

## APÉNDICE A

Los elementos que constituyen al concreto son: la arena, la grava, el cemento, el agua y en ocasiones algún aditivo; como son diferentes entre sí hay que hacerles pruebas individuales; Los resultados de los estudios hechos a la Arena de Arroyo se encuentran en el apartado A-1 de este Apéndice y los de la grava en A-2.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA Y DE LA GRAVA:

En suelos gruesos, cuya granulometría puede determinarse por mallas, la distribución por tamaños revela algunas de las propiedades físicas del material por ejemplo los suelos gruesos bien graduados tienen comportamiento ingenieril más favorable que los suelos de granulometría muy uniforme.

Como análisis mecánico se cuenta con el Método del Cribado por Mallas, que consiste en separar cada uno de los tamaños de una muestra de agregado a través de una operación que se llama tamizado o cernido.

**PROCEDIMIENTO:** Se obtiene una porción de material reduciendo la muestra a través de cuarteos, seguidamente se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes incluyendo tapa y charola, y se somete a un cribado vigoroso durante 5 min. en un dispositivo mecánico especial (ro-tap). Los retenidos en cada malla se pesan y el porcentaje que representan, respecto al peso total de la muestra, se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño; el complemento al 100% de esa cantidad da el porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión. En las mallas de aberturas muy pequeñas como la No. 100 (0.149mm) y la No. 200 (0.074mm) se requiere agua para ayudar al paso de la muestra (procedimiento de lavado).

La fracción gruesa es la porción de suelo que se retiene en la malla no.200. Es Arena si se retiene en la malla no.4 menos del 50% de la Fracción gruesa. Para el cribado de la arena se utilizaron las mallas: no. 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200. Es Grava si más del 50% de la fracción gruesa se retiene en la malla no. 4. El cribado en la grava se hizo con las malla: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y no. 4.

### MÓDULO DE FINURA DE LA ARENA

La aceptación de una buena o mala granulometría se dá a través del parámetro módulo de finura:

$$MF = \frac{1}{100} \sum \frac{\text{Porcentos acumulados}}{\text{de la malla } S} \text{ o lo más 100}$$

[A-1]

Para una buena granulometría en las arenas se recomienda que el módulo de finura oscile entre 2.4–3.0 donde 2.4 representa arena fina y 3.0 arena gruesa.

### DENSIDAD RELATIVA

Se llama densidad relativa a la relación entre el peso de un volumen dado de material saturado y superficialmente seco (SSS) y el peso del mismo volumen de agua destilada a 4 grados centígrados de temperatura.

### DENSIDAD DE LA ARENA

Una vez que el material está en condiciones SSS se toman 50 gr. se vacían al matraz de Le´chatelier, que debe estar previamente aforado, y se mide el volumen que se desplaza. La densidad se obtiene:

$$\text{DENSIDAD DE LA ARENA} = \frac{50 \text{ grs}}{\text{Volumen desplazado}}$$

[A-2]

### DENSIDAD DE LA GRAVA

Cuando la grava se encuentra en condiciones de SSS se toman 500gr y se vacían en una probeta o picnómetro y se calcula el volumen que se desplaza:

$$\text{DENSIDAD DE LA GRAVA} = \frac{500 \text{ grs}}{\text{Volumen desplazado}}$$

[A-3]

### ABSORCIÓN

Es la cantidad de agua retenida por un material, arena o grava después de estar inmersa en ella durante 24 horas, se expresa como porcentaje de peso seco.

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{\text{PSSS} - \text{Pseco}}{\text{Pseco}} \times 100$$

[A-4]

### ABSORCIÓN DE LA ARENA

Se pesa una cantidad superior a los 200 gr de arena en condiciones SSS, luego se seca este material y se deja enfriar hasta que pierda toda la humedad, se pesa y se calcula la absorción con la ecuación A-4.

### ABSORCIÓN DE LA GRAVA

El material previamente pesado en condiciones SSS para la absorción, se seca directamente en la estufa hasta que pierda totalmente su humedad, se enfría y se calcula la absorción (ec. A-4).

## **PESO VOLUMÉTRICO**

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en Kg/m<sup>3</sup>. Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodo que se le halla dado al material inmediatamente después de la prueba. La denominación que se da a cada uno de ellos es: Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Compactado, el uso de uno y otro depende de las condiciones de manejo a que estén sujetos los materiales.

**Peso volumétrico Suelto:** Se usa para la conversión de peso a volumen, es decir, para conocer el consumo de agregado por m<sup>3</sup> de concreto.

**Peso volumétrico Compactado:** Es para el conocimiento del volumen de materiales aplicados y que están sujetos a acomodamientos o asentamientos provocados por el tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo. El valor del peso volumétrico, para ambos casos, deberá obtenerse con agregados secos a la intemperie.

## **PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DE LA ARENA**

Se vierte la arena en una medida dejándola caer con un desplazamiento continuo desde una altura de 5 cm del borde de la medida hasta que el material forme un cono natural, cuyos taludes lleguen arriba de la punta entre la extensión y la medida misma. Terminado de llenar se quita la extensión y se recorre el rasero en los bordes hasta obtener la forma plana.

$$\text{PESO VOLUMÉTRICO SUELTO} = \frac{P_{\text{suelto}}}{\text{Volumen}}$$

[A-5]

### PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA ARENA

La única diferencia, con el anterior, es que la medida se llena en 3 capas varillando cada una de ellas con 25 golpes consecutivos (la varilla no debe penetrar más del espesor de la capa que se trabaja).

$$\text{PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO} = \frac{P_{\text{compactado}}}{\text{Volumen}}$$

[A-6]

### PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DE LA GRAVA

Se vierte la grava en la medida dejándola caer de manera uniforme hasta llenarla, luego se enrasa de manera que el material no sobresalga de los bordes de las medidas, se pesa y se calcula el peso volumétrico suelto con la fórmula A-5.

### PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DE LA GRAVA

La diferencia, con el anterior, es que la medida se llena en 3 capas golpeando con la varilla 25 veces cada una. Al igual que para la arena, no debe penetrar la varilla del espesor de la capa con que se trabaja, ni debe fracturarse la grava (utilizar la ec. A-6).

A - 1

Granulometría, Módulo de Finura, Densidad, Absorción y  
Peso Volumétrico Suelto y Compactado de la ARENA DE ARROYO.



# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISION DE INGENIERIA

HERMOSILLO, SONORA

TELEFONO 17-31-51 EXT 153, 149

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y MINAS

1992 AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

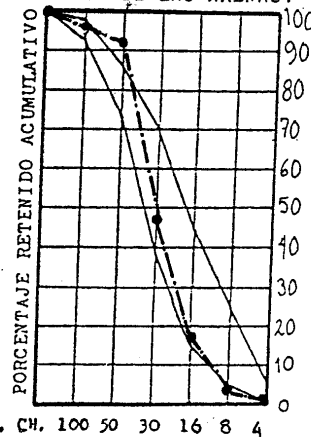
Características del material <u>Arena de Arroyo</u>	Ensaye No. <u>1</u>
Procedencia <u>Real del Alamo, Hermosillo</u>	Expediente No. <u>1</u>
Para usarse en <u>Elaboración de Mortero y Concreto</u>	Fecha de recibo <u>17 Feb 95</u>
Solicitado por <u>Resistas</u>	Fecha de informe <u>20 Feb 95</u>

Peso volumétrico suelto <u>1397.2</u> Kg/m <sup>3</sup>	Densidad <u>2.56 g/cm<sup>3</sup></u>
Peso volumétrico varillado <u>1513.5</u> Kg/m <sup>3</sup>	% de Absorción <u>2.46 %</u>
Tamaño máximo <u>4.76</u> mm. <u>3/16</u> Pulgs.	Módulo de finura <u>2.57</u>
% Materia Orgánica <u>No se detectó su presencia</u>	
% Grava <u>1%</u>	

## ANALISIS GRANULOMETRICO

MALLA	FESO (gr)	PORCIENTOS	% ENTEROS	% ACUM.
No. 4	2.70	0.54	1	1
No. 8	12.20	2.44	2	3
No. 16	71.10	14.22	14	17
No. 30	153.10	30.62	31	48
No. 50	218.80	43.76	44	92
No. 100	26.00	5.20	5	97
No. 200	10.50	2.10	2	99
CHAROLA	5.60	1.12	1	100
SUMAS	500.00	100 %		

## LIMITES EN LA GRANULOMETRIA DE LAS ARENAS



- OBSERVACIONES:
- Según su módulo de finura, se puede clasificar a la arena como medio fina y apta para la elaboración de Concretos y Morteros.
  - El contenido de materiales muy finos está dentro de los límites aceptados por las especificaciones (3% máximo).
  - Respecto a la distribución de los tamaños se puede considerar una buena granulometría.
  - El contenido de grava en la arena se encuentra dentro de los límites especificados y aceptados como sobretamaño.

