

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

**GUÍA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA
RESISTENCIA DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO USANDO
CUBOS DE 50mm ó 50,8mm DE LADO**

Contenido

1.	RESUMEN.....	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
3.	OBJETIVO	2
4.	APARATOS Y MATERIALES.....	2
5.	PROCEDIMIENTO	4
6.	CÁLCULOS Y RESULTADOS	7
7.	REFERENCIAS	9

Lista de tablas

Tabla 1.	Variaciones permisibles de los moldes de los especímenes.	3
Tabla 2.	Proporciones de cemento, arena y agua para cada relación a/c y cantidad de cubos.....	5
Tabla 3.	Tolerancia en la edad del cubo para el ensayo.....	6
Tabla 4.	Precisión.....	8

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

1. RESUMEN

La presente guía de laboratorio detalla el procedimiento adecuado para la medición de la resistencia a compresión del mortero, empleando la prueba correspondiente. El método de ensayo consiste en formar un mortero compuesto de una parte de cemento y 2,75 partes de arena. Los cementos Pórtland o los cementos Pórtland con incorporadores de aire son mezclados con una relación agua/cemento especificada. Para los demás cementos la cantidad de agua de amasado debe ser aquella que produzca una fluidez de 110 ± 5 en 25 golpes con la mesa de flujo. Los cubos de ensayo de 50 mm ó 50,8 mm se apisonan en dos capas. Los cubos son curados un día en los moldes, luego se desmoldan y se sumergen en agua con cal hasta el momento del ensayo.

2. INTRODUCCIÓN

La evaluación precisa de la resistencia a compresión del mortero es un componente esencial en el aseguramiento de la calidad en proyectos de construcción. Esta guía de laboratorio proporciona un detallado procedimiento para llevar a cabo pruebas de compresión, una herramienta fundamental en la validación de las propiedades estructurales del mortero. La comprensión de estos procesos no solo es crucial para la optimización de la eficiencia y durabilidad del material, sino que también desempeña un papel fundamental en garantizar que cumpla con los rigurosos estándares de rendimiento requeridos en el ámbito de la construcción. A lo largo de esta guía, exploraremos paso a paso el protocolo de prueba, destacando su importancia en la evaluación de la idoneidad del mortero para diversas aplicaciones constructivas.

3. OBJETIVO

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico utilizando cubos de 50mm ó 50,8mm de lado.

4. APARATOS Y MATERIALES

4.1.1 PESAS Y EQUIPOS DE PESAJE

Los equipos deben cumplir con la norma NTC 4073 (ASTM C 1005) y deben ser evaluados para precisión y sesgo con una carga de 2,000 g. Esto garantiza que los equipos sean precisos y cumplan con los estándares de calidad requeridos.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

4.1.2 PROBETAS GRADUADAS

Los recipientes de medición de agua de amasado deben poder medir el agua en una sola vez, con una variación máxima de ± 2 ml a 20 °C. Deben tener marcas graduadas cada 5 ml, comenzando desde 10 ml (para recipientes de 250 ml) o 25 ml (para recipientes de 500 ml). Las marcas principales deben ser circulares, numeradas, y las

marcas secundarias deben cubrir al menos un séptimo de la circunferencia, mientras que las intermedias al menos un quinto.

4.1.3 MOLDES

Los moldes para probetas cúbicas de 50 mm o 50,8 mm no deben tener más de tres compartimientos y deben separarse en dos partes sin incluir la base. Deben estar hechos de metal duro resistente a la acción del cemento y tener caras interiores planas que cumplan con las tolerancias especificadas en la Tabla 1.

