



**Universidad Autónoma de Sinaloa**

**Escuela de Ingeniería de Mazatlán**

Licenciatura en Ingeniería Civil

Edición 2023

## **Laboratorio de Materiales de Construcción**



Edición 2023

PRESENTACIÓN .....	4
I. <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS</b> .....	5
<b>I.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
I.1.2. Granulometría del agregado fino (arenas): .....	7
I.1.3. Módulo de Finura .....	9
I.1.4. Granulometría del agregado grueso (gravas):.....	10
I.1.5. Agregados con granulometrías discontinuas.....	12
I.1.6. Análisis granulométrico. ....	12
PRÁCTICA No. 1.....	14
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (GRAVAS) .....	14
PRÁCTICA No. 2.....	16
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENAS) .....	16
CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 1-2.....	18
II. <b>PESO VOLUMÉTRICO, SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b> .....	19
<b>II.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	19
PRÁCTICA No. 3.....	23
PRÁCTICA No. 4.....	25
<b>PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS) DE LA ARENA</b> .....	25
PRÁCTICA No. 5.....	27
<b>PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO (PVC) DE LA GRAVA</b> .....	27
PRÁCTICA No. 6.....	29
<b>PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO (PVC) DE LA ARENA</b> .....	29
CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 3, 4, 5 y 6.....	31
III. <b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b> .....	32
<b>III.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	32
PRÁCTICA 7 .....	36
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA</b> .....	36
PRACTICA No. 8.....	39
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARENA</b> .....	39
CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 7 y 8.....	43
IV. <b>IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO</b> .....	45
<b>IV.1 INTRODUCCIÓN</b> .....	45

Determinación de sales .....	46
PRÁCTICA No. 9.....	48
IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO .....	48
CUESTIONARIO No. 9.....	52
V. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO.....	54
V.1 INTRODUCCIÓN .....	54
V. 1. 2 Propiedades del cemento.....	54
V. 1.3 Peso específico del cemento .....	55
PRÁCTICA No. 10.....	59
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO .....	59
CUESTIONARIO No. 10.....	62
VI. CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADO .....	63
VI.1 INTRODUCCIÓN .....	63
PRÁCTICA No. 11.....	64
CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADO .....	64
CUESTIONARIO No. 11.....	66
VII. FRAGUADO DEL CEMENTO .....	67
VII.1 INTRODUCCIÓN .....	67
PRÁCTICA No.12.....	69
FRAGUADO INICIAL DEL CEMENTO .....	69
CUESTIONARIO No. 12 .....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	75

## PRESENTACIÓN

El propósito de este manual es servir de guía al estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, en las actividades que deberá de realizar en la asignatura de Laboratorio de Materiales de Construcción. Este trabajo no pretende ser un libro de texto, solo consiste en una compilación ordenada de las normas de construcción que han sido establecidas por organismos altamente reconocidos en este medio y, que le serán de gran utilidad, ahora como estudiante y, posteriormente como profesionalista.

La estructura del manual le permitirá al alumno, tener una idea más clara del trabajo que deberá desempeñar en el laboratorio; así como tener la información necesaria y adecuada para que pueda contrastar los resultados obtenidos a través de la práctica, con las especificaciones y normas de construcción ya establecidas.

El manual está orientado a facilitar el aprendizaje de los alumnos, ya que aborda una serie de prácticas que son comunes y muy recomendadas en el campo de la ingeniería civil

# I. ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

## I.1 INTRODUCCIÓN

El análisis granulométrico de los agregados es muy importante ya que regularmente éstos ocupan del 60 al 80 por ciento del volumen total del concreto. Así que, sus características cómo son: la superficie, la forma, los tamaños de las partículas y la combinación de tamaños, influyen tanto en las propiedades de la mezcla como también en su economía. Por tanto deben de cubrir dichos requisitos y ser además partículas limpias, duras, resistentes y durables; estar libres de sustancias químicas, arcillas o de otros materiales finos que puedan afectar la hidratación y la adherencia a la pasta de cemento.

Los agregados que más comúnmente se utilizan son las arenas y las gravas, aunque existen otros que también pueden usarse por cumplir con las mismas especificaciones, es decir, con las siguientes características:

- **Resistencia al desgaste:** Característica importante para concretos sujetos a desgaste (pisos para transportes).
- **Resistencia a la congelación o a la fusión:** Característica que deben cumplir los concretos expuestos a la intemperie.
- **Estabilidad química:** Para que los agregados no reaccionen químicamente con el cemento ni con otros agentes externos.
- **Forma y textura superficial de las partículas:** La forma y textura de las partículas influyen en el comportamiento del concreto fresco debido a la adherencia que debe existir entre la pasta y los agregados.

### I.1.1. Granulometrías

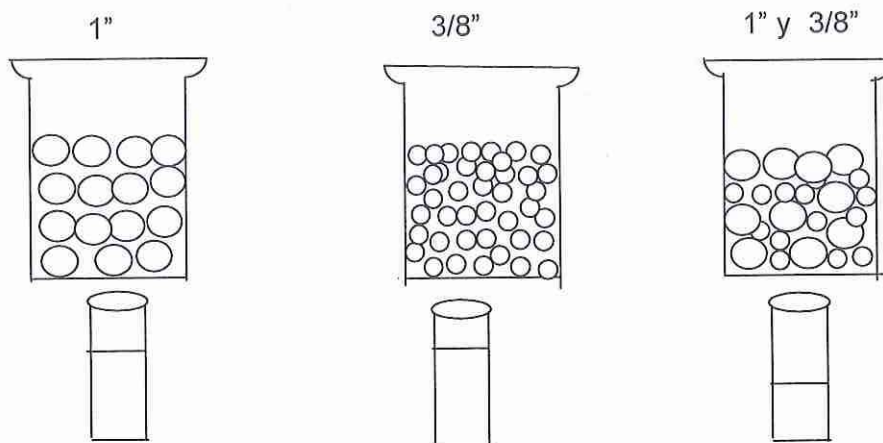
Para conocer la distribución del agregado según su tamaño, se realiza un análisis granulométrico el cual consiste en separar por medio de cribas las partículas de igual tamaño contenidas en una muestra de material.

Las razones por las que se han especificado límites en la granulometría y el tamaño máximo del agregado es que esto afecta las proporciones relativas de los agregados, así como la relación agua-cemento, la manejabilidad, la economía, la porosidad y la contracción del concreto.

El uso de arenas muy finas resultan costosas y arenas muy gruesas producen mezclas muy ásperas y poco manejables. Así que los agregados que no tienen una gran diferencia o exceso de cualquier tamaño, y dan una curva granulométrica pareja, proporcionan los mejores resultados, basándose en la teoría de la máxima densidad o del mínimo de huecos.

Para ilustrar el concepto de mínimo de huecos, se hace lo siguiente: Se llena un vaso con partículas de agregado de una pulgada, el segundo vaso se llena con partículas de 3/8 de pulgada aproximadamente, y un tercer vaso se llena con partículas de ambos tamaños. Por debajo de cada vaso está una probeta graduada con la cantidad de agua necesaria para llenar los huecos de ese vaso. Obsérvese que cuando los vasos se llenan con partículas de un solo tamaño la cantidad de huecos es constante, siendo cualquiera el tamaño de las partículas. Al combinar los agregados de dos tamaños, los huecos disminuyen. Si este procedimiento se repitiera añadiendo partículas de diferentes tamaños el volumen de huecos se reduce. Ya que la cantidad de pasta que se necesita para el concreto es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados, es recomendable mantener el volumen de huecos al mínimo.

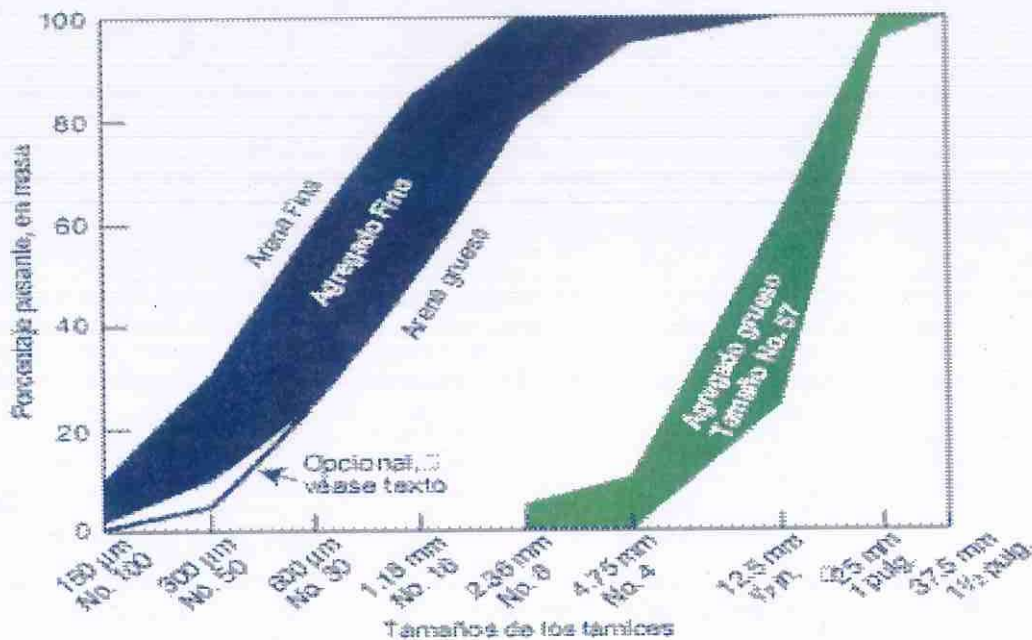
Tamaño de las partículas:



### **I.1.2. Granulometría del agregado fino (arenas):**

Los requisitos marcados por las normas ASTM C33 y CSA A23.1, en sus especificaciones dan una relativa amplitud de variación en la granulometría de los agregados finos, pero las especificaciones de otras organizaciones algunas veces son más restrictivas. La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla y tamaño máximo del agregado grueso (grava). Para mezclas pobres o cuando se usan agregados gruesos de tamaño pequeño, es recomendable una granulometría que se aproxime lo más que se pueda al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada criba, para así aumentar la manejabilidad. En mezclas ricas, por economía, son más convenientes las granulometrías gruesas. Comúnmente, si se mantiene constante la relación agua-cemento y se elige correctamente la relación agregado fino-agregado grueso, puede usarse una amplia variación en la granulometría, sin que se produzca un efecto apreciable en la resistencia.