Módulo de Finura:

$$MF = \frac{1}{100} (3+17+48+92+97) = 257$$

Densidad:

Peso de la arena = 500 gr

Volumen inicial del agua en el matrás = 200 cm<sup>3</sup>

Volumen final del agua más la arena en el matrás = 395 cm<sup>3</sup>

Volumen de la arena = 195 cm<sup>3</sup>

$$DENSIDAD = \frac{500 \text{ gr}}{195 \text{ cm}^3} = 2.56 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Absorción:

Peso SSS = 200 gr

Peso seco = 195.19 gr

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{200 - 195.19}{195.19} (100) = 2.46 \%$$

Peso Volumétrico Suelto y Compactado

Volumen de material = 10.074 lts

Peso del material suelto = 14,075 gr

Peso del material varillado = 15, 247 gr

$$PVS = \frac{14.075}{10.074} = 1397.16 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$PV = \frac{15.247}{10.074} = 1513.50 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

A - 2

Granulometría, Tamaño Máximo del Agregado, Densidad, Absorción y  
Peso Volumétrico Suelto y Compactado de la Grava (Sello 1/4").



EL SABER DE LOS ALFOS  
HACE A LA GRACIA

# UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y MINAS

HERMOSILLO, SONORA

TELEFONO 17-31-81 EXT 158 FAX 13 35 64 Apto. 61-A

## LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES Y GEOTECNIA

1992: AÑO DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Características del material	<u>Sello de 1/4"</u>	Ensaye No.	<u>2</u>
Procedencia	<u>Aravetas Vado del Río</u>	Expediente No.	<u>2</u>
Para usarse en	<u>elaboración de Concreto</u>	Fecha de recibo	<u>27 Feb 95</u>
Solicitada por	<u>Tesistas</u>	Fecha de informe	<u>30 Feb 95</u>

Peso volumétrico suelto	<u>1430</u>	Kg/m <sup>3</sup>	Densidad	<u>2.59</u>	g/cm <sup>3</sup>
Peso volumétrico varillado	<u>1488.78</u>	Kg/m <sup>3</sup>	Absorción	<u>1.0</u>	%
Tamaño máximo	<u>9.52</u>	mm.	<u>3/8</u>	Pulgadas.	
Porcentaje de arena	<u>8.38</u>	%			

### ANALISIS GRANULOMETRICO

MALLA	PESO (Kg)	PORCIENTOS	% ENTEROS	% ACUM.
3"	0	0	0	0
2"	0	}	}	}
1 1/2"	0			
1"	0			
3/4"	0			
1/2"	0			
3/8"	.067	.66	1	1
No. 4	9.224	90.96	91	92
Charola	0.850	8.38	8	100
Sumas	10.147	100.00%		

OBSERVACIONES Se puede apreciar que el contenido de arena en la grava es considerable (8.3%) por lo que se recomienda bajar este contenido a los límites aceptables (3%) de subtamano.



Tamaño Máximo del Agregado:

$$\text{TAMÑO MÁXIMO DEL AGREGADO CUESO} = 3/8" = 9.52 \text{ mm}$$

Densidad:

Peso de la grava=500 gr

Volumen inicial del agua en el matrás = 200 cm<sup>3</sup>

Volumen final del agua más la grava en el matrás = 393 cm<sup>3</sup>

Volumen de la grava: 193 cm<sup>3</sup>

$$\text{DENSIDAD} = \frac{500 \text{ gr}}{193 \text{ cm}^3} = 2.59 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

Absorción:

Peso SSS = 500 gr

Peso seco = 495 gr

$$\% \text{ ABSORCIÓN} = \frac{500 - 495}{495} (100) = 1.0 \%$$

Peso Volumétrico Suelto y Compactado

Volumen de material = 10.074 lts

Peso del material suelto = 14,400 gr

Peso del material varillado = 14,998 gr

$$\text{PVS} = \frac{14\ 400}{10.074} = 1429.42 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{PV} = \frac{14\ 998}{10.074} = 1488.78 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

## **APÉNDICE B**

Para identificar el suelo usado en la elaboración de las muestras #15, #16, #17 y #18, y el suelo utilizado en las muestras # 19, #20, #21 y #22 se realizaron una serie de estudios ya especificados. En este Apéndice se presenta el resumen de estos estudios y los resultados obtenidos. Los estudios de la tierra Lama se localizan en el apartado B-1 y los de la tierra de ladrillera en el apartado B-2.

Un sistema de clasificación debe estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser éstas lo fundamental para aplicaciones ingenieriles. Un sistema útil de clasificación debe servir para normar el criterio técnico respecto al suelo que se trate.

### **SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

El sistema de clasificación utilizado en este trabajo es el llamado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiéndose ambos por el cribado a través de la malla 200; se considera un suelo grueso si más del 50% de sus partículas son mayores que dicha malla y fino si más de la mitad de sus partículas, en peso, son menores a la malla 200.

### **CARTA DE PLASTICIDAD**

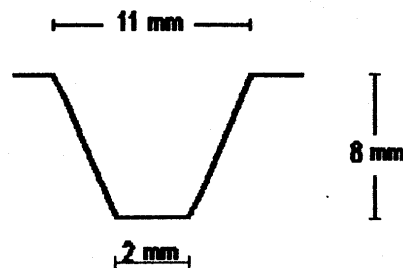
Se utiliza la carta de plasticidad para situar en ella un suelo desconocido por medio del cálculo de los dos parámetros que definen su plasticidad (Limite líquido y el Índice de Plasticidad). La colocación del suelo en uno de los grupos definidos indicará que participa del conjunto de propiedades mecánicas e hidráulicas características de ese grupo; así se cuenta con un modo simple, rápido y económico de adquirir valiosa información básica sobre el suelo en cuestión.

## PLASTICIDAD

Propiedad que tienen algunos suelos de sufrir deformaciones rápidas sin cambio volumétrico aparente. La plasticidad depende del contenido de agua en las arcillas, para ser expresada se utilizan dos parámetros.

### LÍMITE LÍQUIDO (LL)

Es el contenido de agua con el que una ranura practicada en el suelo, colocado en una copa de Casagrande, se cierra  $1/2''$  con 25 golpes. La ranura tiene las siguientes especificaciones:



La velocidad de los golpes es de dos golpes por segundo y la altura de caída es de un centímetro.

### LÍMITE PLÁSTICO (LP)

Es el contenido de agua que tiene el suelo cuando al formar rollitos de  $1/8''$  éstos se agrietan o desmoronan exactamente a ese diámetro.

Para el compactado de los especímenes de suelo, se realizó la prueba Proctor.

## COMPACTACIÓN

Es el aumento rápido de el peso volumétrico seco, mediante la aplicación de cargas transitorias de corta duración.

## PRUEBA PRÓCTOR ESTÁNDAR

Existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en el laboratorio las condiciones dadas de compactación de campo. La prueba proctor estándar o AASHO (American Association of State Highway Officials) estándar.

La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas (que se compactan dando 25 golpes) dentro de un molde de dimensiones y formas especificadas, por medio de golpes de un pisón también especificado, que se deja caer libremente desde una altura prefija.

La energía de compactación se calcula con:

$$E_e = \frac{N \cdot n \cdot W \cdot h}{V}$$

[ B-1 ]

donde:

$E_e$  es la energía específica

$N$  es el número de golpes por capas

$n$  es el número de capas de suelo

$W$  es el peso del pisón

$h$  es la altura de caída libre del pisón

$V$  es el volumen del suelo compactado

El contenido de agua del suelo, es fundamental en la compactación lograda. Próctor puso de manifiesto que para un suelo dado, en el procedimiento descrito, existe una humedad llamada humedad "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

## B - 1

**Granulometría, Límite líquido, Límite plástico, Compactación  
Próctor y Clasificación en la Carta de Plasticidad  
de la Tierra Loma**



# UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MATERIALES Y RESISTENCIA

## Determinación de Peso Volumétrico del Material Seco y Suelto y Composición Granulométrica

Tierra Lama Ensayo No. 3

Peso bruto 609 grs.      Volúmen — lb.  
 Tara 109 grs      Peso Volumétrico — Kg/m<sup>3</sup>  
 Peso neto 500 grs      Desperdicio (% Ret "n 2") 0%

Composición Granulométrica del Material Retenido en Malla No. 4				
Malla	Peso Retenido Parcial grs	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa la Malla
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
No. 4				
Peso No. 4				
Suma				

Determinación de la Composición Granulométrica del Material Tamizado por la Malla No. 4 (Por Lavado)

Operador: Tesistas      Fecha: 30 Mayo 95

Malla No.	Peso Retenido Parcial grs.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa la Malla
10	<u>0.647</u>	<u>0.355 ≈ 0</u>	<u>0</u>	<u>100</u>
20	<u>2.576</u>	<u>1.379 ≈ 1</u>	<u>1</u>	<u>99</u>
40	<u>73.073</u>	<u>7.165 ≈ 7</u>	<u>8</u>	<u>92</u>
60	<u>45.760</u>	<u>24.750 ≈ 25</u>	<u>33</u>	<u>67</u>
100	<u>35.700</u>	<u>19.565 ≈ 20</u>	<u>53</u>	<u>47</u>
200	<u>76.930</u>	<u>42.161 ≈ 42</u>	<u>95</u>	<u>5</u>
Peso No. 200	<u>8.440</u>	<u>4.626 ≈ 5</u>	<u>100</u>	<u>0</u>
Suma	<u>182.466</u>	<u>100.00</u>		