4.1.4 MEZCLADORA

Parámetro	Cubos de 50,8 mm		Cubos de 50 mm	
	Moldes nuevos	Moldes en uso	Moldes nuevos	Moldes en uso
Planicie de los lados	< 0,025 mm	< 0,05 mm	< 0,025 mm	< 0,05 mm
Distancia entre los lados opuestos	50,8 mm $\pm$ 0,13 mm	50,8 mm $\pm$ 0,50 mm	50 mm $\pm$ 0,13 mm	50 mm $\pm$ 0,50 mm
Altura de cada compartimiento	50,8 mm + 0,25 mm a - 0,13 mm	50,8 mm + 0,25 mm a - 0,38 mm	50 mm + 0,25 mm a - 0,13 mm	50 mm + 0,25 mm a - 0,38 mm
Ángulo entre caras adyacentes ^(A)	90° $\pm$ 0,5°	90° $\pm$ 0,5°	90° $\pm$ 0,5°	90° $\pm$ 0,5°
(A) Medido en puntos ligeramente retirados de la intersección. Medido separadamente para cada compartimiento entre todas las caras interiores y la cara adyacente y entre las caras interiores y la parte plana superior y la inferior del molde				

Tabla 1. Variaciones permisibles de los moldes de los especímenes

Debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 112 (ASTM C 305).

4.1.5 MESA DE FLUJO

Debe cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 111 (ASTM C 230).

4.1.6 COMPACTADOR

El compactador debe ser de material no absorbente y puede ser de caucho o roble curado. Debe tener una sección transversal de 13 mm x 25 mm, extremo plano y longitud entre 120 mm y 150 mm.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 SIGUD
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

4.1.7 PALUSTRE

La hoja del palustre debe ser de acero, con una longitud de 100 mm a 150 mm y debe tener los bordes rectos.

4.1.8 CÁMARA HÚMEDA

Las cámaras o cuartos húmedos deben cumplir con los requisitos de la NTC 3512 (ASTM C 511).

4.1.9 MÁQUINA DE ENSAYO

La máquina de ensayo de resistencia puede ser hidráulica o mecánica y debe permitir la utilización de aparatos de verificación. La carga aplicada al cubo se debe medir con una precisión de $\pm 1.0\%$. Si se registra en un dial, este debe tener una escala legible con graduaciones que permitan una lectura de al menos el 0.1% del mayor valor de carga. La exactitud de la carga indicada en el dial debe ser de $\pm 1\%$. Si la carga se registra de manera digital, la pantalla debe ser legible, con un incremento numérico menor o igual al 0.10% del mayor valor de carga. Se deben hacer provisiones para ajustar el cero y debe haber un indicador de carga máxima con una precisión del 1.0%. El bloque superior de apoyo debe ser asegurado a la máquina por un sistema de rótula y debe ser capaz de inclinarse libremente. Las superficies de apoyo deben ser planas, con tolerancias específicas, y debajo del cubo se coloca un bloque metálico duro para reducir el desgaste del plato inferior de la máquina. Los bloques de apoyo deben tener una dureza Rockwell no menor de 60 HRC.

4.2. MATERIALES

4.2.1 ARENA GRADADA NORMALIZADA

La arena que se use para hacer los cubos debe ser arena natural de sílice y debe cumplir con los requisitos de la NTC 3937 (ASTM C 778).

5. PROCEDIMIENTO

5.1 COMPOSICIÓN DE LOS MORTEROS

5.1.1 Para un mortero normal, mezcla 1 parte de cemento con 2,75 partes de arena seca. La cantidad de agua depende del tipo de cemento: 0,485 para cemento Portland con Clinker y yeso, 0,460 para cemento Portland con incorporadores de aire, y para otros

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

tipos, ajusta el agua para lograr una fluidez de 110 ± 5 , expresada como un porcentaje del peso del cemento según la norma NTC 111 (ASTM C 230).

5.1.2 Las cantidades de los materiales que se mezclan a un mismo tiempo, para obtener seis o nueve cubos de ensayo, deben ser las siguientes:

Material	6 cubos	9 cubos
Cemento, g	500	740
Arena, g	1 375	2 035
Agua, ml		
- Pórtland (0,485)	242	359
- Pórtland con aire incorporado (0,460)	230	340
Otros (fluidez de 110 ± 5)	-	-

Tabla 2. Proporciones de cemento, arena y agua para cada relación a/c y cantidad de cubos.

