

COMPACTACION

INTRODUCCION

LA COMPACTACION ES UN PROCESO MECANICO QUE TIENE COMO FINALIDAD AUMENTAR EL PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL. ESTO SE LOGRA UNICAMENTE CUANDO SE REDUCE EL VOLUMEN DE VACIOS AL SUFRIR EL IMPACTO DE UNA ENERGIA.

PARA LOGRAR REDUCIR EL VOLUMEN DE VACIOS, ES NECESARIO AGREGAR AGUA AL MATERIAL. ESTE FLUIDO HACE LA FUNCION DE LUBRICANTE Y A MEDIDA QUE SE VA INCREMENTANDO, EL SUELO ADQUIERE UN MEJOR ACOMODAMIENTO DE PARTICULAS HASTA LLEGAR A UN MAXIMO, OBTENIENDOSE EN ESE INSTANTE EL MAYOR PESO VOLUMETRICO SECO, CORRESPONDIENTE A UNA HUMEDAD OPTIMA.

EN EL LABORATORIO SE PRETENDE REPRODUCIR, LOS TRABAJOS REALIZADOS EN EL CAMPO Y PARA TAL FIN SE HA JUSTIFICADO A LA PRUEBA PROCTOR COMO EL ENSAYE QUE GARANTIZA LOS EFECTOS DEL RODILLO PATA DE CABRA DEBIDO A QUE PROPORCIONA UNA COMPACTACION UNIFORME DE LA PARTE INFERIOR

HACIA LA SUPERFICIE DE LA PARTE COMPACTADA.

DEFINICION: GRADO DE COMPACTACION.

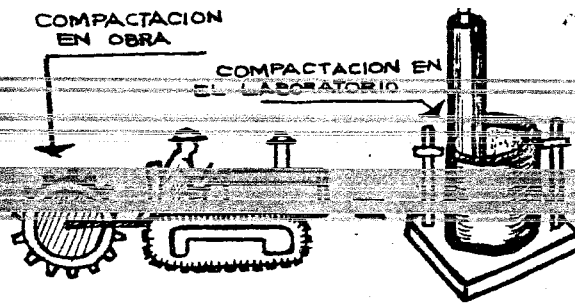
EL GRADO DE COMPACTACION QUE ALCANZA EL MATERIAL DURANTE LA CONSTRUCCION O DESPUES DE ELLA, ES LA RELACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO REGISTRADO EN EL CAMPO ENTRE EL PESO VOLUMETRICO MAXIMO OBTENIDO MEDIANTE UNA PRUEBA PROCTOR.

FORMULA:
$$G\% = \frac{\gamma_d(\text{CAMPO})}{\gamma_d(\text{PROCTOR})}$$

OBJETIVOS:

- a) OBTENER EL MAXIMO PESO VOLUMETRICO QUE PUEDE ALCANZAR EL MATERIAL EN ESTUDIO, ASI COMO SU CORRESPONDIENTE HUMEDAD OPTIMA.
- b) CALCULAR EL GRADO DE COMPACTACION EN LA ETAPA DE CONSTRUCCION O DESPUES DE QUE HAYAN SIDO CONSTRUIDOS (CAMINOS, PRESAS, ETC).
- c) UNA COMPACTACION REALIZADA ADECUADAMENTE, AUMENTA LA

RESISTENCIA, CON LO QUE LA DEFORMABILIDAD SE REDUCE ASIMISMO LA PERMEABILIDAD Y LA SUCCESION SE SIONARSE POR EL AGUA.



EQUIPO:

1.- MOLDE DE COMPACTACION CONSISTITUIDO POR UN CILINDRO METALICO DE 10.2cm (4") DE DIAMETRO INTERIOR Y 11.7cm (4.59") DE ALTURA.

