

PROPIEDADES BÁSICAS DEL SUELO

1. Fases de un suelo.

- 1.1. Fase sólida, líquida y gaseosa.
- 1.2. Relaciones volumétricas.
- 1.3. Relaciones másicas.

2. Caracterización del suelo.

- 2.1. Granulometría.
- 2.2. Plasticidad.
- 2.3. Clasificación unificada de suelos.
- 2.4. Parámetros característicos del suelo.

3. La investigación *in situ*.

- 3.1. Objetivos.
- 3.2. Diseño.
- 3.3. Procedimiento.

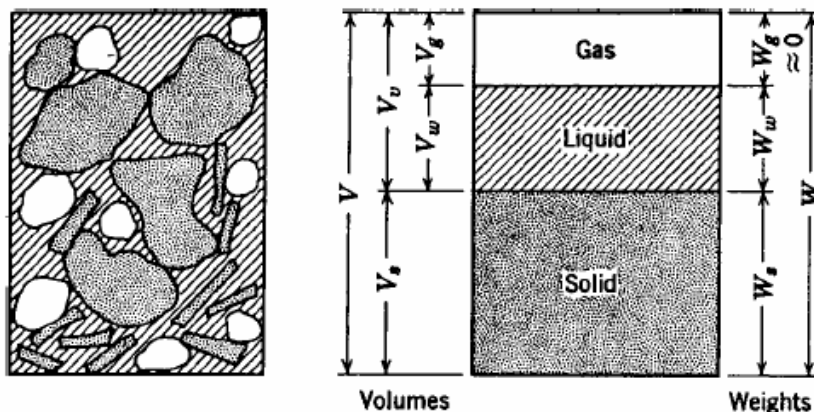
4. Aparatos de ensayo en el campo.

5. Aparatos de ensayo en el laboratorio.

6. Conclusión: el triángulo de la Mecánica de Suelos.

1. Fases de un suelo

1.1. Fase sólida, líquida y gaseosa



1.2. Relaciones volumétricas

	símbolo	unidades
Índice de huecos	e	-
Porosidad	n	-
Grado de saturación	S_r	%

1.3. Relaciones máscas

	símbolo	unidades
Humedad	w	%
densidad específica de las partículas sólidas	G_s	gr/cm ³ T/m ³
Peso específico de conjunto	γ	kN/m ³
Peso específico saturado	γ_{sat}	kN/m ³
Peso específico seco	γ_{dry}	kN/m ³

2. Caracterización del suelo

2.1. Granulometría

Análisis por tamizado y por sedimentación.

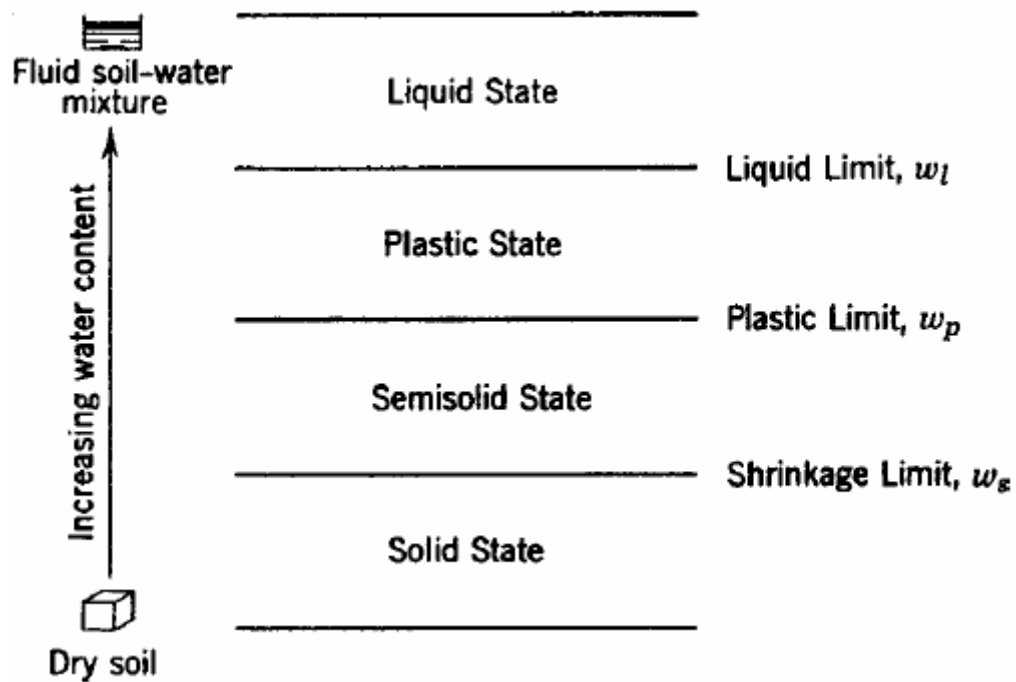
Rango de tamices utilizado comúnmente para el análisis del tamaño de las partículas