Las cribas o mallas estándar que se usan para determinar la gradación de los agregados finos son las No. 4, 8, 16, 30, 50 y 100, que están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadrículadas. Los agregados finos que pasan las cribas números 50 y 100 afectan la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial, y la exudación del concreto. Algunas especificaciones permiten que la criba número 50 deje pasar del 10 al 30 por ciento de la muestra. El límite inferior es suficiente si el colado es fácil o se hace mecánicamente como en los pavimentos; pero en los pisos de cemento acabado a mano, o si se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino tal que pase por lo menos el 15 % por la malla No. 50 y el 13 % o más pase la No. 100.



Las granulometrías comprendidas dentro de los límites de las especificaciones antes mencionadas, satisfacen generalmente la mayor parte de los concretos permitiendo reducir los porcentajes mínimos de los materiales que pasan las cribas No. 50 y 100<sup>a</sup> 5 o 0 respectivamente siempre que se cumplan los siguientes requisitos:

1. El agregado se use en concretos con aire incluido, que contenga más de 192.53 Kg de cemento por 0.765 m<sup>3</sup> con una proporción de aire del 3 % por lo menos.
2. Se use más de 233.30 Kg de cemento por m<sup>3</sup> de concreto sin inclusión de aire.
3. Usarse un aditivo mineral para suplir la diferencia del material que pasa por estas cribas.
4. Que el agregado fino no tenga más del 45 % de retenido entre dos cribas estándar consecutivas.



5. O el módulo de finura no es menor del 2.3 o mayor de 3.1, ni varía más de 0.20 del valor supuesto al elegir las proporciones del concreto.

### I.1.3. Módulo de Finura

El modulo de finura (MF) del agregado, es un indicador que describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El MF de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas Número 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y, dividiendo el total entre cien. Cuando mayor sea el MF, más grueso es el agregado.

El MF es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

#### Ejemplo

Del siguiente análisis granulométrica calcular el modulo de finura.

No. DE MALLA	% DE RETENIDO	% DE RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	0	0	100
8	9	9	91
16	22	31	69
30	24	55	45
50	10	65	35
100	23	88	12

$$MF = (0+9+31+55+65+88)/100 = 248/100 = 2.48 \approx 2.5$$

El rango del módulo de finura de la arena es de 2.3 a 3.1 y se clasifica según su MF de la manera siguiente:

<b>ARENA</b>	<b>MÓDULO DE FINURA</b>
Fina	Menor de 2.3
Mediana	De 2.3 a 3.1
Gruesa	Mayor de 3.1

#### **I.1.4. Granulometría del agregado grueso (gravas):**

Si la proporción de un agregado fino produce un concreto manejable, la granulometría de un agregado grueso de un tamaño máximo puede variar dentro de un rango relativamente amplio sin causar efectos apreciables en las cantidades necesarias de cemento y agua. Si las variaciones en la granulometría del agregado grueso son muy grandes, las propiedades de las mezclas deben cambiarse para producir concretos trabajables. Ya que es difícil conocer las variaciones con anticipación, regularmente resulta más económico mantener uniforme el transporte, el procesamiento y la fabricación del agregado grueso que ajustar las proporciones por las variaciones en la gradación.

El tamaño máximo del agregado grueso es un factor muy importante en la economía. La cantidad de agua necesaria por metro cúbico de concreto para una consistencia y agregado grueso dado, es casi constante para una amplia variación de necesidades del cemento. Generalmente se requiere de más agua para los agregados de tamaños pequeños que para los tamaños máximos grandes.

Proporción de agua, lb por yd <sup>3</sup> de concreto						
350						
300						
250						
200	1	2	3	4	5	6
0						

Tamaño máximo del agregado grueso en pulgadas

En la gráfica se muestra la cantidad de agua necesaria por m<sup>3</sup> de concreto, con un revenimiento de 3 a 4 pulgadas para varios tamaños de agregado grueso. Está claro que para una relación agua-cemento dado, la cantidad necesaria de cemento disminuye al aumentar el tamaño máximo del agregado grueso. El incremento del costo por manejar agregados mayores de 2 o 2 1/2 pulgada, puede contrarrestarse por la economía en el cemento. También el uso de agregados de tamaños máximos diferentes puede dar resistencias ligeramente diferentes en el concreto para la misma relación agua-cemento. En algunas ocasiones, con la misma relación agua-cemento, el concreto de agregado máximo menores ofrece mayor resistencia a la compresión.

La mejor forma de elegir el tamaño máximo del agregado es tomar en cuenta el elemento estructural que se va a construir con el concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo. En conclusión, el tamaño máximo del agregado no debe exceder de:

1. Una quinta parte de la dimensión de los miembros sin refuerzo.
2. Tres cuartos del espacio libre entre las varillas de refuerzo y los moldes.
3. Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

Estos requisitos pueden no tomarse en cuenta si, el responsable de la obra considera que la mezcla es lo suficientemente manejable para que el concreto pueda colarse sin formarse vesículas o huecos.

### **I.1.5. Agregados con granulometrías discontinuas.**

Cuando se utilizan agregados con granulometrías discontinuas, es decir, cuando faltan tamaños de partículas puede producirse segregación especialmente en los concretos sin aire incluido y con revenimientos mayores de 3 pulgadas aproximadamente,

Si se desea una mezcla dura, los agregados de granulometrías discontinuas pueden producir resistencias más elevadas que con agregados normales usando proporciones iguales de cemento. Los agregados con granulometrías discontinuas se usan de manera satisfactoria en concretos sin revenimiento, y consolidados de manera mecánica.

### **I.1.6. Análisis granulométrico.**

Para llevar a cabo el estudio granulométrico de los agregados o sea, la separación del material, se deben tener muestras originales (arena y grava) hechas por medio de una separación mecánica o por cuarteo y contar además, con el siguiente:

#### **Material y Equipo**

- Grava (5Kg)
- Arena (500 gr)
- Mallas estándar
  - Para gravas: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y No. 4.
  - Para arenas: No. 8, 16, 30, 50, 100 y 200.
- Balanza de torsión de 1 Kg de capacidad y 0.1 gr de sensibilidad.
- Báscula de 125 Kg de capacidad.

- Horno de secado
- Cepillo para mallas
- Partidor de muestras
- Cucharón metálico
- Charolas de lámina galvanizada.
- Pala de punta cuadrada.



## PRÁCTICA No. 1

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (GRAVAS)

---

#### Objetivo

Obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de agregado grueso.

#### Procedimiento

1. Para realizar el análisis granulométrico de la grava, es necesario tener una muestra no menor de 25 Kg, la cual se reducirá por cuarteo hasta tener una muestra representativa.
2. Una vez que se ha pesado la muestra, ésta se cribará a través de las mallas especificadas, mismas que se sobreponen de mayor a menor abertura.
3. Luego se separan en charolas los retenidos de cada una de las cribas, cuidando que no queden partículas aprisionadas entre los alambres.
4. Enseguida se pesa el material que ha quedado retenido en cada una de las mallas, anotando los valores de los pesos obtenidos en la siguiente tabla para luego hacer los cálculos necesarios. Las porciones de material retenido en cada malla deben conservarse por separado por si es necesario comprobar nuevamente los pesos de cada retenido.
5. Para obtener el módulo de finura (MF) de las gravas, se suman los porcentajes acumulados retenidos en las mallas utilizadas dividiendo la suma entre 100, más 5 unidades (Número de mallas de la arena).

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA GRAVA

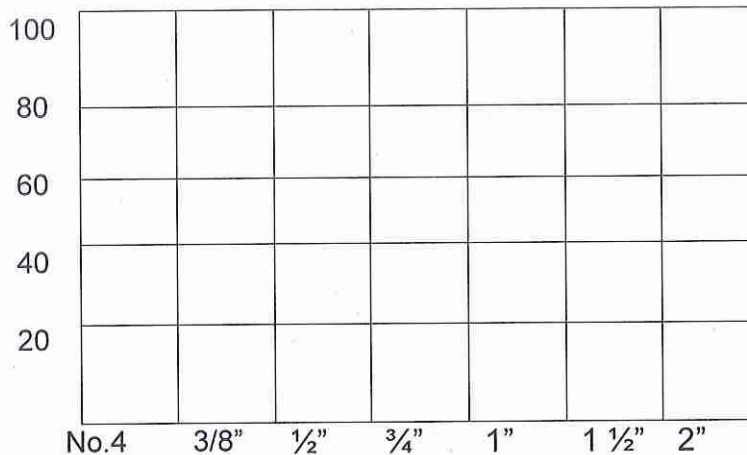
No. DE MALLA	PESO RETENIDO	% DE RETENIDO PARCIAL	% DE RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3" (75 mm)				
2 1/2" (63.5 mm)				
2" (50 mm)				
1 1/2" (40 mm)				
1" (25 mm)				
3/4" (20 mm)				
1/2" (12.5 mm)				
3/8" (10 mm)				
No. 4				
Charola				

Tabla No.1

Módulo de Finura (MF) =  $(\sum \% \text{ Retenido Acumulado} / 100) + 5$

### LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DE LA GRAVA ESPECIFICADOS POR ASTM

% DE MATERIAL QUE PASA POR MALLAS DE LABORATORIO									
TAMAÑO DE MALLA	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8
2" a No. 4	100	95-100	---	35-70	---	10-30	---	0-5	---
1 1/2" a No. 4	---	100	95-100	---	35-70	---	10-30	0.5	---
1" a No. 4	---	---	100	95-100	---	25-60	---	0-10	0-5
3/4" a No. 4	---	---	---	100	90-100	---	20-55	0-10	0-5
1/2" a No. 4	---	---	---	---	100	90-100	40-70	0-10	0-5



## PRÁCTICA No. 2

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (ARENAS)

---

#### Objetivo

Conocer la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de agregado fino, así como su módulo de finura

#### Material y Equipo

Antes señalado.