5.2 PREPARACIÓN DEL MORTERO

Se debe mezclar mecánicamente de acuerdo con el procedimiento establecido en la NTC 112 (ASTM C 305).

5.3 DETERMINACIÓN DE LA FLUIDEZ

5.3.1 Se debe determinar de acuerdo con el procedimiento dado en la NTC 111 (ASTM C 1437).

5.3.2 Para cementos con incorporadores de aire solamente se debe registrar la fluidez.

5.3.3 Con cementos diferentes al Portland o Portland con incorporadores de aire, ajusta la cantidad de agua en ensayos de mortero hasta alcanzar la fluidez deseada, realizando cada prueba con mortero fresco.

5.4 LLENADO DE LOS MOLDES

5.4.1 Tras terminar el ensayo de fluidez, devuelve el mortero a su recipiente y mézclalo durante 15 segundos con una espátula. A continuación, sacude la paleta para eliminar el exceso de mortero en el recipiente.

5.4.2 Al preparar una nueva mezcla para cubos adicionales, puedes omitir el ensayo de fluidez. Deja reposar el mortero sin cubrir durante 90 segundos, y en los últimos 15 segundos, raspa rápidamente el mortero de las paredes. Luego, mézclalo durante 15 segundos a velocidad media.

5.4.3 Después de mezclar el mortero, llena los moldes en un plazo de 150 segundos. Agrega y compacta dos capas de mortero de 25 mm en cada compartimento del molde, utilizando 32 golpes en total. Asegúrate de introducir el mortero de los bordes durante la compactación. Luego, retira el exceso de mortero con un palustre y alisa la superficie de los cubos. Usa guantes de caucho durante este proceso.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

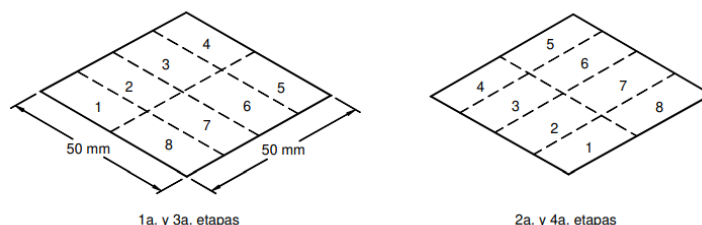


Figura 1. Llenado de los moldes. Fuente: NTC 220

5.5 ALMACENAMIENTO DE LOS CUBOS

Después de llenar los moldes, déjalos en un cuarto húmedo durante 20 a 72 horas con las caras superiores de los cubos expuestas al aire húmedo, pero protegidas de las gotas de agua. Si se retiran antes de 24 horas, deben permanecer en el cuarto húmedo hasta completar este tiempo. Los cubos que no se ensayarán a las 24 horas deben sumergirse en agua saturada con cal en tanques no corrosivos y se debe cambiar el agua según sea necesario para mantenerla limpia.

5.6 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

5.6.1 Los cubos que van a ser ensayados a las 24 h, se sacan de la cámara húmeda se desmoldan y pasan inmediatamente a la máquina de ensayos; si se sacan varios al mismo tiempo, deben cubrirse con un paño húmedo hasta el momento de iniciar el ensayo. En el caso de los otros cubos que se van a fallar a otras edades también se desmoldan y se sumergen completamente en agua a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del ensayo. Todos los cubos deben ser ensayados dentro de las tolerancias de tiempo especificadas en la Tabla 2.

Edad del ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 1/2\text{ h}$
3 d	$\pm 1\text{ h}$
7 d	$\pm 3\text{ h}$
28 d	$\pm 12\text{ h}$

Tabla 3. Tolerancia en la edad del cubo para el ensayo

5.6.2 Después de secar los cubos, verifica que las caras en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo estén planas. Si presentan curvaturas notables, pélalas para obtener superficies planas; en caso de no poder lograrlo, desecha el cubo. Además, realiza verificaciones periódicas del área de la sección transversal de los cubos.

