

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**MANUAL DE GUÍAS DE LABORATORIO ENFOCADAS
AL CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA
LAS ASIGNATURAS: "INGENIERÍA DE MATERIALES"
Y "TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"**

PRESENTADO POR:
**MAURICIO ALFREDO AMAYA VALENCIA
CARLOS ERNESTO DÍAZ ACOSTA**

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, ABRIL DE 2011

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR:

MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**MANUAL DE GUÍAS DE LABORATORIO ENFOCADAS AL
CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES PARA LAS
ASIGNATURAS: "INGENIERÍA DE MATERIALES" Y
"TECNOLOGÍA DEL CONCRETO"**

Presentado por :

MAURICIO ALFREDO AMAYA VALENCIA

CARLOS ERNESTO DÍAZ ACOSTA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE QUEZADA

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA

San Salvador, Abril de 2011

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

ING. JOSÉ MIGUEL LANDAVERDE QUEZADA

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJÍA

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Lesly Emidalia Mendoza Mejía, por su valiosa orientación y esfuerzo dedicado a la realización del presente trabajo.

Al Ingeniero José Miguel Landaverde Quezada, por su apoyo y sus conocimientos brindados durante el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre; A mi padre.

Mauricio

DEDICATORIA

- ✓ A DIOS PADRE
- ✓ A LA VIRGEN MARIA
- ✓ A JESUCRISTO
- ✓ A MI MAMÁ, LA SEÑORA MARTHA CELINA ACOSTA BENAVIDES
- ✓ A MI PAPÁ, EL SEÑOR LUIS REYES DÍAZ RIVERA
- ✓ A MIS HERMANOS Y HERMANAS
- ✓ A MIS PRIMOS Y MI PRIMA
- ✓ A TODAS MIS TIAS Y A MI TIO
- ✓ A MIS ABUELAS
- ✓ A MIS AMIGOS MAS CERCANOS
- ✓ A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO
- ✓ A TODOS LOS ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL
- ✓ AL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

“Este Trabajo de Graduación es para todos ustedes”

Carlos Díaz Acosta

INDICE GENERAL

1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.3 OBJETIVOS	10
1.4 ALCANCE	11
1.5 JUSTIFICACIÓN	11
2. CAPITULO II: DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES DE ESTUDIO	14
2.2 ESPECIFICACIONES	14
2.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	17
2.3.1 ACERO DE REFUERZO	19
2.3.2 SOLDADURA Y ACOPLER MECÁNICOS EN EL ACERO DE REFUERZO.....	24
2.3.3 CEMENTO	26
2.3.4 CONCRETO	32
2.3.5 BLOQUES DE CONCRETO.....	41
2.3.6 ADOQUINES DE CONCRETO	46
2.3.7 TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO	48
2.3.8 LADRILLO DE BARRO	52
2.3.9 SUELO-CEMENTO	56
2.3.10 GROUT.....	58
2.3.11 MORTERO DE CEMENTO HIDRÁULICO	60
2.3.12 AGREGADOS PARA EL CONCRETO: GRUMOS DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES.....	62
3. CAPITULO III: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA INGENIERÍA DE MATERIALES	67
3.1 ENSAYOS AL ACERO	67
3.1.1 TENSIÓN AL ACERO DE REFUERZO.....	67
3.1.3 TENSION A LA SOLDADURA Y ACOPLER EN ACERO DE REFUERZO	80
3.2 ENSAYOS AL LADRILLO DE BARRO	86
3.2.1 COMPRESION DE LADRILLO DE BARRO	86
3.2.2 ABSORCION DE LADRILLO DE BARRO.....	95
3.3 ENSAYO A ADOQUINES	100
3.3.1 COMPRESION DE ADOQUINES.....	100

