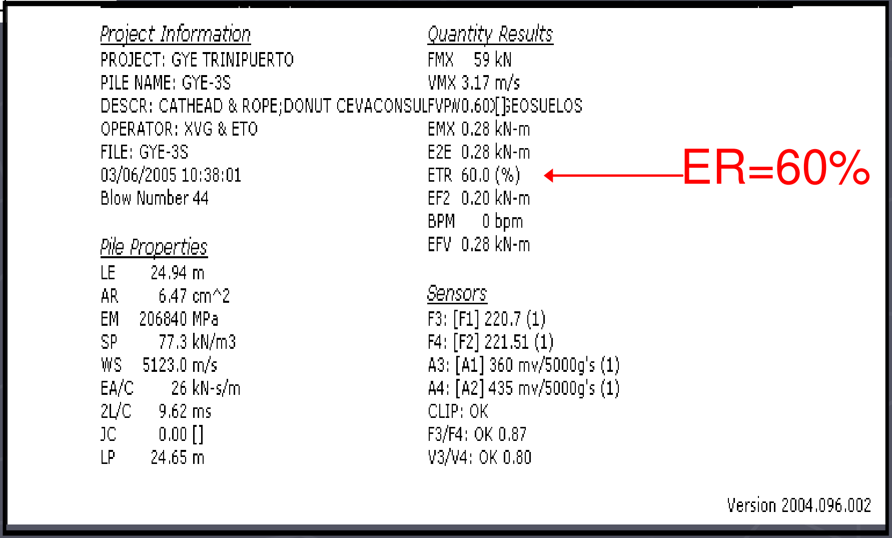
Pile Properties
LE 23.95 m
AR 6.47 cm^2
EM 206840 MPa
SP 77.3 kN/m3
WS 5123.0 m/s
EA/C 26 kN-s/m
2L/C 9.24 ms
JC 0.00 []
LP 23.15 m

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

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

Version 2004.096.002

ER=40%



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

Pile Properties
LE 24.94 m
AR 6.47 cm^2
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

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

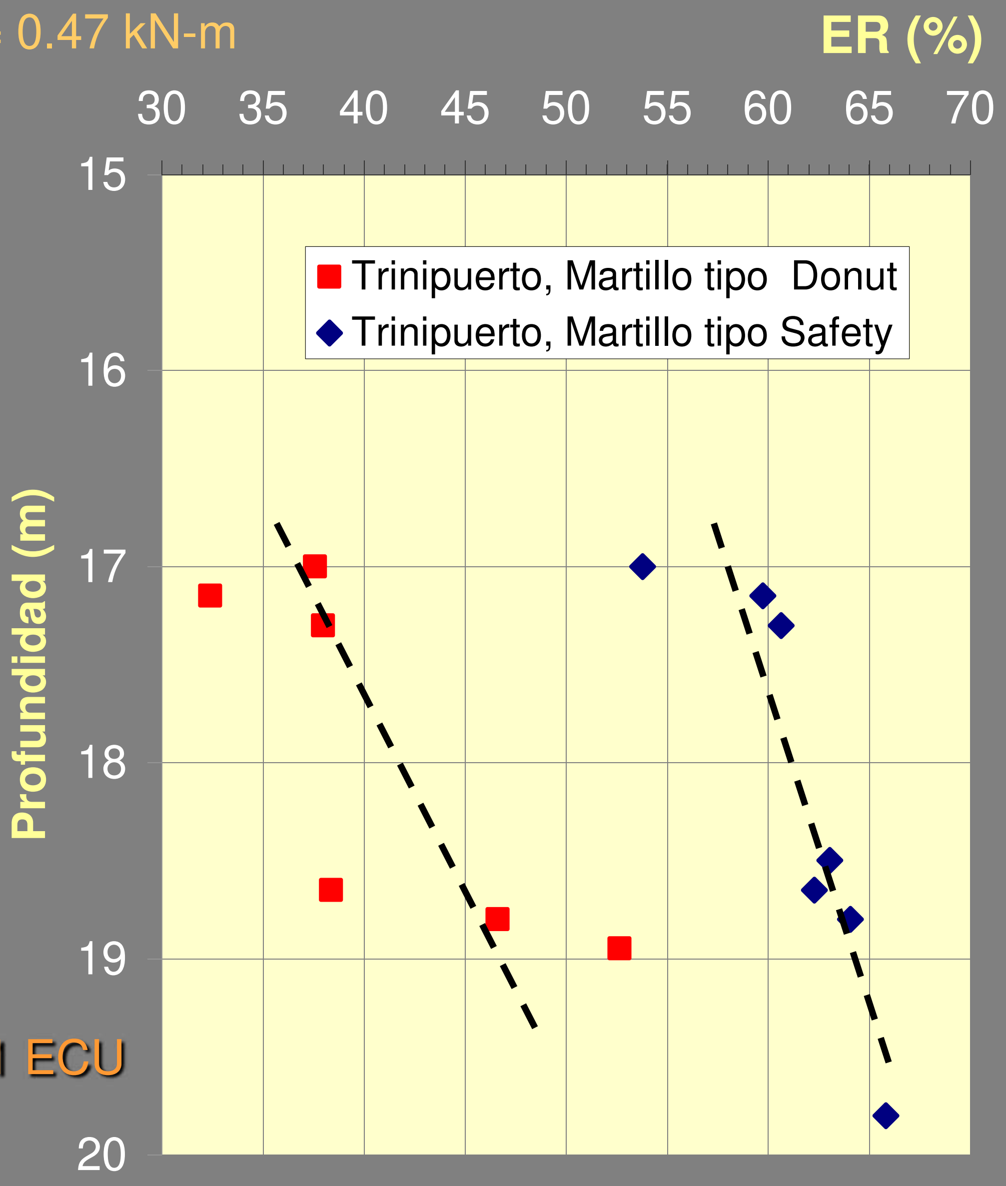
Sensors
F3: [F1] 220.7 (1)
F4: [F2] 221.51 (1)
A3: [A1] 360 mv/5000g's (1)
A4: [A2] 435 mv/5000g's (1)
CLIP: OK
F3/F4: OK 0.87
V3/V4: OK 0.80

Version 2004.096.002

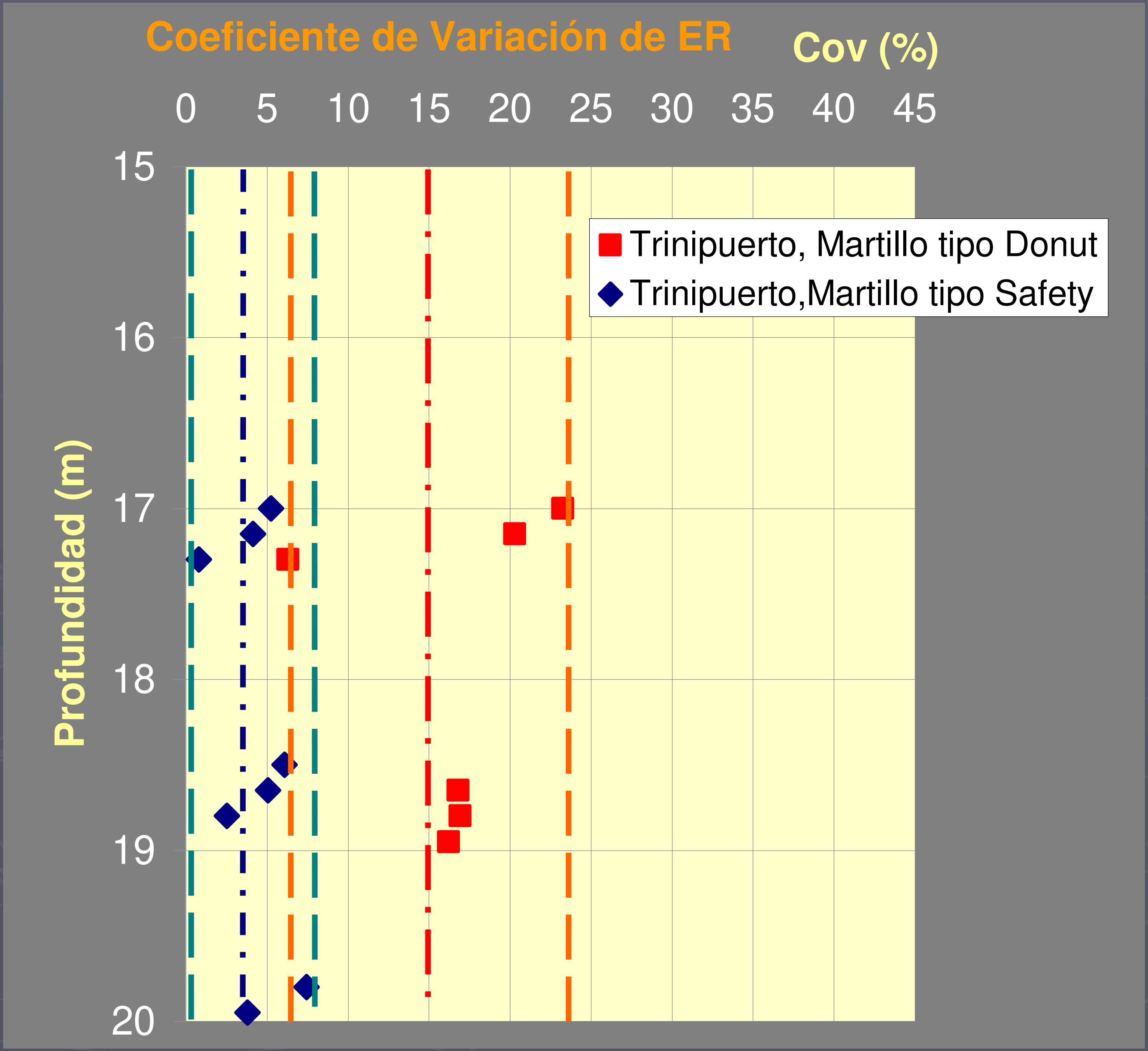
ER=60%

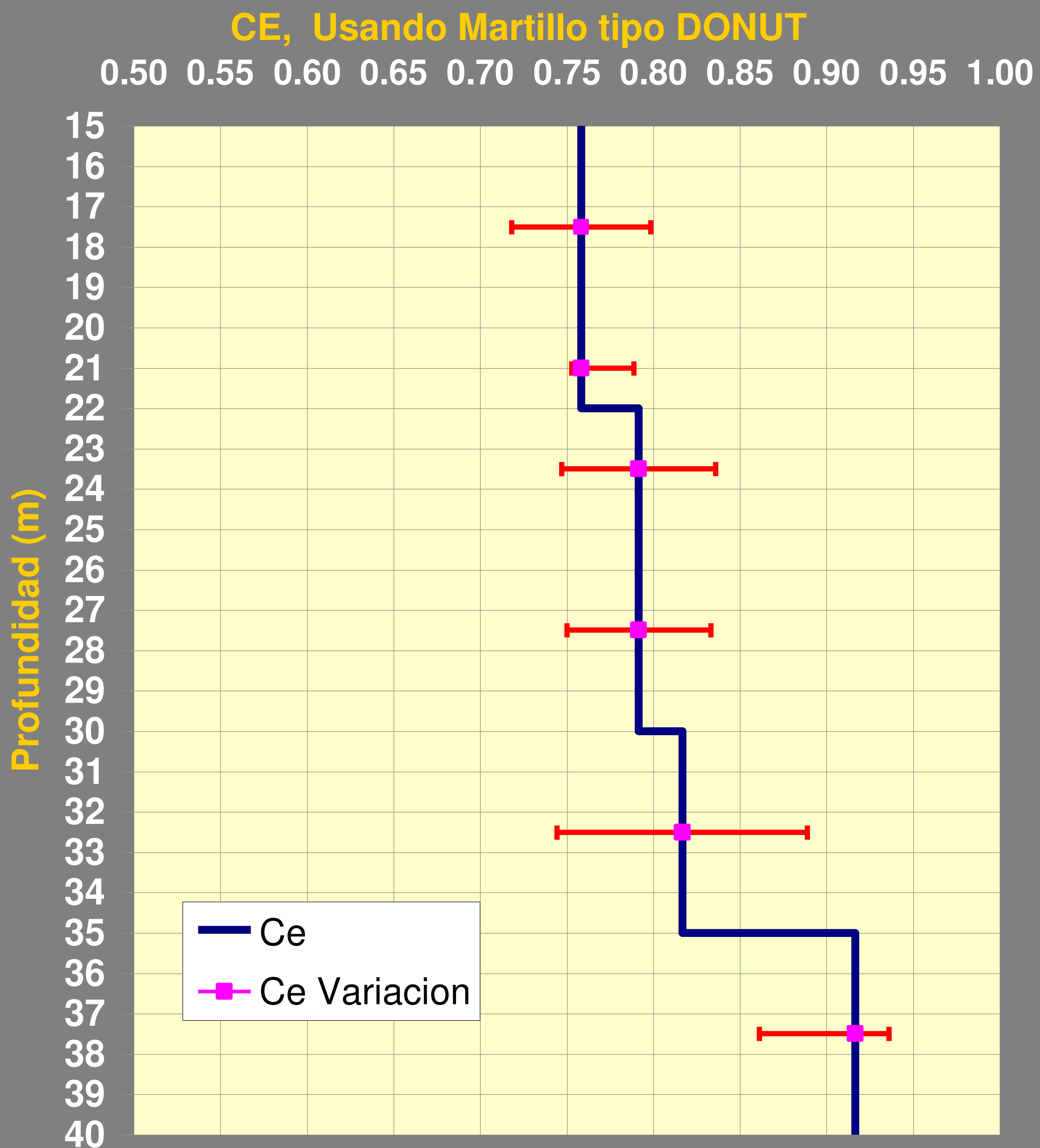
ER = energia trasmitida/ energia teorica (474.5 joules)

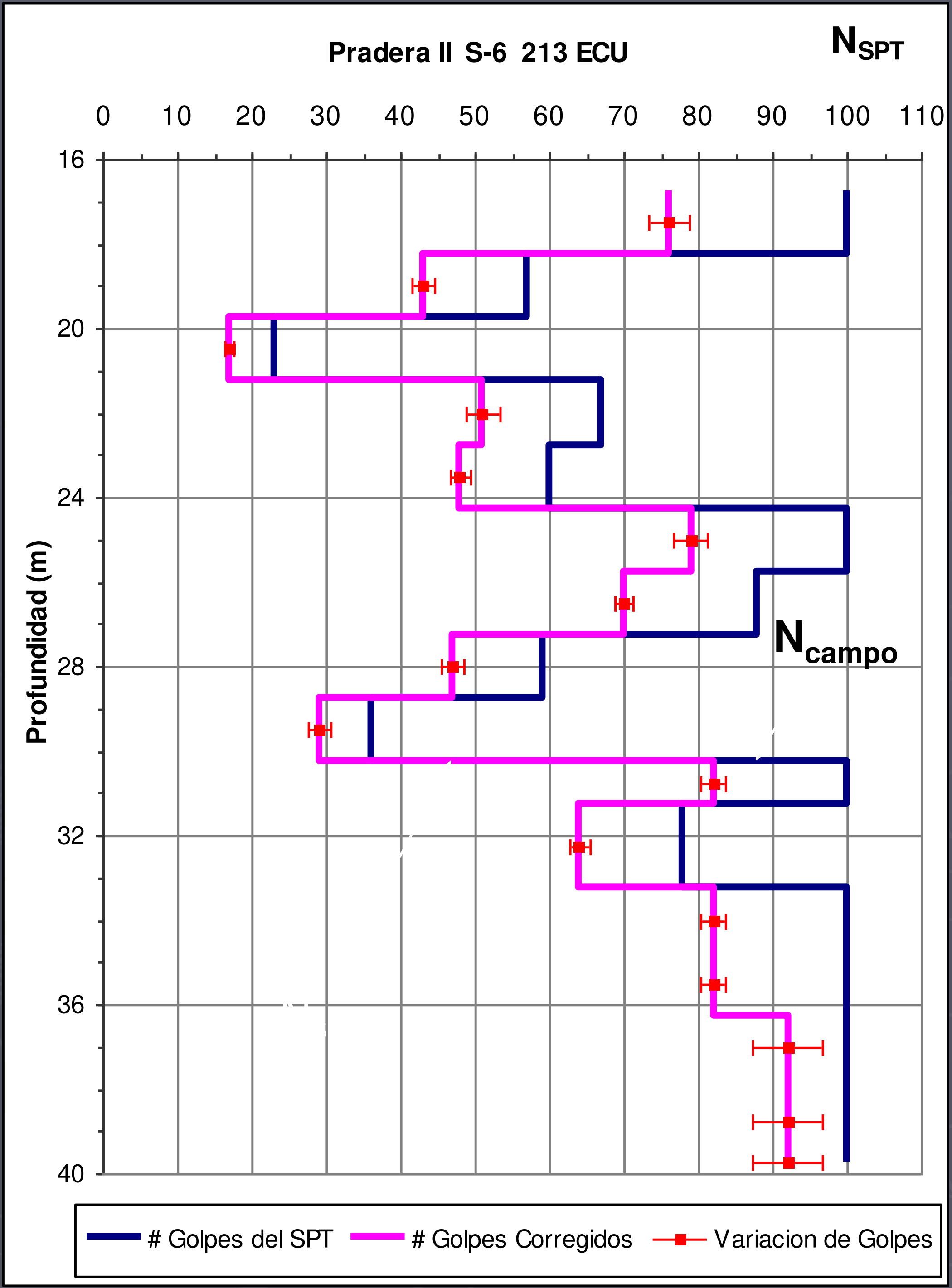
475 joules = 0.47 kN-m



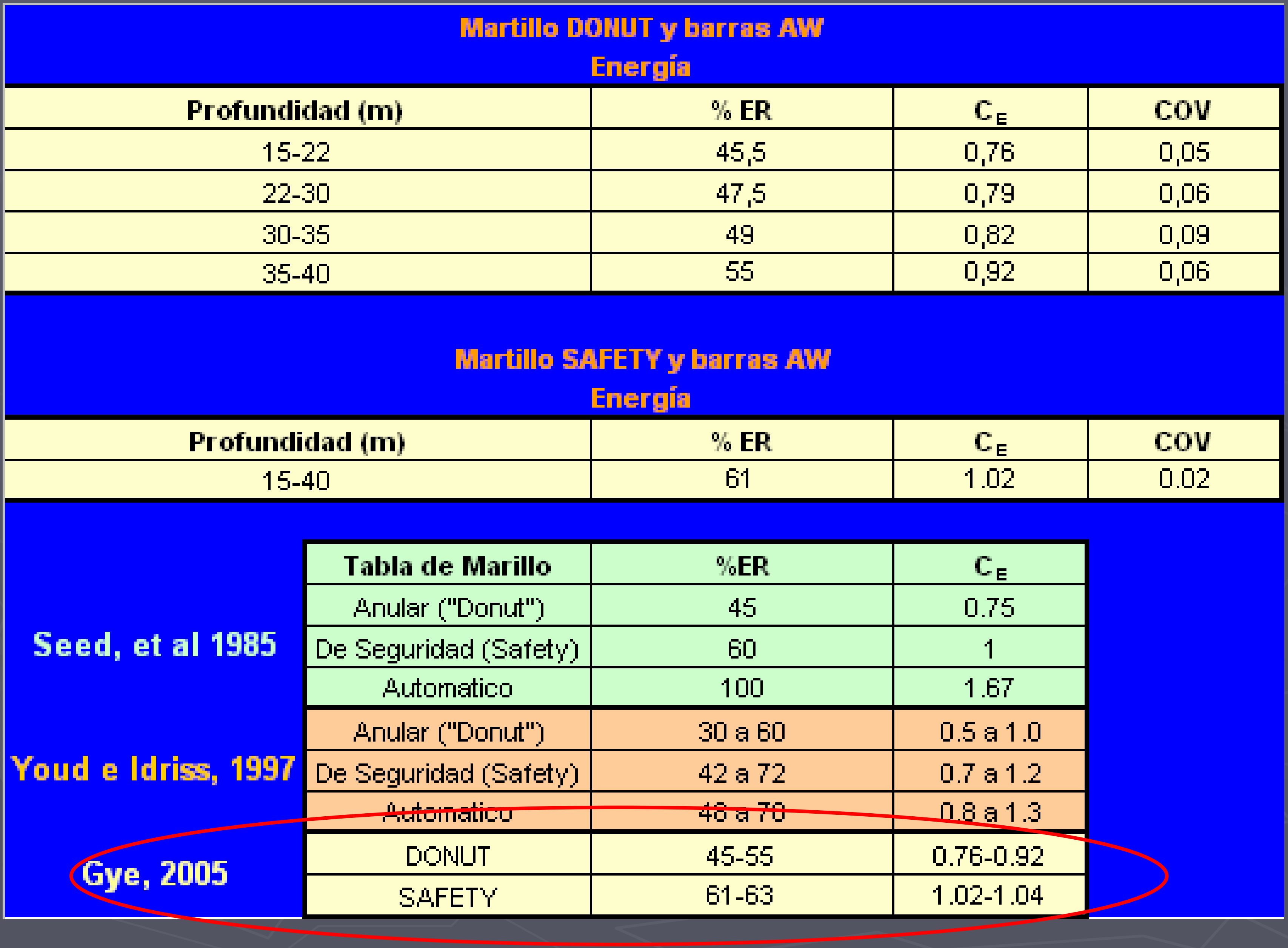
Sitio GYE 03S / 211 ECU


Coeficiente de Variación de ER
Cov (%)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
Profundidad (m)
15
16
17
18
19
20
Trinipuerto, Martillo tipo Donut
Trinipuerto,Martillo tipo Safety