EL CILINDRO DEBERA CONTAR CON UNA EXTENSION DE IGUAL DIAMETRO Y 5cm (2") DE ALTURA, ASI COMO DE UNA BASE. (EL VOLUMEN DEL CILINDRO SIN EXTENSION ES DE APROXIMADAMENTE 0.94 lts.)

2.- PISTON METALICO DE 5cm (2") DE DIAMETRO Y UN PESO DE 2.5 Kg (5.5 lbs).

3.- REGLA METALICA CON ARISTA CORTANTE DE 25cm DE LARGO.

4.- BALANZA DE 50Kg Y 1gr DE APROX.

5.- BALANZA ELECTRICA DE 800gr DE CAPACIDAD Y APROX. AL 0.01gr

6.- HORNO ELECTRICO (TEMP. 105°C)

7.- CAPSULAS DE ALUMINIO

8.- CHAROLA DE ALUMINIO

9.- ESPATULA.

10.- PROBETA GRADUADA 500cc

COMO SE INDICO ANTERIORMENTE EL GRADO DE COMPACTACION QUEDA DEFINIDO MEDIANTE LA RELACION $(\gamma_d \text{ campo}) \div (\gamma_d \text{ laboratorio})$

LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN EL CAMPO SE OBTIENE CONFORME A LO EXPUESTO EN EL ENSAYE N° 3 EMPLEANDO EL METODO DEL CONO DE ARENA O EL MEDIDOR DE VOLUMEN (AGUA). POR LO TANTO UNICAMENTE SE DESCRIBIRA EL METODO PROCTOR PARA DETERMINAR EL $\gamma_d \text{ maximo}$ EN EL LABORATORIO,

LA ENERGIA EMPLEADA EN LA PRUEBA DE COMPACTACION PROCTOR ESTANDARD ES DE $6.1 \frac{\text{Kg-cm}}{\text{cm}^2}$, ESTE VALOR FUE CALCULADO PERO PUEDE SER DETERMINADO POR MEDIO DE LA SIGUIENTE EXPRESION

$$E_c = \frac{N_n W h}{V}$$

E_c = ENERGIA DE COMPACTACION

N = NUMERO DE GOLPES

n = NUMERO DE CAPAS

W = PESO DEL MARTILLO

h = ALTURA DE CAIDA

V = VOLUMEN DEL SUELO COMPACTADO = VOLUMEN DEL CILINDRO SIN EXTENSION.

LA PRUEBA DE COMPACTACION

PROCTOR TIENE CIERTAS LIMITACIONES EN LO QUE RESPECTA

A :

1.- UNICAMENTE PUEDEN EMPLEARSE TODOS AQUELLOS MATERIALES QUE PASEN POR LA MALLA N° 4

2.- MATERIALES QUE NO DEBEN EMPLEARSE.

- a) ARENA DE RIO
- b) ARENA DE MINA
- c) ARENA PRODUCTO DE UNA TRITURACION
- d) TEZONTLES ARENOSOS
- e) SUELOS QUE CAREZCAN DE CEMENTACION (Es difícil hacer la prueba debido a que el agua al no contar con un material cohesivo, fluye hacia el fondo del molde.)

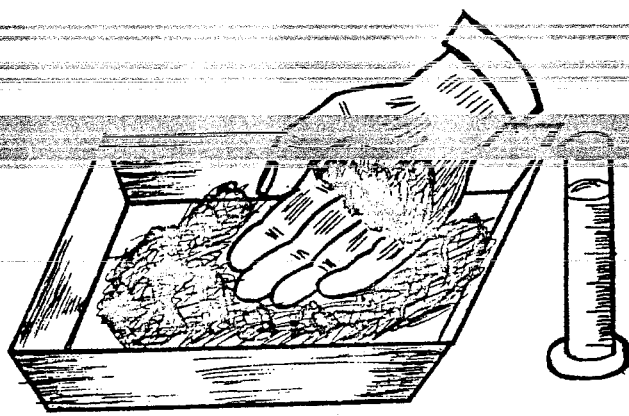
LOS MATERIALES (a, b, c, d y e) PUEDEN EMPLEARSE EN OTRO TIPO DE PRUEBA (PORTER)

PROCEDIMIENTO

1.- DETERMINE PREVIAMENTE PESO DEL CILINDRO, DIAMETRO, ALTURA SIN INCLUIR EXTENSION, VOLUMEN DEL CILINDRO, PESO DEL MARTILLO Y ALTURA DE CAIDA.