3.3.2	ABSORCION, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO	109
3.4	ENSAYOS A BLOQUES DE CONCRETO	116
3.4.1	COMPRESION DE BLOQUES DE CONCRETO	116
3.4.2	ABSORCION, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO	128
3.4.3	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PRISMAS DE MAMPOSTERIA	135
3.5	ENSAYOS A TUBERIAS DE CONCRETO REFORZADO	146
3.5.1	RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO	146
3.5.2	ABSORCION DE TUBERIAS DE CONCRETO REFORZADO	154
3.6	ENSAYOS AL SUELO CEMENTO	161
3.6.1	HECHURA DE CILINDROS DE SUELO CEMENTO FLUIDO	161
3.6.2	COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO CEMENTO FLUIDO	167
3.6.3	COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO	175
3.7	ENSAYOS DEL GROUT	187
3.7.1	MUESTREO Y HECHURA DE ESPECÍMENES DE GROUT	187
3.7.2	COMPRESION DEL GROUT	197
3.8	ENSAYOS AL MORTERO	206
3.8.1	FLUIDEZ DEL MORTERO	206
3.8.2	HECHURA DE CUBOS DE MORTERO	215
3.8.3	COMPRESION DEL MORTERO	229
4.	CAPITULO IV: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA TECNOLOGIA DEL CONCRETO	235
4.1	ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	236
4.1.1	MUESTREO DEL CONCRETO FRESCO	236
4.1.2	MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO	242
4.1.3	CONTENIDO DEL AIRE MEDIANTE EL METODO DE PRESION	247
4.1.4	DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DEL AIRE (GRAVIMETRICO) DEL CONCRETO	264
4.2	ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO	275
4.2.1	PRUEBA BRASILEÑA	275
4.2.2	RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ENDURECIDO POR MEDIO DE NUCLEOS DE CONCRETO	286
4.2.3	ENSAYO CON EL ESCLEROMETRO	300
4.3	OTROS ENSAYOS	307

4.3.1 GRUPOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN AGREGADOS PARA EL CONCRETO	307
4.3.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO	315
4.3.3 TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE	324
5. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	335
5.1 CONCLUSIONES	336
5.2 RECOMENDACIONES	338
BIBLIOGRAFIA.....	339

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Números de Designación, Pesos Nominales y Dimensiones Nominales para Barras Corrugadas	20
Tabla N° 2. Requerimientos de Tensión para Barras de Acero al Carbono	21
Tabla N° 3. Requerimientos de Tensión para Barras de Acero de Baja Aleación	21
Tabla N° 4. Requerimientos Físicos Estándar	27
Tabla N° 5. Requerimientos Físicos Opcionales ^A	28
Tabla N° 6. Tiempo de Fraguado por Medio de las Agujas de Gillmore para el Cemento de Albañilería	29
Tabla N° 7. Gravedad Específica del Cemento	29
Tabla N° 8. Requerimientos de Composición Estándar	30
Tabla N° 9. Requerimientos de Composición Opcionales ^A	30
Tabla N° 10. Contenido Recomendado de Aire Total para Concreto con Inclusor de Aire ^{A, B}	34
Tabla N° 11. Magnitud y Precisión de los Factores de Corrección de Resistencia para Convertir la Resistencia en Resistencia Equivalente en el Lugar ^C	39
Tabla N° 12. Clasificación de los Bloques por Densidad	42
Tabla N° 13. Variación Permisible de las Dimensiones de los Bloques	42
Tabla N° 14. Espesor Mínimo de Caras y Tabiques. ^A	43
Tabla N° 15. Requerimientos de Absorción	43
Tabla N° 16. Resistencia Mínima a Compresión	44
Tabla N° 17. Valores de Carga Ejercida por el Método de Tres Apoyos Aplicada a la Tubería de Concreto Reforzado. ^A	49
Tabla N° 18. Variaciones Permisibles en las Dimensiones	53
Tabla N° 19. Porcentaje Máximo de Absorción	54
Tabla N° 20. Resistencia a la Compresión Mínima ³²	54
Tabla N° 21. Proporciones del Grout por Volumen	59
Tabla N° 22. Resistencia a la Compresión de los Cubos de Mortero Preparados en Laboratorio. 61	
Tabla N° 23. Límites para Sustancias Perjudiciales en Agregado Fino para Concreto.	63
Tabla N° 24. Límites para Sustancias Perjudiciales y Requerimientos de Propiedades Físicas de Agregado Grueso para Concreto	63
Tabla N° 25. Diámetro de Pin para Ensayo de Doblez	77
Tabla N° 26. Factores de Corrección de la Relación altura/espesor para Esfuerzo de Prismas de Mampostería	143
Tabla N° 27. Resistencia a la Compresión y Máximo Espesor del Material de Refrentado	172
Tabla N° 28. Requerimientos de la Arena Estándar	217
Tabla N° 29. Cantidad de materiales para hechura de cubos de mortero	218
Tabla N° 30. Capacidad de las Medidas ²⁰⁷	267
Tabla N° 31. Método de Consolidación	268
Tabla N° 32. Numero de Golpes para Varillado por Capa	268
Tabla N° 33. Magnitud y Precisión de los Factores de Corrección de Resistencia para Convertir la Resistencia en Resistencia Equivalente en el Lugar ^C	296
Tabla N° 34. Dimensiones Nominales, Variaciones Permisibles para la Tela del Alambre de los Tamices de Ensayo Estándar (EE.UU.) de la Serie Estándar ²⁴⁵	309
Tabla N° 35. Masa de la Muestra de Ensayo	311
Tabla N° 36. Tamaño del Tamiz para Remover los Residuos de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables	312

