

1- COMPACTACION DE SUELOS:

■ 1-1 GENERALIDADES:

- Etapa de proyecto (materializar una obra).
- Nivelar el terreno natural.
- Definir: progresivas y cotas.
- Realizar un movimiento de suelos: terraplen y desmonte.
- Material excavado:
 - Resulta apto: se puede utilizar para relleno → economía.
 - No apto: se debe aportar desde otra zona → costo adicional transporte

Ing. Civil Daniel Videla

■ 1-2 EQUIPOS:



■ 1-2 EQUIPOS:



■ 1-2 EQUIPOS:

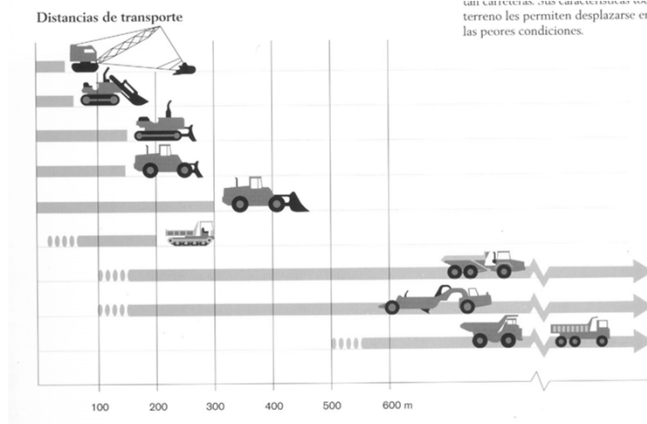


■ **1-2 EQUIPOS:**



■ **1-3 RENDIMIENTOS DE EQUIPOS:**

- Topadoras: desmote y acarreo, distancias cortas.
- Cargadoras frontales: distancias considerables, cargan en camiones.
- Motoniveladoras: mezclar material y perfilado final.

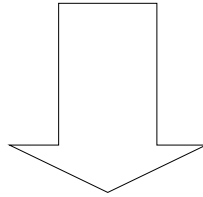


■ 1-4 MATERIAL COLOCADO:

- Apto para recibir cualquier tipo de carga.
- Deber ser estabilizado, incorporando al suelo



ENERGIA MECANICA



COMPACTACION



2- MATERIAL PARA TERRAPLEN:

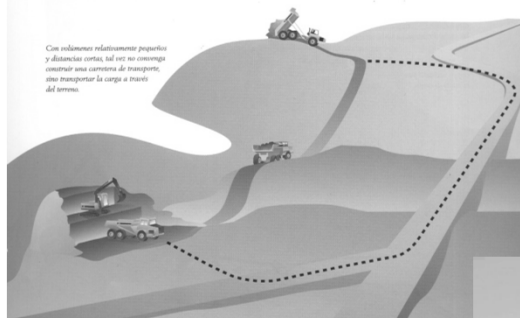
■ 2-1 GENERALIDADES:

- Materiales disponibles en la zona.
- Función a cumplir durante su vida útil.
- Suelos cohesivos: limos y arcillas.
- Suelos no cohesivos: gravas y arenas.
- Mezclados: aglutinantes para mejorar calidad (cal, cemento, asfalto, etc.).

■ 2-2 REQUISITOS:

- Resistencia al corte → f (fricción y cohesión).
Conocer (ϕ , c , γ).
- Estanqueidad → referido al pasaje del agua.
- Trabajabilidad → $>$ ó $<$ dificultad para compactar.
 f (humedad).
- Insolubilidad → presencia de sales o sustancias químicas.

- ECONOMIA → f (VOLUMENES QUE SE MANEJAN DE SUELO)



■ 2-3 SELECCIÓN DEL MATERIAL:

- Definidas las condiciones que debe cumplir el terraplén, se deben realizar ensayos para conocer sus cualidades:

1. Tamaño Máximo.
2. Granulometría
3. Sales.

Ensayos de clasificación:

Densidad

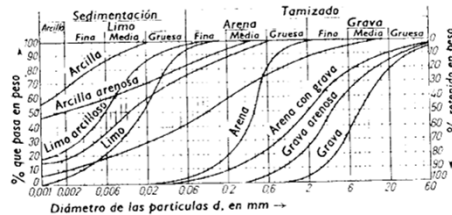
Límite Líquido (LL)

Límite Plástico (LP)

Permeabilidad

Compresión Triaxial

Compactación.