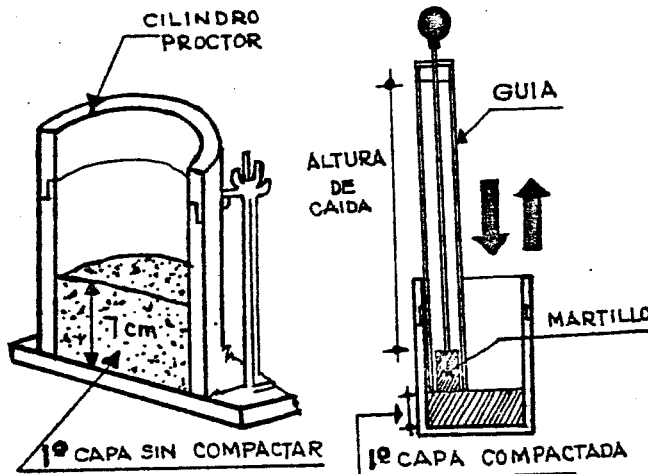
2.- EL MATERIAL QUE SE VA A EMPLEAR SE SECA Y DESPUES SE DESGRUMA PROCURANDO NO ROMPER LOS GRANOS.

3.- LA MUESTRA SE CRIBA ATRAVES DE LA MALLA N° 4, PESANDOSE APROXIMADAMENTE 3kg DE MATERIAL, EL CUAL SE DEPOSITA EN UNA CHAROLA.



4.- AGREGUE AL MATERIAL AGUA HASTA QUE ADQUIERA UNA CONSISTENCIA DE GRUMO.

5.- PROCEDA A HOMOGENIZAR LA HUMEDAD, AMASANDO LA MUESTRA CON LAS MANOS.

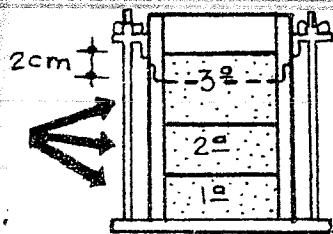


6.- CON LAS MANOS AGREGUE AL CILINDRO PROCTOR LA PRIMER CAPA DE MATERIAL (APROX. 7 cm).

7.- SE COMPACTA LA 1ª CAPA, APLICANDO 25 GOLPES CON EL MARTILLO PROCURANDO REPARTIRLOS EN TODA LA SUPERFICIE.

8.- DÉPOSITE LA 2ª CAPA AGREGANDO MATERIAL APROXIMADAMENTE 2 cm ABAJO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CILINDRO PROCTOR.

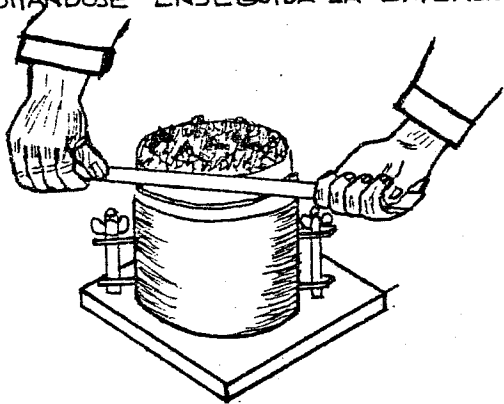
9) SE PROCEDE A COMPACTAR LA 2ª CAPA (25 GOLPES).