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Longitud, Ancho y Espesor de las Unidades del Pavimento de Concreto.	46
Figura N° 2. Medición de las Dimensiones en el Adoquín Entero	103
Figura N° 3. Medición de las Dimensiones en el Adoquín Cortado	104
Figura N° 4. Medición de las Dimensiones en el Bloque.....	120
Figura N° 5. Elaboración de Prismas de Mampostería.....	139
Figura N° 6. Ubicación de las Mediciones en el Prisma	140
Figura N° 7. Modos de Falla	142
Figura N° 8. Método de Aplicación de la Carga, Ensayo en Tres Apoyos, Tubería Circular	148
Figura N° 9. Detalle de la Tira Inferior de Apoyo	149
Figura N° 10. Hoja del Calibrador para Medición de la Grieta.....	150
Figura N° 11. Moldes Cilíndricos para Suelo Cemento (dimensiones en mm)	179
Figura N° 12. Moldes Cilíndricos para Suelo Cemento (dimensiones en mm)	181
Figura N° 13. Ejemplos de bloques no absorbentes para el moldeo de Especímenes de Grout.	189
Figura N° 14. Molde para ensayo de revenimiento	191
Figura N° 15. Molde del Grout - Unidades de 152.4 mm o menos en altura, 57.2 mm es la altura mostrada del ladrillo (Frente a la pila de unidades de mampostería no se muestra un ladrillo para permitir la vista del espécimen)	193
Figura N° 16. Molde del Grout - Unidades mayores de 152.4 mm de alto, 203.2 mm es la altura mostrada de la unidad de mampostería de concreto (Frente a la pila de unidades de mampostería no se muestra un bloque para permitir la vista del espécimen).....	193
Figura N° 17. Esquema de los Patrones de Fracturas Típicas	203
Figura N° 18. Tazón Mezclador	209
Figura N° 19. Paleta.....	210
Figura N° 20. Tazón Mezclador	219
Figura N° 21. Paleta.....	220
Figura N° 22. Distribución de los golpes de apisonado en los moldes.	227
Figura N° 23. Distribución de los golpes de apisonado en los moldes.	227
Figura N° 24. Diagrama Esquemático – Medidor tipo B	249
Figura N° 25. Recipiente de Calibración.....	251
Figura N° 26. Tubo de rociado	251
Figura N° 27. Vista general de un aparato apto para marcar diámetros finales utilizados para la alineación de la pieza en la máquina de ensayo.....	279
Figura N° 28. Esquema detallado de un aparato apto para marcar diámetros finales utilizados para alinear los especímenes.....	280
Figura N° 29. Guía mecánica para alinear cilindros de concreto y tiras de apoyo	280
Figura N° 30. Planos detallados para una adecuada alineación de la guía mecánica de 150 por 300 mm del espécimen.....	281

Figura N° 31. Muestra posicionada en una máquina de ensayo para la determinación de resistencia por tensión indirecta.	282
Figura N° 32. Esquema de los Patrones de Fracturas Típicas	297
Figura N° 33. Esclerómetro	302
Figura N° 34. Matraz Le Chatelier para Ensayo de Densidad.....	317
Figura N° 35. Equipo Gillmore.....	326
Figura N° 36. Tazón de Mezclado.....	328
Figura N° 37. Paleta.....	329
Figura N° 38. Dimensiones y Tolerancias del Moldeado de la Pasta de Cemento.	331