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
Profundidad (m)
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
Ce
Ce Variacion


Pradera II S-6 213 ECU
N_SPT
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
16
20
24
28
32
36
40
Profundidad (m)
N_campo
Golpes del SPT
Golpes Corregidos
Variacion de Golpes

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

	Tabla de Marillo	%ER	C_E
Seed, et al 1985	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 especifica (Se) 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

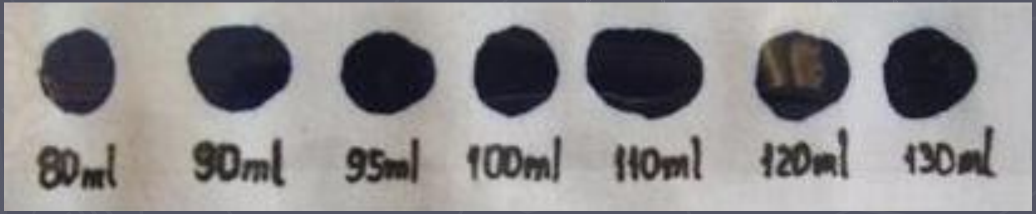
5.2.1 Estimación de la superficie especifica (Se) de los suelos finos

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

Donde:

N_{AV} = 6.02 x 1023 moléculas/mol es el Número de Avogadro

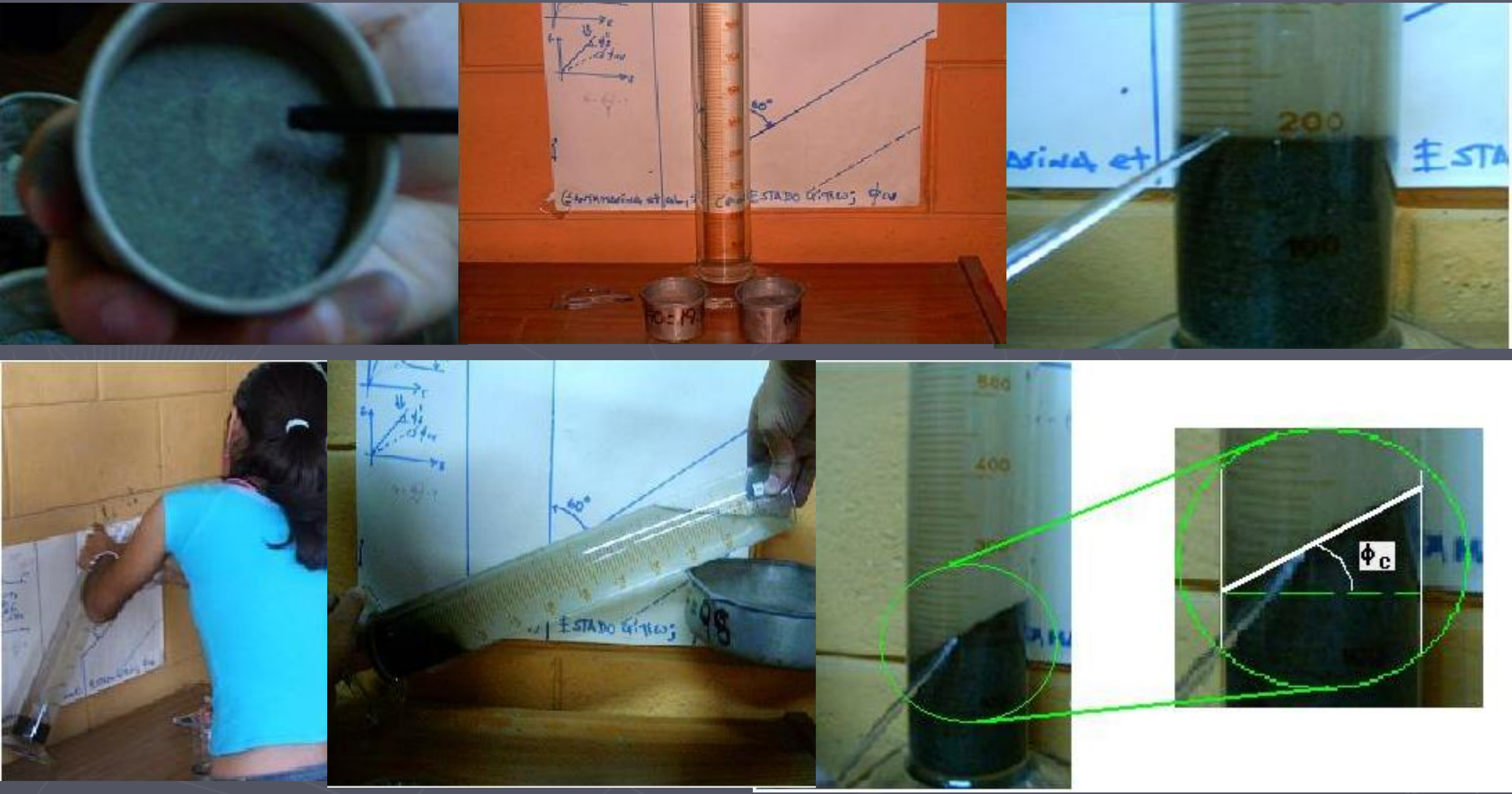
A_{AM} es el área cubierta por un catión de AM, asumida generalmente en 130 A



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

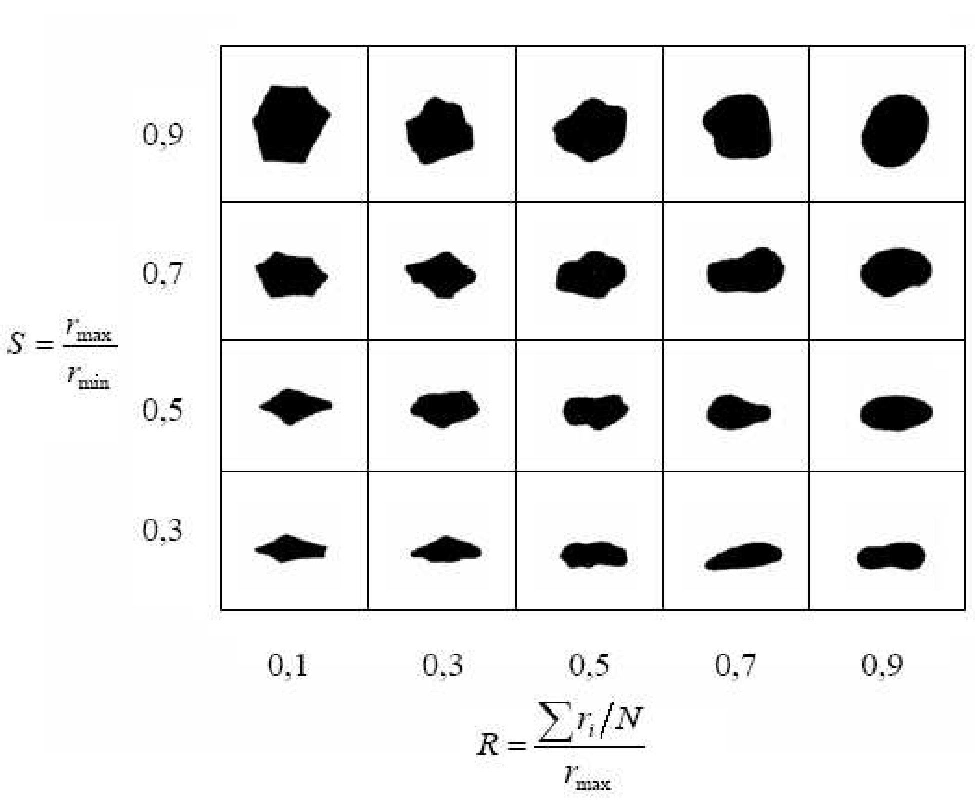
5.2.2 Estimación del ángulo de fricción en el estado crítico



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

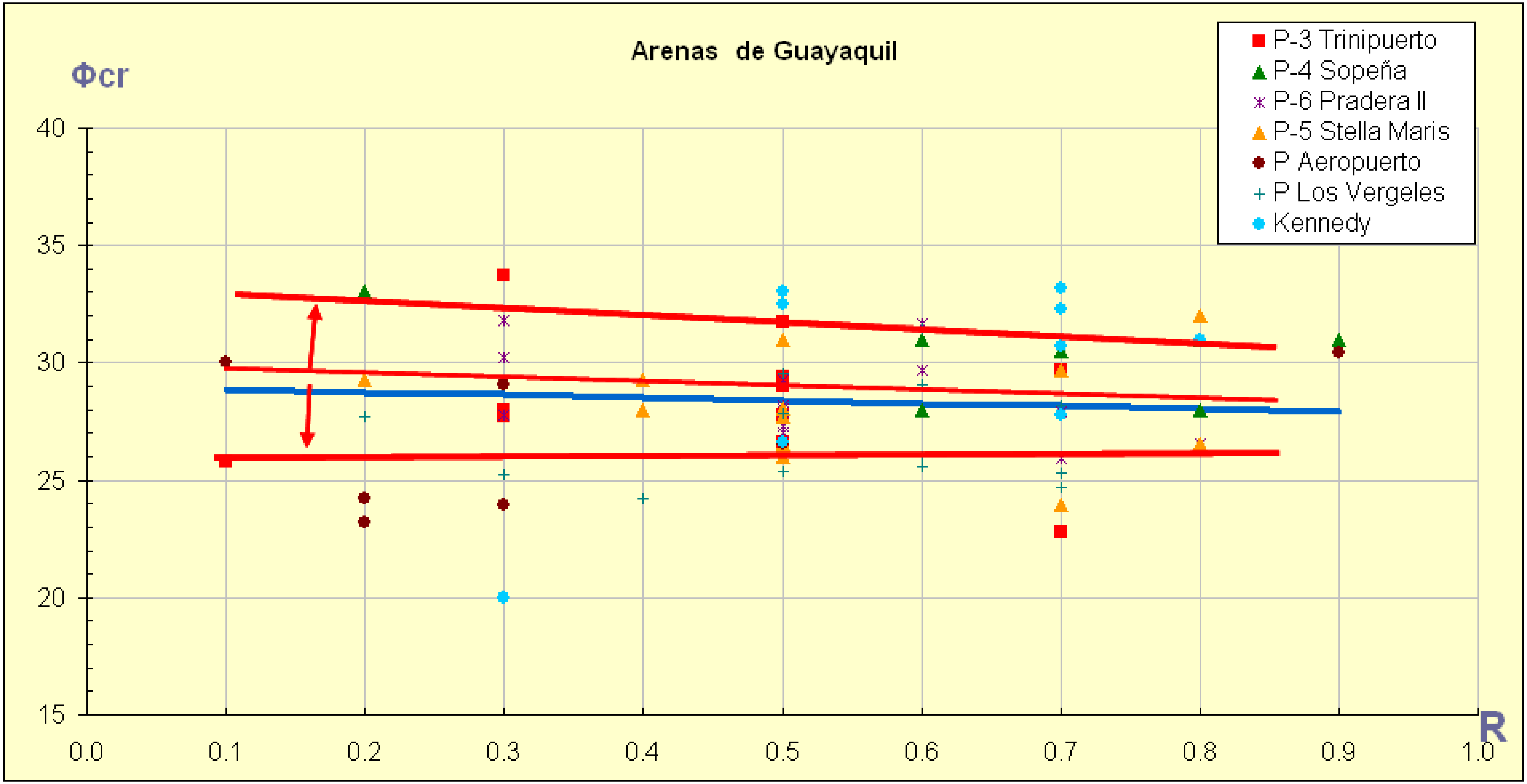
5.2.3 Estimación de la redondez y esfericidad de las arenas



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

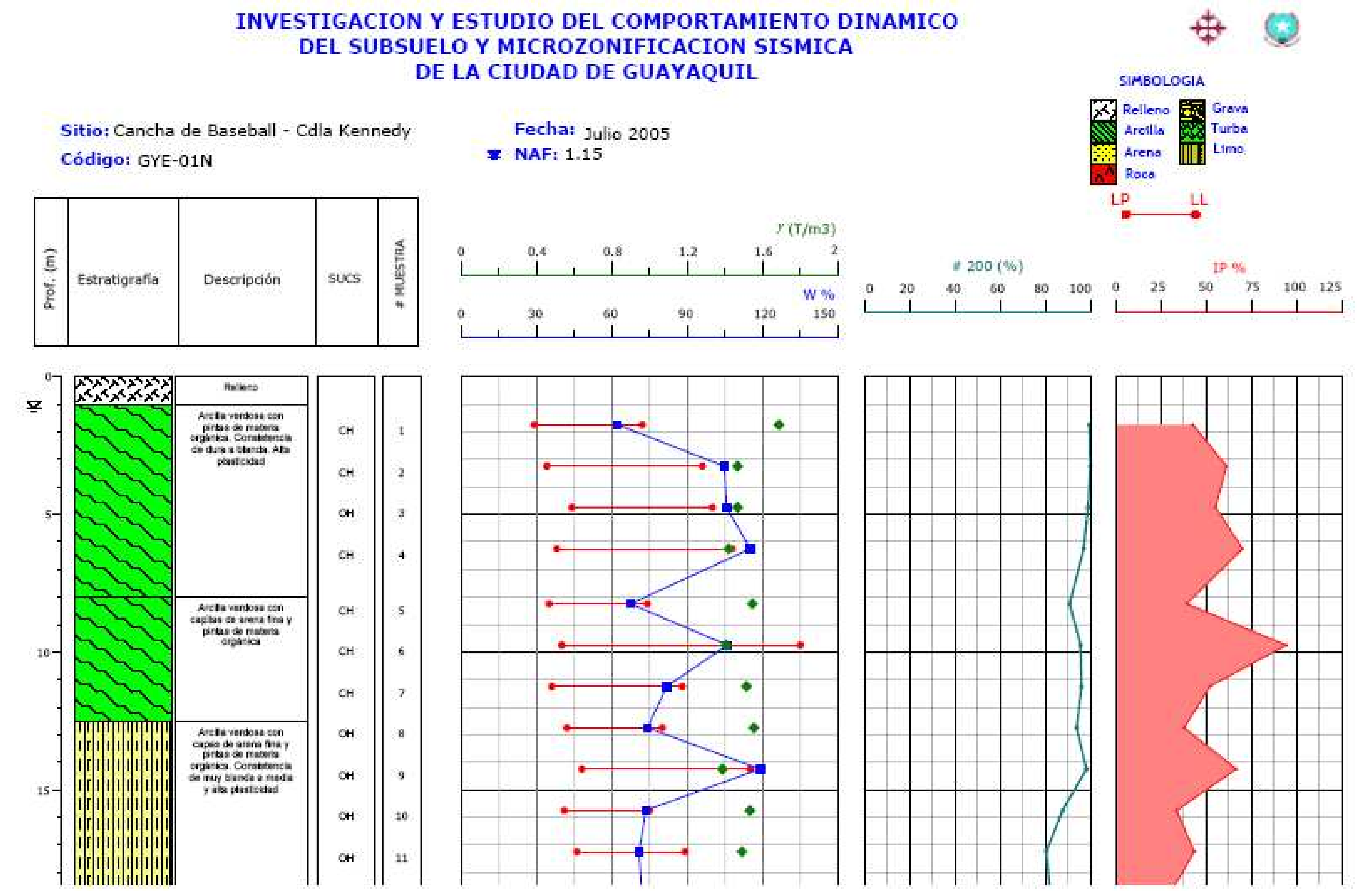
5.2.3 Estimación de la redondez y esfericidad de las arenas



CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas



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

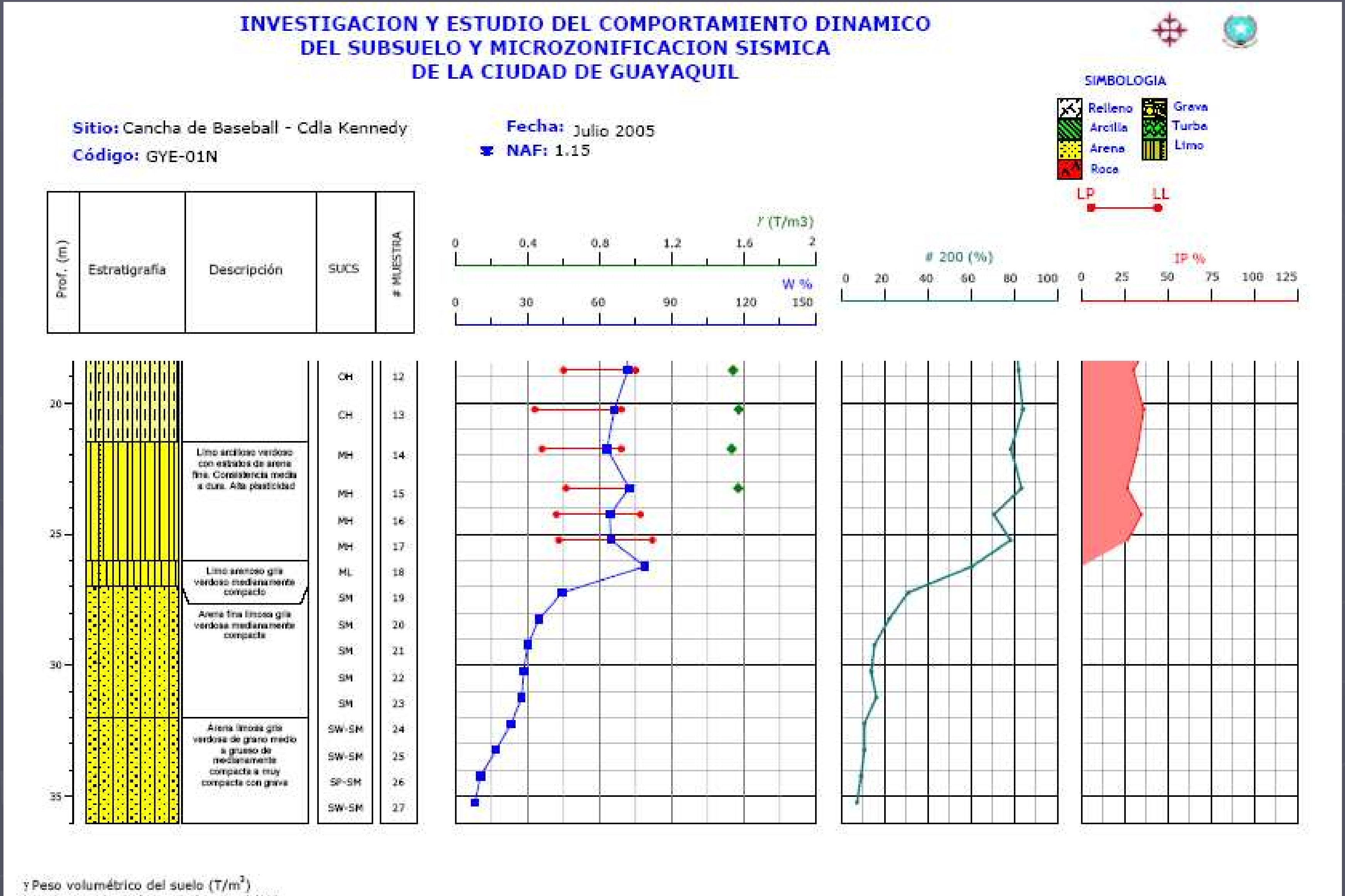
Fecha: Julio 2005
NAF: 1.15

Descripción	SUCS	# MUESTRA
Relleno		
Arcilla verdosa con pintas de materia orgánica. Consistencia de dura a blanda. Alta plasticidad	CH	1
	CH	2
	OH	3
	CH	4
Arcilla verdosa con capitas de arena fina y pintas de materia orgánica	CH	5
	CH	6
	CH	7
Arcilla verdosa con capas de arena fina y pintas de materia orgánica. Consistencia de muy blanda a media y alta plasticidad	OH	8
	OH	9
	OH	10
	OH	11

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

Descripción	SUCS	# MUESTRA
	OH	12
	CH	13
Limo arcilloso verdoso con estratos de arena fina. Consistencia media a dura. Alta plasticidad	MH	14
	MH	15
	MH	16
	MH	17
Limo arenoso gris verdoso medianamente compacto	ML	18
Arena fina limosa gris verdosa medianamente compacta	SM	19
	SM	20
	SM	21
	SM	22
	SM	23
Arena limosa gris verdosa de grano medio a grueso de medianamente compacta a muy compacta con grava	SW-SM	24
	SW-SM	25
	SP-SM	26
	SW-SM	27

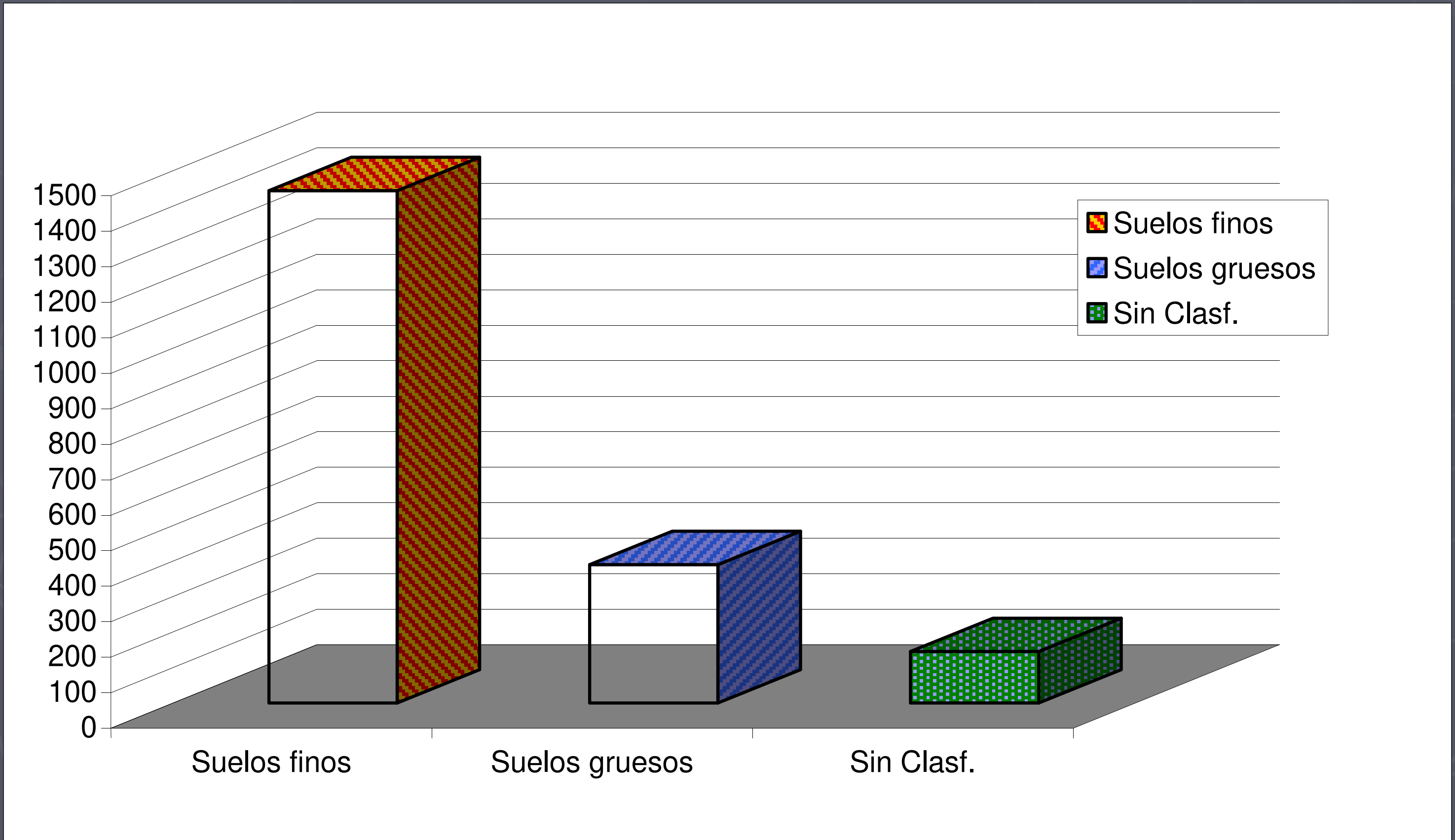
γ Peso volumétrico del suelo (T/m³)

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

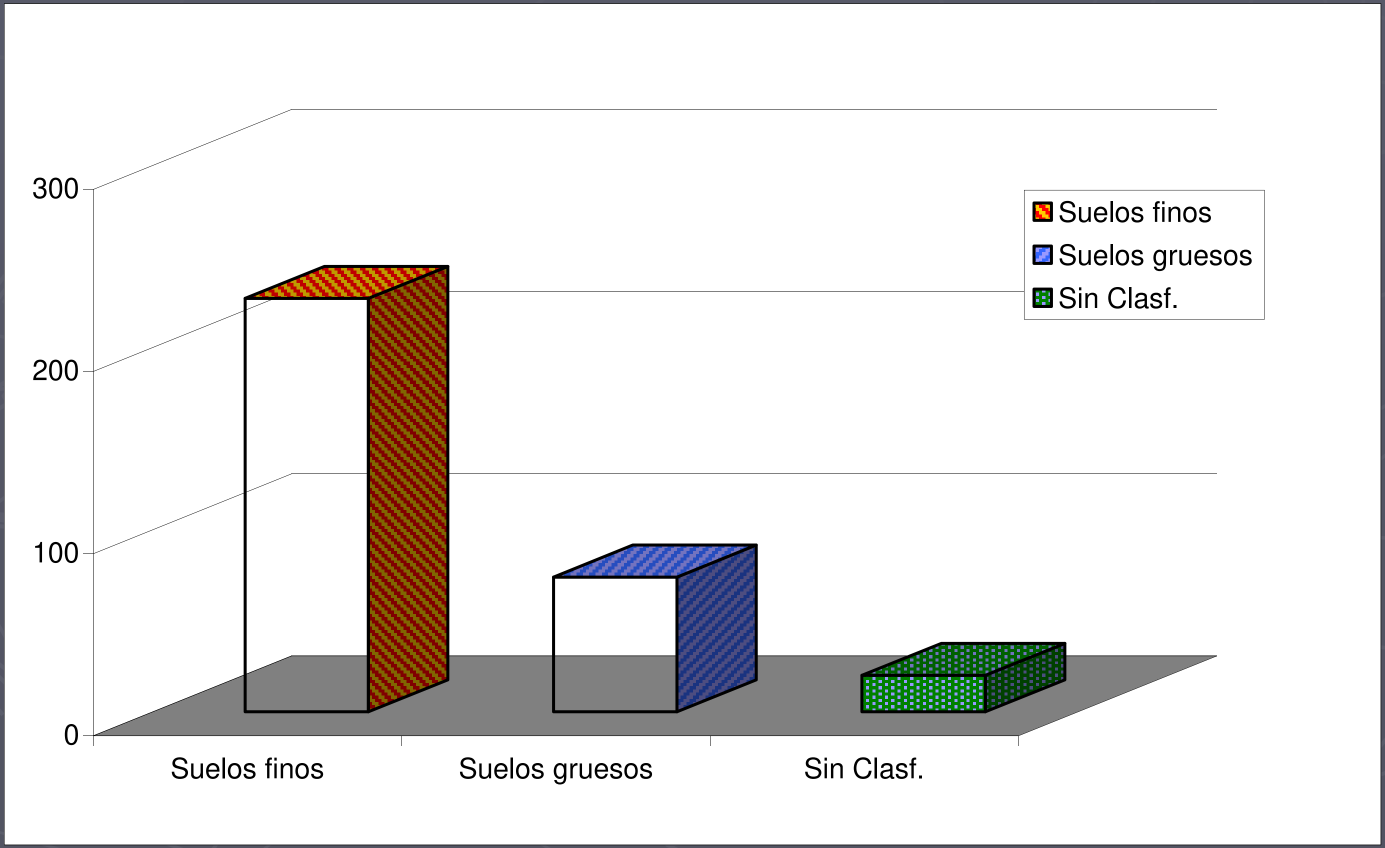


CAPITULO 5

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

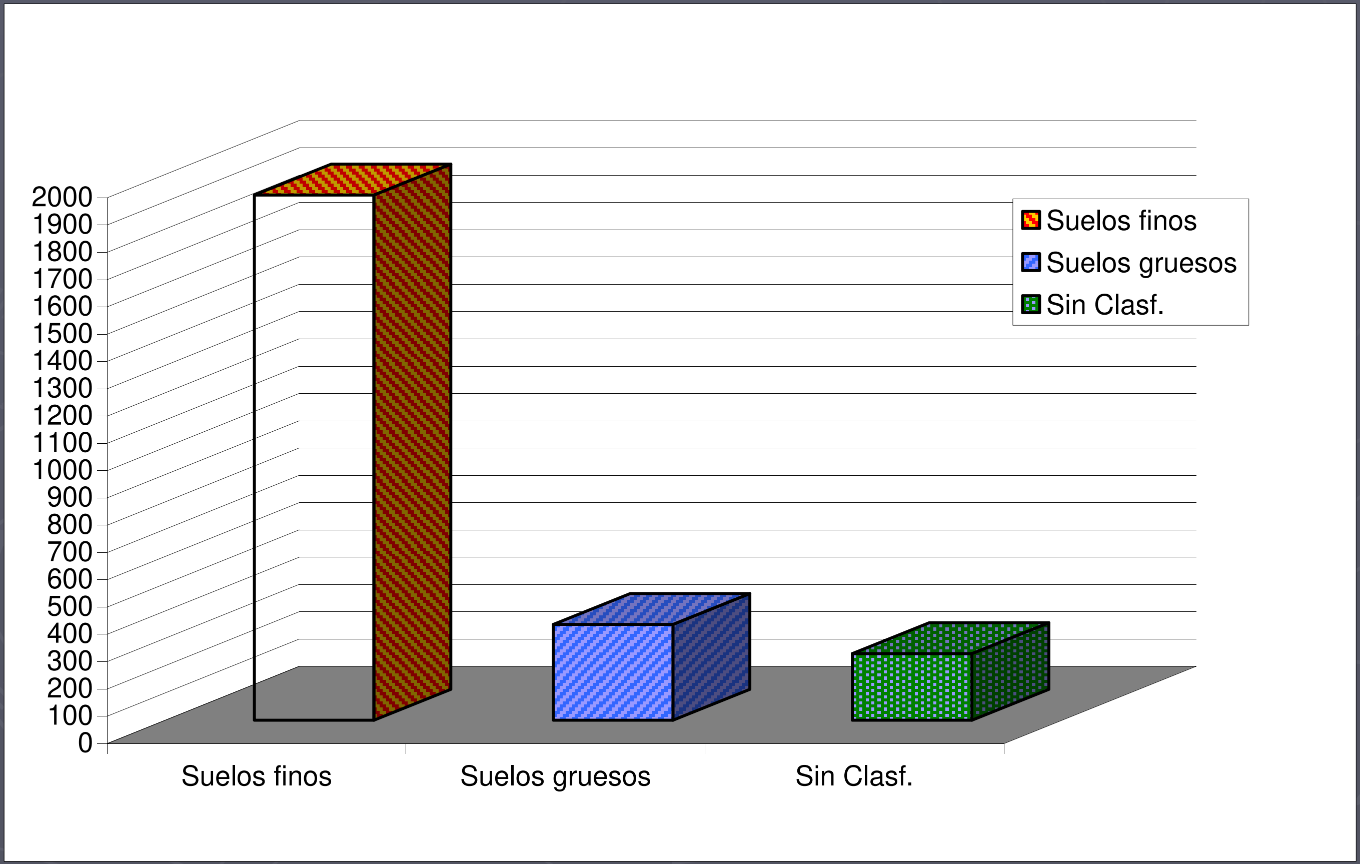


CAPITULO 5

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

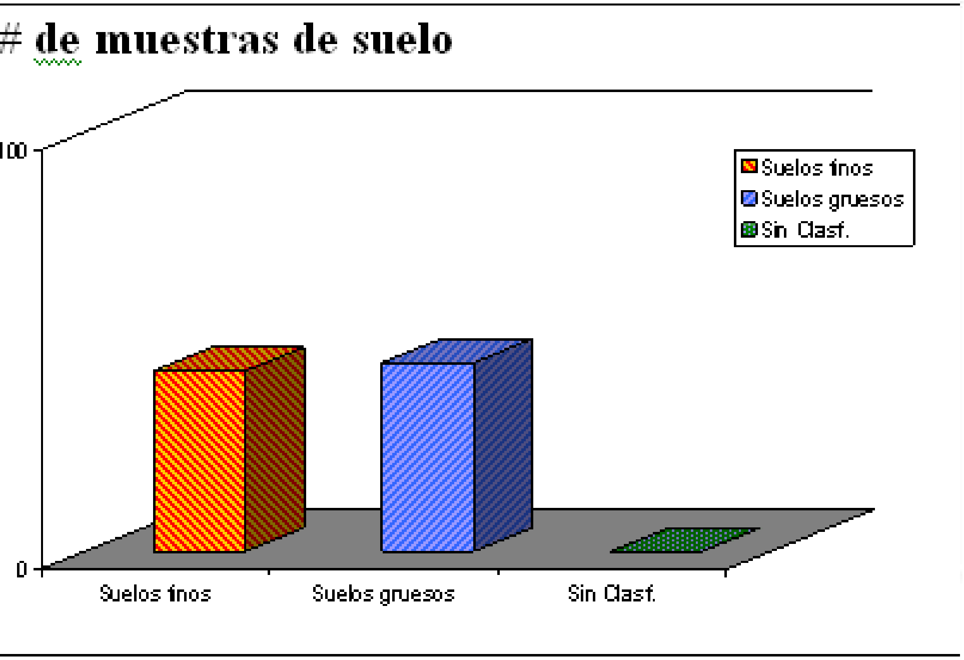


CAPITULO 5

MEDICIONES DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

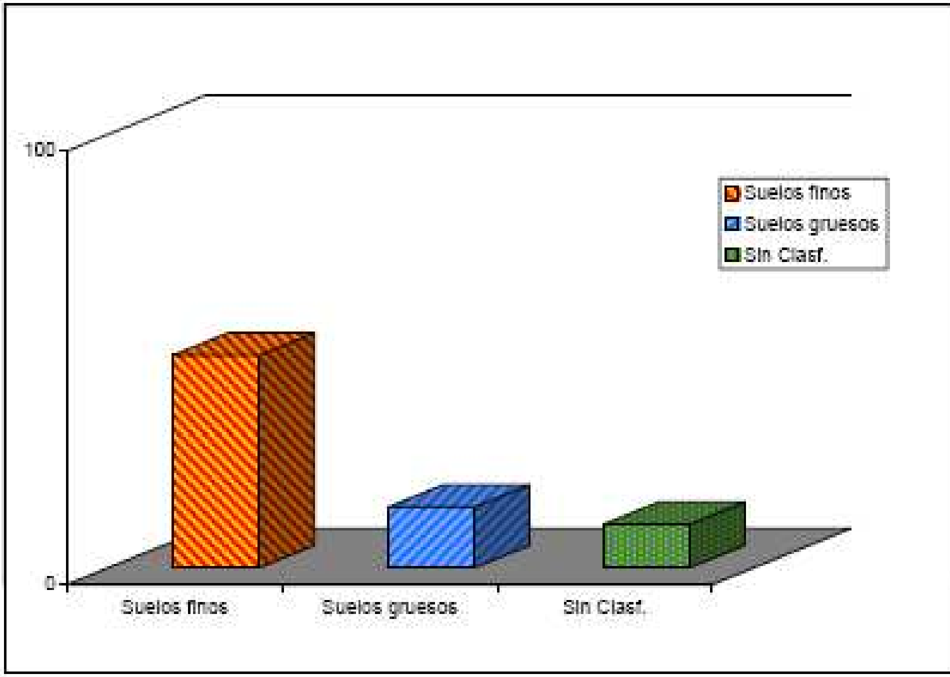
5.3 Resultados de las mediciones de las propiedades geotécnicas

