

## Unidad de Aprendizaje N°3:

### Compactación de suelos, tipos de fundaciones y diseño del hormigón.

#### Aprendizajes Esperados

1. Realiza ensayos de hormigones, de acuerdo a normas nacionales vigentes, argumentando su realización.

#### 1. OBJETIVOS.

El objetivo de esta actividad es:

El objetivo de este laboratorio es determinar la densidad aparente, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón fresco, de acuerdo a las especificaciones de la Norma ASTM C138.

#### 2. ANTECEDENTES GENERALES.

El rendimiento del Hormigón se define como la cantidad de mezcla fresca que se obtiene a partir de la dosificación conocida de materiales componentes.

El Hormigón premezclado se vende sobre la base del volumen de hormigón en estado plástico en yardas cúbicas o metros cúbicos.

El rendimiento de mezcla fresca de hormigón se obtiene dividiendo el peso total de los materiales entre el peso unitario promedio o la densidad del hormigón, determinada de acuerdo con la ASTM C138.

#### Terminología

*Símbolos:*

$A$  = contenido de aire (porcentaje de huecos) en el hormigón

$C$  = contenido real de cemento, lb/yd<sup>3</sup> ó kg/m<sup>3</sup>

$C_b$  = masa del cemento en la amasada, lb o kg

$D$  = densidad (peso unitario) del hormigón, lb/ft<sup>3</sup> ó kg/m<sup>3</sup>

$M$  = masa total de todos los materiales de la amasada, lb o kg

$M_c$  = masa del recipiente de medición lleno con hormigón, lb o kg

$M_m$  = masa del recipiente, lb o kg

$R_y$  = volumen producido relativo

$T$  = densidad teórica del hormigón calculado libre de aire, lb/ft<sup>3</sup> ó kg/m<sup>3</sup>

**Código: COTTLB01/G08/Rendimiento del Hormigón Fresco.**

$Y$	= volumen de hormigón producido por amasada, $\text{yd}^3$ ó $\text{m}^3$
$Y_d$	= volumen de hormigón para producir la amasada para la cual fue diseñado, $\text{yd}^3$ ó $\text{m}^3$
$Y_f$	= volumen de hormigón producido por amasada, $\text{ft}^3$
$V$	= volumen absoluto total de los ingredientes en la amasada, $\text{ft}^3$ ó $\text{m}^3$
$V_m$	= volumen del recipiente, $\text{ft}^3$ ó $\text{m}^3$

### ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este método trata sobre la determinación de la densidad aparente del hormigón fresco y entrega formulas para calcular el volumen producido, el contenido de cemento y el contenido de aire en el hormigón. El volumen producido se define como el volumen de hormigón preparado con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales que la componen.

### APARATOS Y EQUIPOS

-Balanza: Tendrá una capacidad igual o superior a 50 kg, para los recipientes de 14 lt, para recipientes iguales o mayores a 28 l, tendrá una capacidad mayor de 100 kg y una precisión de 45 g.

-Varilla Pisón: Barra cilíndrica lisa de acero de 16 mm de diámetro y 600 mm de largo, con sus extremos en semiesferas de 16 mm de diámetro.

-Vibrador: Los Vibradores internos deben operar en una frecuencia de vibración igual o mayor a 7.000 revoluciones / minutos, de diámetro comprendido entre 19 y 38 mm.

-Recipientes para Medición: Recipiente cilíndrico metálico, impermeable, estanco, provistos de dos asas. El interior debe tener la forma de un cilindro recto y abierto por una de sus caras. La capacidad nominal y dimensiones de los recipientes deben ser las que se indican en la tabla Nº 1, están en función del TMN del árido empleado.

-Placa de enrase: Placa de metal, vidrio o acrílico cuyo ancho y largo deben superar en 50 mm o más al diámetro de la medida, su espesor debe ser igual o mayor a 6 mm en placa de metal e igual o mayor que 12 mm en placa de vidrio o acrílico.

-Mazo: Un mazo con cabeza de caucho o cuero, que pese aproximadamente 600 +/- 200 g, para usarse con los recipientes de 14 l o menores. Para recipientes más grandes se usara un mazo que pese aproximadamente 1000 +/- 200 g.