Normas británicas(BS) [†] (designación por tamaños de la abertura)	Normas ASTM [‡]	
	Designación	Tamaño de la abertura
75 mm	3 pulg	75 mm
63 mm	2 pulg	50 mm
50 mm	1½ pulg	37.5 mm
37.5 mm	1 pulg	25 mm
28 mm	¾ pulg	19 mm
20 mm	¾ pulg	9.5 mm
14 mm	No. 4	4.75 mm
10 mm	No. 8	2.36 mm
6.3 mm	No. 10	2 mm
5 mm	No. 16	1.18 mm
3.35 mm	No. 20	850 µm
2 mm	No. 30	600 µm
1.18 mm	No. 40	425 µm
600 µm	No. 50	300 µm
425 µm	No. 60	250 µm
300 µm	No. 100	150 µm
212 µm	No. 140	106 µm
150 µm	No. 200	75 µm
63 µm		

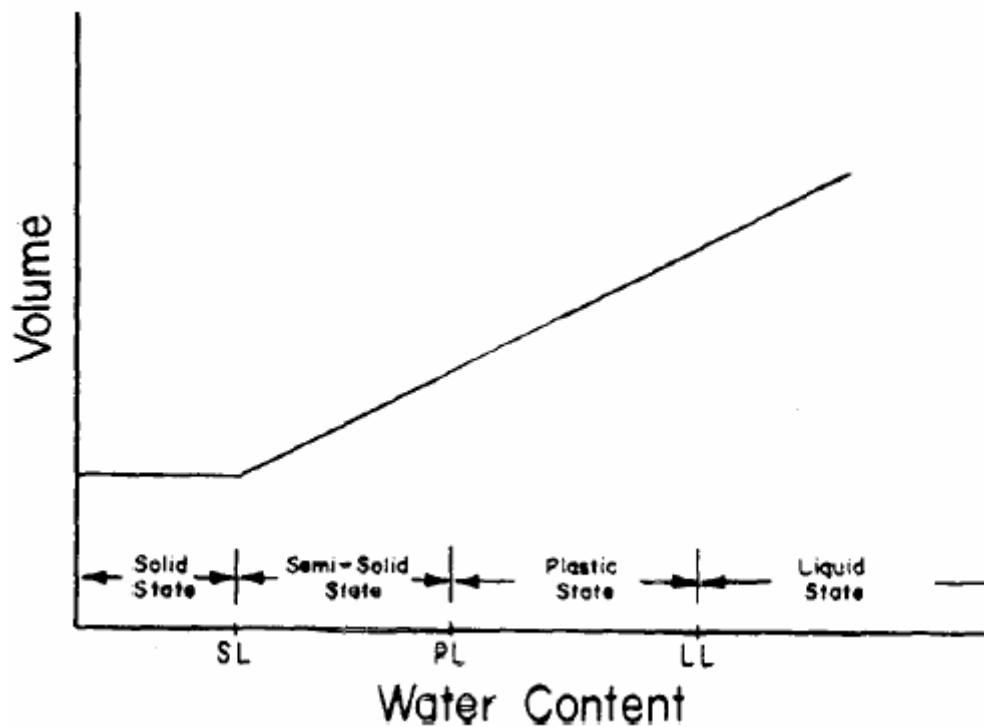
[†] BS 1377: 1975.