Absorción, Densidad y Desgaste				
Peso Húmedo (Pw)	(1) grs.	—	Volumen (c c desalojados)	(4)
Peso Seco (Ps)	(2), grs	—	Peso Seco (Ps) grs.	(2)
Agua absorbida =	(1) · (2) = (3)	—	Densidad Relativa Aparente	$\frac{(2)}{(4)}$
Absorción =	$\frac{(3)}{(2)} \times 100$	—	Desgaste %	—



EL SABER DE MIS HUOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPTO. INGENIERIA CIVIL Y MINAS

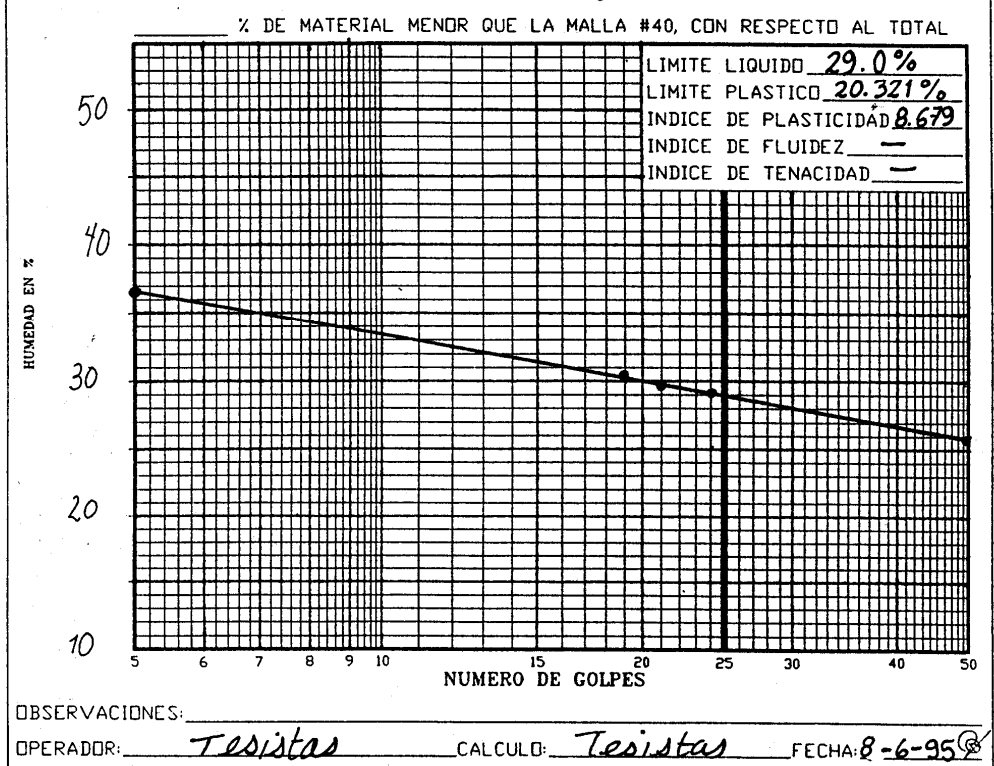
LABORATORIO EXPERIMENTAL  
DE INGENIERIA

TELEFONO  
59-21-83

LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA: Elaboración de muestras para Tesis  
 LOCALIZACION: Banco de Tierra Lama (Araveras Vado del Rio)  
 MUESTRA: Tierra Lama FECHA: 5 Junio 95  
 POZO: - PROFUNDIDAD: 1 m

# DE TARA	LIMITE LIQUIDO								LIMITE PLASTICO							
	PESO TARA + MUEST. HUMEDA	PESO TARA + MUEST. SECA	PESO TARA	PESO DE AGUA	PESO MUESTRA SECA	CONTENIDO DE AGUA EN %	NUMERO DE GOLPES	# DE TARA	PESO TARA + MUEST. HUMEDA	PESO TARA + MUEST. SECA	PESO TARA	PESO DE AGUA	PESO MUESTRA SECA	CONTENIDO DE AGUA EN %		
11	51.800	53.380	47.910	1.420	5.470	25.960	50	1	20.200	18.757	11.698	1.443	7.059	20.442		
12	62.920	59.630	48.440	3.290	11.190	29.407	24	2	17.773	16.882	12.499	0.886	4.388	20.171		
22	80.250	75.530	59.730	4.720	15.800	29.873	21	3	16.425	15.746	11.994	0.679	3.752	18.097		
23	79.840	75.040	59.400	4.800	15.640	30.690	19	4	15.584	14.966	11.544	0.678	3.422	18.060		
24	84.470	78.520	62.600	5.890	15.920	36.997	5	5	18.767	17.530	11.180	1.230	6.050	20.330		





EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPTO. DE INGENIERIA CIVIL Y MINAS

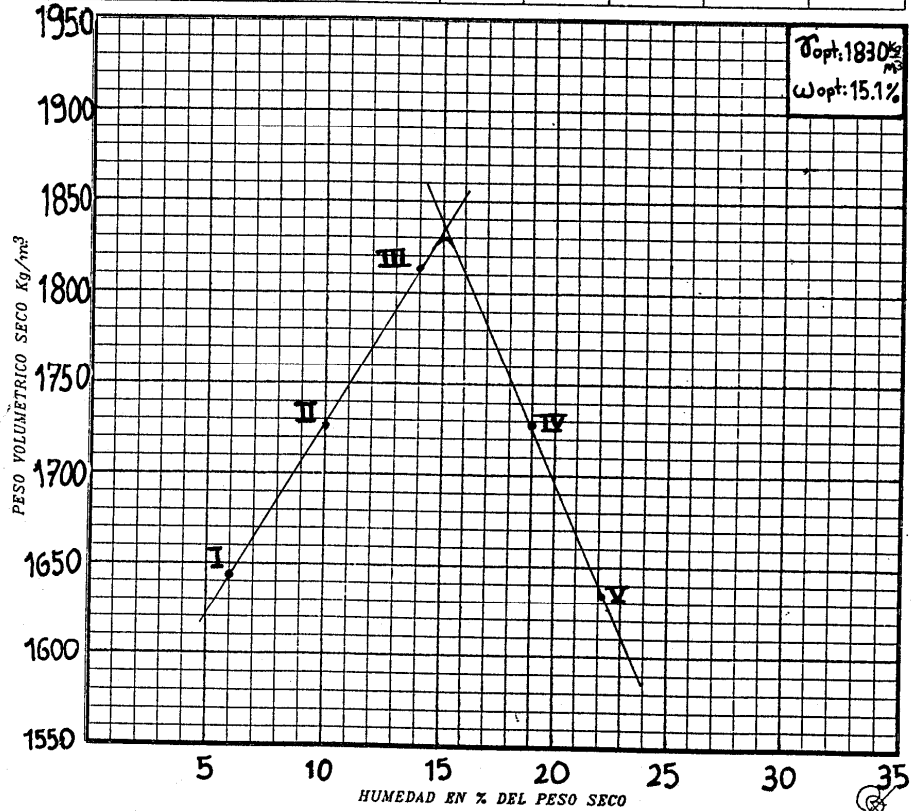
LABORATORIO EXPERIMENTAL  
DE INGENIERIA

TELEFONO  
59-21-83

COMPACTACION PROCTOR

PROCEDENCIA: Banco Tierra Lama (Vado del Rio) IDENTIF. DE LAB: \_\_\_\_\_  
 OBRA: Elaboración de muestras para tesis FECHA: 12 Jun 95  
 MUESTRA: Tierra Lama POZO: \_\_\_\_\_ PROFUNDIDAD: 1m.  
 CILINDRO No.: 1 VOLUMEN  $V = 939.17 \text{ cm}^3$  PESO  $T = 4.192 \text{ Kgs.}$

PESO CILIN. + TIERRA $W = T + W_h$	T. HUMEDA COMPACTADA $W_h = W - T$	MUESTRA PARA OBTENCION DEL CONTENIDO DE AGUA						$w = 100 \frac{W_w}{W_s}$ CONTENIDO DE AGUA EN %	$\gamma_s = \frac{W_s}{V}$ TIERRA SECA COMPACTADA PESO VOL. SECO $\text{kg/m}^3$	
		TARA	PESO TARA	TARA + MUEST. HUMEDA	TARA + MUEST. SECA	$W_w$ PESO AGUA	$W_s$ PESO SECO			
5.828	1.636	18	20.65	123.050	117.170	5.880	96.516	6.092	1.542	1641.875
5.975	1.783	28	20.62	117.950	100.930	9.020	88.307	10.214	1.618	1722.800
6.139	1.947	38	20.83	111.100	100.210	11.190	79.384	14.096	1.706	1816.498
6.125	1.933	48	20.72	112.510	97.840	14.700	77.121	19.061	1.624	1729.186
6.067	1.875	58	20.56	119.710	101.730	17.980	81.170	22.151	1.535	1634.472



UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE INGENIERIA  
HERMOSILLO, SONORA, MEX.