#### Procedimiento

1. Se cuartea la muestra total de arena seca hasta obtener 500 gr con una aproximación de 0.1 gr.
2. Las mallas donde se cernirá la muestra se sobreponen de mayor a menor abertura.
3. Una vez pesada la muestra se vierte sobre la malla superior (No. 8), iniciándose la operación de cribado. Que consiste en tomar la serie de mallas sobre los dedos e inclinarlas de un lado a otro, a la vez que se golpean con las palmas de las manos.
4. Ya que se observa que por cada malla ha pasado todo el material menor que su abertura, se continua moviendo la malla por 1 minuto para comprobar que no pasa más del 1 % del retenido.
5. Las porciones retenidas en cada malla se vacían en recipientes separados cuidando de que las mallas queden completamente limpias, para eso se utiliza el cepillo de alambre o la brocha, según la abertura.
6. Enseguida se pesa el material que ha quedado retenido en cada una de las mallas, anotando los valores de los pesos obtenidos en la siguiente tabla para luego hacer los cálculos necesarios. Las porciones de material retenido en cada malla deben conservarse por separado por si es necesario comprobar nuevamente los pesos de cada retenido.



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA

No. DE MALLA	PESO RETENIDO	% DE RETENIDO PARCIAL	% DE RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3/8"				
4				
8				
16				
30				
50				
100				
200				
Charola				
SUMA TOTAL				

Tabla No.2

Módulo de Finura (MF) =  $(\Sigma \% \text{ Retenido Acumulado}) / 100$

### LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DE LA GRAVA ESPECIFICADOS POR ASTM

MALLA No.	ABERTURA (mm)	% DE FINOS QUE PASAN
3/8"	9.510	100
4	4.760	95 – 100
8	2.380	80 – 100
16	1.190	50 – 85
30	0.595	25 – 60
50	0.297	10 – 30
100	0.149	2 – 10

100						
80						
60						
40						
20						
	100	60	30	16	8	No. 4 3/8"

## CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 1-2.

- 1.-¿Cuáles son las características de los agregados que influyen principalmente en la resistencia del concreto?
- 2.-¿Cómo afecta la granulometría de los agregados a la resistencia del concreto?
- 3.- ¿En qué consiste el análisis granulométrico?
- 4.-¿Por qué razón se han especificado límites en la granulometría y el tamaño máximo de los agregados?
- 5.-¿Cuáles son los números de mallas que se utilizan para la gradación del agregado grueso?
- 6.-¿Qué sucede con el agregado fino que pasa la malla No. 100, si se excede su límite permisible?
- 7.- ¿En que consiste el Módulo de Finura en los agregados?
- 8.-¿Cuáles son los requisitos que se deben considerar para elegir el tamaño máximo de los agregados?
- 9.-¿Cómo se afecta el concreto por la granulometría discontinua de los agregados?
- 10.-¿Cuáles son los números de mallas que se utilizan para la gradación del agregado grueso?

## II. PESO VOLUMÉTRICO, SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS

### II.1 INTRODUCCIÓN

El peso Volumétrico es la relación que existe entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en  $\text{Kg}/\text{m}^3$ . Se utilizan dos valores para esta relación dependiendo del sistema de acomodo que se le dé al material, éstos son: peso volumétrico suelto y peso volumétrico compactado, el uso de uno u otro, depende de las condiciones de manejo a que estén sujetos los materiales.

#### **Peso Volumétrico Suelto (PVS):**

Se usa para la convención de peso a volumen, es decir, para conocer el consumo de agregado por  $\text{m}^3$  de concreto.

#### **Peso Volumétrico Compactado (PVC):**

Es para el conocimiento del volumen de materiales apilados y que están sujetos a acomodamientos o asentamiento provocados por el tránsito o por la acción del tiempo. El valor del peso volumétrico, para ambos casos, se obtiene con agregados secos a la intemperie.

El Peso volumétrico unitario (PVU), se le determina comúnmente a los materiales heterogéneos o discontinuos como el concreto, arena, grava, mercancías, etc., con el propósito de conocer el peso de material necesario para llenar un volumen de  $1 \text{ m}^3$ .

El término PVU se usa frecuentemente en la construcción porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los huecos. Para el ingeniero o constructor es importante poder hacer comparaciones entre los pesos de los materiales heterogéneos o discontinuos por los tipos de problemas que se le presentan en la obra. Así por ejemplo, al construirse un almacén, debe tenerse en cuenta que el suelo soportará todos los pesos de las mercancías y el peso propio de la

estructura; por lo tanto, la construcción debe estar sustentada por un suelo que sea lo suficientemente resistente para soportar las cargas, así pues, un piso destinado a soportar materiales pesados, deberá presentar mayor resistencia que otros pisos destinados a soportar materiales ligeros.

### **Selección del material**

Por lo anterior, es necesario conocer el peso por unidad de volumen de los materiales de construcción, que como ya sabemos se conoce como PESO VOLUMÉTRICO (PV). Dado que estos pesos se refieren a volúmenes aparentes, no pueden considerarse exactos para cada material, por lo que se determina un valor promedio.

Para conocer el PV de los agregados, primeramente se selecciona el material por medio del cuarteo y, así tener una muestra que será representativa del total del material existente. El cuarteo puede realizarse por dos métodos: manual y mecánico, siendo el primero el que se utilizará en esta práctica, para el cual se requiere del siguiente equipo:

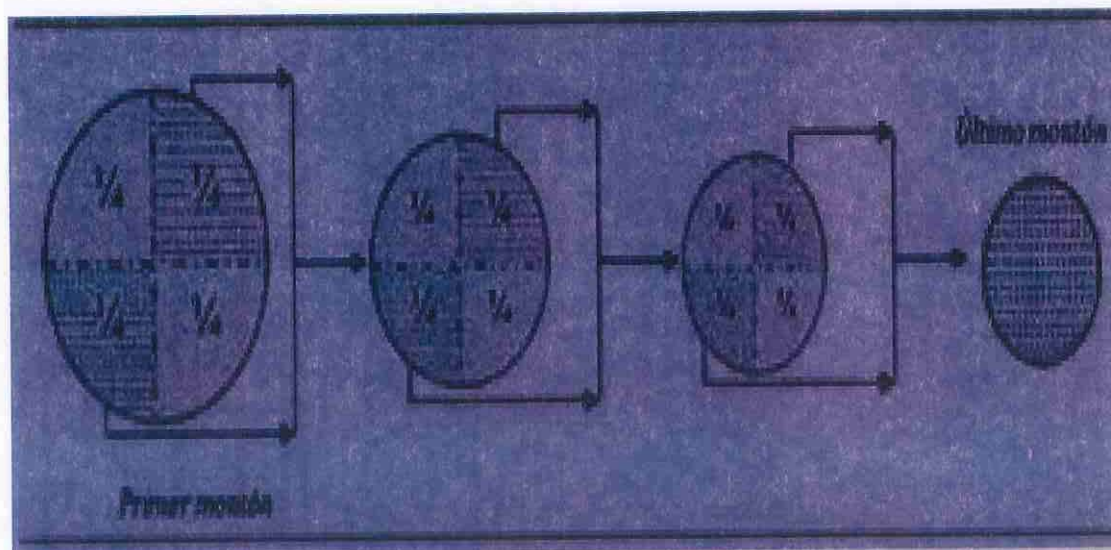
- Pala con punta cuadrada
- Bote de lámina de 18 litros
- Cable
- Lámina, tarima o lona de 1.50x1.50 metros
- Cuarteador

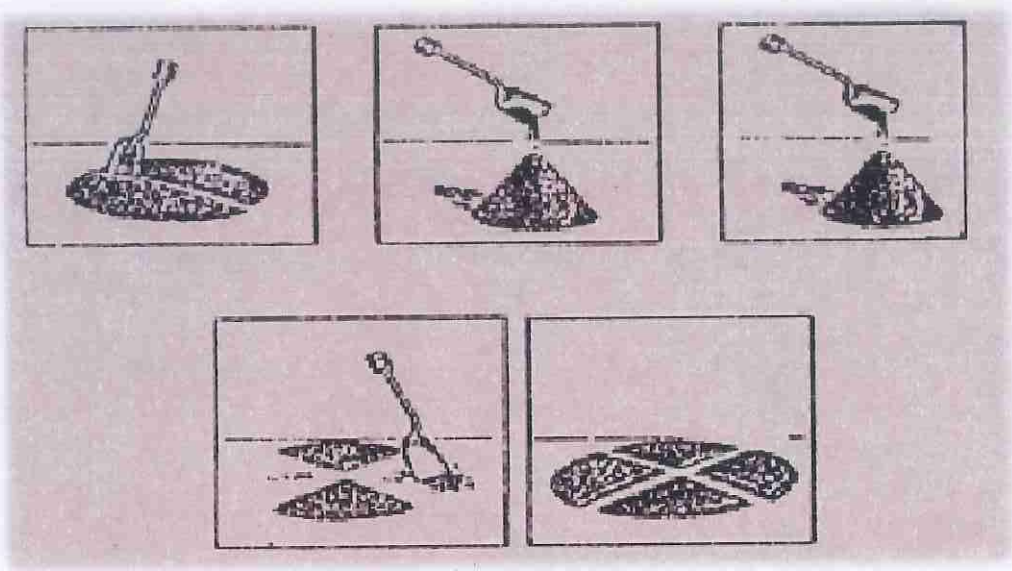
### **Procedimiento del cuarteo**

El cuarteo se hace con el objeto de reducir a un tamaño conveniente una muestra de agregado y que sea representativa de todo el material. Para realizar el cuarteo se siguen los siguientes pasos:

1. Se pone la muestra sobre la lámina o tarima y con la pala se mezcla muy bien, formando después un cono.

2. El cono se aplana con la pala y se extiende el material formando un círculo de espesor uniforme.
3. Enseguida se divide el material en cuatro partes iguales y se separa.
4. Se toma el material de dos cuartos opuestos y se apartan; si los otros dos cuarteos son suficientes para la prueba que se va a realizar se envasa el material y, si no lo es, se repiten los pasos anteriores cuantas veces sea necesario para ir reduciendo la cantidad de muestra al peso que se requiera.





## PRÁCTICA No. 3

---

### PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS) DE LA GRAVA

#### Objetivo

Determinar el peso volumétrico suelto del agregado grueso en estado seco.