Zona Geotecnica D4 Llanura Aluvial Norte



D4 A

$H < 10m$



D4 B

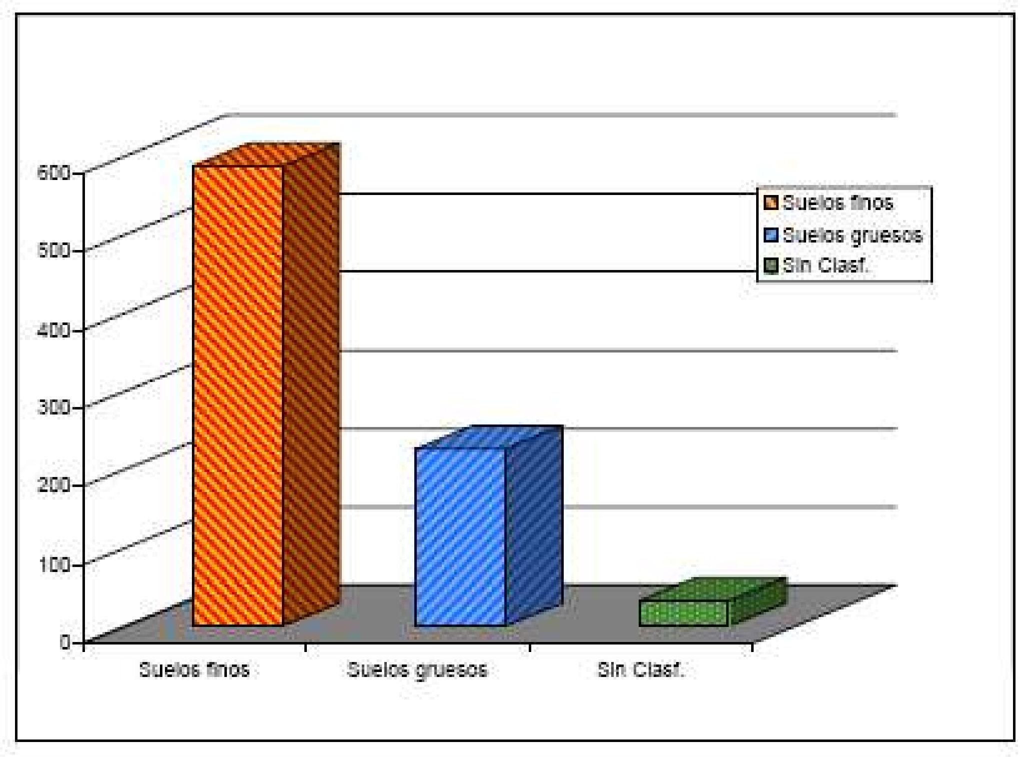
$10 < H < 20m$

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 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 (Su), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

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

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

COV: 0.25

Zona geotécnica D2, Deltáico-Estuarino (Sur)

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

COV: 0.15

Donde
Gmax = (t/m^2), Su = (t/m^2), σ'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 (Su), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

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

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

COV: 0.35

Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

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

COV: 0.23

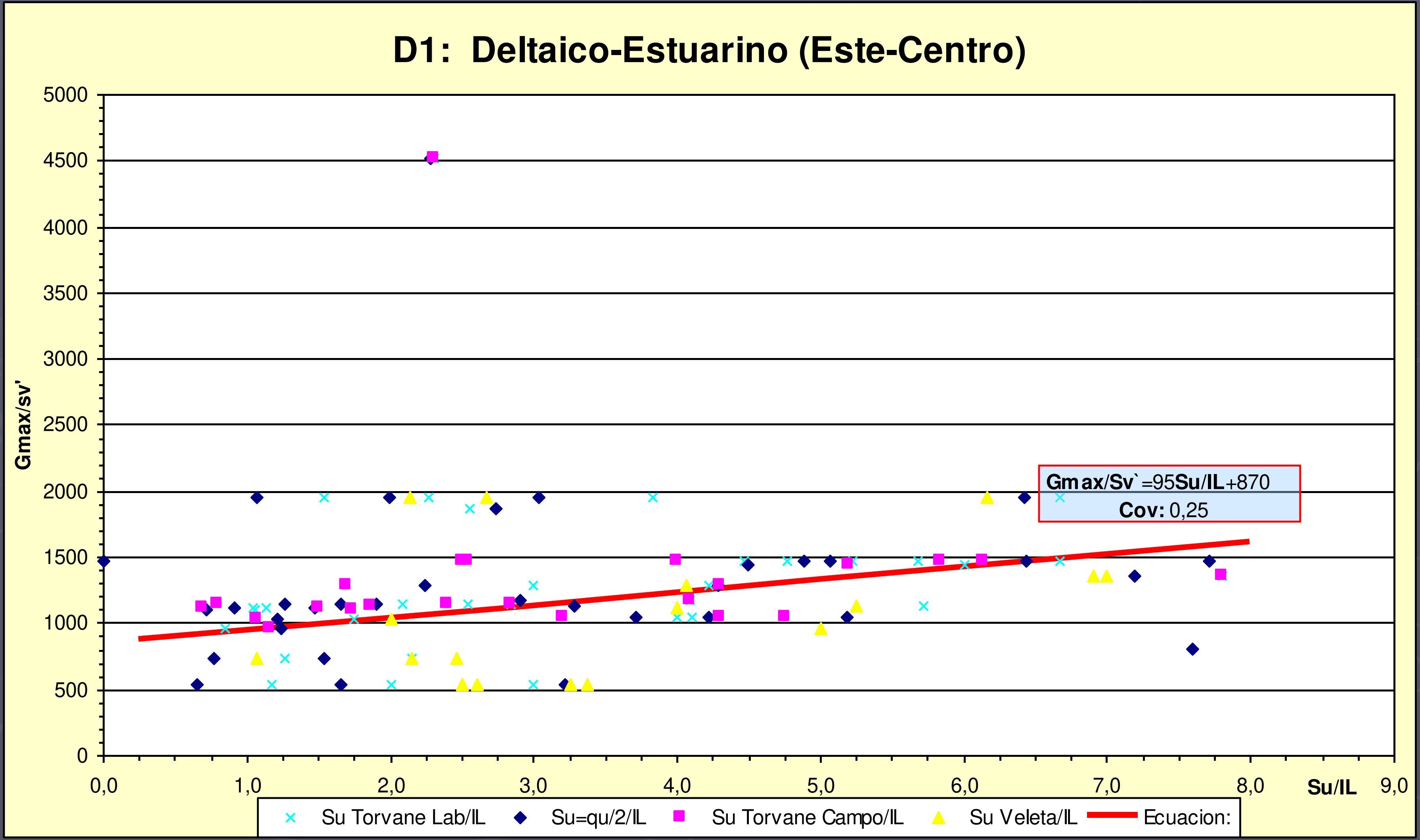
Donde

Gmax = (t/m^2), Su = (t/m^2), σ'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 (Su), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (Gmax)

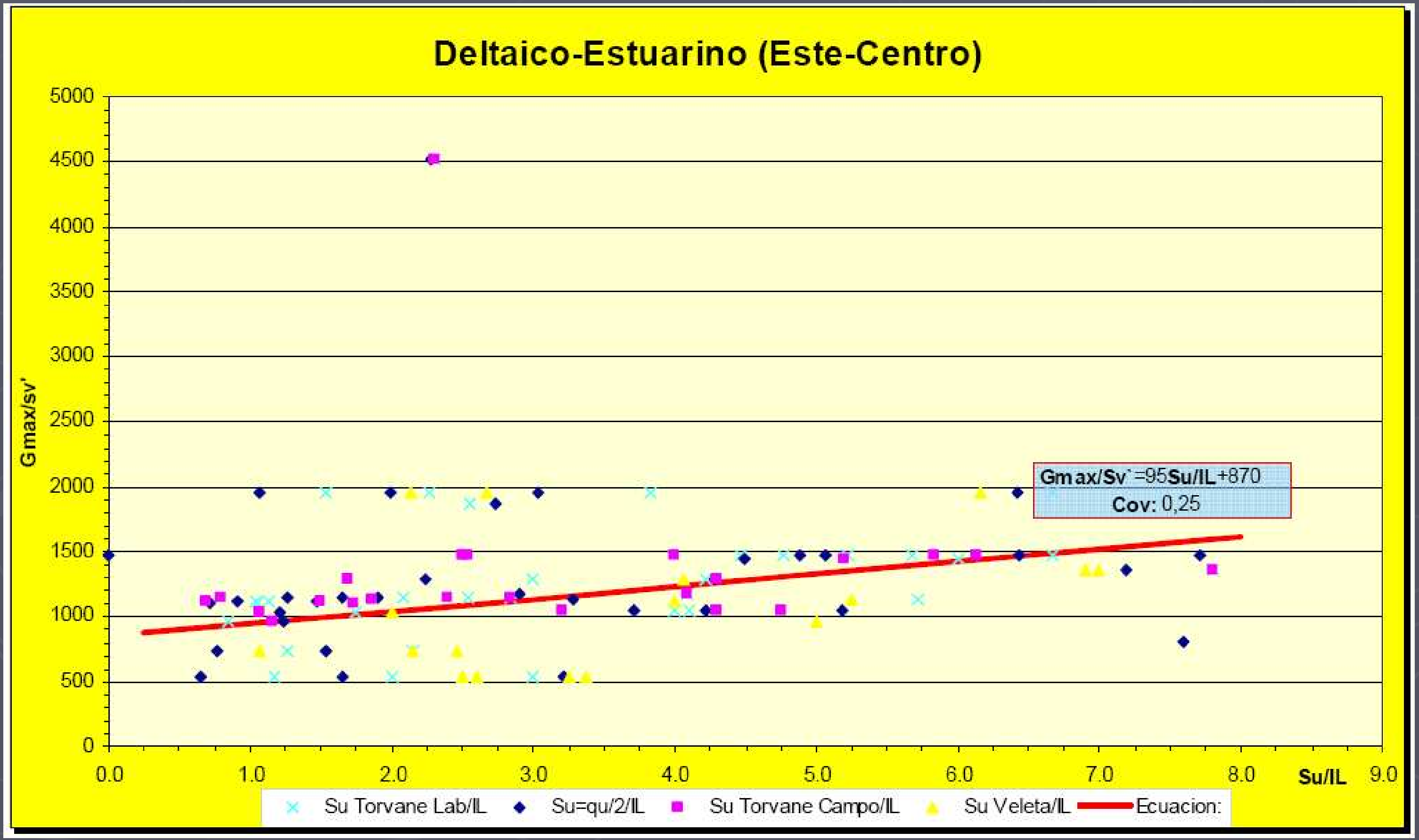


CAPITULO 6

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 (Su), el índice de liquidez (IL) y la rigidez (G_{max})

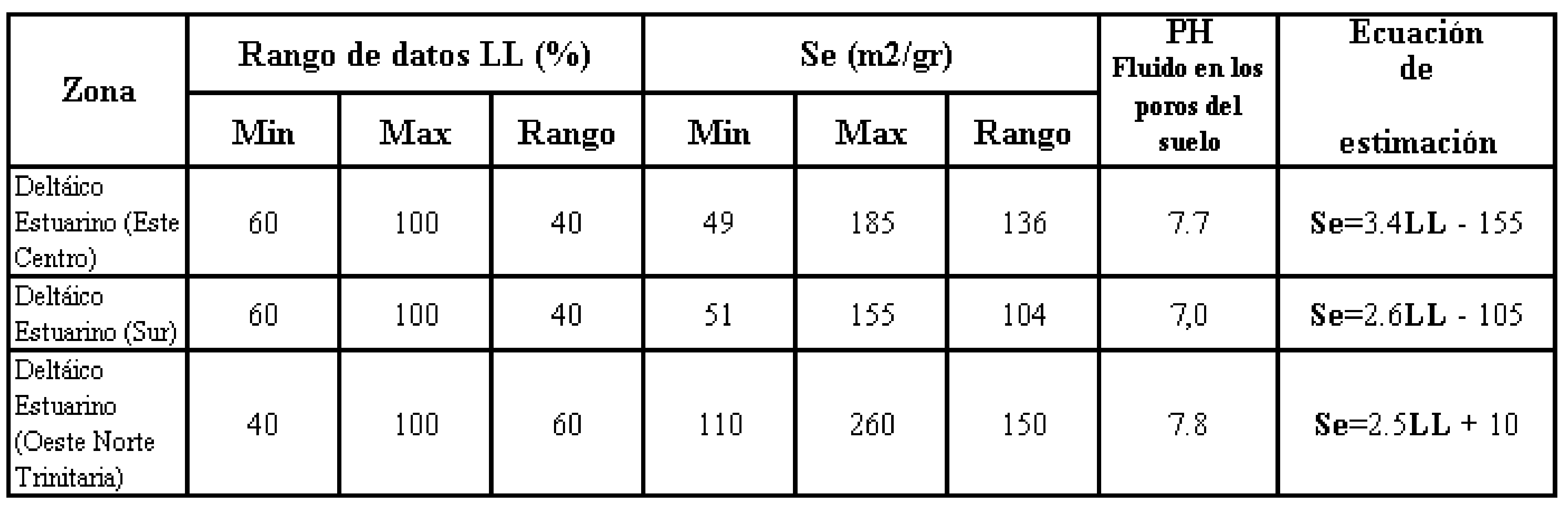


CAPITULO 6

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

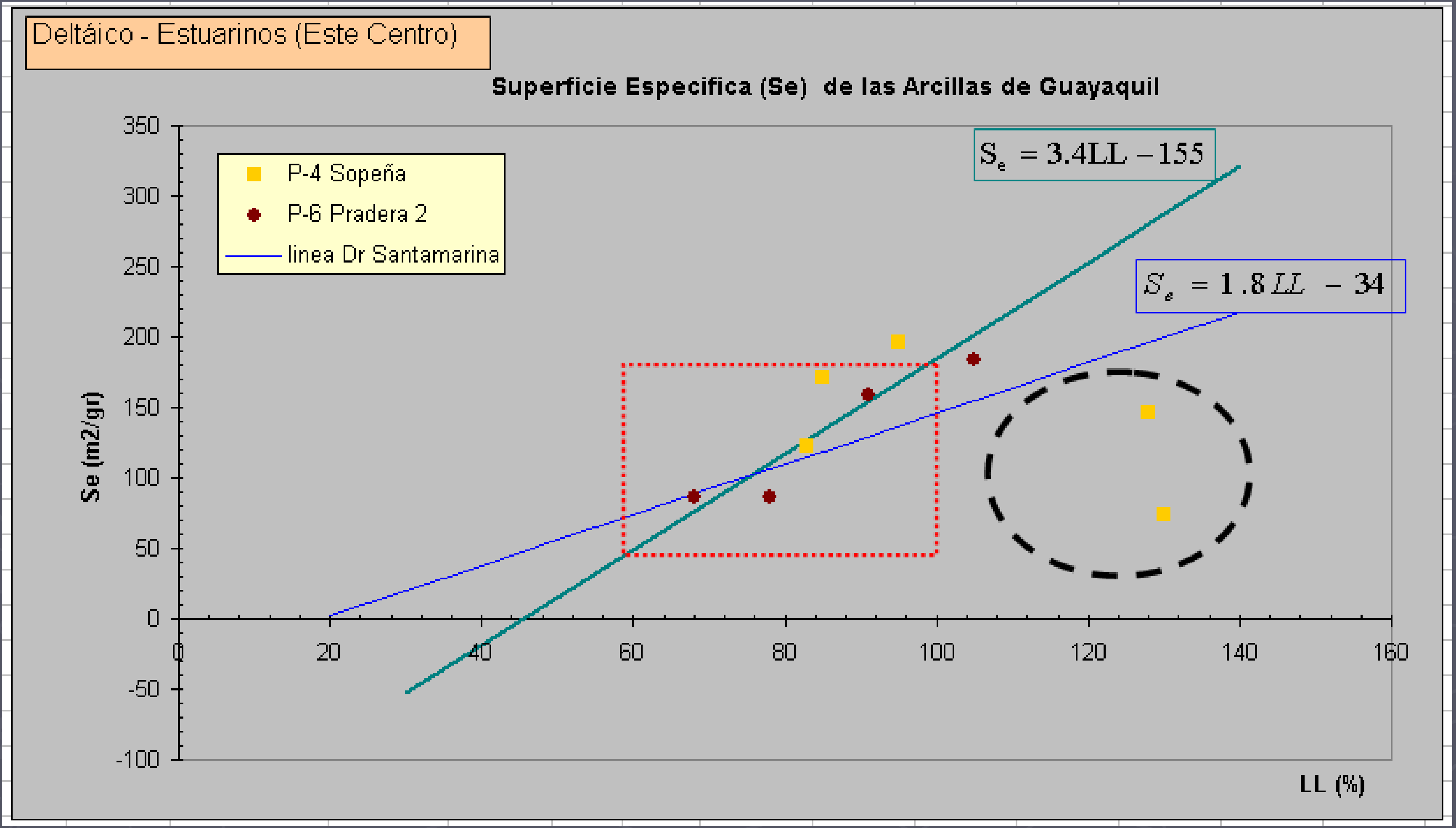


Zona	Rango de datos LL (%)			Se (m2/gr)			PH Fluido en los poros del suelo	Ecuación de estimación
	Min	Max	Rango	Min	Max	Rango		
Deltáico Estuarino (Este Centro)	60	100	40	49	185	136	7.7	**Se=3.4LL - 155**
Deltáico Estuarino (Sur)	60	100	40	51	155	104	7,0	**Se=2.6LL - 105**
Deltáico Estuarino (Oeste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

CAPITULO 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 (Se) 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)