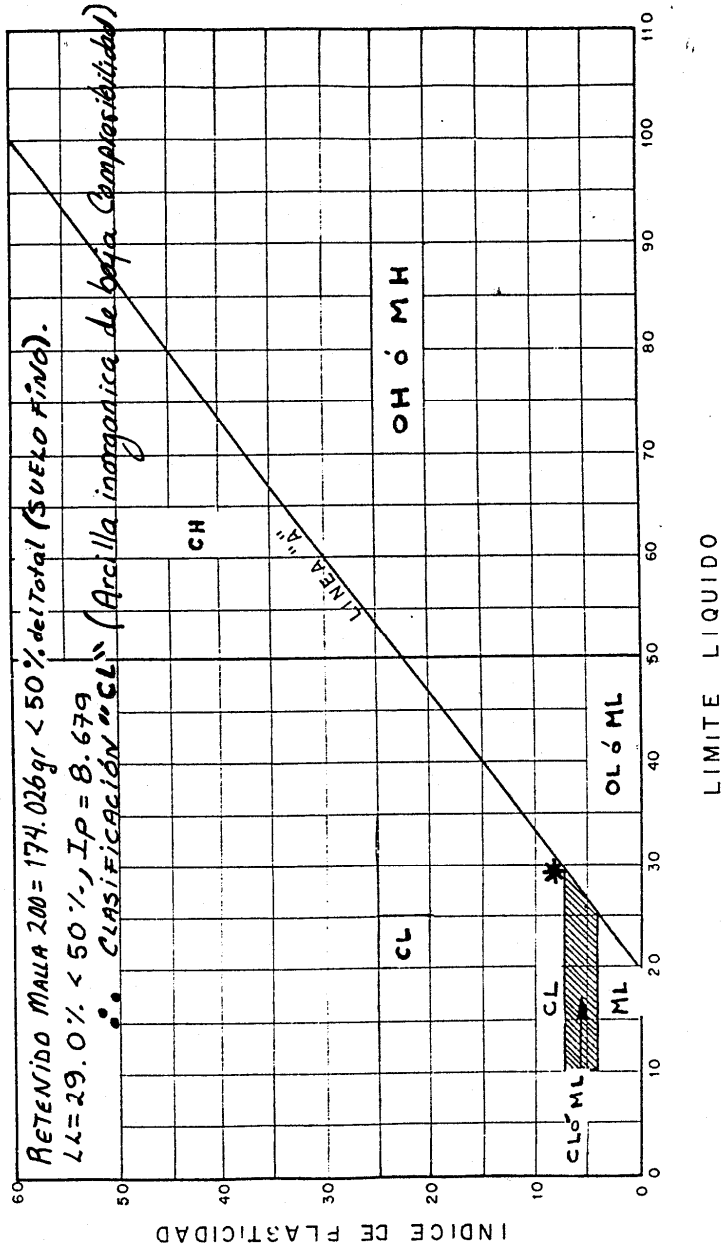
TELEFONOS  
Consultador: 3-43-90  
Coordinador Ext. 130  
Laboratorio Ext. 153

LABORATORIO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS

### GRAFICA DE PLASTICIDAD



LABORATORIOS



B - 2

Granulometría, Límite líquido, Límite plástico, Compactación  
Próctor y Clasificación en la Carta de Plasticidad  
de la Tierra de Ladrillera

E.V.T.





# UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MATERIALES Y RESISTENCIA

Determinación de Peso Volumétrico del Material Seco y Suelto y Composición Granulométrica

Tierra de Ladrillera

Ensaye No. 4

Peso bruto 600 grs.

Volúmen — lt.

Tara 100 grs

Peso Volumétrico — =

Kg/m<sup>3</sup>

Peso neto 500 grs

Desperdicio (% Ret en 2") 0%

Composición Granulométrica del Material Retenido en Malla No. 4				
Malla	Peso Retenido Parcial grs	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que pasa la Malla
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
1/4"				
No. 4				
Pasa No. 4				
Suma				

Determinación de la Composición Granulométrica del Material Tamizado por la Malla No. 4 (Por Lavado)

Operador: Tesistas

Fecha: 15 Junio 95

Malla No.	Peso Retenido Parcial grs.	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulativo	% Que Pasa la Malla
10	<u>26.69</u>	<u>9.56 ≈ 10</u>	<u>10</u>	<u>90</u>
20	<u>54.48</u>	<u>19.51 ≈ 19</u>	<u>29</u>	<u>71</u>
40	<u>83.16</u>	<u>29.79 ≈ 30</u>	<u>59</u>	<u>41</u>
60	<u>37.18</u>	<u>13.32 ≈ 13</u>	<u>72</u>	<u>28</u>
100	<u>36.59</u>	<u>13.11 ≈ 13</u>	<u>85</u>	<u>15</u>
200	<u>38.01</u>	<u>13.61 ≈ 14</u>	<u>99</u>	<u>1</u>
Pasa No. 200	<u>3.07</u>	<u>1.10 ≈ 1</u>	<u>100</u>	<u>0</u>
Suma	<u>279.18</u>	<u>100%</u>		

Absorción, Densidad y Desgaste

Peso Húmedo (Pw) (1) grs.	—	Volumen (c c desalojados) (4)	—
Peso Seco (Ps) (2) grs	—	Peso Seco (Ps) grs. (2)	—
Agua absorbida = (1) - (2) = (3)	—	Densidad Relativa Aparente $\frac{(2)}{(3)}$	—
Absorción = $\frac{(3)}{(2)} \times 100$	—	Desgaste %	—



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

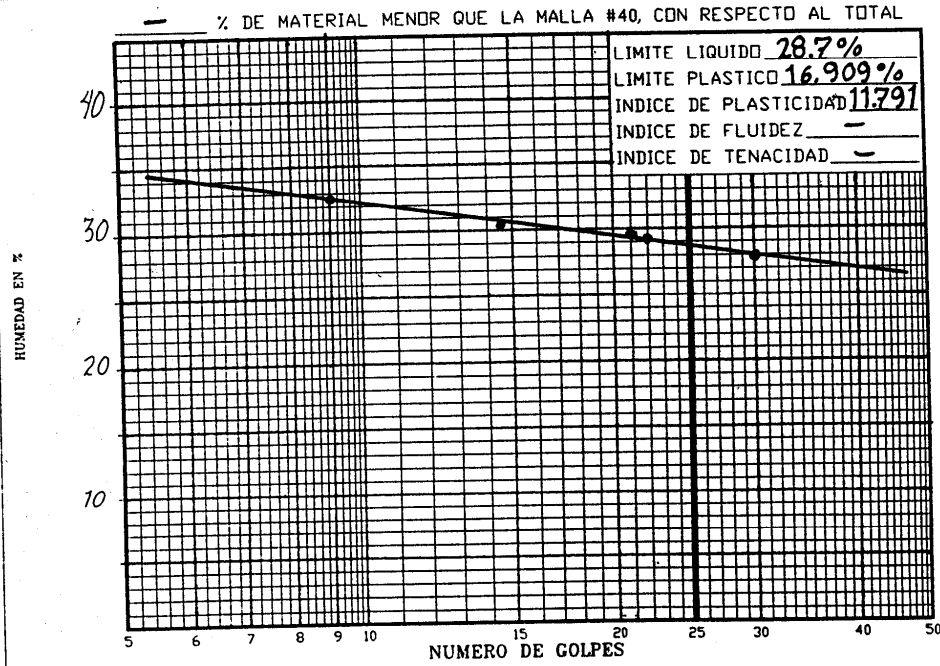
UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPTO. INGENIERIA CIVIL Y MINAS  
LABORATORIO EXPERIMENTAL  
DE INGENIERIA

TELEFONO  
68-21-83

LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA: Elaboración de muestras para Tesis  
LOCALIZACION: Ladrilleras nte. de Hermosillo  
MUESTRA: Tierra de Ladrillera FECHA: 19 junio 95  
POZO: - PROFUNDIDAD: 1.5 mts

# DE TARA	LIMITE LIQUIDO							LIMITE PLASTICO						
	PESO TARA + MUEST. HUMEDA	PESO TARA + MUEST. SECA	PESO TARA	PESO DE AGUA	PESO MUESTRA SECA	CONTENIDO DE AGUA EN %	NUMERO DE GOLPES	# DE TARA	PESO TARA + MUEST. HUMEDA	PESO TARA + MUEST. SECA	PESO TARA	PESO DE AGUA	PESO MUESTRA SECA	CONTENIDO DE AGUA EN %
11	56.980	51.990	47.910	1.990	7.080	28.000	30	16	20.780	19.332	17.373	1.418	7.959	18.493
12	61.470	58.170	48.410	3.000	10.030	29.970	21	20	17.590	16.737	17.696	0.953	5.017	16.921
22	75.910	71.920	59.730	4.020	12.190	32.980	9	50	17.580	16.851	17.983	0.726	4.871	17.909
24	73.710	71.180	62.600	2.530	8.580	29.490	22	59	20.630	19.325	17.680	1.305	7.645	17.070
23	78.960	74.470	59.400	4.550	15.010	30.370	14.5	62	19.223	18.214	17.185	1.009	6.029	16.736



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
OPERADOR: Tesistas CALCULO: Tesistas FECHA: 22 Jun 95