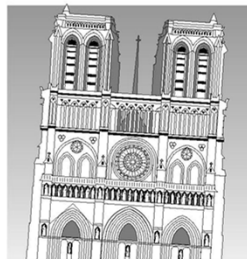


3- COMPACTACION:

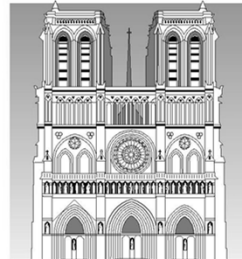
■ 3-1 DEFINICION:

Es el procedimiento de aplicar energía al suelo, para eliminar espacios vacíos.

Aumentando así, su densidad y en consecuencia su capacidad portante y estabilidad.



Sin compactar

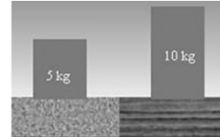


Bien compactado

3- COMPACTACION:

■ 3-2 OBJETIVOS:

- DESARROLLAR RESISTENCIA AL CORTE
(aumentar capacidad soporte)

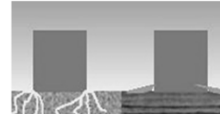


- DISMINUIR LA PERMEABILIDAD:

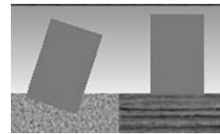
> contacto entre partículas

< Volumen de vacíos

< capacidad de absorción de agua.



- ESTABILIDAD VOLUMETRICA → Sin variación de volumen.



■ 3-3 CONTROLAR:

- Disminución de la Dss, por exceso de compactación, debido al: hinchamiento porque la ecomp. >>.

- Ascenso de la napa freática → aumentar capilaridad.

■ 3-4 ETAPAS:

- Laboratorio → Dsmax y Hóptima con una determinada Ec.

- En el terreno → Verificar con Hóptima y Equipo, si se ha obtenido la Dss requerida.

4- CONTROL GRADO COMPACTACION:

■ 4-1 ENSAYO PROCTOR:

- Reproduce lo que sucede en obra.
- Determinar $\rightarrow D_{ss} = f(\text{Humedad, manteniendo } E_c = \text{cte}).$

■ 4-2 ENERGIA ESPECIFICA:

- $E_c = (\text{N}^\circ \text{ golpes} \cdot \text{N}^\circ \text{ capas} \cdot \text{Peso pisón} \cdot \text{H caída}) / (\text{Vol.})$

■ 4-3 PERIODOS CARACTERISTICOS:

- **HIDRATACION:** Película absorbida a los granos: $\uparrow D_{ss}$ con H%.
- **LUBRICACION:** Película > espesor, \downarrow Fricción Interna, se se produce un acomodamiento de los granos y $\uparrow D_{ss}$.
- **HINCHAMIENTO:** Película separa los granos, $\uparrow V_v$
La E_c es absorbida por la presión neutra generada, $\downarrow E$ efectiva.
- **SATURACION:** Separación máxima y las presiones neutras, contrarrestan a la E_c .

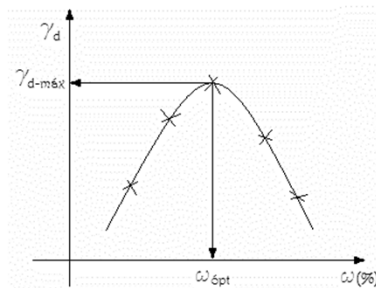


Figura 1: Curva de compactación Proctor.

■ 4-4 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

1. SE TOMA UNA MUESTRA DE MATERIAL SECO.
2. SE ADICIONA UNA CANTIDAD DE AGUA → Determina H%.
3. SE ALOJA EN RECIPIENTE NORMALIZADO.
4. SE COLOCA MATERIAL HASTA LA MITAD → 25 golpes (h=30 cm).
5. SE COLOCA SUELO HASTA EL BORDE → 25 golpes.
6. SE COLOCA SUPLEMENTO, HASTA LA MITAD → 25 golpes.
7. SE QUITA SUPLEMENTO Y SE ENRASA CON ESPATULA.
8. SE PESA TODO → (Pc + Psh).
9. SE SACA EL SUELO → H%, SE AGREGA 2 A 3% DE AGUA.
10. SE REPITE OPERACIÓN → Hasta determinar 2 puntos de descenso de la curva.