[‡] ASTM D-422-63.

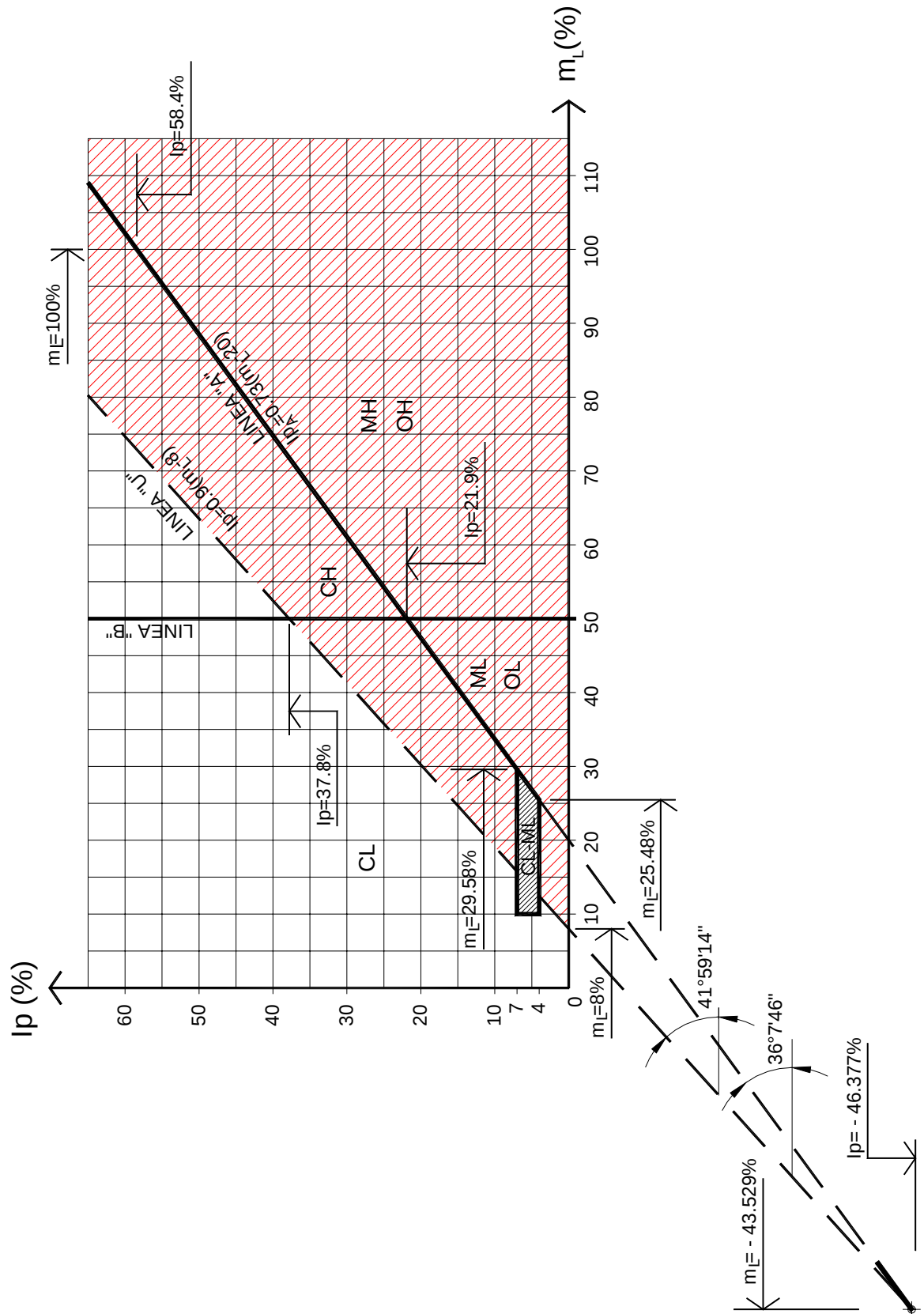
2.2. Plasticidad



Límites de Atterberg

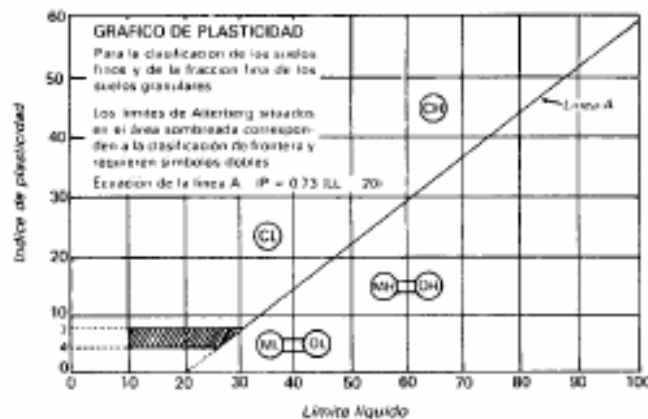


CARTA DE PLASTICIDAD



2.3. Clasificación unificada de suelos.

DIVISION PRINCIPAL	SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN
SUELOS DE GRANOS GRANESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos
		SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos
		SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla
		Clasificación basada en el porcentaje de finos: Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200: GW, GP, SW, SP Más del 5% y menos del 12% pasa por el tamiz No. 200: GM, GC, SM, SC Más del 12% y menos del 20% pasa por el tamiz No. 200: GP, GM, GC, SM, SC Más del 20% y menos del 40% pasa por el tamiz No. 200: GP, GM, GC, SM, SC Más del 40% y menos del 60% pasa por el tamiz No. 200: GP, GM, GC, SM, SC Más del 60% y menos del 80% pasa por el tamiz No. 200: GP, GM, GC, SM, SC Más del 80% y menos del 100% pasa por el tamiz No. 200: GP, GM, GC, SM, SC	
		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen	
		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles.	
		Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7. $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW	
		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles.	
		Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.	
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media
		PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos



2.4. Parámetros característicos del suelo

- Humedad natural
- Pesos específicos
- Granulometría
- Plasticidad
- Permeabilidad
- Resistencia con y sin drenaje
- Deformabilidad
- Expansividad y colapsabilidad
- Contenidos en sulfatos, carbonatos, materia orgánica, etc.

PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO (1)