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

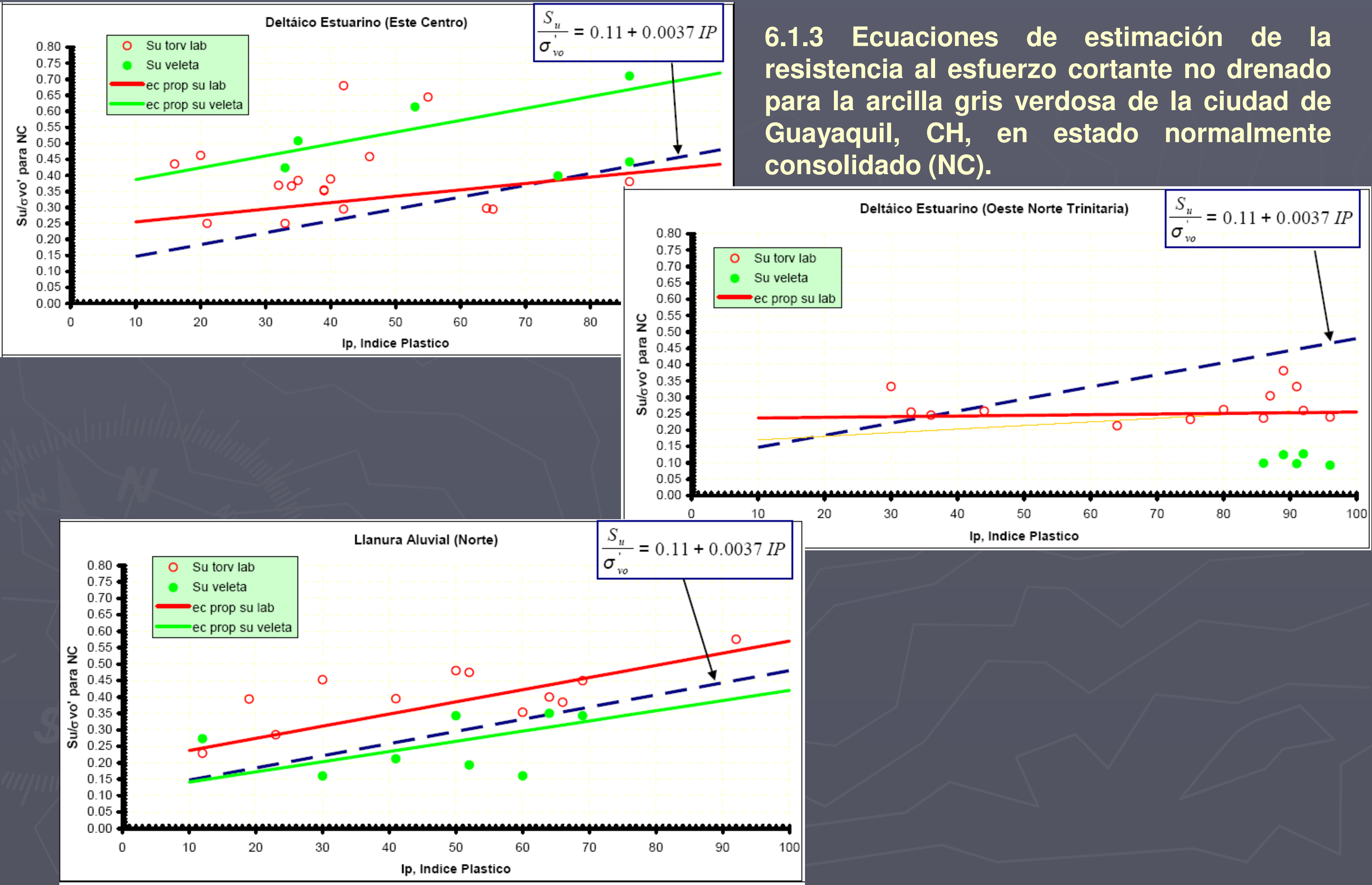
Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

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

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).



$$\frac{S_u}{\sigma'_{vo}} = 0.11 + 0.0037\,IP$$

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vo}} = 0.11 + 0.0037\,IP$$

$$\frac{S_u}{\sigma'_{vo}} = 0.11 + 0.0037\,IP$$

CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

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

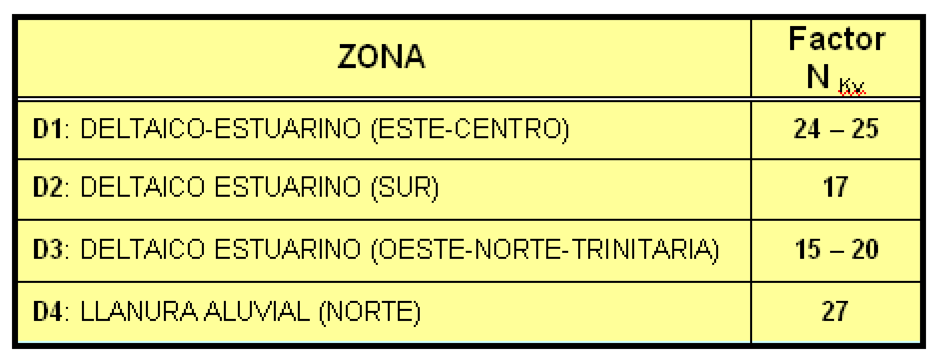
6.2.1 Ecuaciones de correlación entre la resistencia al esfuerzo cortante no drenado Su y la resistencia de punta del cono estático qc.

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

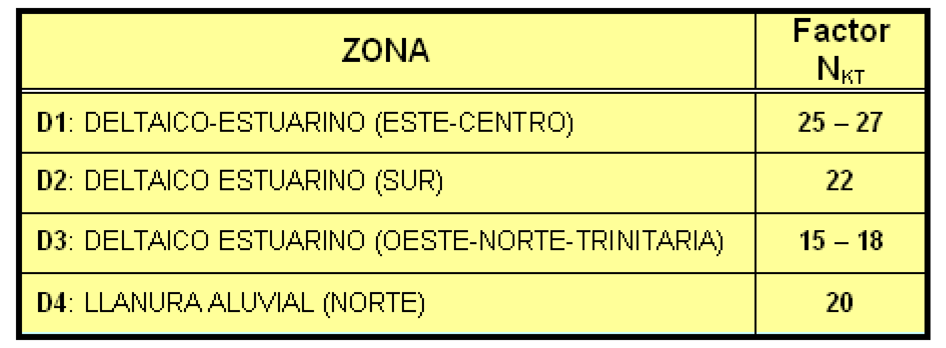
Donde Su $_{VST}$

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

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

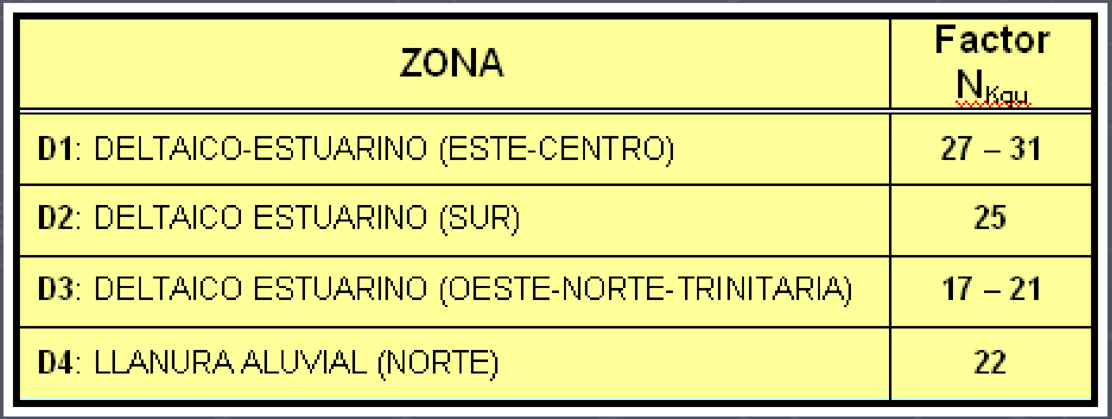
ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

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 Su y la resistencia de punta del cono estático qc.

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

Donde Su $_{qu/2}$

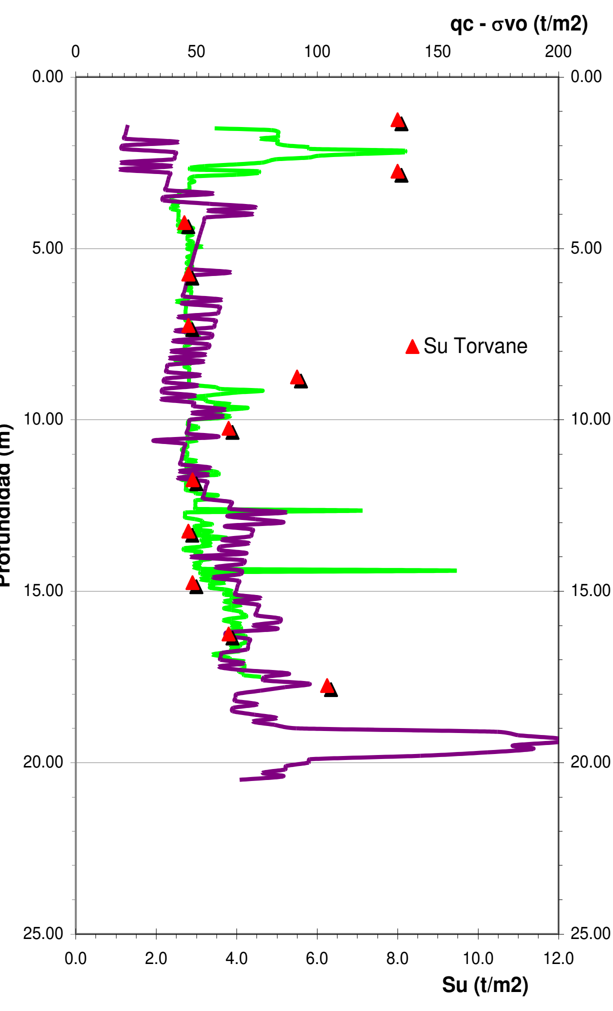


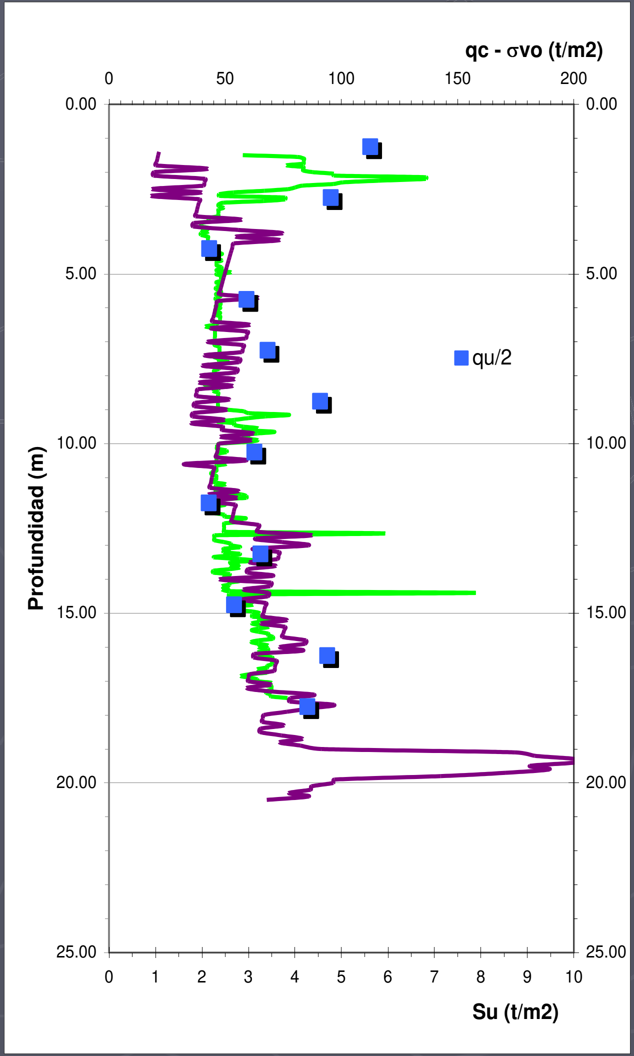
ZONA	Factor N_{Kqu}
D1: DELTAICO-ESTUARINO (ESTE-CENTRO)	27 – 31
D2: DELTAICO ESTUARINO (SUR)	25
D3: DELTAICO ESTUARINO (OESTE-NORTE-TRINITARIA)	17 – 21
D4: LLANURA ALUVIAL (NORTE)	22

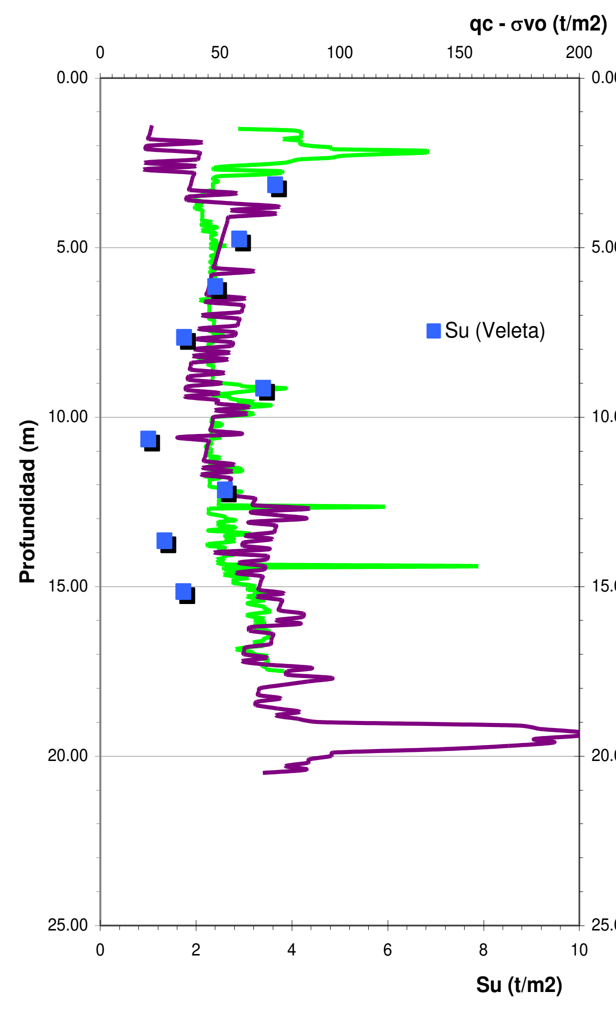
CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

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







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 sensitividad 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

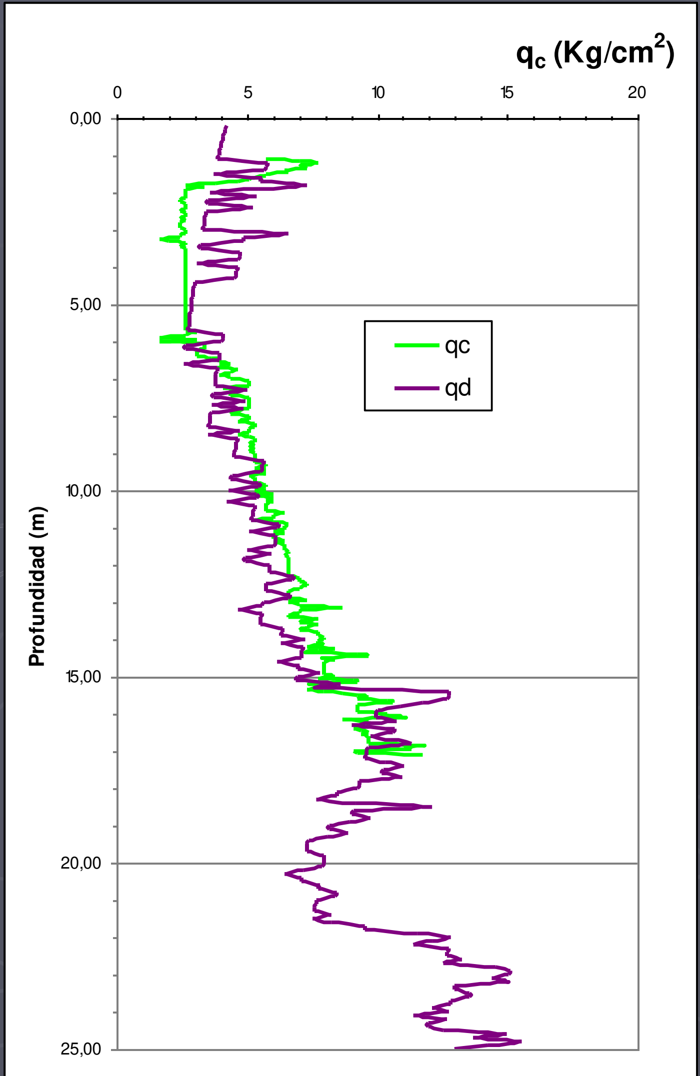
CAPITULO 6

ECUACIONES DE CORRELACION PARA ETIMACION DE LOS DIFERENTES PARAMETROS GEOTECNICOS

6.3. Correlación entre la resistencia por punta del cono estático qc y la resistencia por punta del cono dinámico qd.

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

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



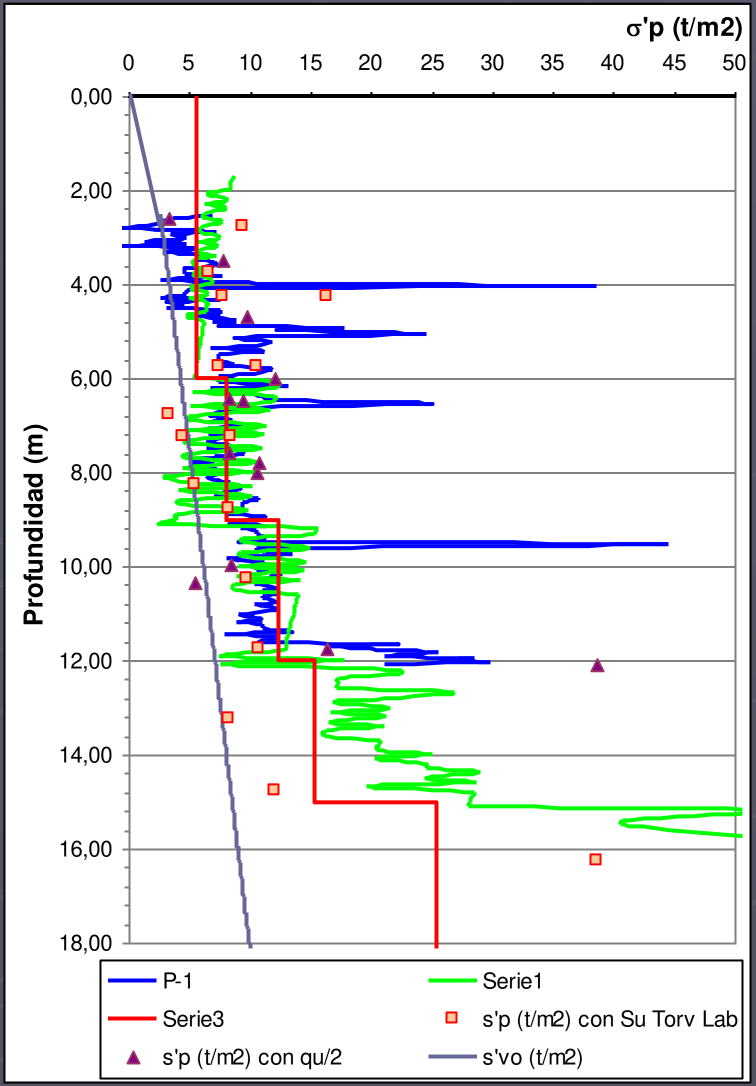
CAPITULO 6

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 Su, resistencia al esfuerzo cortante no drenado.