EL SABER DE MIS HIJOS  
HARA MI GRANDEZA

UNIVERSIDAD DE SONORA  
DEPTO. DE INGENIERIA CIVIL Y MINAS

LABORATORIO EXPERIMENTAL  
DE INGENIERIA

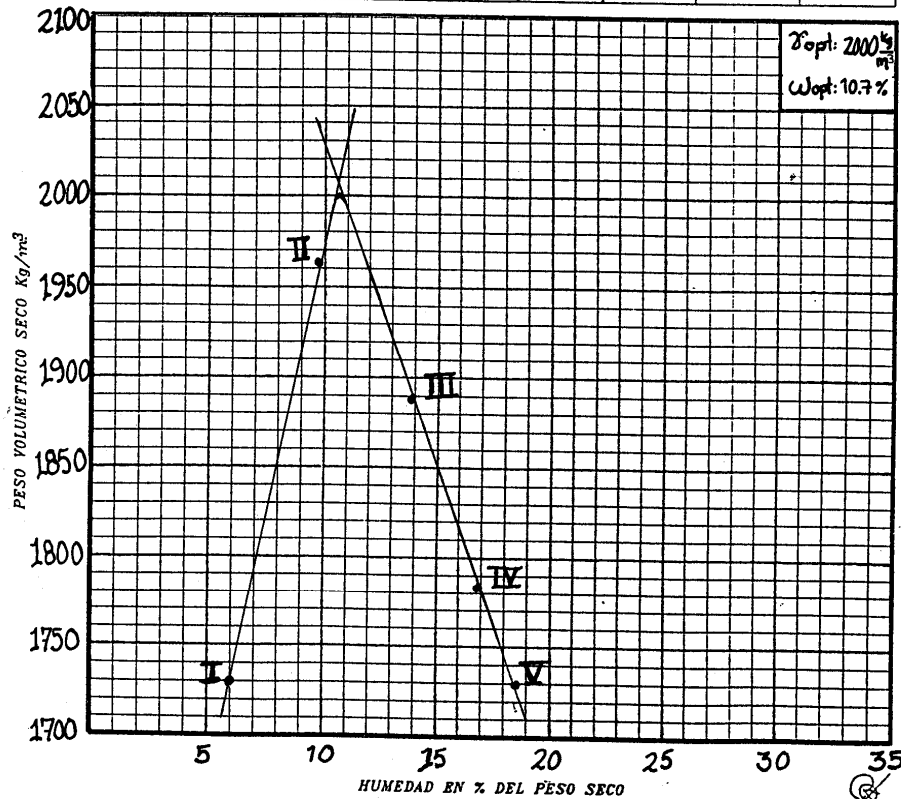
TELEFONO  
59-21-83

COMPACTACION PROCTOR

PROCEDENCIA: Ladrilleras Nte. de Hermosillo IDENTIF. DE LAB: \_\_\_\_\_  
 OBRA: Elaboración de muestras para tesis FECHA: 26 Junio 95  
 MUESTRA: Tierra de Ladrillera POZO: - PROFUNDIDAD: 1.5 mts  
 CILINDRO No.: 1 VOLUMEN  $V = 939.17 \text{ cm}^3$  PESO  $T = 4.192 \text{ Kgs.}$

PESO CILIN. + TIERRA $W = T + W_h$	T. HUMEDA COMPACTADA $W_h = W - T$	MUESTRA PARA OBTENCION DEL CONTENIDO DE AGUA						$w = 100 \frac{W_w}{W_s}$ CONTENIDO DE AGUA EN %	$W_s = \frac{W_h}{1 + w/100}$ TIERRA SECA COMPACTADA	$\gamma_s = \frac{W_s}{V}$ PESO VOL. SECO $\text{kg/m}^3$
		TARA	PESO TARA	TARA + MUEST. HUMEDA	TARA + MUEST. SECA	$W_w$ PESO AGUA	$W_s$ PESO SECO			
5.915	1.723	19	19.021	119.010	113.310	5.700	94.286	6.045	1.625	1730.251
6.217	2.025	24	19.603	155.660	143.510	12.150	123.907	9.806	1.844	1963.736
6.207	2.075	34	21.023	139.970	125.630	14.340	104.607	13.708	1.772	1886.772
6.142	1.950	44	20.485	139.760	122.760	17.000	102.295	16.619	1.672	1780.295
6.118	1.926	54	20.812	154.820	133.860	20.960	113.049	18.541	1.625	1730.251

I  
II  
III  
IV  
V



UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE INGENIERIA  
HERMOSILLO, SONORA, MEX.

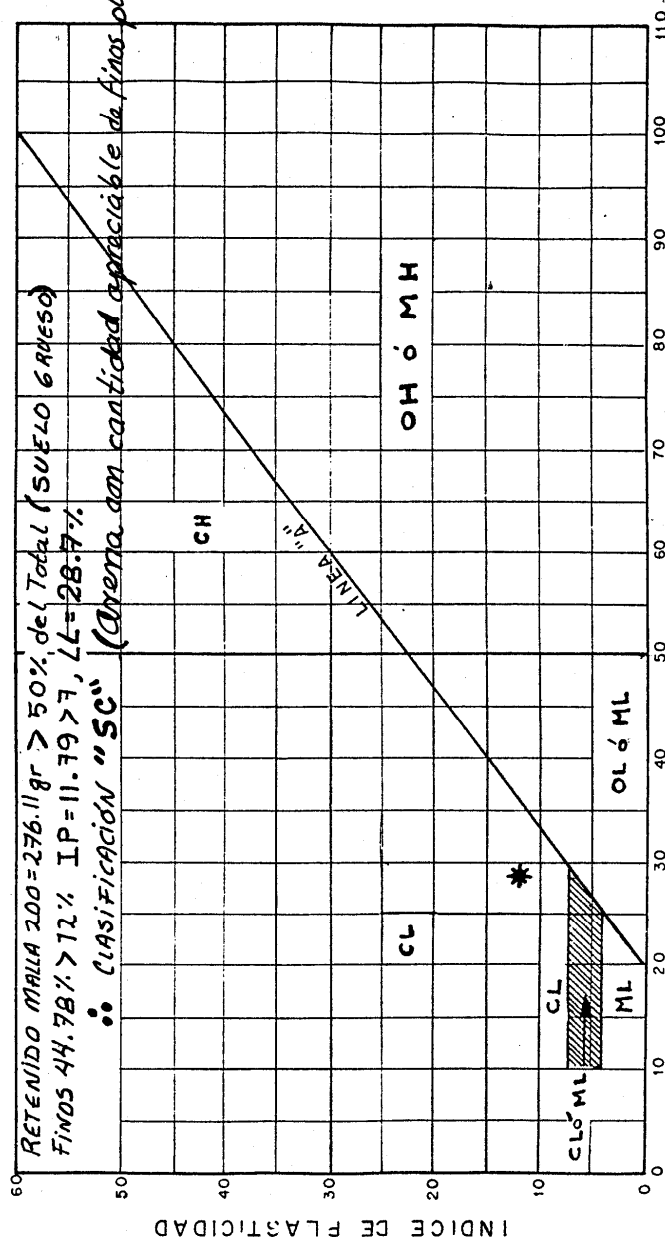
TELEFONOS  
Computador: 3-4396  
Coordinador Ext. 130  
Laboratorio Ext. 153

LABORATORIO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL

SECCION DE MECANICA DE SUELOS

# GRAFICA DE PLASTICIDAD

LABORATORIOS



## APÉNDICE C

### Proporcionamiento de los concretos, referencia [9].

#### CÁLCULO PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO DE $f_c = 120 \text{ kg/cm}^2$

1.-Características de los materiales

Tamaño máximo del agregado grueso (sello 1/4") = 3/8"=9.52mm

Densidad de la grava =  $2.59 \text{ gr/cm}^3$

Absorción de la grava = 1.0 %

Peso vol. seco compactado de la grava =  $1488.78 \text{ Kg/m}^3$

Peso vol. seco suelto de la grava =  $1430 \text{ Kg/m}^3$

Módulo de finura de la arena = 2.57

Densidad de la arena =  $2.56 \text{ gr/cm}^3$

Absorción de la arena = 2.46 %

Peso vol. seco compactado de la arena =  $1513.5 \text{ Kg/m}^3$

Peso vol. seco suelto de la arena =  $1397.2 \text{ Kg/m}^3$

2.-Obtención de la  $f$  crítica para el cálculo:

$$f_{\text{crítico}} = \frac{f'_c}{1 - kv} = \frac{120}{1 - (1.28 + 0.1)} = 138 \approx 140 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$k = 1.28 \text{ y } v = 0.10$$

3.-Obtención de la relación agua-cemento de acuerdo a la tabla C-1

$$A/C = 0.80$$

4.-De la tabla C-2, y dado el tamaño máximo del agregado grueso (TMA) y el revenimiento de 7.5 a 10, se determina la cantidad de agua por metro cúbico = 226 lts., la cantidad de aire atrapado es 3 %.