5.6.3 Al colocar el cubo en la máquina de ensayo, asegúrate de que las superficies en contacto con las paredes del molde estén en la parte superior. No utilices materiales

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	 Sistema Integrado de Gestión
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

amortiguadores entre el cubo y los bloques de apoyo. Si se espera que el cubo resista una carga máxima mayor de 15 kN, aplica una carga inicial igual a la mitad del valor esperado a una velocidad adecuada; si se espera una carga menor de 15 kN, no apliques carga inicial. La velocidad de aplicación de la carga debe ser tal que la carga total se aplique sin interrupción en un tiempo de 20 a 80 segundos. Si el cubo empieza a ceder antes de romperse, no ajustes los controles de la máquina.

6. CÁLCULOS, RESULTADOS Y PRECISIÓN

La carga máxima, tal como se indica en la máquina de ensayo, se registra en el instante en que se produce la rotura del cubo, y luego se calcula la resistencia a la compresión mediante la siguiente fórmula:

$$f_m = \frac{P}{A}$$

En donde:

f_m = resistencia a la compresión en MPa

P = máxima carga total en N

A = área de la superficie cargada, mm²

Si la variación en el área real de la sección transversal del cubo supera el 1.5% en comparación con el valor nominal, se efectúa el cálculo basándose en el área real. La resistencia a la compresión se determina como el promedio de todos los cubos aceptables que fueron preparados a partir de la misma muestra y ensayados simultáneamente, con una precisión de 0.1 MPa en la presentación de los resultados.

RESULTADOS.

Los datos de precisión se obtienen de pruebas de resistencia a la compresión en tres cubos hechos de la misma mezcla de mortero y ensayados a la misma edad. No hay una diferencia sustancial en la precisión si se basa en el promedio de dos cubos en lugar de tres. Estos resultados son aplicables a morteros con diversas mezclas de cemento y edades de ensayo, con posibles variaciones de límites en función de la edad del ensayo.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

	Edad del ensayo, días	Coefficiente de variación 1 s % (A)	Rango aceptable de los resultados del ensayo d2s % (A)
Cementos Portland Relación agua-cemento constante Laboratorio individual	3	4,0	11,3
	7	3,6	10,2
	Promedio	3,8	10,7
Multilaboratorio	3	6,8	19,2
	7	6,4	18,1
	Promedio	6,6	18,7
Cementos adicionados. Fluidez del mortero constante Laboratorio individual	3	4,0	11,3
	7	3,8	10,7
	Promedio	3,4	9,6
Multilaboratorio	3	7,8	22,1
	7	7,6	21,5
	Promedio	7,4	20,9
Cementos de mampostería. Fluidez del mortero constante. Laboratorio individual	7	7,9	22,3
	28	7,5	21,2
	Promedio	7,7	21,8
Multilaboratorio	7	11,8	33,4
	28	12,0	33,9
	Promedio	11,9	33,7
(A) Estos números representan respectivamente, los límites (1s%) y (d2s%), descritos en la norma ASTM C670.			

Tabla 4. Precisión

7. REFERENCIAS

- [1] NTC 220, Determinación De La Resistencia de Morteros de Cemento Hidráulico Usando Cubos de 50 mm ó 50,8 mm de Lado (ASTM C 109M).
- [2] NTC 111, Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la fluidez de morteros de cemento hidráulico (ASTM C 230).
- [3] NTC 112, Ingeniería Civil y Arquitectura. Mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica (ASTM C 305).
- [4] NTC 1000:1993, Metrología. Sistema Internacional de Unidades (ISO 1000).
- [5] NTC 3512:1993, Ingeniería Civil y Arquitectura. Cámaras y cuartos húmedos y tanques para el almacenamiento de agua, empleados en los ensayos de cementos hidráulicos y concretos (ASTM C 511).
- [6] NTC 3937:1996, Ingeniería Civil y Arquitectura. Arena normalizada para ensayos de cemento hidráulico (ASTM C 778).
- [7] NTC 4073:1996, Ingeniería Civil y Arquitectura. Pesas y equipos de pesaje usados en los ensayos físicos de cementos hidráulicos (ASTM C 1005).
- [8] ASTM C 349: 1994, Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)
- [9] ASTM C 670:1996, Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	