#### Equipo:

- Báscula
- Cucharón
- Recipiente con capacidad de volumen y peso conocido
- Varilla con punta de casquete esférico (o punta de bala), de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud.
- Rasero o hilo enrasador
- Charolas

#### Procedimiento

1. Una vez que se ha cuarteado el material, se toma la muestra con el cucharón y se vierte en el recipiente con capacidad de volumen conocido, dejándolo caer libremente en forma de espiral hasta llenarlo completamente.
2. Si la grava es de diámetro pequeño se enrasa el recipiente, utilizando el hilo para retirar todo el material sobrante que se opone al libre deslizamiento. Si la grava es de dimensiones grandes, el enrase puede hacerse con la mano, evitando que el material sobresalga de los bordes del recipiente.
3. Los espacios vacíos que hayan quedado durante el enrase, se llenan acomodando el material en ellos de forma manual, pero sin ejercer presión alguna.

4. Se pesa el recipiente con su contenido de grava. Se recomienda que tanto para el PVS como para el PVC de los agregados, se obtenga como mínimo tres pesos con la idea de lograr un peso volumétrico promedio. Reportándose de la siguiente manera:

**Pesos obtenidos (recipiente + material):**

$$P_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

$$P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

$$P_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

$$\text{Peso Promedio} = (P_1 + P_2 + P_3) / 3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

**Nota:** El **Peso Promedio** (recipiente + material), se registra en la Tabla No. 3, donde se realizarán los cálculos correspondientes para obtener el PVS del agregado grueso (grava).



## **PRÁCTICA No. 4**

### **PESO VOLUMÉTRICO SUELTO (PVS) DE LA ARENA**

---

#### **Objetivo**

Determinar el peso volumétrico unitario del agregado fino, en estado seco suelto.

#### **Equipo:**

- Báscula
- Cucharón
- Recipiente con capacidad de volumen y peso conocido
- Varilla con punta de casquete esférico (o punta de bala), de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud.
- Rasero o hilo enrasador
- Charolas

#### **Procedimiento**

1. En un recipiente con capacidad de 2.83 litros o cualquier otro volumen conocido, se vierte la arena dejándola caer libremente y de manera continua desde una altura de 50 mm aproximadamente a partir del borde del recipiente, hasta que el material de los lados llegue al borde de él y, en el centro se haya formado un cono natural.
2. Enseguida se pasa el hilo enrasador sobre el borde del recipiente, tantas veces sea necesario, para obtener una superficie perfectamente plana.
3. Se pesa el recipiente con su contenido de arena y se anota el peso obtenido. Se repite el procedimiento dos veces más para obtener el peso promedio.

**Pesos obtenidos (recipiente + material):**

$P_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

$P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

$P_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

**Peso Promedio =  $(P_1 + P_2 + P_3) / 3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$**

**Nota:** El **Peso Promedio** (recipiente + material), se registra en la Tabla No. 3, donde se realizarán los cálculos correspondientes para obtener el PVS del agregado fino (arena).

## PRÁCTICA No. 5

### PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO (PVC) DE LA GRAVA

---

#### Objetivo

Determinar el peso volumétrico compactado del agregado grueso en estado seco.

#### Equipo:

- Báscula
- Cucharón
- Recipiente con capacidad de volumen y peso conocido
- Varilla con punta de casquete esférico (o punta de bala), de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud.
- Rasero o hilo enrasador
- Charolas

#### Procedimiento

A diferencia de la práctica anterior, esta prueba se realiza compactando el agregado seco. Para esto, se llena el recipiente en tres capas (1/3 de su volumen), las cuales se varillan cada una con 25 golpes en espiral, cuidando que la varilla no penetre más del espesor de la capa en que se trabaja ni se fracture el material.

#### Pesos obtenidos (recipiente + material):

$P_1 =$  \_\_\_\_\_ Kg

$P_2 =$  \_\_\_\_\_ Kg

$P_3 =$  \_\_\_\_\_ Kg

$$\text{Peso Promedio} = (P_1 + P_2 + P_3) / 3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$$

**Nota:** El **Peso Promedio** (recipiente + material), se registra en la Tabla No. 3, donde se realizarán los cálculos correspondientes para obtener el PVS del agregado grueso (grava)

## PRÁCTICA No. 6

### PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO (PVC) DE LA ARENA

---

#### Objetivo

Determinar el peso volumétrico compactado del agregado fino en estado seco.

#### Equipo:

- Báscula
- Cucharón
- Recipiente con capacidad de volumen y peso conocido
- Varilla con punta de casquete esférico (o punta de bala), de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud.
- Rasero o hilo enrasador
- Charolas

#### Procedimiento

Para determinar el PVC de la arena, se sigue el mismo procedimiento de llenado del recipiente que se utilizó para obtener el PVS, con la diferencia de que el recipiente se llenará en tres capas, varillando cada una de ellas con 25 golpes en espiral, teniendo cuidado de que la varilla solo penetre la capa en que se está trabajando.

#### Pesos obtenidos (recipiente + material):

$P_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

$P_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

$P_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Kg}$

Peso Promedio =  $(P_1 + P_2 + P_3) / 3 =$  \_\_\_\_\_ Kg

**Nota:** El **Peso Promedio** (recipiente + material), se registra en la Tabla No. 3, donde se realizarán los cálculos correspondientes para obtener el PVS del agregado fino (arena).

Los pesos volumétricos sueltos y compactados que se han obtenido de los agregados, se anotan en la siguiente Tabla 3:

TIPO DE MATERIAL	PESO MUESTRA +RECIPIENTE (Kg)	PESO DEL RECIPIENTE (Kg)	PESO NETO DE LA MUESTRA (P = Kg)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (V = m <sup>3</sup> )	PESO VOLUMÉTRICO (PV = P/V)	
					SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> )	COMPACTADO (Kg/m <sup>3</sup> )
GRAVA						
GRAVA						
ARENA						
ARENA						

Tabla No. 3

## CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 3, 4, 5 y 6.

1.- ¿Con qué propósito se determina el peso volumétrico a los materiales?

2.- ¿Para qué se realiza el cuarteo de los agregados?

3.- ¿Cómo se realiza el cuarteo a los materiales?

4.- ¿Cuáles son los PV que se le determinan a los materiales?

5.- ¿Por qué en la práctica, es recomendable obtener 3 pesos volumétricos a los agregados?

6.- ¿En qué consiste el peso volumétrico suelto?

7.- ¿En qué consiste el peso volumétrico compactado?

### III. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

#### III.1 INTRODUCCIÓN

La densidad o peso específico es una de las propiedades físicas más importantes de los agregados y, se debe considerar para determinar si los materiales son los adecuados para una mezcla de concreto. Esta propiedad se define aplicando los métodos establecidos en las normas ASTM C-29/C-29 M-97; que además de precisar la densidad, permiten también calcular el porcentaje de vacíos y la absorción que tienen los materiales en un volumen determinado.

El peso específico (PE) de los agregados es de gran trascendencia cuando las condiciones estructurales y propias de un proyecto exigen que el concreto tenga un peso mínimo o máximo. Si se desea un concreto ligero, se emplean agregados naturales o artificiales con bajo PE. La gran mayoría de los agregados de peso normal tienen PE entre 2.4 y 2.9.

El PE es un indicador útil y rápido de la aptitud de un agregado, ya que un valor bajo, indica que se trata de materiales porosos, débiles y absorbentes; los valores altos, indican resistencia y durabilidad. Pero es necesario conocer otras características de los agregados para confirmar su calidad.

Conocer el PE y PV de los agregados, permite valorizar la capacidad de los materiales que se usarán para la elaboración del concreto, pues a mayor PV y PE constante se tiene menor porcentaje de vacíos por lo que se requiere menor cantidad de pasta para un concreto de capacidad y resistencia deseada.

Lo anterior nos permite observar que el PE y el PV de los agregados es requisito determinante para seleccionarlos, tomando en consideración la ligereza, la compactación y resistencia de los morteros y concretos que se desea dosificar para un objetivo determinado.

El concepto de PE relativo o simplemente PE, es utilizado comúnmente por el ingeniero o constructor para comparar el peso de los diferentes materiales de que



puede disponer para un trabajo específico; por ello, deben conocerse bien los materiales.

Si se analiza la siguiente ecuación:

**PE = Peso específico absoluto de un cuerpo / Peso específico del agua**

Se observa que puede sustituirse el PE absoluto de un cuerpo por el peso de un volumen absoluto del mismo cuerpo, siempre que se sustituya el PE del agua por el peso del mismo volumen de agua, sin que cambie el valor numérico de la igualdad. Así que, podemos definir el PE como la relación que existe entre el peso de un volumen absoluto de un cuerpo y el peso de igual volumen de agua, es decir:

**PE = Peso de un volumen absoluto de un cuerpo / Peso de un volumen igual de agua.**

Esta fórmula indica de una manera clara, que el PE de los cuerpos es independiente de su forma geométrica y de su tamaño. Es importante por lo tanto, saber cómo determinar el volumen absoluto de un cuerpo de forma irregular o de cualquier material. Si se tiene una muestra de forma regular, se puede hallar su volumen con las medidas de esta figura, y por geometría, sacar el volumen que tiene.

Si por el contrario, no se cuenta de una figura geométrica pareja como en el caso de los agregados, se debe emplear otros métodos, cómo es el desplazamiento del agua, ya que al meterlos al recipiente que la contiene, se puede llegar a calcular el volumen de la muestra. Con este método, se debe tener cuidado de que el material no absorba agua, porque de lo contrario, se estarían alterando los resultados.

En conclusión se entiende, que el peso específico es el cociente de dividir el peso de las partículas de un agregado entre el volumen de las mismas sin considerar el vacío entre ellas. Este ensayo se encuentra regulado por las siguientes normas:

• ASTM C127, C128 y • NTP 400.002

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 kg por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). El peso unitario (o densidad) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, del contenido de agua, del módulo de finura y tamaño máximo de los agregados.