5.-La cantidad de cemento en Kgs. se calcula:

$$\text{Cantidad de Cemento (Kg)} = \frac{\text{cantidad de agua}}{A/C} = \frac{226 \text{ lts}}{0.28} = 282.5 \text{ Kg}$$

6.-Dado el módulo de finura de la arena y TMA, se utiliza la tabla C-3 para encontrar la cantidad recomendada de agregado grueso compactado con varilla, ya seco, que debe usarse en cada  $\text{m}^3$  de concreto.

Interpolando se obtuvo: 0.443

Multiplicándolo por el peso volumétrico seco compactado del agregado:

$$\text{Cantidad de grava (Kg)} = (0.443)(1488.78) = 659.53 \text{ Kg}$$

7.-Obtención del volumen absoluto en lts de cada agregado.

$$\text{Volumen Absoluto Cemento} = \frac{\text{peso del Cemento}}{\text{densidad del Cemento}} = \frac{282.5 \text{ Kg}}{2.98 \frac{\text{Kg}}{\text{lts}}} = 94.799 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Agua} = 226 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{2.59 \frac{\text{Kg}}{\text{lts}}} = 254.645 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Aire} = \frac{3}{100} (1000) = 30 \text{ lts}$$

8.-La cantidad necesario de arena en volumen absoluto (en litros) es:

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = 1000 - (94.799 + 226 + 254.645 + 30)$$

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = (1000 - 605.444)$$

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = 394.556 \text{ lts.}$$

9.-El peso en Kg de Arena =  $(394.556 \text{ Lts}) / (2.56 \text{ Kg/Lt}) = 1010.063 \text{ Kg}$ .

RESUMEN: Las cantidades para elaborar "aproximadamente"  $1 \text{ m}^3$  de concreto con una resistencia probable de  $140 \text{ Kg/cm}^2$  y un revenimiento esperado entre 7.5-10 cm son:

Cemento = 282.50 Kg

Agua = 226.00 Lts

Grava = 659.53 Kg

Arena = 1010.06 Kg

10.-Volumen en litros de los agregados:

$$\text{Volumen Hs} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Peso Volumétrico Suelo}}$$

$$\text{Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{\left(1430 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1000}\right)} = 461.210 \text{ Hs}$$

$$\text{Arena} = \frac{1010.063 \text{ Kg}}{\left(1397.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1000}\right)} = 722.920 \text{ Hs}$$

Cemento = 94.799 Lts

Agua = 226.000 Lts

11.-Proporcionamiento en Volumen

$$\text{Cemento} = \frac{94.799 \text{ Hs}}{94.799 \text{ Hs}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{226.000 \text{ Hs}}{94.799 \text{ Hs}} = 2.384$$

$$\text{Grava} = \frac{461.210 \text{ Hs}}{94.799 \text{ Hs}} = 4.865$$

$$\text{Areno} = \frac{722.920 \text{ Hs}}{94.799 \text{ Hs}} = 7.626$$

12.-Proporcionamiento en peso

$$\text{Cemento} = \frac{282.50 \text{ Kg}}{282.50 \text{ Kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{226.00 \text{ Kg}}{282.50 \text{ Kg}} = 0.800$$

$$\text{Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{282.50 \text{ Kg}} = 2.335$$

$$\text{Areno} = \frac{1010.06 \text{ Kg}}{282.50 \text{ Kg}} = 3.575$$

Corrección por humedad:

$$\% h = \frac{P_h - P_s}{P_s} (100)$$

% h = Por ciento de humedad

P h = Peso húmedo

P s = Peso seco

$$\% h \text{ para la arena} = \frac{100.05 - 99.55}{99.55} (100) = 0.50$$



$$\% h \text{ para la grava} = \frac{100.31 - 99.76}{99.76} (100) = 0.54$$

$$\text{Peso de la grava húmeda} = 659.53 (1 + (0.54/100)) = 663.09 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de la arena húmeda} = 1010.06 (1 + (0.50/100)) = 1015.11 \text{ Kg}$$

La aportación de agua de:

$$\text{La grava húmeda} = h - \% \text{ Abs} = 0.54 - 1.00 = -0.46$$

$$\text{La arena húmeda} = h - \% \text{ Abs} = 0.50 - 2.46 = -1.96$$

Cantidad de agua que absorbe:

$$\text{La grava} = 659.53 (-0.46/100) = -3.03 \text{ Lls}$$

$$\text{La arena} = 1010.06 (-1.96/100) = -19.80 \text{ Lls}$$

Cantidad de agua necesaria para la mezcla:

$$226 + 19.80 + 3.03 = 248.83 \text{ Lls.}$$

Para las condiciones de humedad la proporción en peso es:

$$\text{Cemento} = \frac{262.50 \text{ Kg}}{262.50 \text{ Kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{248.83 \text{ Kg}}{262.50 \text{ Kg}} = 0.95$$

$$\text{Grava} = \frac{663.09 \text{ Kg}}{262.50 \text{ Kg}} = 2.52$$

$$\text{Arena} = \frac{1015.11 \text{ Kg}}{262.50 \text{ Kg}} = 3.87$$

Proporción en peso: cemento-grava-arena-agua (1:2.350:3.590:0.880)

Con esta proporción se elaboró la mezcla para las muestras #7 y #8; también se hizo una mezcla de prueba, se fabricó concreto para dos cilindros estándar (30cm de altura X 15 cm de diámetro), y después de 24 hrs se descimbraron para posteriormente proceder a su curado.

Se realizaron ensayos de compresión estándar a los cilindros de concreto. Las edades de prueba fueron a 14 y 28 días. Los resultados de los ensayos se presentan a continuación:

Edad de prueba = 14 días  
Carga máxima = 19000 Kg  
Área = 170 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{19000}{170} = 111.76 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}, \text{ es decir, el } 79.83\% \text{ de la resistencia para la que se diseñó.}$$

Edad de prueba = 28 días  
Carga máxima = 27000 Kg  
Área: 170 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{27000}{170} = 158.82 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}, \text{ es decir, el } 113.44\% \text{ de la resistencia para la que se diseñó.}$$

## CÁLCULO PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO DE $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

### 1.-Características de los materiales

Tamaño máximo del agregado grueso (sello 1/4") = 3/8"=9.52mm

Densidad de la grava = 2.59 gr/cm<sup>3</sup>

Absorción de la grava = 1.0 %

Peso vol. seco compactado de la grava = 1488.78 Kg/m<sup>3</sup>

Peso vol. seco suelto de la grava = 1430 Kg/m<sup>3</sup>

Módulo de finura de la arena = 2.57

Densidad de la arena = 2.56 gr/cm<sup>3</sup>

Absorción de la arena = 2.46 %

Peso vol. seco compactado de la arena = 1513.5 Kg/m<sup>3</sup>

Peso vol. seco suelto de la arena = 1397.2 Kg/m<sup>3</sup>

### 2.-Obtención de la $f$ crítica para el cálculo:

$$f_{\text{crítica}} = \frac{f'c}{1 - tv} = \frac{200}{1 - (1.28 + 0.1)} = 229.40 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$t=1.28 \text{ y } v = 0.10$$

### 3.-Obtención de la relación agua-cemento de acuerdo a la tabla C-1

$$A/C = 0.61$$

4.-De la tabla C-2, y dado el tamaño máximo del agregado grueso (TMA) y el revenimiento de 7.5 a 10, se determina la cantidad de agua por metro cúbico = 226 lts., la cantidad de aire atrapado es 3 %.

### 5.-La cantidad de cemento en Kgs. se calcula:

$$\text{Cantidad de Cemento (Kg)} = \frac{\text{cantidad de agua}}{A/C} = \frac{226 \text{ lts}}{0.61} = 370.49 \text{ Kg}$$

6.-Dado el módulo de finura de la arena y TMA, se utiliza la tabla C-3 para encontrar la cantidad recomendada de agregado grueso compactado con varilla, ya seco, que debe usarse en cada  $m^3$  de concreto.

Interpolando se obtuvo: 0.443

Multiplicándolo por el peso volumétrico seco compactado del agregado:

$$\text{Cantidad de grava (Kg)} = (0.443)(1488.78) = 659.53 \text{ Kg}$$

7.-Obtención del volumen absoluto en lts de cada agregado.

$$\text{Volumen Absoluto Cemento} = \frac{\text{peso del Cemento}}{\text{densidad del Cemento}} = \frac{370.49 \text{ Kg}}{2.98 \frac{\text{Kg}}{\text{Lts}}} = 124.320 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Agua} = 226 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{2.59 \frac{\text{Kg}}{\text{Lts}}} = 254.645 \text{ lts}$$

$$\text{Volumen Absoluto Aire} = \frac{3}{100} (1000) = 30 \text{ lts}$$

8.-La cantidad necesaria de arena en volumen absoluto (en litros) es:

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = 1000 - (124.32 + 226 + 254.645 + 30)$$

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = (1000 - 634.96)$$

$$\text{Volumen Absoluto Arena} = 365.04 \text{ Lts.}$$

$$9.-\text{El peso en Kg de Arena} = (365.04 \text{ Lts})(2.56 \text{ Kg/Lt}) = 934.50 \text{ Kg}$$