3 CAPAS
25
GOLPES
POR
CAPA

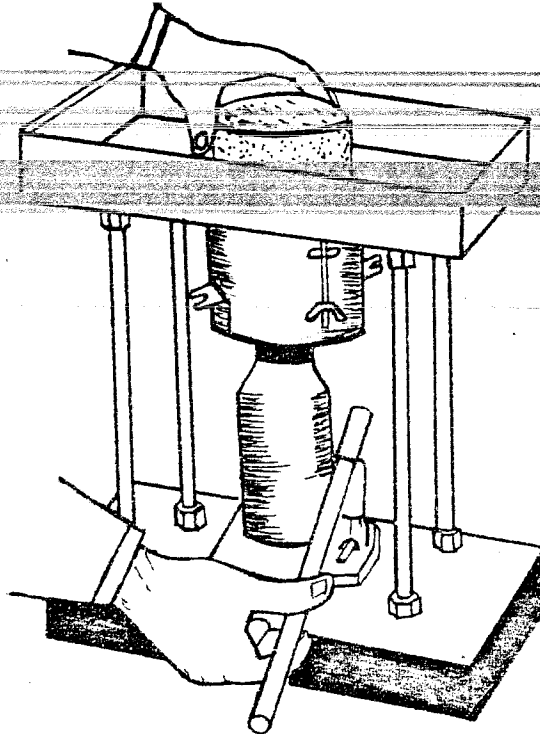
10) EN IDENTICA FORMA SE PROCEDE CON LA 3ª CAPA PROCURANDO QUE, UNA VEZ COMPACTADO EL MATERIAL, LA SUPERFICIE SE ENCUENTRE 1 ó 2 cm ARRIBA DE LA PARTE SUPERIOR DEL CILINDRO.

11) AL TERMINAR LA COMPACTACION DE LAS 3 CAPAS, CON UNA ESPATULA SE RECORRE EL PERIMETRO INTERIOR CON EL OBJETO DE DESPEGAR EN PARTE EL MATERIAL QUITÁNDOSE ENSEGUIDA LA EXTENSION

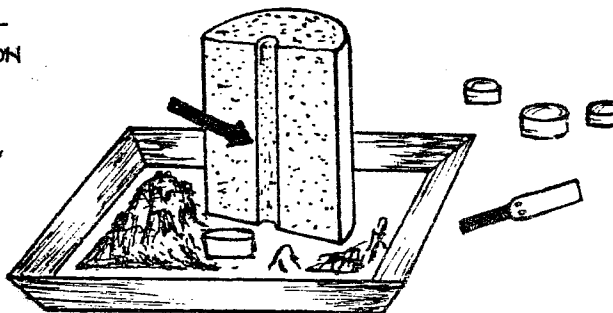


12) SE ENRASA LA MUESTRA AL NIVEL SUPERIOR DEL CILINDRO, PROCEDIENDO A EFECTUAR LA MISMA OPERACION GIRÁNDOLO 180°

13) LIMPIE EXTERIORMENTE EL CILINDRO, DETERMINANDO SU PESO CON LA MUESTRA COMPACTADA.



14) A CONTINUACION, SE QUITA LA PLACA BASE Y SE EXTRAE LA MUESTRA DEL CILINDRO



15) LA MUESTRA OBTENIDA SE CORTA TRANSVERSALMENTE Y CON UNA ESPATULA SE TOMA DE LA PARTE CENTRAL UNA PORCION REPRESENTATIVA EN TODA SU ALTURA LA CUAL SE YACIA EN UNA CAPSULA PREVIAMENTE TARADA.

DE ESTA MANERA SE OBTIENEN LOS DATOS PARA TRAZAR UN PUNTO EN LA GRAFICA DE COMPACTACION. (CONTE NIDO DE HUMEDAD - PESO VOLUMETRICO SECO.)