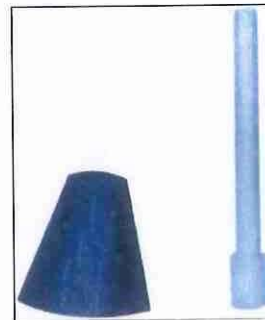
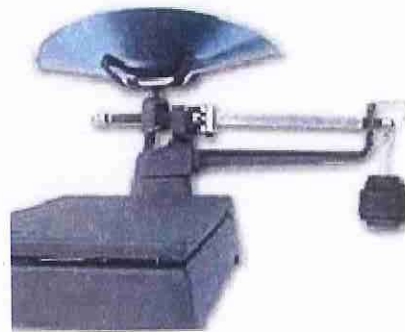
La densidad o peso específico de los agregados por lo general varía entre los siguientes valores:

MATERIAL	DENSIDAD	
	$\text{Kg/dm}^3$	$\text{Kg/m}^3$
Arena fina y seca de 1,4 a 1,65	1.5	1500
Arena fina y húmeda de 1,9 a 2,05	1.99	1990
Arena gruesa 1,4 a 1,5	1.45	1450
Grava 1,8	1.8	1800
Gravilla de río seca 2,3 a 2,7	2.7	2700
Gravilla de río húmeda 2,5 a 2,85	2.85	2850

## ABSORCIÓN

La absorción es la cantidad de agua que es capaz de absorber un material inicialmente seco, después de estar sumergido durante 24 horas en ella. La absorción se expresa como porcentaje y depende directamente de la porosidad del material y de la intercomunicación de sus poros. Determinar la absorción de los agregados es de suma importancia, pues fija la cantidad de agua en la dosificación de los morteros y concretos hidráulicos, ya que además del agua necesaria para la hidratación de los aglomerantes hay que agregar la que absorberán los agregados, de lo contrario faltará agua para la reacción de hidratación y fraguado.

El porcentaje de absorción también sirve para orientar al constructor sobre la estabilidad que presentarán los morteros y concretos; ya que el agua contenida en los agregados puede provocar variaciones en sus volúmenes y ocasionar serios daños en los elementos estructurales. Los materiales que presentan menor porcentaje de absorción garantizan mayor seguridad, mejor control del agua en el proporcionamiento, menor ligereza y mayor resistencia en los concretos.



## **PRÁCTICA 7**

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA GRAVA**

---

#### **Objetivo**

Determina el peso específico y la absorción del agregado grueso (grava) en su estado saturado y superficialmente seco.

Para el peso específico se requiere el siguiente:

#### **Material y Equipo:**

- Grava en estado saturado superficialmente seca (ESSS)
- Báscula de 125 Kg de capacidad
- Recipiente aforado (Picnómetro)
- Charolas de lámina galvanizada
- Cucharón
- Probeta graduada de 1000 ml
- Vaso de precipitado
- Toallas de papel absorbente o franela.

#### **Procedimiento**

1. Se llena el recipiente aforado con agua potable.
2. Se toma la muestra del material que se dejó sumergido en agua por 24 horas y se seca superficialmente con la franela o las toallas de papel.
3. Se pesan 5 Kg de material saturado y superficialmente seco.
4. Se vierte el material poco a poco en el recipiente aforado, evitando salpicaduras y que arrastre aire.

5. El volumen de agua desalojado se recoge en el vaso y se mide cuando termine completamente el escurrimiento, se registra el valor observado para realizar el cálculo mediante la siguiente fórmula:

**Peso Específico = Peso de la muestra / Volumen del agua**

O bien:

$$Pe = Pm / V$$

Dónde:

**Pm** = Peso del material en el aire, en estado saturado superficialmente seco.

**V** = Volumen del agua desalojado igual al volumen de la muestra.

**Por lo tanto:**

$$Pe = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gr} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gr/cm}^3$$

**NOTA:** El Peso Específico que se ha obtenido, se reporta en la tabla No. 4.

### **Absorción**

Para obtener la absorción de la grava se requiere lo siguiente:

#### **Equipo:**

- Báscula de torsión de 1 Kg de capacidad y 0.1 gr de sensibilidad
- Estufa
- Charola de lámina galvanizada
- Placa de vidrio
- Espátula
- Toallas de papel absorbente o franela.

## Procedimiento

1. Se toma la muestra del material previamente sumergido en el agua por 24 horas y se seca con la franela o toallas de papel absorbente.
2. Se pesa 1 Kg de grava en estado saturado y superficialmente seca (PESSS), y se anota como peso húmedo (Ph).
3. Se vierte el material en la charola y se coloca ésta en la estufa para secarlo, esperando el tiempo que sea necesario hasta que el material pierda toda su humedad, comprobando esto con el vidrio.
4. Una vez que se ha secado el material, se deja enfriar y se procede a pesarlo, anotando dicho valor como peso seco (Ps), luego se realizan los cálculos correspondientes de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de Absorción (\%)} = ((Ph - Ps) / Ps) \times 100$$

Dónde:

Ph = Peso del material en estado saturado superficialmente seco.

Ps = Peso del material seco.

Por lo tanto:

$$\% \text{ de Absorción} = ((\text{_____ gr} - \text{_____ gr}) / \text{_____ gr}) \times 100$$

$$\% \text{ de Absorción} = \text{_____}$$

**Nota:** El % de absorción obtenido se reporta en la Tabla No.5.

## **PRACTICA No. 8**

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LA ARENA**

---

#### **Objetivo**

Determinar la densidad de la masa (o peso unitario) de la arena en su estado saturado y superficialmente seca (ESSS), de acuerdo a la norma ASTM C – 29 para concreto, con el fin de utilizarla en el diseño de mezclas de concreto.

Para obtener el peso específico y absorción de la arena se requiere lo siguiente:

#### **Material y Equipo:**

- Arena en estado saturado superficialmente seco.
- Balanza de torsión de 1 Kg de capacidad y 0.1 gr de sensibilidad.
- Charola de lámina galvanizada.
- Molde o cono truncado de latón galvanizado de 88.9 mm de diámetro inferior y 38.1 mm de diámetro superior por 73.0 mm de altura.
- Pisón metálico de 336 gr de peso y 25.4 mm de diámetro en su cara de apisonar.
- Placa de vidrio.
- Estufa o parrilla.
- Cuchara de albañil.
- Probeta graduada.

#### **Absorción**

#### **Procedimiento**

Para tener una arena en estado saturado y superficialmente seca.

1. Se toma la muestra que se encuentra sumergida en agua desde 24 horas antes, escurriéndose el agua excedente.
2. Se extiende sobre la placa de vidrio.

3. Se remueve constantemente hasta que se considere que solo ha perdido el agua superficial.
4. Se llena el molde compactando suavemente con el pisón, dando 25 golpes en total.
5. La arena debe quedar completamente al ras del molde.
6. Se levanta suavemente el molde observando el comportamiento de la arena moldeada. Si la arena muestra una superficie plana en la parte superior, repítanse los pasos del 2 al 6 hasta que la arena forme un cono al retirarle el molde. Esto es un indicador de que la arena se encuentra superficialmente seca.
7. Para determinar la absorción de la arena. Se pesan inmediatamente 100 gr de la arena con la que se formó el cono y se anota su peso en la tabla correspondiente (Peso en Esss = Ph).
8. Se coloca la arena en una charola y se seca esta muestra en la estufa hasta que haya perdido totalmente la humedad.
9. Se enfría la muestra y se pesa nuevamente, registrándose su nuevo peso. (Peso seco = Ps).
10. Se realiza el cálculo correspondiente mediante la siguiente fórmula.
11. **Porcentaje de Absorción = ((Peso húmedo - Peso seco) / Peso seco) x 100**

**O bien:**

$$\% \text{ de Absorción} = ((Ph - Ps) / Ps) \times 100$$

$$\% \text{ de Absorción} = (( \text{_____ gr} - \text{_____ gr} ) / \text{_____ gr} ) \times 100$$

**Nota:** El valor obtenido representa el porcentaje de absorción de la arena y, se debe registrar en la Tabla No. 5.



## Peso Específico

Para obtener el peso específico (Pe) de la arena se hace el siguiente:

### Procedimiento

1. Se pone 150 ml de agua potable en la probeta (volumen determinado  $V_i$ ).
2. Se pesan 50 gr de arena con la que formó el cono (en ESSS).
3. Se pone la arena en la probeta y se agita un poco para eliminar el aire atrapado.
4. Se coloca la probeta sobre una superficie plana y completamente horizontal y se deja reposar un tiempo para que se sedimente el material.
5. Después de que el material se ha sedimentado se lee el nuevo volumen del agua ( $V_f$ ) y se registra el dato, luego se realiza el cálculo de la siguiente manera:
6. Primero se determinan el volumen de la muestra ( $V_m$ ) que viene a ser igual al volumen del agua desalojada.

Volumen de la muestra = Volumen final – Volumen inicial

Es decir,  $V_m = V_f - V_i$ .

Después se calcula el Pe aplicando la fórmula:

Peso específico = Peso de la muestra en ESSS / Volumen de la muestra

O bien:  $Pe = P_{ESSS} / V_m$

$Pe = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gr} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gr/cm}^3$

**Nota:** El valor obtenido representa el Pe de la arena y, se debe registrar en la Tabla No. 4.

**TABLA PARA DENSIDADES O PESO ESPECÍFICO**

TIPO DE MATERIAL	PESO EN ESSS (gr)	VOLUMEN DESALOJADO (cm <sup>3</sup> )	DENSIDAD (o Pe) Pe = PESSS / Vm (gr/cm <sup>3</sup> )
Grava			
Arena			

Tabla No.4

**TABLA PARA % DE ABSORCIÓN**

TIPO DE MATERIAL	PESO EN ESSS (gr)	PESO SECO (gr)	% DE ABSORCIÓN % de Abs. = ((Ph - Ps) / Ps) x 100
Grava			
Arena			

Tabla No. 5

ESSS = Estado saturado superficialmente seco.

## CUESTIONARIO DE PRÁCTICAS No. 7 y 8.

---

- 1.- ¿Qué es Peso Específico?
  
- 2.- ¿Qué indica el Peso Específico en los agregados?
  
- 3.- ¿Por qué es importante conocer el Peso Específico de los agregados?
  
- 4.- ¿Qué es la absorción de los agregados?
  
- 5.- ¿De qué depende la absorción en los agregados?
  
- 6.- ¿Por qué es importante conocer la capacidad de absorción d los agregados?
- 7.- ¿Qué otra ventaja representa conocer el porcentaje de absorción de loa agregados?
  
  
- 8.- ¿Qué datos se requieren para determinar el Peso Específico de los agregados?

9.- ¿Qué datos se requieren para determinar el porcentaje de absorción de los agregados?