RESUMEN: Las cantidades para elaborar "aproximadamente"  $1 m^3$  de concreto con una resistencia probable de  $229 \text{ Kg/cm}^2$  y un revenimiento esperado entre 7.5-10 cm son:

$$\text{Cemento} = 370.49 \text{ Kg}$$

Agua = 226.00 Lts

Grava = 659.53 Kg

Arena = 934.50 Kg

10.-Volumen en litros de los agregados:

$$\text{Volumen lts} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Peso Volumétrico Suelo}}$$

$$\text{Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{\left(14.30 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1000}\right)} = 461.210 \text{ lts.}$$

$$\text{Arena} = \frac{934.50 \text{ Kg}}{\left(1397.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1}{1000}\right)} = 668.840 \text{ lts}$$

Cemento = 124.32 lts

Agua = 226.00 lts

11.-Proporcionamiento en Volumen

$$\text{Cemento} = \frac{124.32 \text{ lts.}}{124.32 \text{ lts.}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{226.00 \text{ lts}}{124.32 \text{ lts.}} = 1.818$$

$$\text{Grava} = \frac{461.21 \text{ lts}}{124.32 \text{ lts.}} = 3.710$$

$$\text{Arena} = \frac{668.84 \text{ lts}}{124.32 \text{ lts.}} = 5.380$$

## 12.-Proporcionamiento en peso

$$\text{Cemento} = \frac{370.49 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{226.00 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 0.610$$

$$\text{Grava} = \frac{659.53 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 1.780$$

$$\text{Arena} = \frac{934.50 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 2.522$$

Corrección por humedad:

$$\% h = \frac{P_h - P_s}{P_s} (100)$$

% h = Por ciento de humedad

P h = Peso húmedo

• P s = Peso seco

$$\% h \text{ para la arena} = \frac{100.05 - 99.55}{99.55} (100) = 0.50$$

$$\% h \text{ para la grava} = \frac{100.31 - 99.76}{99.76} (100) = 0.54$$

•  $\text{Peso de la grava húmeda} = 659.53 (1+(0.54/100)) = 663.09 \text{ Kg}$

$\text{Peso de la arena húmeda} = 934.50 (1+(0.50/100)) = 939.172 \text{ Kg}$

La aportación de agua de:

$$\text{La grava húmeda} = h - \% \text{ Abs} = 0.54 - 1.0 = -0.46$$

$$\text{La arena húmeda} = h - \% \text{ Abs} = 0.50 - 2.46 = -1.96$$

Cantidad de agua que absorbe:

$$\text{La grava} = 659.53 (-0.46/100) = -3.03 \text{ Lts}$$

$$\text{La arena} = 934.50 (-1.96/100) = -18.32 \text{ Lts}$$

Cantidad de agua necesario para la mezcla:

$$226 + 18.32 + 3.03 = 247.35 \text{ Lts.}$$

Para las condiciones de humedad la proporción en peso es:

$$\text{Cemento} = \frac{370.49 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{247.35 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 0.668$$

$$\text{Grava} = \frac{663.09 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 1.790$$

$$\text{Areno} = \frac{939.17 \text{ Kg}}{370.49 \text{ Kg}} = 2.535$$

Proporción en peso: cemento-grava-arena-agua (1:1.790:2.535:0.668)

Con esta proporción se elaboró la mezcla para las muestras #9 y #10; también se hizo una mezcla de prueba, se fabricó concreto para dos cilindros estándar (30cm de altura X 15 cm de diámetro), y después de 24 hrs se descimbraron para posteriormente proceder a su curado.

Se realizaron ensayos de compresión estándar a los cilindros de concreto. Las edades de prueba fueron a 7 y 14 días. Los resultados de los ensayos se presentan a continuación:

Edad de prueba = 7 días

Carga máxima = 27000 Kg

Área: 170 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{27000}{170} = 158.82 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}, \text{ es decir, el } 89.23\% \text{ de la resistencia para la que se diseñó.}$$

Edad de prueba = 14 días

Carga máxima = 32500 Kg

Área: 170 cm<sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{32500}{170} = 191.18 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}, \text{ es decir, el } 83.34\% \text{ de la resistencia para la que se diseñó.}$$



## Tablas del Apéndice C

Tabla C-1.- Resistencia a la compresión del Concreto para varias relaciones agua cemento.

Relación agua-cemento por peso.	Resistencia probable a la compresión a los 28 días	
	concreto sin aire incluido	concreto con aire incluido
A/c		
0.36	420 Kg/cm <sup>2</sup>	340 Kg/cm <sup>2</sup>
0.45	350 Kg/cm <sup>2</sup>	280 Kg/cm <sup>2</sup>
0.53	280 Kg/cm <sup>2</sup>	225 Kg/cm <sup>2</sup>
0.62	225 Kg/cm <sup>2</sup>	180 Kg/cm <sup>2</sup>
0.71	175 Kg/cm <sup>2</sup>	140 Kg/cm <sup>2</sup>
0.80	140 Kg/cm <sup>2</sup>	110 Kg/cm <sup>2</sup>

Estas resistencias promedio son para concretos cuyos porcentajes de aire incluido y/o atrapado no sean mayores que los indicados en la tabla C-2.

Tabla C-2.- Cantidad aproximada de agua de mezclado y contenido de aire para distintos revestimientos y tamaño máximo de agregado.

Revestimiento centímetros	Litros de agua por metro cúbico de concreto para los tamaños máximos indicados de agregados.							
	9.0mm	12.7mm	19.0mm	25.4mm	38.0mm	50.8mm	76.0mm	152.0mm
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	206	196	182	178	162	152	142	123
7.5 a 10.0	226	217	202	192	177	168	158	138
15.0 a 17.5	241	226	212	202	187	177	168	148
Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin incluir de aire por ciento.	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

## C-2 (continuación)

Cantidad aproximada de agua de mezclado y contenido de aire para distintos revestimientos y tamaño máximo de agregado.

Revestimiento centímetros	Libras de agua por metro cúbico de concreto para los tamaños máximos indicados de agregados.							
	9.0mm	12.7mm	19.0mm	25.4mm	38.0mm	50.8mm	76.0mm	152.0mm
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	182	177	162	152	142	133	123	108
7.5 a 10.0	202	192	177	168	158	148	138	118
15.0 a 17.5	212	201	187	177	168	158	148	128
Porcentaje total recomendado de aire incluido por cista.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Tabla C-3- Volumen de Agregado Grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso seco compactado con varilla por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena. (m <sup>3</sup> )			
	MÓDULO DE FINURA:			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.46	0.44	0.42	0.40
12.7	0.55	0.53	0.51	0.49
19.0	0.65	0.63	0.61	0.59
25.4	0.70	0.68	0.66	0.64
38.0	0.76	0.74	0.72	0.70
50.8	0.79	0.77	0.75	0.73
76.0	0.79	0.82	0.80	0.78
152.0	0.90	0.88	0.86	0.84

Los volúmenes están basados en agregados secos compactados con varilla según se describe en métodos de ensayo para peso unitario de agregados (ASTM C 29)

## APÉNDICE D

### COMPACTACIÓN AL 80% DEL ESPÉCIMEN DE SUELO "CL" (Arcilla inorgánica de baja compresibilidad)

Datos obtenidos de la prueba Próctor Estándar:

Humedad óptima ( $w$ ) = 15.0 %

Peso Volumétrico seco máximo =  $1830 \text{ Kg/m}^3$

Área del recipiente de moldeo =  $76.364 \text{ cm}^2$  (descontando todas las barras)

=  $76.490 \text{ cm}^2$  (descontando la barra central)

=  $77.756 \text{ cm}^2$  (sin descontar barras)

$$\text{PARA COMPACTACIÓN DEL 80\%} = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \text{ máximo}}} (100)$$

Donde:  $\gamma_d$  es el peso volumétrico seco.

$\gamma_{d \text{ máximo}}$  es el peso volumétrico seco máximo.

Despejando y sustituyendo valores:

$$\gamma_d = \frac{(80\%)(1830 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})}{100} = 1464 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_h = \gamma_d (1 + \frac{w\%}{100}) = 1464 (1 + \frac{15}{100}) = 1683.6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:  $\gamma_h$  es el peso volumétrico húmedo.

$w\%$  es el porcentaje de humedad.

compactando a cada 2 cm obtenemos:

$$\gamma_h = \frac{W_{mh}}{\text{Volumen}}$$

Donde:  $W_{mh}$  es el peso del material húmedo

$$W_{mh} = \gamma_h \text{ Volumen}$$

$$(1.6836 \text{ gr/cm}^3)(76.364 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 257.132 \text{ gr}$$

$$(1.6836 \text{ gr/cm}^3)(76.490 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 257.557 \text{ gr}$$

$$(1.6836 \text{ gr/cm}^3)(77.756 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 261.820 \text{ gr}$$

### COMPACTACIÓN AL 90% DEL ESPÉCIMEN DE SUELO "CL" (Arcilla inorgánica de baja compresibilidad)

Datos obtenidos de la prueba Próctor Estándar:

Humedad óptima ( $w$ ) = 15.0 %

Peso Volumétrico seco máximo = 1830 Kg/m<sup>3</sup>

Área del recipiente de moldeo = 76.364 cm<sup>2</sup> (descontando todas las barras)

= 76.490 cm<sup>2</sup> (descontando la barra central)

= 77.756 cm<sup>2</sup> (sin descontar barras)

$$\text{PARA COMPACTACIÓN DEL 90\%} = \frac{\gamma_d}{\gamma_d \text{ máximo}} (100)$$

Donde:  $\gamma_d$  es el peso volumétrico seco.