LA GRÁFICA DE COMPACTACION

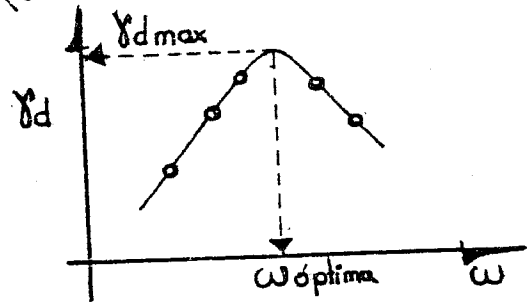
PONDIENTE (16) SE DETERMINA

EL γ_d Y 2 AL BAJAR ESTE VALOR). POR LO TANTO PARA OBTENER LOS 4 PUNTOS RES- TANTES, SE PROCEDE EN CADA UNO DE ELLOS A DESGRUMAR EL MATERIAL AGREGANDO 100 cc DE AGUA, REPITIENDOSE LA MISMA SECUELA (DEL PUNTO 5 AL 15).

EL IR AGREGANDO AGUA EN CADA ENSAYE, TIENE COMO FI- NALIDAD QUE EL MATERIAL SE COMPACTE CADA VEZ MAS, HAS TA LLEGAR A UN LIMITE CORRES- PONDIENTE A UNA HUMEDAD OP- TIMA, QUE ES LA QUE GARANTIZA UN PESO VOLUMETRICO SECO MA- XIMO. PODRA OBSERVARSE QUE AL IR INCREMENTANDO LA HU- MEDAD ESTE VALOR DISMINUYE DEBIDO A QUE SE PROVOCA UN AUMENTO DEL VOLUMEN DE LOS HUECOS, OCACIONANDO UNA SUSTITUCION SUCESIVA DE PAR- TICULAS DE SUELO POR AGUA.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+w}$$

FINALMENTE CON LOS VALORES OBTENIDOS (w, γ_d) SE DIBUJA LA CURVA DE COMPACTACION PROCTOR, LOCALIZANDOSE EN LA MISMA EL PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO CORRESPONDIENTE A UNA HUMEDAD OPTIMA ($\gamma_{dmax} - w_{optimo}$).



GENERALMENTE LA HUMEDAD OPTIMA ES MENOR A LA DEL LI- MITE PLASTICO.

PRUEBA PROCTOR MODIFICADA

(16) LAS MUESTRAS OBTENIDAS EN FORMA REPRESENTATIVA SE IN- TRODUCEN EN UN HORNO ELEC- TRICO DURANTE UN TIEMPO (18-24 hs), CALCULANDO A CONTINUACION SUS CORRESPO- NDIENTES CONTENIDOS DE HUMEDAD.

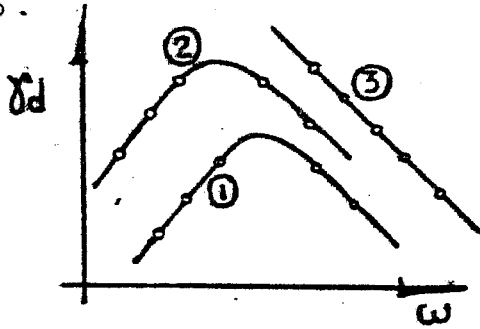
ESTE ENSAYE TIENE LA MISMA FI- NALIDAD, SIENDO PRACTICAMENTE IGUAL AL ANTERIOR; UNICAMENTE DIFIERE EN LA ENERGIA DE COMPAC- TACION EMPLEADA, QUE EN ESTE CASO ES MAYOR ($E_c = 27.2 \frac{kg \cdot cm}{cm^2}$)

(17) CON LOS DATOS DE LOS PASOS (1) Y (13) SE CALCULAN LOS PE- SOS VOLUMETRICOS HUMEDOS, (γ_h). CON ESTE VALOR Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD CORRES

ESTE VALOR SE OBTIENE AL IN- CREMENTAR LA ALTURA DE CAIDA Y EL PESO DEL PISTON, ASI COMO EL N° DE CAPAS.