10.- ¿Por qué afecta la absorción de los agregados la relación agua-cemento?

## IV. IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO

### IV.1 INTRODUCCIÓN

En los agregados finos naturales a veces se presenta exceso de partículas finas o polvos, los cuales encarecen la mezcla y la hacen menos plástica. Las sustancias perjudiciales pueden ser: impurezas orgánicas, limos, arcilla, carbón de piedra, lignito o algunas partículas blandas y ligeras. La mayoría de las especificaciones como las que establecen las normas: **ASTM C 33-03** (Especificación para los agregados del concreto) y, **ASTM C 87-03** (Método de prueba para el efecto de impurezas orgánicas del agregado fino en el esfuerzo del mortero), limitan las cantidades permisibles de estas sustancias en los agregados, ya que la presencia de ellas en grandes cantidades afectan la hidratación del cemento y el desarrollo consecuente de la resistencia del concreto.

Normalmente esas impurezas se evitan por medio de un adecuado lavado, eliminando por completo la tierra vegetal. Así también, para detectar el contenido orgánico en la arena se realiza la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, que detalla la norma ASTM C 40. Algunas impurezas en la arena pueden dar indicación de un elevado contenido orgánico pero, en realidad, no ser dañino. Se puede determinar esta posibilidad por medio de desarrollar el ensayo descrito en ASTM C 87.

La presencia excesiva de partículas finas en la arena provoca lo siguientes:

- **Las impurezas orgánicas:** Pueden retrasar el fraguado o el endurecimiento del concreto, o producir deterioro en algunos casos. Por ejemplo, la presencia de un pequeño porcentaje de azúcar puede impedir el fraguado del concreto durante varios días.
- **El limo y la arcilla:** Son materiales muy finos que pasan por la malla No. 200 y, pueden estar presentes como polvos o en forma de recubrimiento de

loas partículas del agregado, impidiendo de esta manera la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado. Si el porcentaje de limo o arcilla es alto, la cantidad de agua necesaria aumenta mucho.

- **El carbón de piedra o lignitos:** Estos y otros materiales ligeros como la madera o materiales fibrosos, en cantidades excesivas, pueden afectar la durabilidad del concreto. Si estas impurezas están cerca o en la superficie pueden desintegrarse, reventar o producir manchas.
- **Las partículas blandas:** Son perjudiciales ya que afectan la durabilidad y la resistencia al desgaste del concreto y pueden producir reventones. Si son quebradizas pueden romperse durante la mezcla y aumentar por lo tanto la demanda de agua.

### **Determinación de sales**

Los agregados pueden estar contaminados además de limo, arcilla, carbón y sustancias orgánicas, por sales u otros materiales. Todas estas sustancias perjudican a los morteros y hormigones de muy diversas formas; como rebajar su calidad, disminuir su resistencia y capacidad de duración y darle feo aspecto; su presencia complica la operación de mezclado y fabricación. Los porcentajes admisibles de estas impurezas se estipulan en las normas relativas, pero afortunadamente, la mayoría de los excesos de materias perjudiciales pueden separarse por tratamientos sencillos; por ejemplo: el limo, la arcilla, sales solubles y materiales ligeros pueden separarse, como ya se ha mencionado, por el proceso de lavado. La cantidad de porcentaje de sales, requiere la intervención directa del laboratorio y es indispensable un determinado máximo cuando se trata de agregados expuestos a este tipo de contaminación o que por su localización y origen se este seguro de que la contiene



## **PRÁCTICA No. 9**

### **IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO**

---

#### **Objetivo**

Identificar la presencia de materia orgánica en el agregado fino.

Para determinar el grado (%) de impurezas contenidas en agregado fino se realizan varias pruebas para lo cual es necesario el siguiente:

#### **Material y Equipo**

- Arena en estado seco.
- Balanza de torsión de 1 Kg de capacidad y 0.1 gr de sensibilidad.
- Charola de lámina galvanizada para el lavado y secado de la arena..
- Solución de Hidróxido de sodio.
- Parilla o estufa.
- Malla No. 200.
- Cuchara de albañil pequeña o espátula.
- Carta de colores.
- Botellas de vidrio incoloro y graduado con capacidad de 250 ml a 300 ml, con tapón de hule (biberones).

#### **Procedimientos**

##### **a) Pérdida por lavado**

Esta prueba sirve para determinar el porcentaje de finos, arcilla o limos contenidos en la arena.

1.- Se toma una muestra representativa de la arena en estudio, que pese 500 gr aproximadamente.

2.- Se vierte en la malla No. 200 y se procede a lavarla hasta que el agua salga clara.



- 3.- Se pone la arena lavada en una charola y se seca en la parrilla o estufa.
- 4.- Después de secada se deja enfriar y se pesa nuevamente.
- 5.- Se anotan los valores obtenidos en la tabla correspondiente y se hacen los cálculos mediante la fórmula indicada.

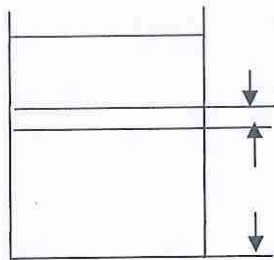
TIPO DE MATERIAL	PESO SECO ORIGINAL ( $P_{S1}$ )	PESO SECO FINAL ( $P_{S2}$ )	% DE FINOS $=(( P_{S1} - P_{S2} ) / P_{S1} ) \times 100$

**Tabla No. 6**

**b) Diferencia de altura**

Otra forma de determinar el contenido de materia orgánica es por la diferencia de alturas entre la arena y los finos.

- 1.- Se pone arena en la botella hasta la marca de 125 ml.
- 2.- Se le pone agua hasta superar la altura de la arena (200 ml).
- 3.- Se tapa la botella con el tapón y se agita vigorosamente durante 2 minutos, después se deja reposar durante 24 horas.
- 4.- Después de este tiempo se mide cada una de las alturas, se registran en la Tabla 7 y se hace el cálculo correspondiente.



TIPO DE MATERIAL	ALTURA TOTAL (H <sub>T</sub> )	ALTURA DE FINOS (H <sub>F</sub> )	% DE FINOS = (H <sub>F</sub> / H <sub>T</sub> ) x 100

Tabla 7

### c) Colorimetría

Para realizar la prueba de colorimetría se siguen los siguientes pasos:

1. Con la muestra representativa de la arena se llena una botella transparente de 12 onzas hasta la señal de 4 ½ onza.
2. Se añade una solución de hidróxido de sodio al 3% hasta que el volumen de arena y líquido después de agitarse sea de 7 onzas. La solución se prepara disolviendo 30 gr de hidróxido de sodio en 1 litro de agua.
3. Se tapa la botella y se agita vigorosamente por espacio de 1 minuto, luego se deja reposar durante 24 horas.
4. Después de que la solución ha reposado 24 horas, se compara el color del líquido que queda por encima de la arena con la carta de colores de la ASTM.
5. La solución más oscura que la solución patrón (color ámbar), indica la presencia de materiales orgánicos en las arenas. Si la solución es de color paja, indica algo de materia orgánica pero no en cantidades como para afectar seriamente el trabajo.
6. Si el color es muy oscuro quiere decir que la arena contiene material orgánico en cantidades peligrosas y no debe usarse, a menos que se lave.

Pero aún así será necesario hacer el nuevamente una prueba de colorimetría y si el color obtenido es más claro que el patrón, la arena se considera adecuada desde el punto de vista orgánico.

Número de color obtenido de acuerdo a la carta de colores: \_\_\_\_\_.

Conclusiones:

## CUESTIONARIO No. 9

---

- 1.- ¿Cómo se afecta al concreto con la presencia excesiva de partículas finas o polvos en los agregados?
- 2.- Menciona algunas de las impurezas que perjudican al concreto.
- 3.- ¿De qué forma se perjudica el concreto por la presencia de impurezas orgánicas?
- 4.- ¿Cómo afectan al concreto la presencia de limo y arcilla?
- 5.- ¿Qué ocasiona la existencia del carbón de piedra en el concreto?
- 6.- ¿Qué tipo de pruebas se realizan para determinar la presencia de impurezas en el agregado fino?
- 7.- ¿Cuál es el límite aceptable que marcan las especificaciones de la ASTM en cuanto a la cantidad de impurezas?
- 8.- ¿Qué datos se requieren para determinar las dos primeras pruebas y que nos muestran?

9.- ¿Para qué se realiza la prueba de colorimetría?

10.- ¿Qué color es el aceptable en la carta de colores de la ASTM, para la prueba colorimétrica?

## V. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

### V.1 INTRODUCCIÓN

El cemento es un elemento que cuando se le agrega agua, ya sea solo o mezclado con arena, piedra u otros materiales semejantes, tiene la propiedad de combinarse con ellos hasta formar una masa endurecida. El poder cementante de este producto es mayor que las cales hidráulicas ya que su fraguado es más rápido (en agua y aire) y porque su resistencia a la compresión es mayor.

Los cementos tipo portland son cementos hidráulicos elaborados con materiales calcáreos tal como la piedra caliza, conchilla, greda o marga y un material arcilloso (de alto contenido de sílice) tal como la arcilla, pizarra o escoria de altos hornos. La materia prima cuidadosamente seleccionada se tritura, pulveriza y se mezclan proporciones adecuadas para efectuar la composición química correcta, vertiéndose en hornos rotatorios que pueden llegar a medir hasta 150 metros de longitud y 3.60 metros de diámetro donde se calcina a temperaturas mayores a 1500 °C hasta formar escoria de cemento (clinker); ésta se enfría y pulveriza, agregándole pequeñas cantidades (3 o 4 por ciento) de yeso para controlar las propiedades de fraguado.

#### V. 1. 2 Propiedades del cemento

Las características físicas y químicas del cemento influyen en las propiedades del concreto endurecido. Sin embargo, la única propiedad del cemento que se utiliza directamente en el cálculo de las proporciones de una mezcla de concreto es el Peso Específico. Para los diferentes tipos de cementos portland especificados en las normas del ASTM C150, el Peso Específico puede suponerse igual a 3.15, sin que implique error apreciable en los cálculos de la mezcla. Para otros tipos de cementos como los hidráulicos combinados, la ASTM C595, recomienda que el PE que se utilice en los cálculos de volumen se determine mediante ensayos.