## MUESTRA

El tamaño de la muestra de hormigón fresco será superior al volumen necesario para efectuar los ensayos requeridos y en ningún caso inferior a 28 L.

Tamaño máximo nominal del árido grueso		Capacidad del Recipiente	
Pulgadas	mm	ft <sup>3</sup>	L
1	25,0	0,2	6
1 ½	37,5	0,4	11
2	50	0,5	14
3	75	1,0	28
4 ½	112	2,5	70
6	150	3,5	100

## Procedimiento.

- Seleccione el método de consolidación de acuerdo al descenso de cono, a menos que las especificaciones del trabajo establezcan un método específico.
- Los métodos de consolidación son el apisonado y la vibración interna.
- Apisone los hormigones con descenso de cono mayor a las 3 pulg (75 mm).
- Apisone o vibre los hormigones con descenso de cono de entre 1 y 3 pulg (25 a 75 mm).
- Compacte por vibración los hormigones con descenso de cono menor a 1 pulg.

Nota. – El hormigón no plástico, como el utilizado comúnmente en la fabricación de tuberías y unidades de albañilería, no está cubierto por este método de ensayo.

## Apisonado:

- Coloque el hormigón en el recipiente en tres capas de aproximadamente el mismo volumen cada una.
- Apisone cada capa con 25 golpes del pisón, en recipientes de 0,5 ft<sup>3</sup> (14 L) o menores, y con 50 golpes en recipientes de 1 ft<sup>3</sup> (28 L) y un golpe por cada 3 pulg<sup>2</sup> (20 cm<sup>2</sup>) de superficie para recipientes más grandes.
- Apisone la capa del fondo en toda su profundidad sin golpear la base del recipiente.
- Distribuya los golpes uniformemente sobre la sección transversal del recipiente.
- Para las dos capas superiores haga penetrar el pisón aproximadamente 1 pulg (25 mm) en la capa inferior.

**Código: COTTLB01/G08/Rendimiento del Hormigón Fresco.**

- Después de apisonar cada capa, golpee suavemente los lados del recipiente, unas 10 a 15 veces con el mazo adecuado para cerrar huecos que haya dejado el pisón y liberar las burbujas de aire atrapadas.
- Añada la última capa evitando sobrellenar el recipiente.

**Vibración interna.**

- Llene y vibre el recipiente en dos capas aproximadamente iguales.
- Vierta todo el hormigón para cada capa antes de iniciar la vibración de esa capa.
- Inserte el vibrador en tres puntos distintos de cada capa.
- Al compactar la capa del fondo, no permita que el vibrador descansa o toque el fondo o los lados del recipiente.
- Al compactar la capa superior, el vibrador debe penetrar en la capa inferior aproximadamente 1 pulg (25 mm).
- Tenga cuidado de sacar el vibrador de modo que no quede aire atrapado en la muestra. La duración requerida de la vibración dependerá de la trabajabilidad del hormigón y de la efectividad del vibrador.
- Continúe la vibración sólo el tiempo suficiente para lograr la compactación del hormigón.
- Mantenga la vibración constante para cada tipo de hormigón, vibrador y recipiente usados.

Nota. Generalmente, el hormigón ha sido vibrado suficientemente cuando su superficie se vuelve relativamente lisa.

Nota. La sobre vibración puede provocar la segregación de los materiales y una pérdida de cantidades significativas de aire incorporado a la mezcla.

- Al completar la consolidación del hormigón, el recipiente no debe contener un exceso o carencia sustancial de hormigón.
- Un exceso de hormigón de aproximadamente 1/8 pulg (3 mm) por encima del tope del recipiente es lo óptimo.
- Se puede agregar una cantidad pequeña de hormigón si es necesario.
- Si el recipiente contiene un excedente grande de hormigón después de la compactación, quite lo necesario con una llana o poruña inmediatamente después de terminar la compactación y antes de enrasar el excedente.