- ALTURA DE CAIDA = 45.7 cm (18")
- PESO DEL PISTON = 4.5 Kg (10 lbs)
- N° DE CAPAS = 5
- N° DE GOLPES POR CAPA = 25

DE COMPACTACION EL PESO VOLUMETRICO SECO, RESULTA MAYOR A MENOR CONTENIDO DE HUMEDAD.



- ① PRUEBA PROCTOR ESTANDARD
- ② PRUEBA PROCTOR MODIFICADA
- ③ CURVA DE SATURACION TEORICA.

DEBE COMPROBARSE QUE LA CURVA DE COMPACTACION PROCTOR ESTE CORRECTAMENTE DETERMINADA, PARA ELLO, ES CONVENIENTE TRAZAR LA CURVA DE SATURACION TEORICA, LA CUAL NO DEBE CORTAR A LA PROCTOR DEBIDO A QUE UN MATERIAL NO ADQUIERE LA COMPACTACION OPTIMA A GRADOS DE SATURACION CERCANOS O IGUALES AL 100%.

CON γ_d, S_s, G_w : DETERMINE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD PARA EL 100% DE SATURACION.

OBSERVACIONES Y POSIBLES ERRORES QUE PUEDEN COMETERSE EN EL ENSAYE.

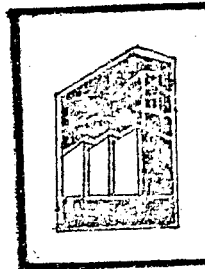
- ① QUE LA HUMEDAD EN EL MATERIAL NO SE ENCUENTRE TOTALMENTE HOMOGENEA.
- ② ALTURA DE CAIDA MENOR A LA ESPECIFICADA

A.I.M.C

QUE EL PISON NO CAIGA LA GUIA.

- ④ EXCESO DE PRESION AL AGREGAR EL MATERIAL CON LOS DEDOS EN EL CILINDRO (TRATANDO DE COMPACTARLO)
- ⑤ CONTENIDOS DE HUMEDAD NO REPRESENTATIVOS EN EL ENSAYE, (O SEA QUE SE HAYA TOMADO UNA PORCION DE SUELO DE CUALQUIER PARTE DE LA MUESTRA.
- ⑥ QUE NO SE ENRASE DEBIDAMENTE EL CILINDRO PROCTOR.
- ⑦ DISTRIBUCION NO UNIFORME DE LOS GOLPES.
- ⑧ SECADO EXCESIVO DE LA MUESTRA (OCASIONA DIFERENTE COMPORTAMIENTO DURANTE LA COMPACTACION.
- ⑨ REPETIR EL ENSAYE CON LA MISMA MUESTRA.
- ⑩ QUE LAS CAPAS COMPACTADAS NO SEAN DEL MISMO ESPESOR.
- ⑪ SI LA ULTIMA CAPA EXCEDE DE 2.5 cm, LA PRUEBA DEBE DE REPETIRSE.
- ⑫ UNA PERSONA DEBE LLEVAR A CABO EL ENSAYE EN LAS ETAPAS DE COMPACTACION, YA QUE ASI SERA MAS UNIFORME.
- ⑬ EXCESIVO N° DE PUNTOS EN EL ENSAYE (ESTO TIENE POR OBJETO SOBRE FATIGAR EL MATERIAL)
- ⑭ LA CURVA DE COMPACTACION DEBE TRAZARSE CON UN NUMERO DE ENSAYES NO MENOR DE 4 NI MAYOR A 5.