$\gamma_d \text{ máximo}$  es el peso volumétrico seco máximo.

Despejando y sustituyendo valores:

$$\gamma_d = \frac{(90\%)(1830 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})}{100} = 1647 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_h = \gamma_d (1 + \frac{w\%}{100}) = 1647 (1 + \frac{15}{100}) = 1894.05 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:  $\gamma_h$  es el peso volumétrico húmedo.  
 $w\%$  es el porcentaje de humedad.

compactando a cada 2 cm obtenemos:

$$\gamma_h = \frac{W_{mh}}{\text{Volumen}}$$

Donde:  $W_{mh}$  es el peso del material húmedo

$$W_{mh} = \gamma_h \text{ Volumen}$$

$$\begin{aligned} (1.8940 \text{ gr/cm}^3)(76.364 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 289.267 \text{ gr} \\ (1.8940 \text{ gr/cm}^3)(76.490 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 289.740 \text{ gr} \\ (1.8940 \text{ gr/cm}^3)(77.756 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 294.540 \text{ gr.} \end{aligned}$$

**COMPACTACIÓN AL 80% DEL ESPÉCIMEN DE SUELO "SC" (Arena con cantidad apreciable de finos plásticos)**

Datos obtenidos de la prueba Próctor Estándar:

Humedad óptima ( $w$ ) = 10.7 %

Peso Volumétrico seco máximo = 2000 Kg/m<sup>3</sup>

Área del recipiente de moldeo = 76.364 cm<sup>2</sup> (descontando todas las barras)  
 = 76.490 cm<sup>2</sup> (descontando la barra central)  
 = 77.756 cm<sup>2</sup> (sin descontar barras)

$$\text{PARA COMPACTACION DEL 80\%} = \frac{\gamma_d}{\gamma_d \text{ máximo}} (100)$$

Donde:  $\gamma_d$  es el peso volumétrico seco.

$\gamma_d$  máximo es el peso volumétrico seco máximo.

Despejando y sustituyendo valores:

$$\gamma_d = \frac{(80\%)(2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})}{100} = 1600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_h = \gamma_d (1 + \frac{w\%}{100}) = 1600 (1 + \frac{10.7}{100}) = 1771.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:  $\gamma_h$  es el peso volumétrico húmedo.

$w\%$  es el porcentaje de humedad.

compactando a cada 2 cm obtenemos:

$$\bar{V}_h = \frac{W_{mh}}{\text{Volumen}}$$

Donde:  $W_{mh}$  es el peso del material húmedo

$$W_{mh} = \bar{V}_h \text{ Volumen}$$

$$(1.7712 \text{ gr/cm}^3)(76.364 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 270.510 \text{ gr}$$

$$(1.7712 \text{ gr/cm}^3)(76.490 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 270.958 \text{ gr}$$

$$(1.7712 \text{ gr/cm}^3)(77.756 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) = 275.443 \text{ gr}$$

### COMPACTACIÓN AL 90% DEL ESPÉCIMEN DE SUELO "SC" (Arena con cantidad apreciable de finos plásticos)

Datos obtenidos de la prueba Próctor Estándar:

Humedad óptima ( $w$ ) = 10.7 %

Peso Volumétrico seco máximo = 2000 Kg/m<sup>3</sup>

Área del recipiente de moldeo = 76.364 cm<sup>2</sup> (descontando todas las barras)

= 76.490 cm<sup>2</sup> (descontando la barra central)

= 77.756 cm<sup>2</sup> ( sin descontar barras)

$$\text{PARA COMPACTACIÓN DEL 90\%} = \frac{\bar{V}_d}{\bar{V}_d \text{ máximo}} (100)$$

Donde:  $\bar{V}_d$  es el peso volumétrico seco.

$\bar{V}_d$  máximo es el peso volumétrico seco máximo.

Despejando y sustituyendo valores:

$$\bar{V}_d = \frac{(90\%)(2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})}{100} = 1800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_h = \gamma_d \left(1 + \frac{w\%}{100}\right) = 1800 \cdot \left(1 + \frac{10.7}{100}\right) = 1992.6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Donde:  $\gamma_h$  es el peso volumétrico húmedo.  
 $w\%$  es el porcentaje de humedad.

compactando a cada 2 cm obtenemos:

$$\gamma_h = \frac{W_{mh}}{\text{Volumen}}$$

Donde:  $W_{mh}$  es el peso del material húmedo

$$W_{mh} = \gamma_h \text{ Volumen}$$

$$\begin{aligned} (1.9926 \text{ gr/cm}^3)(76.364 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 304.326 \text{ gr} \\ (1.9926 \text{ gr/cm}^3)(76.490 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 304.828 \text{ gr} \\ (1.9926 \text{ gr/cm}^3)(77.756 \text{ cm}^2)(2\text{cm}) &= 309.873 \text{ gr.} \end{aligned}$$



## APÉNDICE E

## CONVERSIONES, referencia [10].

Tabla E-2 Factores de Conversión (Tabla Internacional)

Nota: Los factores de conversión para la resistencia pueden ser encontrados usando estas tablas en la dirección inversa.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (A)						
	$\frac{W \cdot m^{-1}}{K} (B)$	$W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$	$\frac{cal \cdot s^{-1}}{cm \cdot K}$	$\frac{Kg \cdot cal}{h \cdot m^2 \cdot K}$	$Btu \cdot h^{-1} \cdot ft^{-2} \cdot F^{-1}$	$\frac{Btu \cdot in \cdot h^{-1}}{ft^2 \cdot F^{-1}}$
$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	1.000	$1.000 \times 10^{-2}$	$2.388 \times 10^{-3}$	0.898	0.5778	6.933
$W \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$	100.0	1.000	0.2388	85.98	57.78	693.3
$cal \cdot s^{-1} \cdot cm^{-1} \cdot K^{-1}$	418.7	4.187	1.000	360.00	241.9	2903.0
$Kg \cdot cal \cdot h^{-1} \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$	1.163	$1.163 \times 10^{-2}$	$2.778 \times 10^{-3}$	1.000	0.6720	8.064
$Btu \cdot h^{-1} \cdot ft^{-2} \cdot F^{-1}$	1.731	$1.731 \times 10^{-2}$	$4.134 \times 10^{-3}$	1.488	1.000	12.00
$Btu \cdot in \cdot h^{-1} \cdot ft^{-2} \cdot F^{-1}$	0.1442	$1.442 \times 10^{-3}$	$3.445 \times 10^{-4}$	0.1240	$8.333 \times 10^{-2}$	1.000

(A) Las unidades están en términos de 1) el Joule absoluto por segundo o watt, 2) La caloria (tabla internacional) = 4.1868 J, o la Unidad Térmica Británica (tabla Internacional) = 1055.06 J.

(B) Esta es la unidad del SI (Sistema Internacional de Unidades).

## APÉNDICE F

### PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL GENERALIZADO, referencia [11].

1. a) Establecer la necesidad del experimento.  
b) Establecer las necesidades óptimas presupuestales, de mano de obra y de tiempo, incluyendo la secuencia temporal del proyecto.  
c) Modificar el objetivo del experimento, de acuerdo con el presupuesto, mano de obra y programa cronológico permitido.
2. Iniciar la planeación detallada del experimento, establecer con claridad los objetivos del experimento ( verificar el desempeño del modelo de producción, el análisis teórico de un fenómeno físico específico, etc. ). Si los experimentos son similares a los de investigadores anteriores, asegurarse de usar la experiencia de esos trabajos. No desechar la posibilidad de que el trabajo ya se halla realizado y publicado.
3. Continuar planeando al realizar los siguientes pasos:
  - a) Establecer las variables primarias que deben medirse (fuerza, esfuerzo, flujo, presión, temperatura, etc.).
  - b) Determinar con la mayor aproximación posible la exactitud que pueda necesitarse en las mediciones primarias y el número de las requeridas para el adecuado análisis de los datos.
  - c) Plantear cálculos de reducción de datos antes de realizar los experimentos, para asegurarse de que se están recolectando los datos adecuados a fin de cumplir con los objetivos del experimento.
  - d) Analizar los posibles errores en los resultados anticipados antes de realizar los experimentos, de manera que en caso necesario se puedan cambiar las condiciones de exactitud de las diferentes mediciones.
4. Seleccionar el instrumental para las diferentes mediciones, al fin de que sea adecuada para los requerimientos o necesidades, anticipados con exactitud.
5. Recolectar unos cuantos datos y efectuar un análisis preliminar, a fin de asegurarse que el experimento se comporta según se planeó.
6. Modificar los aparatos y procedimientos experimentales, de acuerdo con el punto cinco.
7. Recolectar el grueso de los datos experimentales y analizar los resultados.
8. Organizar, analizar y publicar los descubrimientos y resultados de los experimentos, asegurándose incluir la información referente a los puntos anteriores.