### V. 1.3 Peso específico del cemento

El peso específico relativo del cemento Portland tipo I, oscila entre 3.1 y 3.2. Cuando el tipo de obra no justifica la determinación exacta del peso específico relativo del cemento, se puede usar el valor de 3.15.

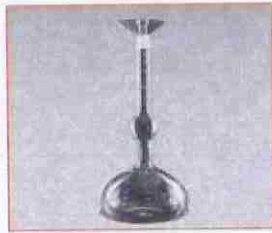
El peso específico relativo es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura. En este caso, la temperatura a la cual se haga la prueba no ocasiona mucha diferencia en los resultados; pero es importante que la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se mantenga constante durante toda la práctica.

La principal utilidad que tiene el peso específico del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto.

De acuerdo a las normas: **ASTM C 188-95 "Density of hydraulic Cement"** (**Densidad del Cemento Hidráulico**) y **AASHTO T-133**, para calcular el peso específico del cemento (PE) es necesario el siguiente:

#### **Material y equipo.**

- Cemento Portland tipo I (64 g aproximadamente).
- Kerosene libre de agua o Nafta con gravedad no menor de 62 API.
- Hielo.
- Frasco Le Chatelier.
- Balanza de 0.01 g de precisión.
- Aparato Baño María a temperatura constante.
- Termómetro de 0.2 C de precisión.
- Espátula.
- Embudo.



### Procedimiento

1. Lavar el frasco Le Chatelier y secar su interior (asegurarse que se encuentre libre de residuos y de humedad).
2. Llenar el frasco Le Chatelier entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda llenar el frasco hasta la marca de 0 ml), con cualquiera de los dos líquidos especificados. Secar el cuello del frasco si es necesario. La determinación del peso específico relativo de los cementos consiste en establecer la relación entre una masa de cemento (g) y el volumen ( $\text{cm}^3$ ) de líquido que ésta masa desplaza en el matraz de Le Chatelier.
3. Sumergir el frasco en Baño María a temperatura ambiente hasta que no existan diferencias mayores de 0.2 C entre la temperatura del líquido dentro del frasco y la temperatura del líquido exterior a éste. Debido a que cuando se desprendan las burbujas de aire el líquido dentro del frasco disminuirá, llenar éste con una pipeta entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda mantener la medida en cero). Anotar en la hoja de reporte el volumen de líquido dentro del frasco y la temperatura de ensayo (temperatura ambiente).
4. Pesar una cantidad de cemento de  $64 \pm 0.05$  g y depositarla en el frasco. Debe tener cuidado al depositar el cemento de evitar salpicaduras y observar que el cemento no se adhiera al interior del frasco por encima del líquido. Se puede utilizar un aparato vibratorio o un embudo para acelerar la colocación del cemento y para evitar que



éste se adhiera al cuello del frasco.

5. Colocar el tapón en el frasco y hacer girar éste en una posición inclinada o girarlo horizontalmente y suavemente en círculo, de tal manera de liberar de aire el cemento hasta que ya no exista escape de burbujas hacia la superficie.
6. Sumergir el frasco en el Baño María y controlar la temperatura de éste tal como se hizo en el numeral 3) de este apartado. Medir el volumen y anotarlo.
7. Para desalojar el cemento del frasco que contiene kerosene, colocar éste boca abajo, sin destaparlo. Mover el frasco, y el cemento se ubicará en las cercanías de la boca de éste. Si quedan residuos de cemento adheridos al frasco, utilice ácido clorhídrico para enjuagarlo.

### **Cálculo**

Para determinar la densidad del cemento (o PE) se hace uso de la siguiente ecuación:

$$c = M / (V_f - V_i)$$

Donde:

M = Masa de la muestra de cemento.

V<sub>i</sub> = Volumen inicial del líquido en cm<sup>3</sup>

V<sub>f</sub> = Volumen final del líquido (después de introducir los 64 g de cemento), en cm<sup>3</sup>

c = Densidad del cemento, en g/cm<sup>3</sup>.

El peso específico relativo del cemento (PERc) se calcula de la siguiente forma:

$$\text{PERc} = c / \text{H}_2\text{O}$$

Donde:

$c$  = Densidad del cemento en  $\text{g/cm}^3$

$\text{H}_2\text{O}$  = Densidad del agua a  $4^\circ\text{C} = 1 \text{ g/cm}^3$

$\text{PERc}$  = Peso específico relativo del cemento (adimensional).

### Ejemplo.

Datos:

Peso del cemento utilizado = 64 g

Volumen inicial del líquido:  $V_i = 0 \text{ cm}^3$

Volumen final del líquido:  $V_f = 20.1 \text{ cm}^3$

Temperatura:  $T = 25.8^\circ\text{C}$

Cálculos:

a) Determinación de la densidad del cemento:

$$c = M / (V_f - V_i) = 64 \text{ g} / (20.1 - 0) \text{ cm}^3$$

$$c = 3.18 \text{ g/cm}^3$$

b) Determinación del peso específico relativo del cemento:

$$\text{PERc} = c / \text{H}_2\text{O} = (3.18 \text{ g/cm}^3) / (1.0 \text{ g/cm}^3) = 3.18$$

## PRÁCTICA No. 10

### PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO

---

#### Objetivo

Determinar el peso específico del cemento, cuya propiedad se utiliza directamente en el cálculo de las proporciones de una mezcla de concreto

#### Material y Equipo

- Cemento Portland tipo I (50 g aproximadamente).
- Balanza de torsión de 1 Kg de capacidad y 0.1 gr de sensibilidad
- Frasco de Le Chatelier
- Embudo chico de tallo largo
- Pipeta volumétrica
- Malla No. 40
- Gasolina

#### Procedimiento

1. Se vierte gasolina al frasco de Le Chatelier hasta una marca determinada que será el volumen inicial ( $V_i$ ).
2. En un recipiente con agua se coloca el frasco de LeChatelier con el objeto de estabilizar la temperatura de la gasolina a la del agua.
3. En la balanza bien calibrada se pesan 50 gr de cemento que se pasó previamente por la malla No. 40 para garantizar que no contiene grumos en un porcentaje mayor al 10 % de la muestra.
4. Se vierten los 50 gr de cemento en el frasco de Le Chatelier, operación que debe hacerse directamente sobre el embudo y con la ayuda del brochuelo.

5. Una vez que se ha vertido todo el cemento se hace girar el frasco con el fin de expulsar las burbujas de aire atrapado.
6. Se deja reposar el frasco por unos segundos en posición vertical, para luego tomar la lectura de la gasolina al nivel del menisco inferior que viene a ser el volumen final ( $V_f$ ).
7. Para obtener el volumen del cemento en la gasolina ( $V_g$ ), se saca la diferencia entre el volumen final ( $V_f$ ) y el volumen inicial ( $V_i$ ). Por lo que:

**Volumen del cemento en gasolina = Volumen final – Volumen inicial**

O bien:  $V_g = V_f - V_i$

$V_g = \underline{\hspace{2cm}} - \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

8. Para calcular el volumen que se habría desalojado si el cemento se hubiese sumergido en agua, se multiplica el volumen del cemento en gasolina ( $V_g$ ), por 0.79, cuyo valor representa la densidad ( $d$ ) de la gasolina. Por lo tanto:

Vol. cemento en agua = Vol. cemento en gasolina x densidad de la gasolina.

Es decir,  $V_{cem} = V_g \times d$

$V_{cem} = \underline{\hspace{2cm}} \times 0.79 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm}^3$

9. Finalmente el PE del cemento se obtiene de la siguiente manera:

Peso Especifico = Peso del cemento / Volumen del cemento

Matemáticamente  $PE = W / V_{cem}$

Tipo de material	Volumen del cemento ( $V_g$ ) ( $\text{cm}^3$ )	Peso del material W (g)	Peso Especifico $PE = W / V_{cem}$ ( $\text{g} / \text{cm}^3$ )

**Tabla 8**

## **CUESTIONARIO No. 10**

---

**1.- ¿Qué es el cemento Portland?**

**2.- ¿Cuáles son las materias primas que se utiliza para la elaboración del cemento Portland?**

**3.- ¿Como se elabora el cemento Portland?**

**4.- ¿Qué es lo que ocasiona el endurecimiento del cemento Portland?**

**5.- ¿Qué materia prima se utiliza para retardar el fraguado del cemento?**

**6.- ¿Qué característica o propiedad del cemento influye directamente en el proporcionamiento del concreto?**

**7.- ¿Cuántos tipos y cuáles con los cemento Portland existen?**

**8.- ¿Cuáles son las características de cada uno de ellos?**

## VI. CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADO

### VI.1 INTRODUCCIÓN

Dado que la cantidad fija de agua contenida en los morteros y concretos es un factor determinante en la resistencia, es importante conocer además de su capacidad de absorción, la cantidad de humedad superficial que contienen los agregados.

En la práctica el contenido de humedad superficial que contienen los agregados gruesos es tan poca que no se toma en consideración. Sin embargo, en los finos es de gran importancia por lo que debe tenerse especial cuidado con el grado de humedad que presentan. Así decimos que las arenas se clasifican en: secas, poco húmedas, húmedas y muy húmedas, esto depende de su contenido de humedad superficial.

#### **Arena secas**

Son aquellas que no presentan nada de humedad. Es el tipo de arena que se desliza libremente, rara vez se encuentra en la obra disponible para la elaboración del concreto.

#### **Arena poco húmeda**

Es la arena que al estar en contacto con la mano se siente ligeramente húmeda. Generalmente se considera 1 litro de agua por 30 litros de arena.

#### **Arena muy húmeda**

Es aquella arena que chorrea agua, se calcula una cantidad de 3 litros de agua por 30 litros de arena.

## PRÁCTICA No. 11

### CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADO

---

#### Objetivos

- Clasificar la arena de acuerdo a su contenido de humedad.
- Determinar el contenido de humedad en los agregados mediante el secado de los mismos.

Para alcanzar los objetivos planteados se requiere el siguiente:

#### Material y Equipo

- Arena seca
- Arena húmeda
- Grava húmeda y en estado saturado.
- Báscula con capacidad de 1 Kg y debidamente calibrada.
- Probeta graduada
- Tres recipientes o charolas metálicas
- Horno o parrilla

#### Procedimiento

##### a) Clasificación de la arena

Para familiarizarse con esta clasificación de las arenas se realiza lo siguiente:

- 1.- **Se** toma una muestra cualquiera de arena completamente seca.
- 2.- Se pesan tres porciones de 1 Kg cada una y se depositan en tres recipientes diferentes.
- 3.- Se agregan 100, 200 y 300 cm<sup>3</sup> de agua respectivamente a cada recipiente y se mezcla perfectamente.