TIPO DE SUELO	GRANULOMETRIA		LÍMITES DE ATTERBERG			PESO ESPECÍFICO		HDAD. NATURAL	PROCTOR NORMAL	DEFORMABILIDAD		RESISTENCIA AL CORTE			PERM.	
	<0,06	<2,0	(Fracción <0,04 mm)								(2)					
	mm	mm	w _L	w _P	I _P	γ	γ _{sum}	w	D. seca	w _{PN}	E _s = E _o	$\left(\frac{\sigma}{\sigma_{at}}\right)^n$	φ'	c'	φ' _r	K
	%	%	%	%	%	t/m ³	t/m ³	%	t/m ³	%	E _a $\frac{kp}{cm^2}$	α	(°)	t/m ²		m/s
Grava	<5	<60	—	—	—	1,60 1,90	0,95 1,05	5 2	1,70 1,90	8 5	400 900	0,60 0,40	34 42	— —	32 35	2.10 ⁻¹ 1.10 ⁻²
Grava arenosa con pocos finos	<5	<60	—	—	—	2,10 2,30	1,15 1,35	7 3	2,00 2,25	7 4	400 1100	0,70 0,50	35 45	— —	32 35	1.10 ⁻² 1.10 ⁻⁶
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8 15	<60	20 45	16 25	4 25	2,10 2,40	1,15 1,45	9 3	2,10 2,35	7 3	400 1200	0,70 0,50	35 43	1 0	32 35	1.10 ⁻⁵ 1.10 ⁻⁸
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos	20 40	<60	20 50	16 25	4 30	2,00 2,25	1,05 1,30	13 5	1,90 2,20	10 5	150 400	0,90 0,70	28 35	3 0,5	22 30	1.10 ⁻⁸ 1.10 ⁻¹¹
Arena uniforme	a) Fina	<5	100	—	—	1,60 1,90	0,95 1,10	22 8	1,60 1,75	15 10	150 300	0,75 0,60	32 40	— —	30 32	2.10 ⁻⁴ 1.10 ⁻⁵
	b) Gruesa	<5	100	—	—	1,60 1,90	0,95 1,10	16 6	1,60 1,75	13 8	250 700	0,70 0,55	34 42	— —	30 34	5.10 ⁻³ 2.10 ⁻⁴
Arena bien graduada y arena con grava	<5	60	—	—	—	1,80 2,10	1,00 1,20	11 5	1,90 2,15	10 6	200 600	0,70 0,55	33 41	— —	32 34	5.10 ⁻⁴ 2.10 ⁻⁵
Arena con finos que no alteran la estructura granular	8 15	>60	20 45	16 25	4 25	1,90 2,25	1,05 1,30	15 4	2,00 2,20	13 7	150 500	0,80 0,65	32 40	1 0	30 32	1.10 ⁻⁵ 1.10 ⁻⁷
Arena con finos que alteran la estructura granular	20 40	>60	20 50	16 30	4 30	1,80 2,15	0,90 1,10	20 8	1,70 2,00	18 12	50 250	0,90 0,75	25 32	5 1	22 30	1.10 ⁻⁷ 1.10 ⁻¹⁰
Limo poco plástico	>50	>80	25 35	20 28	4 11	1,75 2,10	0,95 1,10	28 15	1,60 1,80	22 15	40 110	0,80 0,60	28 35	2 0,5	25 30	1.10 ⁻⁵ 1.10 ⁻⁸
Limo de plasticidad media a alta	>80	>100	35 50	22 25	7 20	1,70 2,00	0,85 1,05	35 20	1,55 1,75	23 16	30 70	0,90 0,70	25 33	3 1	22 29	2.10 ⁻⁶ 1.10 ⁻⁹
Arcilla de baja plasticidad	>80	100	25 35	15 22	7 16	1,90 2,20	0,95 1,20	28 14	1,65 1,85	20 14	20 50	1,00 0,90	24 32	6 1,5	20 28	1.10 ⁻⁷ 2.10 ⁻⁹
Arcilla de plasticidad media	>90	100	40 50	18 25	16 28	1,80 2,10	0,85 1,10	38 18	1,55 1,75	23 17	10 30	1,00 0,95	20 30	8 2	10 20	5.10 ⁻⁸ 1.10 ⁻¹⁰
Arcilla de alta plasticidad	100	100	60 85	20 35	33 55	1,65 2,00	0,70 1,00	55 20	1,45 1,65	27 20	6 20	1,00 1,00	17 27	10 3	6 15	1.10 ⁻⁹ 1.10 ⁻¹¹
Limo o arcilla orgánicos	>80	100	45 70	30 45	10 30	1,55 1,90	0,55 0,90	60 30	1,45 1,70	27 18	5 20	1,00 0,85	20 26	7 2	15 22	1.10 ⁻⁹ 1.10 ⁻¹¹
Turba	—	—	—	—	—	1,04 1,30	0,04 0,30	800 100	—	—	3 8	1,00 1,00	25 30	1,5 0,5	—	1.10 ⁻⁵ 1.10 ⁻⁸
Fango	—	—	100 250	30 80	50 170	1,25 1,60	0,25 0,60	200 50	—	—	4 15	1,00 0,90	22 28	2 0,5	—	1.10 ⁻⁷ 1.10 ⁻⁹

(1) Según el Grandbau-Taschenbüch, 3.ª ed. 1.ª Parte, 1980.