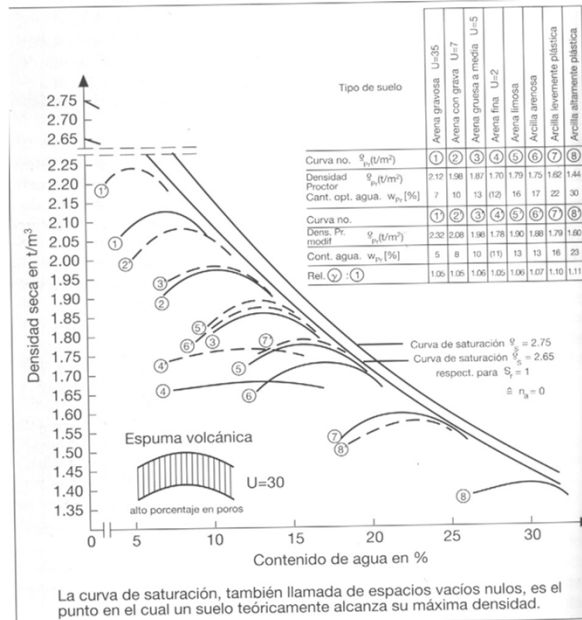
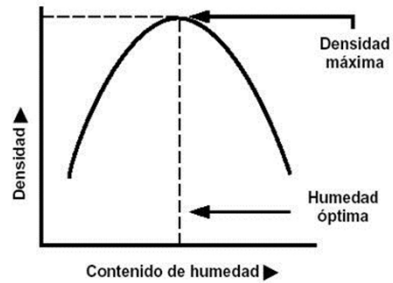


Fig. 17 Curva Proctor para diferentes tipos de suelos.

HAY 5 ENSAYOS = f (material) →

PROCTOR STANDART: T99

PROCTOR MODIFICADO: T180

OBSERVACIONES:

La D_{smax} , se presenta para % de vacíos de 5%.

Las curvas de compactación son casi todas de la misma forma:

Curva aplastada: predominio de un tamaño de partículas.

Curva con pico pronunciado: suelo bien graduado.

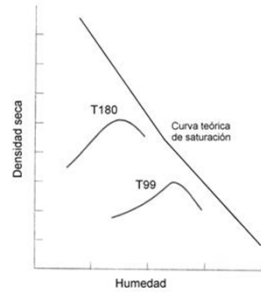


Figura 4.2. Curvas de humedad - densidad de Proctor

¿CUÁL ES LA DIFERENCIA ENTRE LOS ENSAYOS DE COMPACTACIÓN PROCTOR ESTÁNDAR T-99 Y MODIFICADO T-180?

La diferencia básica entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado es la energía de compactación usada. En el Normal se hace caer un peso de 2.5 kilogramos de una altura de 30 centímetros, compactando la tierra en 3 camadas con 25 golpes y, en el Modificado, un peso de 5 kilogramo de una altura de 45 centímetros, compactando la tierra en 5 camadas con 50 golpes.

ESPECIFICACIONES DE LOS MÉTODOS PROCTOR T99 y T180

Designación ASTM	Designación AASHTO	Energía	Diámetro y Volumen de l Molde	Peso del martillo y altura de caída	Numero de capas y golpes por capa	Limites de tamaño superior de partículas
D698 (A) (B) (C)	T99 (A) (B) (C)	12375	4 in. 0.033	5.5 lb. 12 in	3 25	No 4
		12375	4 in. 0.033	5.5 lb. 12 in	3 25	No 4
		12320	6 in. 0.035	5.5 lb. 12 in	3 56	3/4"
D1557 (A) (B) (C)	T180 (A) (B) (C)	56250	4 in. 0.033	10 lb. 18 in	5 25	No 4
		56250	4 in. 0.033	10 lb. 18 in	5 25	No 4
		56000	6 in. 0.035	10 lb. 18 in	5 56	3/4"

4-5 GRADO DE COMPACTACION:

Concepto: relación entre la densidad alcanzada en obra y la obtenida en el laboratorio.

$$G_c = (D_{real} / D_{max}) \times 100 \rightarrow \geq 95 \%$$

Métodos para su determinación:

Cono de arena: verter arena calibrada en una perforación del suelo.