### Enrase.

- Después de la compactación, enrase el excedente de hormigón de la superficie superior y termínela suavemente con la placa de enrasado, teniendo cuidado de dejar el recipiente adecuadamente lleno y nivelado.
- El enrase y el aplanado se logran mejor presionado la placa de enrase sobre la superficie superior del recipiente, cubriendo aproximadamente dos terceras partes de ésta y retirando la placa con un movimiento aserrado para terminar sólo el área originalmente cubierta.
- Luego, coloque la placa sobre la parte superior del recipiente para cubrir las dos terceras partes anteriores de la superficie y hágala avanzar con una presión vertical y movimiento aserrado para cubrir toda la superficie del recipiente y continúe avanzándola hasta cubrir toda la superficie.
- Varias pasadas con el borde de la placa inclinada producirán una superficie de acabado liso.

### Limpieza y Pesaje.

Después del enrasado, limpie todo el hormigón del exterior del recipiente y determine la masa del hormigón y del recipiente, con la precisión requerida de acuerdo a la balanza especificada.

### Cálculos.

#### Densidad (Peso Unitario).

Calcule la masa neta del hormigón en libras o kilogramos, restando la masa del recipiente,  $M_m$ , de la masa del recipiente lleno con hormigón,  $M_c$ .

Calcule la densidad,  $D$ , en  $\text{ft}^3$  o  $\text{yd}^3$ , dividiendo la masa neta por el volumen del recipiente,  $V_m$ , de la siguiente manera:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

**Volumen producido** – Calcule el volumen producido como sigue:

$$Y(\text{yd}^3) = \frac{M}{(D \times 27)}$$

Código: COTTLB01/G08/Rendimiento del Hormigón Fresco.

La densidad teórica es, comúnmente, una determinación de laboratorio. Se asume que su valor se mantiene constante para todas las amasadas hechas con componentes idénticos y en las mismas proporciones. Se calcula con la ecuación siguiente:

$$T = \frac{M}{V}$$

$$Y(m^3) = \frac{M}{D}$$

**Rendimiento Relativo** – El rendimiento relativo es la razón del volumen real de hormigón producido respecto al volumen diseñado para la amasada, calculado como sigue:

$$R_Y = \frac{Y}{Y_d}$$

Nota. Un valor  $R_Y$  mayor que 1,00 indica exceso de hormigón producido, mientras que un valor menor que éste indica que la amasada se queda "corta" con respecto al volumen diseñado. En la práctica, se usa con frecuencia una razón de rendimiento en  $ft^3 \times yd^3$  de la mezcla de diseño del hormigón, por ejemplo, 27,3  $ft^3/yd^3$ .

La masa total de todos los materiales de la amasada es la suma de las masas del cemento, árido fino en la condición usada, el árido grueso en la condición usada, el agua de amasado y cualquier otro material sólido o líquido que se utilice.

$$M = M_{cem} + M_W + M_{arena} + M_{grava} + M_{otros}$$

**Contenido de Cemento** – Calcule el contenido real de cemento, como sigue:

$$C = \frac{C_B}{Y}$$

**Contenido de Aire** – Calcule el contenido de aire como sigue:

$$A = \left[ \frac{(T - D)}{T} \right] \times 100$$

$$A = \left[ \frac{(Y_f - V)}{Y_F} \right] \times 100 \text{ (unidad pulgada – libra)}$$

$$A = \left[ \frac{(Y - V)}{Y} \right] \times 100 \text{ (unidad SI)}$$

### 3. DESARROLLO

Determinar la densidad aparente, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón fresco, de acuerdo a las especificaciones de la Norma ASTM C138.

1. Elaborar una muestra de 50 litros de hormigón H 25 (90) 20, 6.
2. Desarrollar el ensayo de asentamiento de cono.
3. En base al ensayo de asentamiento de cono definir el método de compactación.
4. De acuerdo al tamaño máximo del árido y en base a la tabla 1, determinar el volumen de la medida.
5. Comprobar el volumen de la medida calibrándolo de acuerdo al procedimiento de calibración.
6. De acuerdo al método de compactación llenar el molde y compactar.
7. Enrasar el molde.
8. Pesar el molde y registrar la masa de hormigón descontando la masa de la medida.
9. Determinar los valores de acuerdo a las formulas.