(2) $\sigma_{at} = 0,1 \text{ kp/cm}^2$

3. La investigación in situ.

3.1. Objetivos

- Encuadrar la zona desde puntos de vista geológico, geomorfológico, hidrológico y sísmológico.
- Identificar secuencias y distribuciones de materiales presentes.
- Establecer las propiedades índice e ingenieriles que pueden afectar al proyecto.
- Localizar posibles fuentes de materiales de construcción.

3.2. Diseño

- Debe definir qué sabemos, qué desconocemos y qué necesitamos saber.
- No existen dos casos iguales.
- No existe un manual que explique cómo diseñarla.

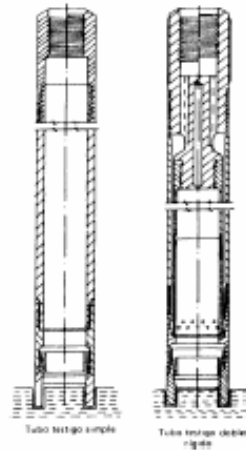
3.3. Procedimiento

Es un proceso interactivo entre el proyecto, la ejecución y la investigación in situ.

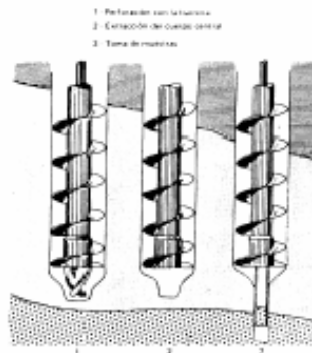
- Trabajo en oficina: mapas geológicos, informes geológicos, mapas de uso del suelo, fotos aéreas, datos de clima, hidrología, etc, sismología, investigaciones previas cercanas.
- Fase preliminar en superficie: visita al emplazamiento, encuadre geotécnico e hidrológico, disponibilidad de materiales, servicios afectados, etc.
- Inspección subterránea: sondeos y catas para describir el perfil geotécnico; toma de muestras; ensayos en el laboratorio y en el campo;
- Monitorización continua durante la ejecución y explotación.

4. Aparatos de ensayo en el campo.

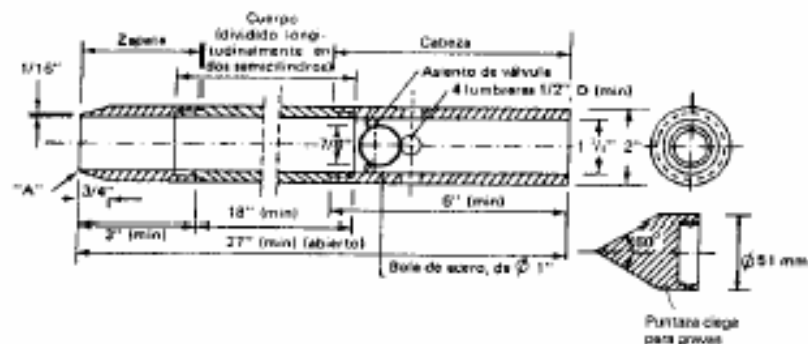
Tubos portatestigos.



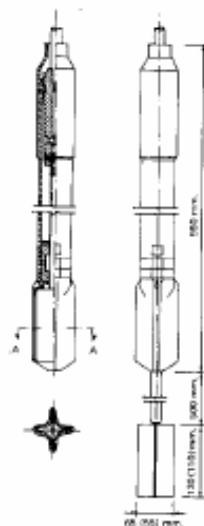
Barrena helicoidal para extracción de muestras.



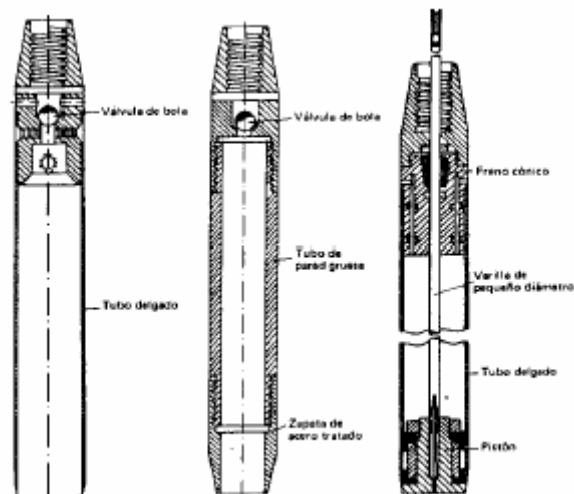
Ensayo de penetración estándar (SPT)



Sonda de molinete.