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

OCR = 1-2

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

COV: 0.40

OCR > 2

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

COV: 0.50

Zona geotécnica D2, Deltáico-Estuarino (Sur)

OCR = 1-2

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

COV: 0.23

OCR > 2

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

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 Su, 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

$$V_S = \left((90 \cdot S_U + 70) \cdot \frac{\sigma_{vo'} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.16

Zona geotécnica D4, Llanura aluvial (Norte)

OCR = 1-2

$$V_S = \left((30 \cdot S_U + 250) \cdot \frac{\sigma_{vo'} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

COV: 0.35

OCR > 2

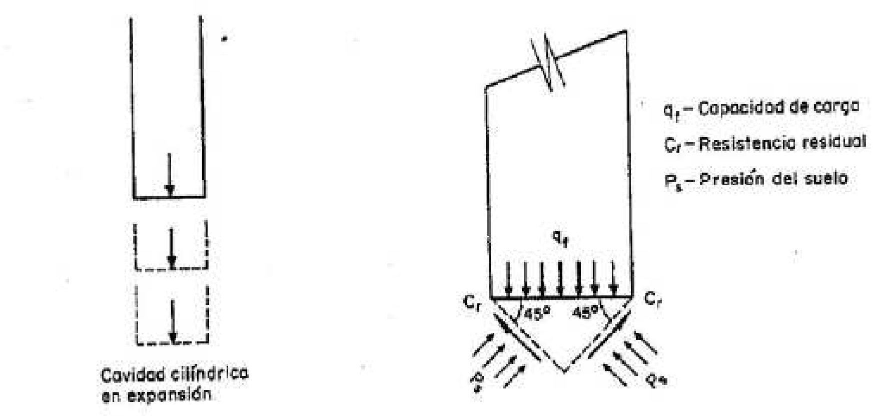
$$V_S = \left((5 \cdot S_U + 205) \cdot \frac{\sigma_{vo'} \cdot g}{\gamma} \right)^{1/2}$$

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



$$V_s = \sqrt{\frac{3 g q_c}{2N_{kc}\gamma_s(1+\upsilon)}\, e^{\frac{3N_{kc}-4}{4}-\frac{1}{2\beta}}}$$

$$V_s = \sqrt{\eta q_c e^{\alpha}}$$

$$\alpha = \frac{3N_{kc}-4}{4} - \frac{1}{2\beta} \qquad \eta = \frac{3g}{2N_{kc}\gamma_s(1+\upsilon)}$$

Romo y Ovando (1992)

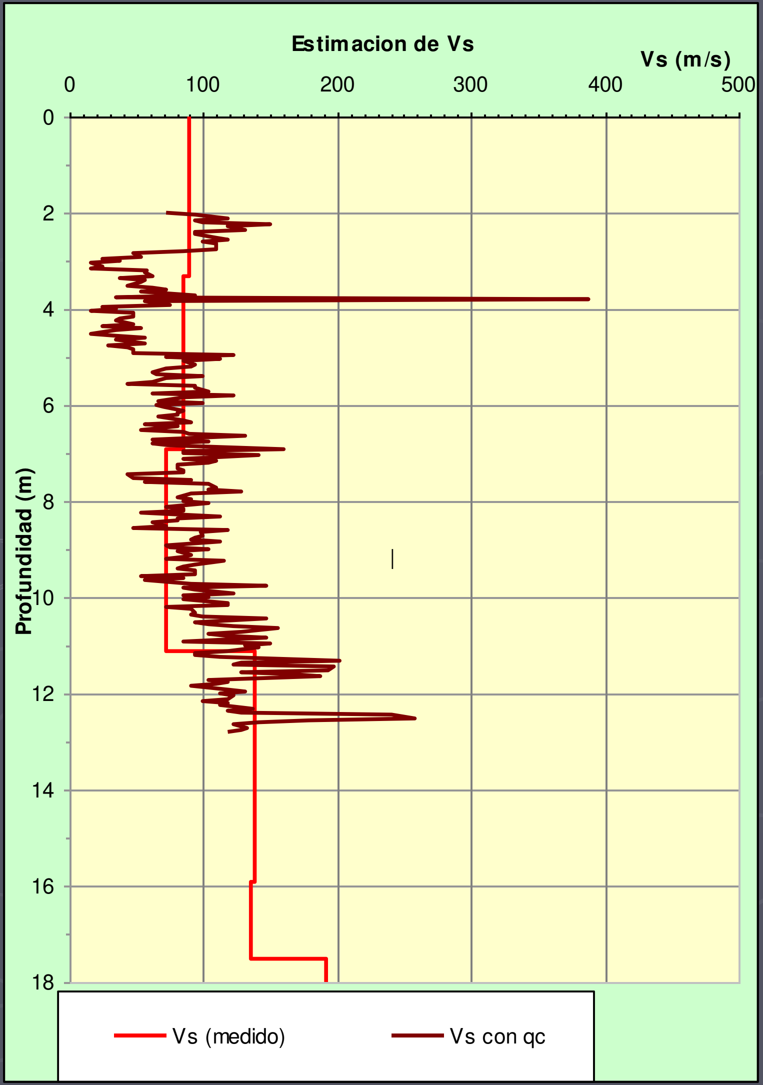
CAPITULO 7

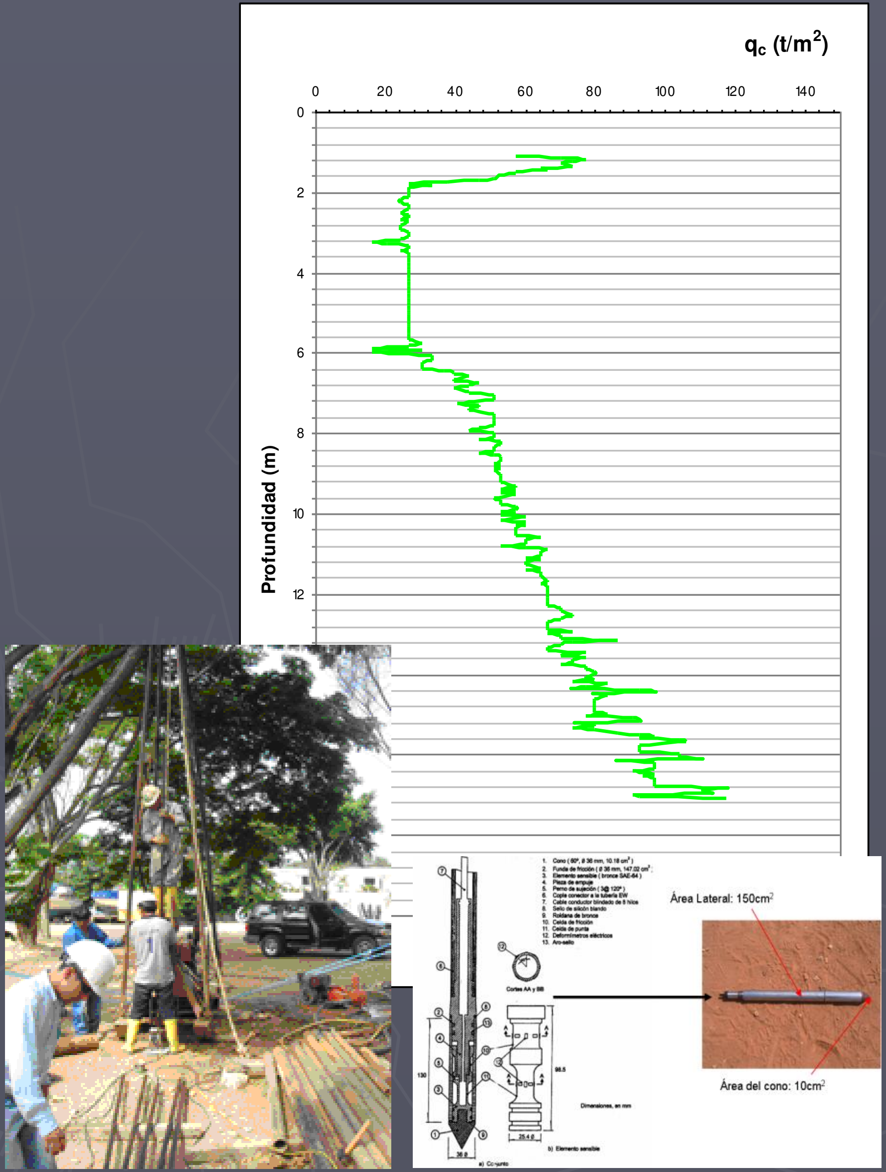
ECUACIONES DE CORRELACION PARA ESTIMAR LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS DE CORTE

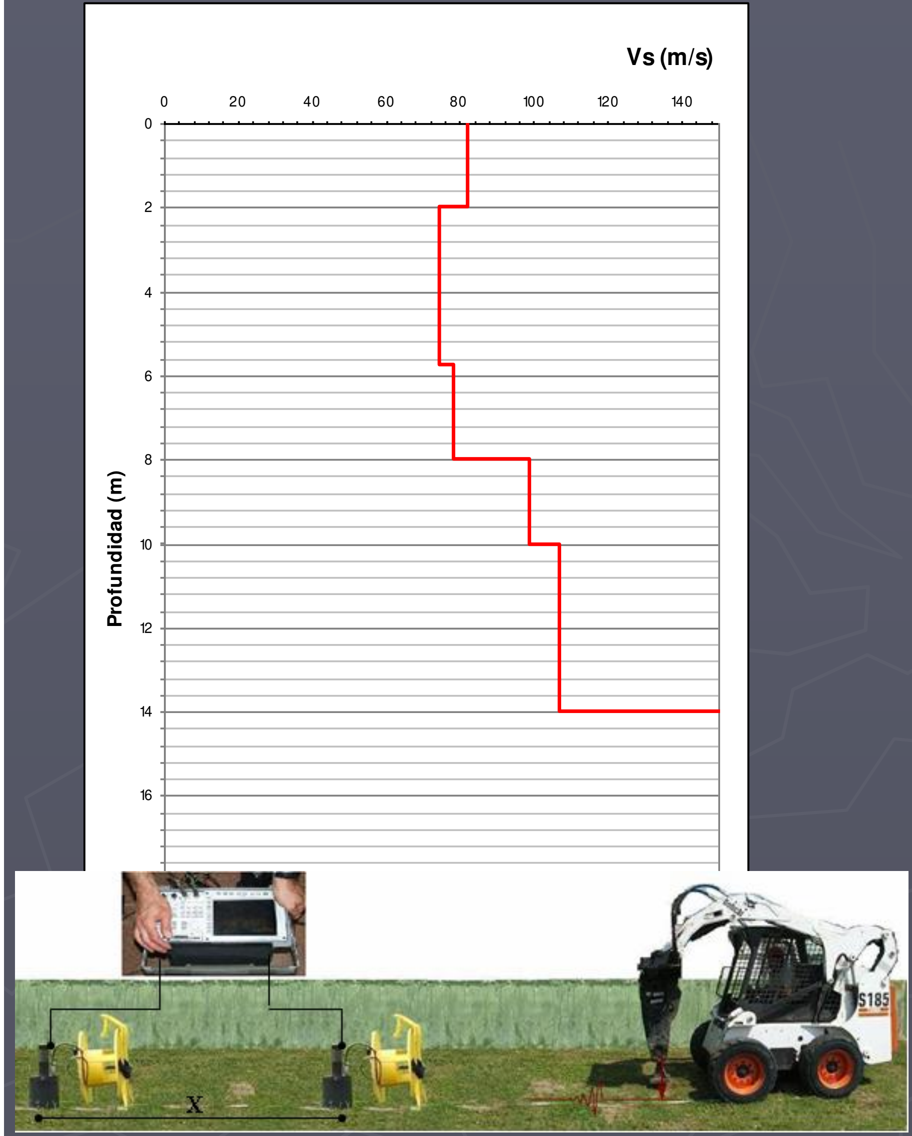
7.2 Ecuaciones de correlación en función de la resistencia de punta de cono, qc

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

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



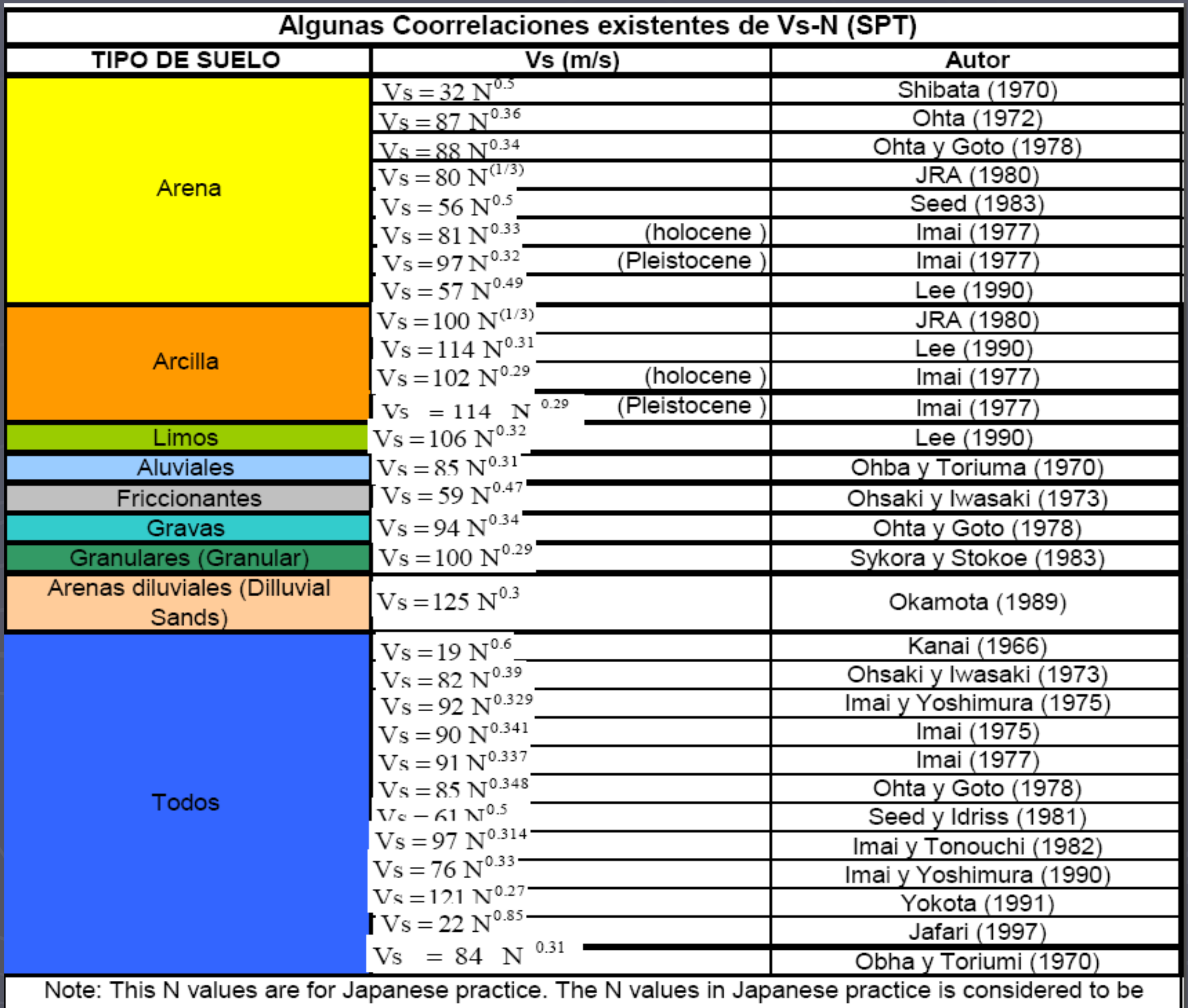

q_c (t/m^2)
0
20
40
60
80
100
120
140
Profundidad (m)
0
2
4
6
8
10
12
1. Cono (60°, ø 36 mm, 10.18 cm^2)
2. Funda de fricción (ø 36 mm, 147.02 cm^2)
3. Elemento sensible (bronce SAE-64)
4. Pieza de empuje
5. Perno de sujeción (3@ 120°)
6. Cople conector a la tubería EW
7. Cable conductor blindado de 8 hilos
8. Sello de silicón blando
9. Roldana de bronce
10. Celda de fricción
11. Celda de punta
12. Deformímetros eléctricos
13. Aro-sello
Cortes AA y BB
130
98.5
25.4 ø
36 ø
Dimensiones, en mm
a) Conjunto
b) Elemento sensible
Área Lateral: 150cm^2
Área del cono: 10cm^2


Vs (m/s)
0
20
40
60
80
100
120
140
Profundidad (m)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
X
S185

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 Coorrelaciones existentes de Vs-N (SPT)