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la calidad de los materiales es imprescindible en el campo del diseño, construcción y supervisión de obras de Ingeniería Civil, por lo que es necesario realizar un control de la calidad de los mismos que permita conocer los componentes, propiedades y características físicas, químicas y mecánicas, según lo requieran. Este procedimiento deberá ser realizado por personal técnico dirigido por un especialista encargado del control de calidad de materiales, auxiliándose de un conjunto de normas y especificaciones que rijan los procedimientos de ensayo de laboratorio. Debido a ello, es necesario contar con un documento que sirva de guía para el trabajo de laboratorio, realizado como parte del control de calidad de los materiales de construcción.

El presente trabajo de investigación responde a esta necesidad con un manual de guías de laboratorio para las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, impartidas en la Universidad de El Salvador como parte del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Civil. Este manual de guías de laboratorio constituye un importante material de apoyo para las cátedras de las asignaturas mencionadas, en tanto facilita el trabajo pedagógico de los educadores responsables de los cursos. De igual manera, el presente documento puede ser utilizado como material de consulta por los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador, así como por cualquier persona interesada en el estudio de los materiales de construcción y por aquellas empresas cuyo servicio se especializa en el control de calidad de los mismos.

El manual de guías de laboratorio presentado abarca los principales ensayos realizados durante los cursos “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”. Al inicio del presente documento se establecen cada uno de los materiales que serán objeto de estudio, su definición y sus especificaciones de calidad correspondiente, estipuladas en la norma ASTM respectiva. A continuación se desarrolla un manual de procedimientos de laboratorio para cada uno de los ensayos considerados. Cada guía de laboratorio está estructurada de la siguiente manera: En primer lugar se presenta una parte introductoria, que comprende el alcance del ensayo, las definiciones relevantes para la comprensión del procedimiento de laboratorio y la importancia y aplicación del método de ensayo. A continuación se presenta una lista detallada de los materiales y equipo a utilizar en la práctica, seguido de una descripción detallada y actualizada del procedimiento de laboratorio correspondiente, en base a lo estipulado en las normas de la “Sociedad Americana para Pruebas de Materiales” (ASTM, por sus siglas en inglés). Como parte final se detallan las fórmulas matemáticas para el cálculo de los parámetros e indicadores de interés, así como un formato de registro de los datos recopilados en el ensayo y la correspondiente información obtenida de los cálculos realizados.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad el control de calidad de los materiales es requerido en muchas construcciones civiles. Dicho control depende de la magnitud de la obra o proyecto a realizar. Entre las instituciones que prestan el servicio de control de calidad de materiales, se pueden mencionar: el Instituto Técnico Centro Americano (ITCA), el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC), empresas dedicadas al control de calidad y algunas universidades del país que cuentan con laboratorio de materiales, tales como: Universidad de El Salvador, Universidad Gerardo Barrios, Universidad de Oriente entre otras. Estas universidades poseen sus propios procedimientos basados en las especificaciones adoptadas por estas para el control de calidad.

A nivel internacional existen organismos de normalización que establecen los procedimientos de laboratorio para el control de calidad de los materiales de construcción. El Salvador, al igual que muchos países de Latinoamérica, no cuenta con instituciones dedicadas al desarrollo de una normativa al respecto. Para solventar dicha carencia recurre a la adopción de normas desarrolladas en países extranjeros, tales como las especificaciones de la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés).

Adicionalmente, en algunas universidades del país se han realizado trabajos de investigación enfocados en el control de calidad de algunos materiales para la construcción. Los títulos de los trabajos a los que se hace referencia se presenta a continuación: “Guía para el Control de Calidad en los Componentes y Sistemas de Mampostería con Bloques de Concreto”, “Recomendaciones para el Control de Calidad de Materiales y Procesos en la construcción de la Carpeta en Pavimentos Rígidos” y “Manual sobre ensayos de laboratorio para Tecnología de Materiales”, todas de la Universidad Politécnica de El Salvador.