**Dosificación.**

	<b>HÚMEDO</b>
<b>CEMENTO</b>	<b>406 Kg</b>
<b>AGUA</b>	<b>172 L</b>
<b>GRAVILLA</b>	<b>863 Kg</b>
<b>ARENA</b>	<b>882 Kg</b>
<b>DENSIDAD</b>	<b>2323 Kg/m<sup>3</sup></b>

**4. INSUMOS**


Material.	Unidad.	Cantidad.	# Alumnos.
Cemento.	Sacos.	1	20
Gravilla.	m <sup>3</sup>	0,03	20
Arena.	m <sup>3</sup>	0,035	20
Wipe.	Kg	3	20

**5. EQUIPAMIENTO**

Equipos.	CANTIDAD	N° MAX ALUMNOS
Betonera, eje inclinado 120 L.	1	20
Cono de Abrams completo.	5	20
Balanza Digital 100 Kg	1	20
Carretillas.	3	20
Pailas metálicas. 17 "	12	20
Varilla Pisón.	4	20
Vibrador de inmersión.	1	20
Mazo de goma.	4	20
Placa de enrase.	5	20
Recipientes para medición.	5	20



6. ANEXO.

Área de Construcción. Laboratorio de Hormigones.		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CHILE INSTITUTO PROFESIONAL CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA			
<b>Ensayo:</b>	Determinar la densidad aparente, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón fresco.				
<b>Norma Chilena.</b>	<b>ASTM C 138</b>				
<b>Fecha:</b>					
<b>N° Ensayo.</b>					
<b>Origen de la Muestra.</b>					
<b>Hora de Inicio.</b>					
<b>Hora de Término.</b>					
<b>Datos Balanza Empleada.</b>					
Datos.					
Designación.	Unidad.	Valor.			
$M_m$ = masa del recipiente, lb o kg					
$M_c$ = masa del recipiente de medición lleno con hormigón, lb o kg.					
$V_m$ = volumen del recipiente, ft <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup>					
$D$ = densidad (peso unitario) del hormigón, lb/ft <sup>3</sup> ó kg/m <sup>3</sup>					
$Y$ = volumen de hormigón producido por amasada, yd <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup>					
$M_{cem}$ = masa de cemento de la amasada, lb o kg					
$M_w$ = masa de agua de la amasada, lb o kg					
$M_{arena}$ = masa de arena de la amasada, lb o kg					
$M_{grava}$ = masa de grava de la amasada, lb o kg					
$M$ = masa total de todos los materiales de la amasada, lb o kg					
$T$ = densidad teórica del hormigón calculado libre de aire, lb/ft <sup>3</sup> ó kg/m <sup>3</sup>					
$Y$ = volumen de hormigón producido por amasada, yd <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup>					
$Y_d$ = volumen de hormigón para producir la amasada para la cual fue diseñado, yd <sup>3</sup> ó m <sup>3</sup>					
$R_y$ = volumen producido relativo					
$C_b$ = masa del cemento en la amasada, lb o kg					
$C$ = contenido real de cemento, lb/yd <sup>3</sup> ó kg/m <sup>3</sup>					
$Y_f$ = volumen de hormigón producido por amasada, ft <sup>3</sup>					
$A$ = contenido de aire (porcentaje de huecos) en el hormigón					
$A$ = contenido de aire (porcentaje de huecos) en el hormigón					
$A$ = contenido de aire (porcentaje de huecos) en el hormigón					
Observaciones.					

**7. BIBLIOGRAFÍA.**

- ASTM, INN, Norma ASTM C138, Método para determinar la densidad aparente, el rendimiento, el contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón fresco.
- Instituto Chileno del Hormigón. HORMIGON. Manual básico de construcciones en hormigón. Santiago, Editorial Universitaria, 2006.
- Instituto Chileno del Hormigón Manual del hormigón. Santiago, Editorial Universitaria, 2006.
- Instituto Chileno del Hormigón, Manual de ensayos, árido y hormigón. Santiago, Editorial Universitaria, 2006.