La arena que se ha mezclado con 100 cm<sup>3</sup> de agua es la que se conoce como poco húmeda, la que tiene 200 cm<sup>3</sup> se le considera como arena húmeda y la que contiene 300 cm<sup>3</sup>, es la muy húmeda.

**b) Contenido de humedad**

Existen varios métodos que permiten determinar la cantidad de humedad en los agregados. Para el agregado fino (arenas), la ASTM C20 y CS, permite hacer pruebas que de igual forma pueden usarse para el agregado grueso haciendo los cambios adecuados en el tamaño y dimensiones del recipiente.

En el laboratorio la prueba de humedad se determina de la siguiente manera:

1. Se pesan por separado 500 g de arena y 1000g de grava, ambas muestras deben estar saturadas (Ph = Peso húmedo).
2. Se secan superficialmente en el horno o parrilla.
3. Una vez secas las muestras se vuelven a pesar (Ps= Peso seco).
4. Con los pesos obtenidos (Ph y Ps) de antes del secado y después del secado, se calcula el porcentaje de humedad utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de humedad superficial} = ((\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}) / \text{Peso seco}) \times 100$$

O bien:

$$\% \text{ de humedad} = ((\text{Ph} - \text{Ps}) / \text{Ps}) \times 100$$

Los datos se reportan en la siguiente tabla.

TIPO DE MATERIAL	PESO HUMEDO (Ph)	PESO SECO (Ps)	% de humedad = ((Ph - Ps) / Ps) x 100

**Tabla 9**

## CUESTIONARIO No. 11

---

- 1.- ¿Dónde se manifiesta el contenido de humedad de los agregados?
  
- 2.- ¿Por qué es más importante considerar el contenido de humedad en las arenas que en las gravas?
  
- 3.- ¿Cómo se clasifican las arenas según su contenido de humedad?
  
- 4.- ¿Cómo son las arenas secas y cuáles son sus características?
  
- 5.- ¿Cuál es la arena que más frecuentemente se tiene en la obra?
  
- 6.- ¿Cómo se presenta la arena muy húmeda?
  
- 7.- ¿Qué datos se requieren para determinar el agua libre o humedad que llevan los agregados?

## VII. FRAGUADO DEL CEMENTO

### VII.1 INTRODUCCIÓN

El cemento Portland al mezclarse con una cantidad suficiente de agua forma una pasta cuyo componentes reaccionan formando productos cementantes que se adhieren entre sí y, a las partículas entremezcladas de piedra y arena, alcanzando gran endurecimiento. Mientras que exista humedad las reacciones pueden proseguir durante años, aumentando día con día la resistencia de la mezcla, pero en forma decreciente.

La pasta que se forma cuando el cemento se mezcla con agua, permanece plástica durante un corto período de tiempo. En esta etapa es posible alterar el material y remezclado sin ningún inconveniente, pero como las reacciones entre el cemento y el agua continúan, la masa va perdiendo plasticidad. Este período inicial de endurecimiento, es llamado "período de fraguado".

No existe un punto bien definido que indique el proceso de endurecimiento. Sin embargo, algunas pruebas permiten determinar si una pasta de cemento permanece en estado plástico el tiempo suficiente para que permita ser colado sin difíciles operaciones de terminado. El período en el cual la mezcla permanece plástica, por lo general, depende más de la temperatura y del contenido de agua en la pasta que del tiempo de fraguado del cemento.

El endurecimiento del cemento Portland se produce por la liberación del calor. Este calor llamado "calor de hidratación", puede ser un factor importante en la utilización del cemento. Cuando un concreto genera poco calor después de haberse mezclado, ocasiona gran pérdida de plasticidad, ocurriendo entonces lo que se conoce como "falso fraguado". El falso fraguado o endurecimiento prematuro, como a veces se le llama, es un endurecimiento inicial de la pasta o el concreto que se presenta entre 1 o 5 minutos después del mezclado. Este fraguado se puede modificar o eliminar mediante el mezclado continuo o por el remezclado de la pasta de cemento o del concreto. De esta manera es posible

restituir la plasticidad y el desarrollo normal del fraguado del cemento sin pérdida de su calidad. El fraguado falso no puede eliminarse bajo las condiciones normales de operación en la mayoría de los trabajos de construcción. Por lo que normalmente no debe emplearse cemento que presente fraguado falso.

La razón por la que se presenta el fraguado falso es por la deshidratación parcial del yeso que contiene el cemento debido a la elevada temperatura durante su trituración en el molino. Al agregar agua al cemento, el yeso endurece inmediatamente ocasionando el falso fraguado.

## PRÁCTICA No.12 FRAGUADO INICIAL DEL CEMENTO

---

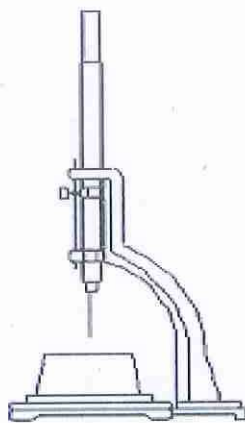
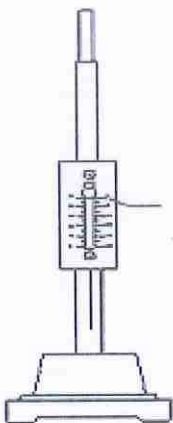
### Objetivo

Determinar el tiempo del fraguado inicial del cemento.

Para determinar el tiempo en que inicia el fraguado de una pasta de cemento se aplica la norma C-59-1975, la cual establece un método que permite precisarlo, para ello se requiere lo siguiente:

### Material y Equipo

- Cemento Tipo 1 (500g)
- Aparato de Vicat
- Charola
- Agua purificada
- Probeta graduada
- Guantes
- Cuchara de albañil o espátula



El aparato de Vicat está compuesto de una armazón que lleva una barra móvil cuyo peso es de 300 gr, uno de sus extremos tiene un diámetro de 10 mm y una longitud mínima de 50 mm. El otro extremo lleva una aguja de penetración removible de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud. La barra es reversible permitiendo colocarse en cualquier posición por medio del tornillo y, tiene un indicador ajustable, que se mueve a lo largo de una escala graduada en milímetros que va fija sobre la armazón. La pasta se coloca dentro de un anillo troncocónico rígido, que descansa sobre una placa cuadrada, lisa y no absorbente de 12 cm por lado aproximadamente. El anillo debe ser de un material inoxidable e impermeable, con un diámetro interior de 7 cm en la base inferior, y 6 cm en la base superior con una altura de 4 cm.

## **Procedimiento**

### **a) Condiciones para preparar la mezcla**

En el momento de preparar la pasta es importante hacerlo con la humedad y temperatura especificada en las normas. La temperatura ambiente del laboratorio y de los materiales secos, debe estar entre 20 y 27 °C, la temperatura del agua para la mezcla será de 23 °C más o menos 2°C. La humedad relativa del laboratorio no debe ser menor del 50 %.

### **b) Preparación de la pasta de cemento**

Se pesan 500 g de cemento y se mezclan con el porcentaje de agua correspondiente según el cálculo establecido por la Norma Oficial Mexicana DGN-C57-85, siguiendo además las indicaciones de mezclado especificadas en las mismas normas y que consisten en lo siguiente:

Con las manos enguantadas se toma la pasta formando rápidamente una pelota que se lanza de una a otra mano por seis veces, manteniendo éstas separadas una distancia de 15 cm, después con la pasta en una mano y el anillo troncocónico en la otra se procede a introducir la pasta por la base mayor presionando hasta llenarlo por completo.

La pasta sobrante de la base mayor se retira con la palma de la mano, luego se coloca el anillo por su base mayor sobre la placa H, y el sobrante de pasta en la base menor se retira con la cuchara o espátula ligeramente inclinada y, si se considera necesario se alisa la superficie sin presionar la pasta.

### **c) Determinación del tiempo de fraguado**

Después de que se ha hecho el espécimen, se coloca inmediatamente en la cámara húmeda, a una temperatura de 23 °C más menos 2 °C, con humedad relativa no menor de 90%. Luego de permanecer ahí por 30 minutos se determina la penetración de la aguja de 1mm de diámetro y posteriormente cada 15 minutos (cada 10 minutos para cemento Tipo III), hasta que se obtenga una penetración de 25 mm o menor.

Para determinar la penetración se baja la aguja D, hasta que quede en contacto con la superficie de la pasta. Se fija el tornillo E y se coloca el indicador F, en la parte superior de la escala. Se afloja el tornillo E, con lo que la varilla queda suelta, a los 30 segundos se toma la lectura para determinar la penetración de la aguja. Si la pasta se encuentra muy plástica en las penetraciones iniciales, la caída de la barra debe retardarse para evitar que se pueda doblar la aguja, pero la barra debe de soltarse mediante el tornillo cuando realmente se efectúen las lecturas.

Las penetraciones no deben efectuarse no deben realizarse a una distancia menor de 6 mm, unas de otras y ninguna de ellas se hará a una distancia menor de 9 mm de la parte interior del molde. se registran todas las lecturas de las

penetraciones y por interpolación se determina el tiempo correspondiente a la penetración de 25 mm, que es el tiempo de fraguado inicial. El tiempo de fraguado final es aquel en el que la misma aguja no penetra visiblemente en la pasta.

### CONTROL DE LECTURAS

No. DE LECTURA	TIEMPO MIN	PENETRACIÓN CM
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Tabla No.

### Observaciones

Debe tenerse especial cuidado con el aparato durante toda la pruebas para que esté libre de toda vibración. La aguja de penetración debe estar siempre recta y libre de pasta, ya que el cemento que se adhiera a sus lados retardará la penetración y, el cemento que queda en la punta provocaría aceleración en la penetración. El tiempo de fraguado es afectado por el porcentaje y la temperatura del agua empleada, por el grado de amasado que se le dé a la pasta y por la temperatura y humedad del ambiente, por lo tanto su determinación es aproximada.