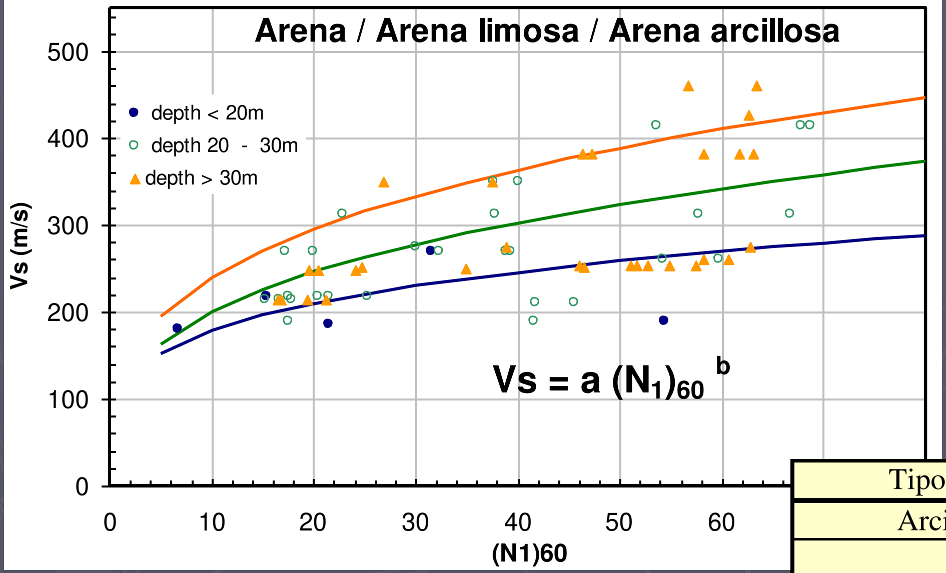
TIPO DE SUELO	Vs (m/s)	Autor
Arena	$Vs = 32\ N^{0.5}$	Shibata (1970)
	$Vs = 87\ N^{0.36}$	Ohta (1972)
	$Vs = 88\ N^{0.34}$	Ohta y Goto (1978)
	$Vs = 80\ N^{(1/3)}$	JRA (1980)
	$Vs = 56\ N^{0.5}$	Seed (1983)
	$Vs = 81\ N^{0.33}$ (holocene)	Imai (1977)
	$Vs = 97\ N^{0.32}$ (Pleistocene)	Imai (1977)
	$Vs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



$$V_S = a\left(N_1\right)_{60}^{\,b}$$

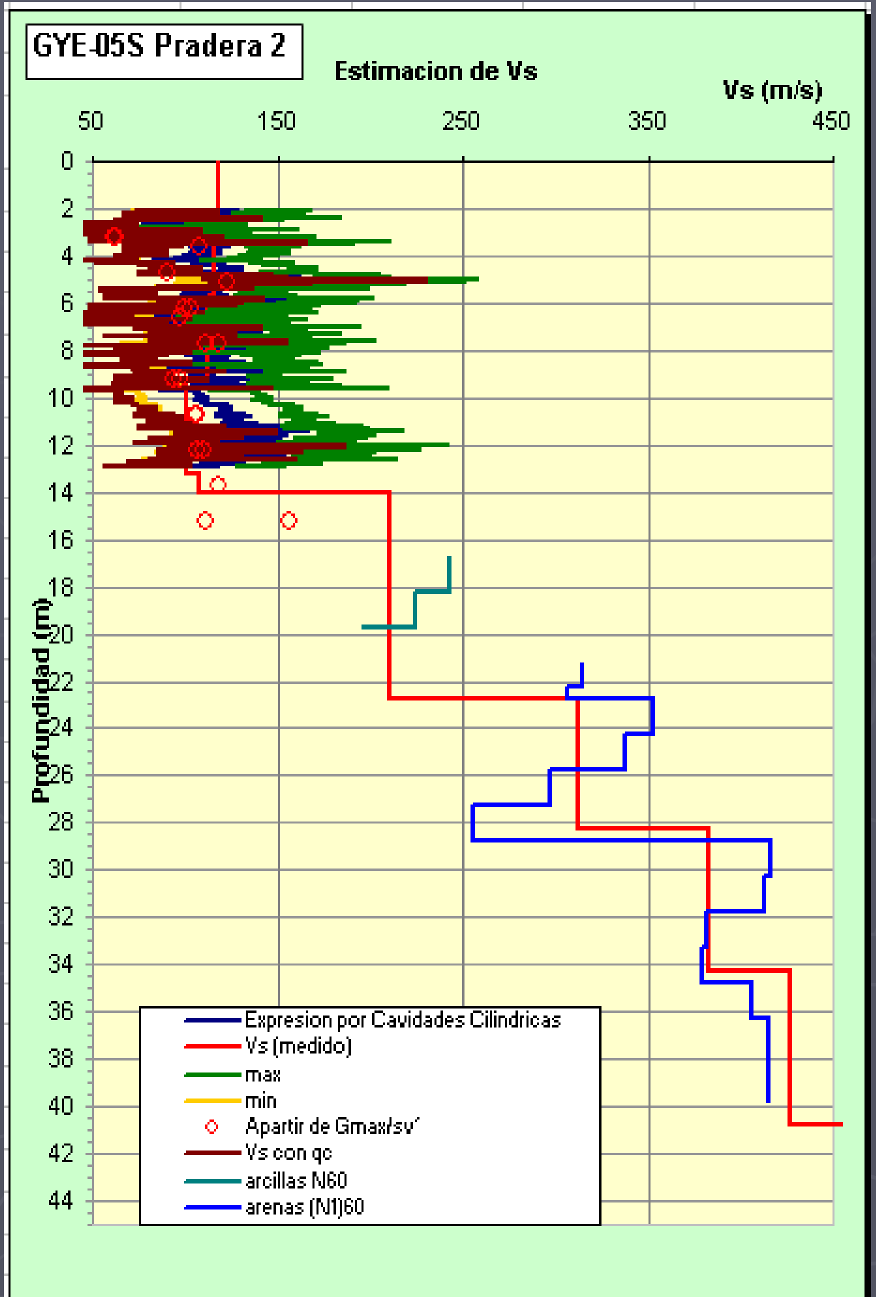
$$\left(N_1\right)_{60} = N_{60}\sqrt{\frac{100\text{kPa}}{\sigma'_{vo}}}$$

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

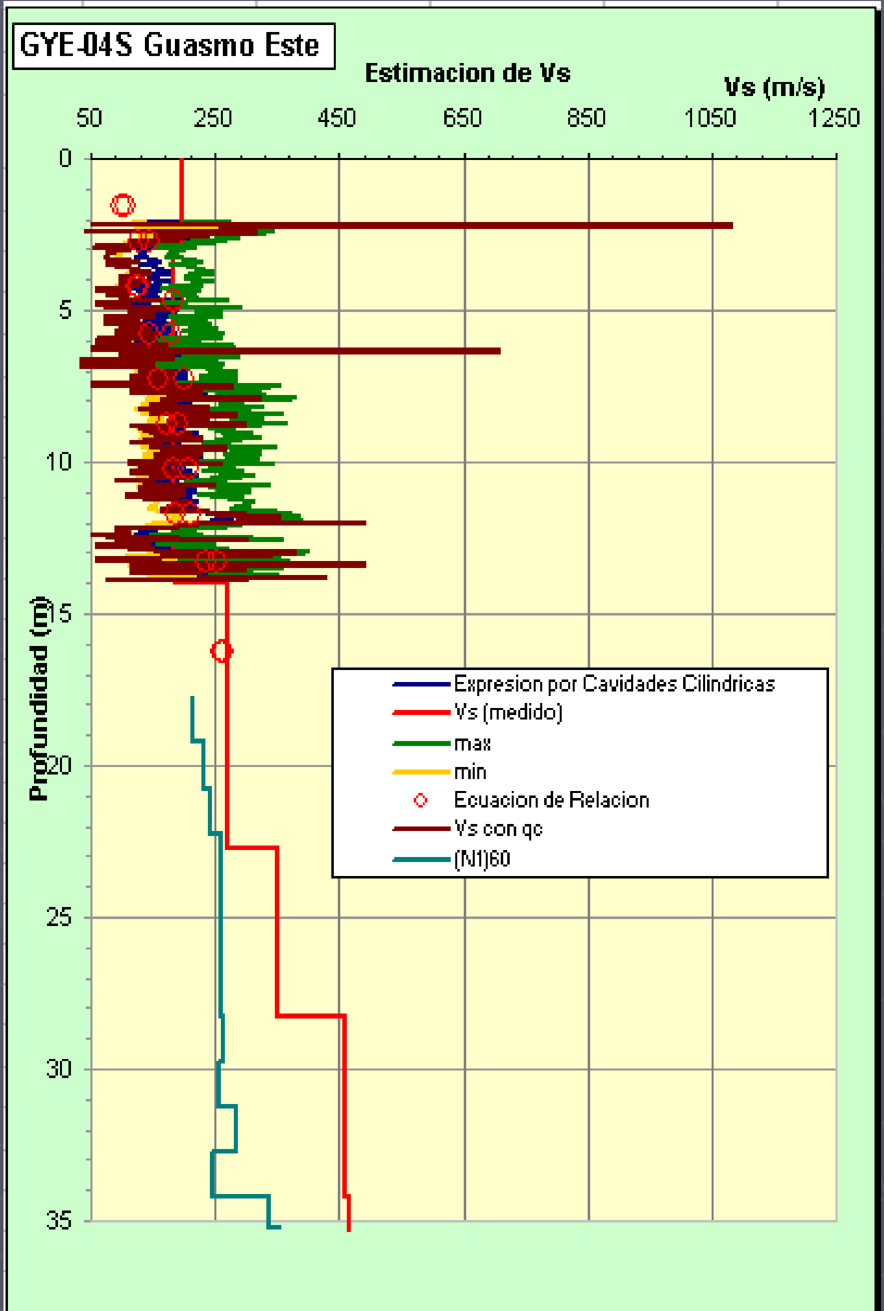
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



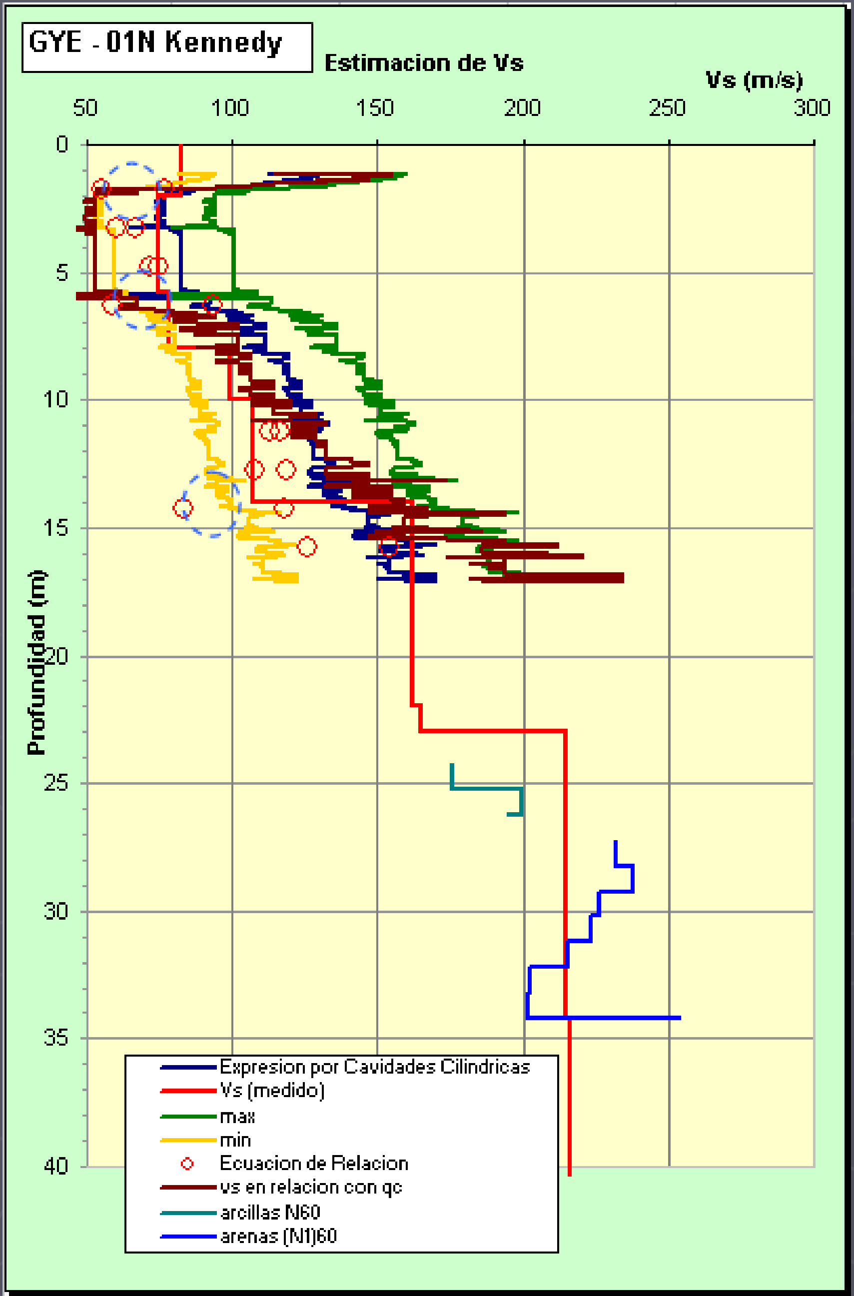
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



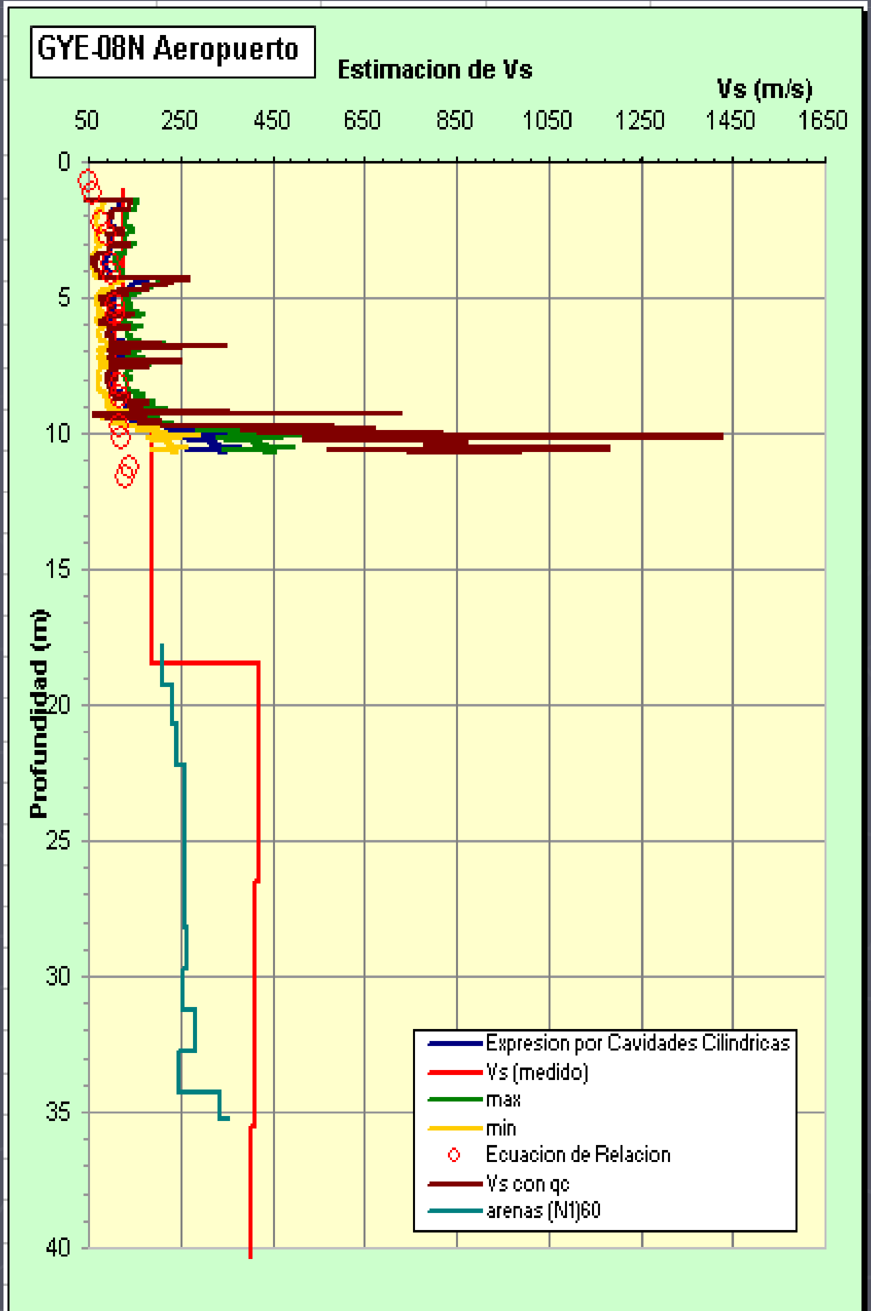
CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



CAPITULO 8

ESTIMACION DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE



CAPITULO 9

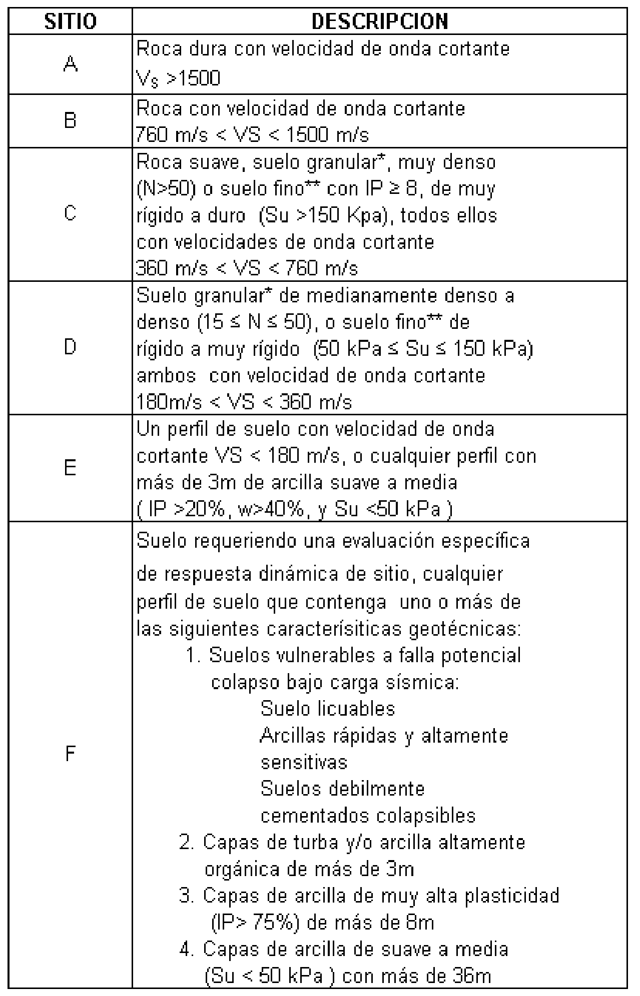
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Aporte a los ingenieros consultores y diseñadores**

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

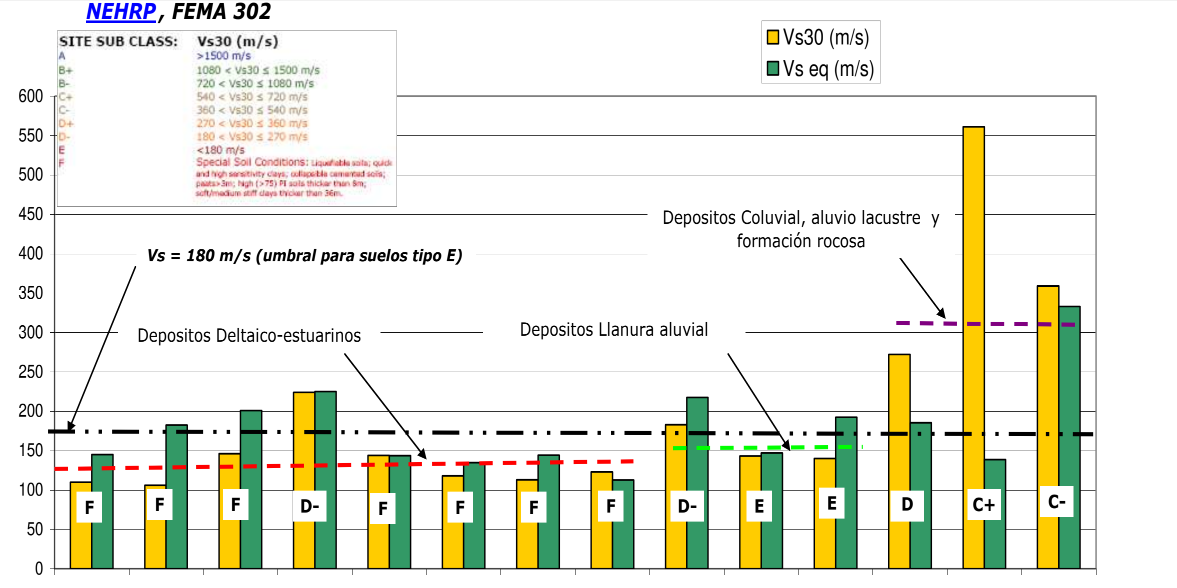
- **Según el modelo de clasificación NERPH, FEMA 302 los suelos de la zona deltáico estarino este centro, oeste norte y trinitaria de la ciudad de guayaquil son de tipo F**