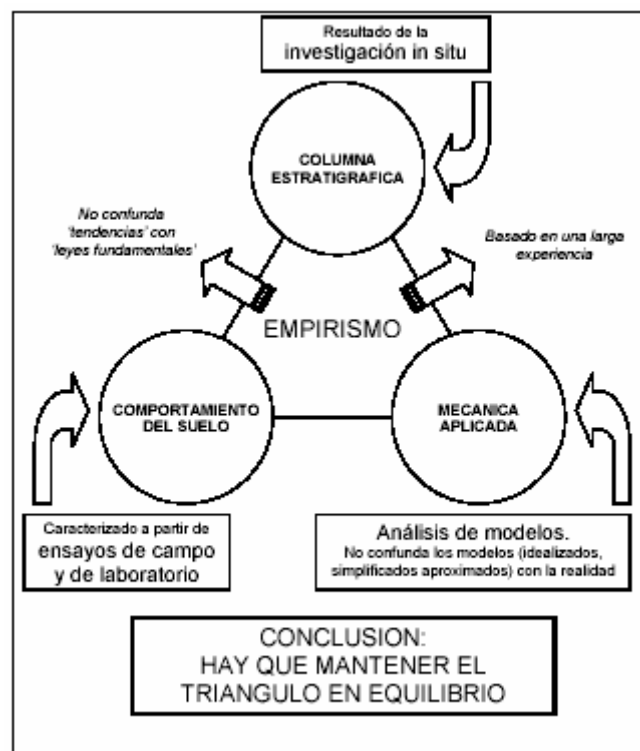
Tomamuestras.



5. Aparatos de ensayo en el laboratorio.

- Permeámetro.
 - De carga constante
 - De carga variable.
- Ensayo edométrico.
- Ensayo de corte directo.
- Ensayo triaxial.
 - Ensayo de rotura sin drenaje.
 - Ensayo de rotura con drenaje.

6. Conclusión: el triángulo de la Mecánica de Suelos.



Burland (1987)

The teaching of Soil Mechanics – a personal view.
 Proc 9th European Conf SMFE, Dublin, 3, 1427-1447.

Ensayos In Situ

TIPO DE ENSAYO	MEJOR APLICACIÓN	NO ES APLICABLE PARA	PROPIEDADES QUE PERMITE DETERMINAR
Ensayo de Penetración Estándar (SPT)	Arena	Grava gruesa	Evaluación cualitativa de la compacidad. Comparación cualitativa de la estratificación del subsuelo.
Ensayo de Penetración Dinámica (Cono Dinámico)	Arena y Grava	Arcilla	Evaluación cualitativa de la compacidad. Comparación cualitativa de la estratificación del subsuelo.
Ensayo de Penetración Estática (Cono Estático)	Arena, Limo y Arcilla	—	Evaluación continua de la densidad y resistencia de las arenas. Evaluación continua de la resistencia al corte no drenada en arcillas.
Ensayo de Molinete	Arcilla	Todos los demás suelos	Resistencia al corte no drenada.
Ensayo Presiométrico	Roca blanda, Arena, Grava y Till	Arcillas blandas sensibles	Capacidad de carga y compresibilidad
Ensayo con Placa de Carga y Ensayo con Barrena Helicoidal	Arena y Arcilla	—	Módulo de deformación. Módulo de reacción de la subrasante. Capacidad de carga.
Ensayo con Dilatómetro de Placa Plana	Arena y Arcilla	Grava	Correlación empírica para tipo de suelo, K_e , relación de sobreconsolidación, módulo y resistencia al corte no drenada.
Ensayo de Permeabilidad	Arena y Grava	—	Evaluación del coeficiente de permeabilidad