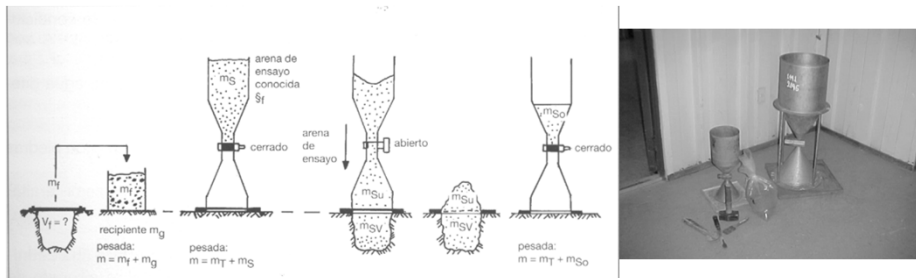


Fig. 23 Método de equivalente de arena

DENSIMETRO NUCLEAR:

Basado en la medición de la absorción de partículas radioactivas por parte del suelo y agua, a partir de una fuente emisora conocida.

Los suelos densos, absorben más radiación que los sueltos.

Cesio 137 : Radiación gamma → Ds.

Americio 241: Berilio (neutrones) → H%.



■ 4-6 COMPACTACION EN OBRA:

En función de las características del suelo.

Medios:

PRESION ESTATICA =

f (Peso).

PRESION DINAMICA =

f (Peso + Altura de caída).

VIBRACION =

f (Ondas de Presión).



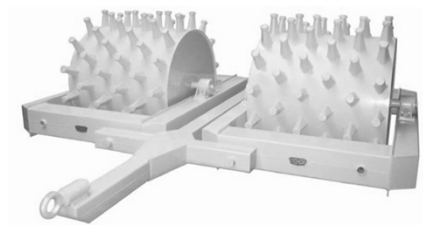
■ 4-7 EQUIPOS DE COMPACTACION:

RODILLOS PATA DE CABRA: ARRASTRE (lastre: agua o arena)
AUTOPROPULSADOS

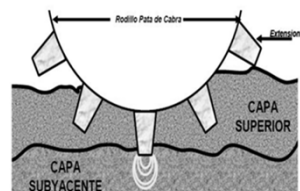
PARA SUELOS FINOS O MEZCLAS ESTABILIZADAS.



CARACTERISTICAS:



- Patas: tronco piramidal o tronco cónica. $L = 20 \text{ cm}$
- Compactación ascendente.
- Espesor capa suelta, $e = l_{\text{pata}} + 5 \text{ cm}$
- DNV → Capas horizontales, $e \leq 30 \text{ cm}$.
- N° de pasadas → 18 a 24.



**RODILLOS NEUMATICOS MULTIPLES → ARRASTRE
AUTOPROPULSADOS**

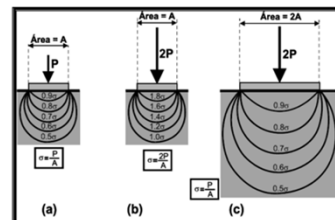
PARA ARENAS Y GRAVAS, CON O SIN FINOS.



CARACTERISTICAS:



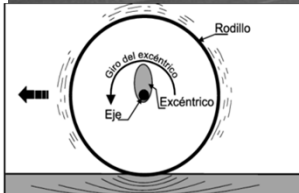
- Dos ejes:
 - Delantero → 3 a 6 ruedas.
 - Trasero → 1 más, compacta espacios.
- Para grandes movimientos de tierra.
- Compactación: concepto de bulbo de presión.
- Autopropulsados: presión variable de inflado.
- N° de pasadas → 8



EQUIPO VIBRANTE

DOS ACCIONES → Reducción fricción interna.
Efecto de bombardeo.

PARA SUELOS SIN COHESION → ARENAS.



CLASIFICACION:

MANUAL → ARRASTRE.
AUTOPROPULSADOS

ARRASTRE → LISOS.
NEUMATICOS
PATA DE CABRA



AUTOPROPULSADOS



SELECCIÓN DEL EQUIPO → f (Clase de Suelos y Hóptima)

TIPO DE SUELO → PLASTICO.
Hop $\leq 70\%$
Peso Equipo = 6 ~ 8 tn
Espesor Capa e = 30 ~ 70 cm
Nº Pasadas = 2 ~ 8

TIPO DE SUELO → ARENOSO.
Hop $\leq 50 \sim 70\%$
Peso Equipo = 2 ~ 4 tn
Espesor Capa e = 40 ~ 70 cm
Nº Pasadas = 4 ~ 10