SITIO	DESCRIPCION
A	Roca dura con velocidad de onda cortante V_S >1500
B	Roca con velocidad de onda cortante 760 m/s < VS < 1500 m/s
C	Roca suave, suelo granular*, muy denso (N>50) o suelo fino** con IP ≥ 8, de muy rígido a duro (Su >150 Kpa), todos ellos con velocidades de onda cortante 360 m/s < VS < 760 m/s
D	Suelo granular* de medianamente denso a denso (15 ≤ N ≤ 50), o suelo fino** de rígido a muy rígido (50 kPa ≤ Su ≤ 150 kPa) ambos con velocidad de onda cortante 180m/s < VS < 360 m/s
E	Un perfil de suelo con velocidad de onda cortante VS < 180 m/s, o cualquier perfil con más de 3m de arcilla suave a media (IP >20%, w>40%, y Su <50 kPa)
F	Suelo requeriendo una evaluación específica de respuesta dinámica de sitio, cualquier perfil de suelo que contenga uno o más de las siguientes caracterísiticas geotécnicas: 1. Suelos vulnerables a falla potencial colapso bajo carga sísmica: Suelo licuables Arcillas rápidas y altamente sensitivas Suelos debilmente cementados colapsibles 2. Capas de turba y/o arcilla altamente orgánica de más de 3m 3. Capas de arcilla de muy alta plasticidad (IP> 75%) de más de 8m 4. Capas de arcilla de suave a media (Su < 50 kPa) con más de 36m

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

** Pasante del tamiz #200 >50% con IP≥8%

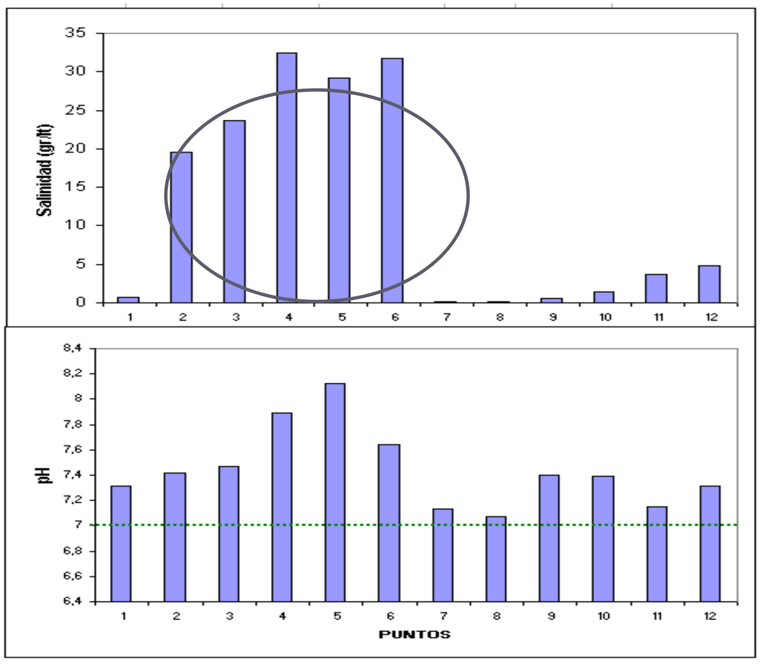


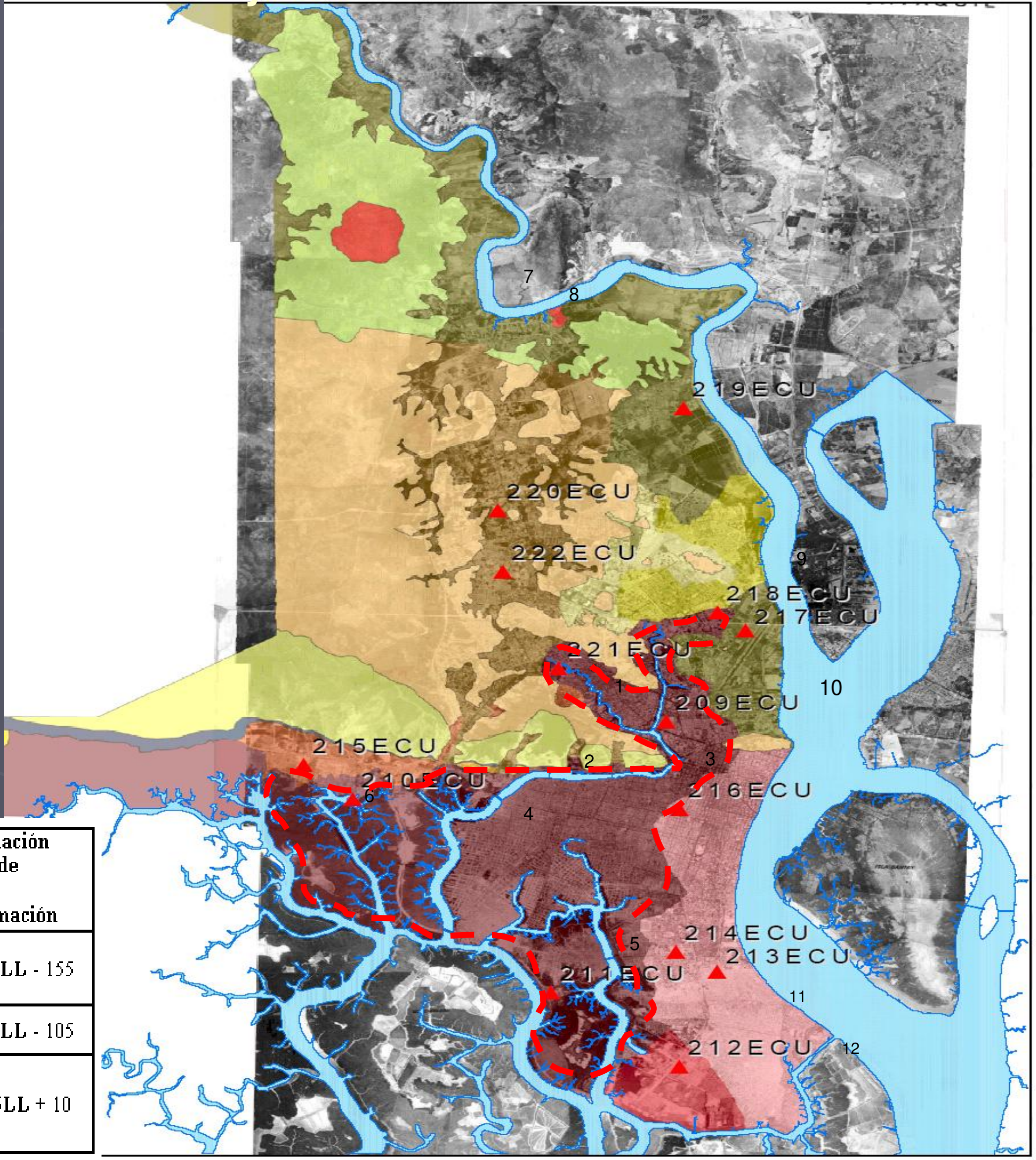
D1: Zona Deltáico Estuarino Este Centro	$113<V_{s30}<155$
D2: Zona Deltáico Estuarino Sur	$V_{s30}=224$
D3: Zona D. E (Oeste Norte Trinitaria)	$106<V_{s30}<146$
D4: Llanura Aluvial Norte	$140<V_{s30}<190$

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

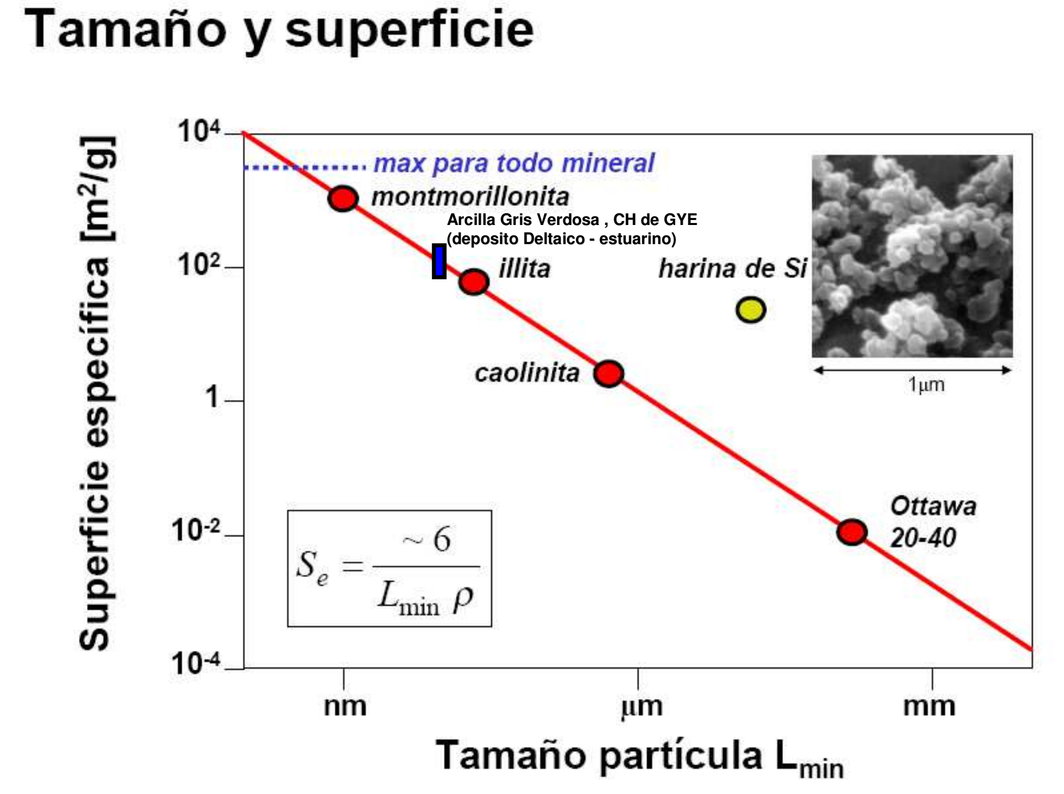
CAPITULO 9

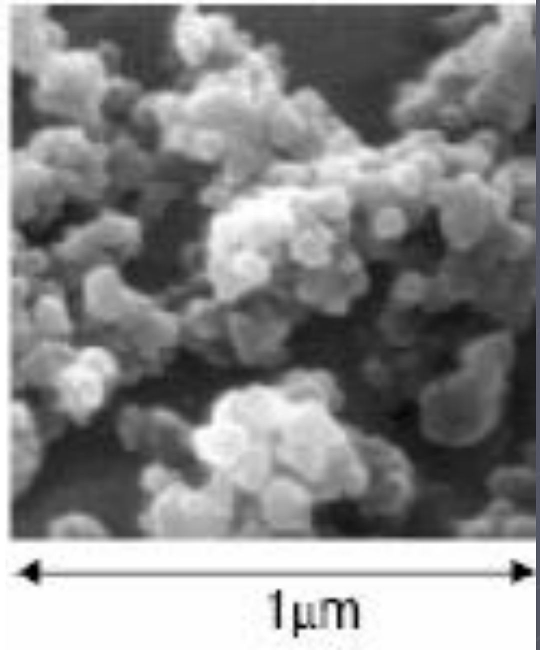
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **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 $110 < S_e\ (m^2/gr) < 260$

$106 < V_s\ (m/s) < 146$



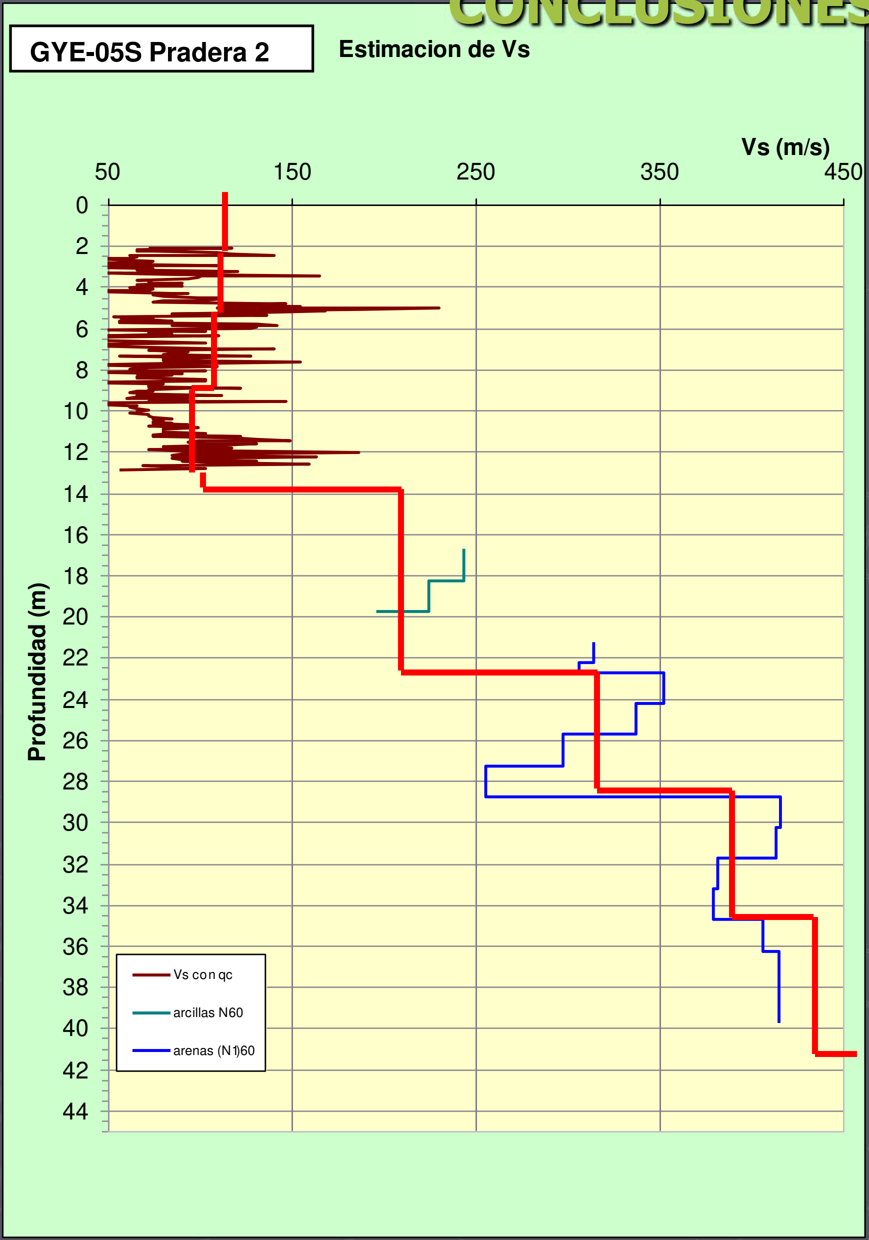


Zona D2 $51 < S_e\ (m^2/gr) < 155$

$V_s\ (m/s) = 224$

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



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

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**

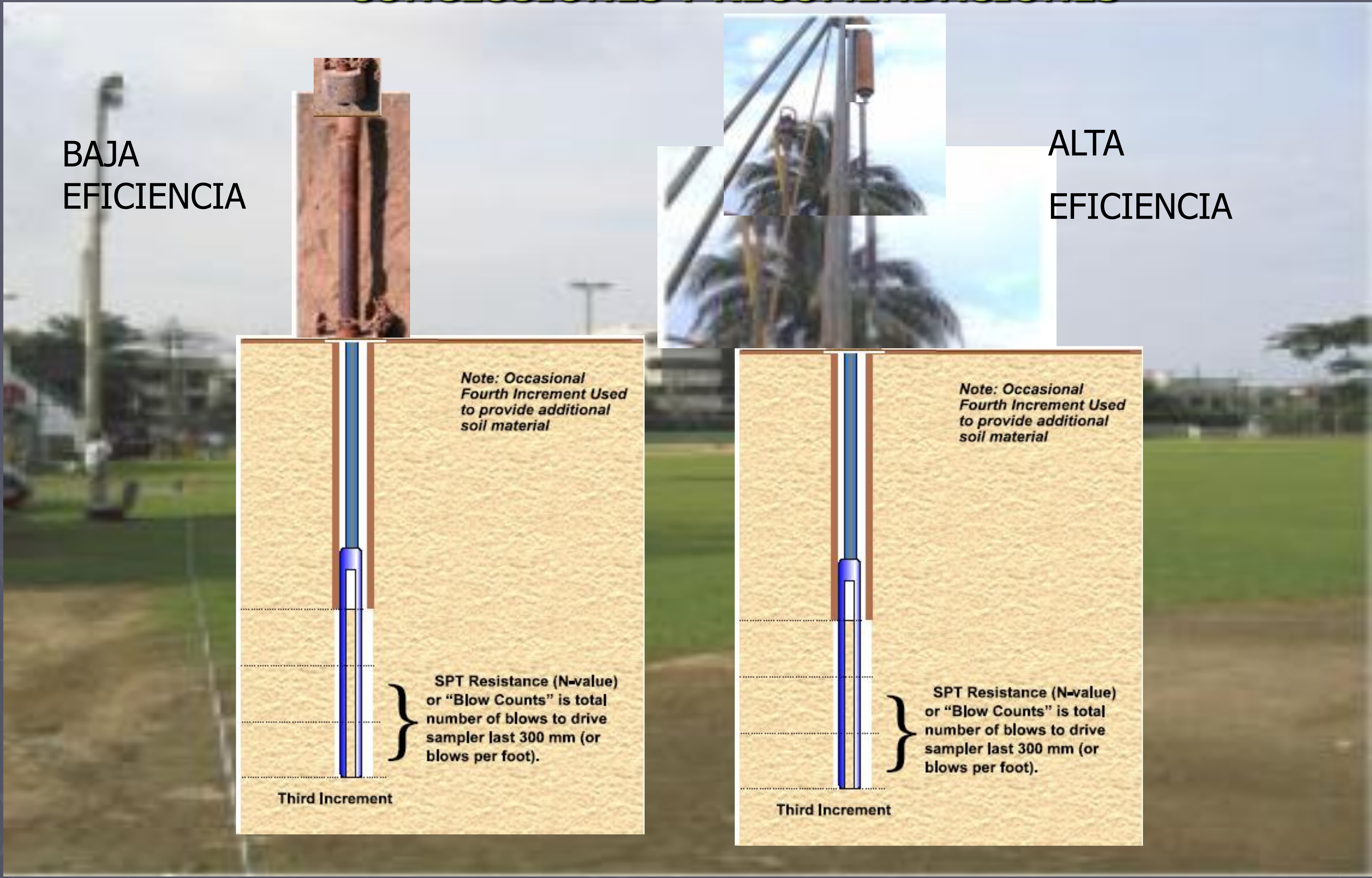
$$V_S = a\,(N_1)_{60}^{\,b} \; {}^{*}$$

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 N_{60} para las arcillas y limos y $(N_1)_{60}$ para los suelos granulares

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



BAJA
EFICIENCIA

ALTA

EFICIENCIA

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

GRACIAS

POR SU

ATENCION