OBRA _____
 LOCALIZACION _____
 ENSAYE N° _____ SONDED. N° _____
 MUESTRA N° _____ PROF. _____
 DESCRIPCION _____



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

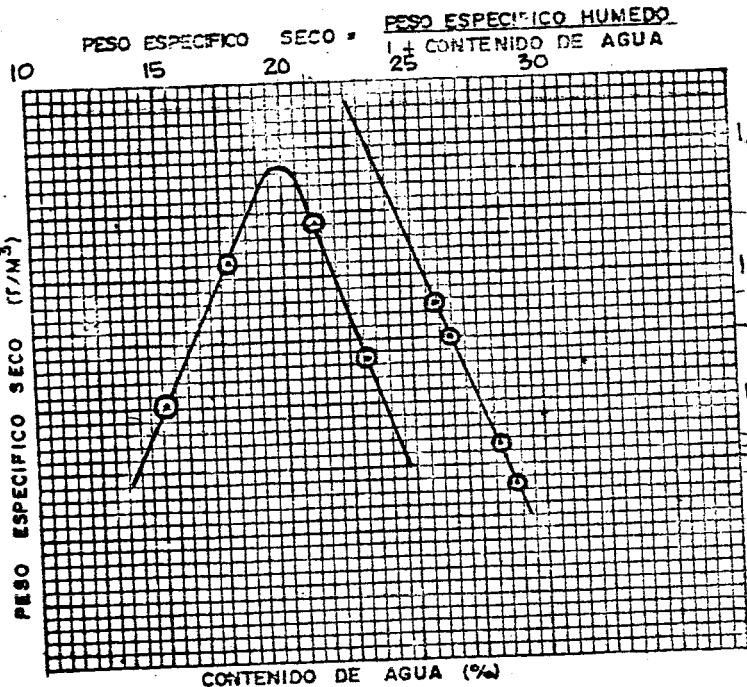
COMPACTACION

LABORATORIO DE
 MECANICA DE SUELOS

TIPO DE PRUEBA **PROCTOR ESTANDAR.**
 MOLDE N° 2 VOL 920 CM³ PESO 4200 GR.
 PESO MARTILLO _____ GR. ALTURA DE CAIDA _____ CM.
 N° DE CAPAS 3 N° DE GOLPES POR CAPA 25

EC. _____
 FECHA _____
 ALUMNO _____
 CALCULISTA _____

| PRUEBA N° | ① | ② | ③ | ④ |
|--|---------|---------|---------|---------|
| PESO DEL MOLDE + SUELO HUMEDO | 5.844 | 5.945 | 6.007 | 5.975 |
| PESO DEL MOLDE (GR) | 4.200 | 4.200 | 4.200 | 4.200 |
| PESO SUELO HUMEDO (GR) | 1.644 | 1.745 | 1.807 | 1.775 |
| PESO ESPECIFICO HUMEDO (T/M ³) | 1.786 | 1.896 | 1.964 | 1.929 |
| CAPSULA N° | 38 | VI | X | XI |
| PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (GR) | 167.30 | 210.11 | 221.53 | 257.44 |
| PESO CAPSULA + SUELO SECO (GR) | 157.57 | 194.60 | 201.54 | 226.13 |
| PESO DEL AGUA (GR) | 9.73 | 15.51 | 19.79 | 31.31 |
| PESO CAPSULA (GR) | 93.55 | 108.36 | 108.10 | 90.94 |
| PESO SUELO SECO (GR) | 64.02 | 86.24 | 93.44 | 135.19 |
| CONTENIDO DE AGUA (%) | 15.19 | 17.98 | 21.17 | 23.15 |
| PESO ESPECIFICO SECO (T/M ³) | 1551.08 | 1607.60 | 1620.65 | 1566.30 |
| RELACION DE VACIOS (e) | | | | |



$$w = \frac{W_a}{W_s} \text{ --- \%}$$

$$SS = \frac{W_s}{V_s} \text{ ---}$$

$$VS = \frac{W_s}{S_s} \text{ --- CM}^3$$

$$e = \frac{V_r}{V_s} - 1 \text{ ---}$$

$$Ec = \frac{WHN^2}{V_c} \text{ --- } \frac{KGCM}{CM^3}$$

$$W_o = \text{--- \%}$$

$$\gamma_{so} = \text{--- KG/CM}^3$$