En la Universidad de El Salvador existen varios trabajos de graduación relacionados con el control de calidad. Entre estos se puede mencionar: “Concreto Lanzado: Diseño de Mezcla y Propuesta de Metodología para el Control de Calidad”.

En la investigación preliminar no se encontró información sobre un documento que recopile las especificaciones de calidad, junto con los respectivos procedimientos de laboratorio, de un conjunto de materiales de construcción, tales como los vistos en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, de la Universidad de El Salvador; lo cual brinda la posibilidad de elaborar un trabajo de investigación en el cual se determinen las especificaciones de calidad de los diversos materiales y los correspondientes procedimientos de laboratorio para la realización de un adecuado control de calidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente se diseñan y construyen obras civiles con diversos materiales, debido a lo cual es indispensable el conocimiento de las características físicas y mecánicas de estos a través de su estudio en el laboratorio, como parte del control de calidad de los mismos. Dentro de este contexto, la formación del estudiante de Ingeniería Civil en el campo de estudio de la calidad de los materiales condiciona positivamente su futuro desempeño laboral.

En la Universidad de El Salvador, la carrera de Ingeniería Civil contempla en su plan de estudio las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, con el propósito de preparar académicamente al estudiante en el estudio de los materiales de construcción. Cada una de las asignaturas en cuestión consta de un programa de laboratorio, el cual se desarrolla de forma paralela al contenido teórico de la cátedra, con la finalidad de desarrollar la parte práctica de las asignaturas. Este programa de laboratorio contempla ensayos a diversos materiales para ser ejecutados por los alumnos durante el curso. Los ensayos a los que se hace referencia cuentan con guías de procedimientos para la ejecución de las prácticas. Sin embargo, estos procedimientos necesitan ser actualizados constantemente, debido a que las normas en las cuales se basan experimentan cambios como resultado de las revisiones periódicas de estas. Así mismo, es conveniente señalar la importancia de relacionar el conocimiento práctico con el conocimiento teórico de las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, mediante el concepto de control de calidad, en tanto permita unificar bajo un mismo propósito el estudio de los materiales de construcción.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBEJETIVO GENERAL

- ✓ Elaborar un documento que contenga las especificaciones de calidad y procedimientos de laboratorio de los ensayos realizados a los materiales de construcción, estudiados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, basado en las normas de la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Documentar las especificaciones de calidad de los materiales de construcción estudiados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, en base a las normas ASTM correspondientes.
- ✓ Determinar los ensayos de laboratorio que se realizan a los materiales de construcción estudiados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”.
- ✓ Establecer los ensayos de laboratorio que serán considerados en la elaboración del documento.
- ✓ Recopilar los procedimientos de laboratorio contenidos en las guías elaboradas por las cátedras de “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”
- ✓ Efectuar una revisión y actualización de los procedimientos de laboratorio ejecutados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, en base a las normas ASTM correspondientes.
- ✓ Realizar un análisis e interpretación de las normas ASTM, con el fin de establecer un procedimiento de laboratorio para cada ensayo considerado.
- ✓ Establecer un procedimiento de laboratorio para cada ensayo considerado.
- ✓ Elaborar un documento que contenga las especificaciones de calidad de los materiales de construcción estudiados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, y los procedimientos de laboratorio de los ensayos que se realizan a estos materiales.

1.4 ALCANCE

Con el presente trabajo se pretende elaborar un documento que recopile las especificaciones necesarias para realizar el control de calidad de los diversos materiales utilizados en la construcción, estudiados en las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, de la Universidad de El Salvador. Sin embargo, en la elaboración del presente documento no se han considerado todos los ensayos que se realizan a los materiales de construcción en estudio, ni se han incluido todas las especificaciones de calidad de los mismos, sino solamente aquellas que tengan relación con los ensayos considerados.

Para cada ensayo de laboratorio se ha elaborado un procedimiento actualizado en base a las normas publicadas por la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés). Cada una de las guías de laboratorio contiene: el alcance del ensayo, definiciones relevantes, importancia y aplicación del método, materiales y equipo a utilizar, procedimiento detallado para la ejecución de la práctica, fórmulas matemáticas para el procesamiento de los datos y la información estipulada como contenido del reporte por la norma respectiva. Así mismo, se ha elaborado un formato de registro que permite evidenciar la realización de las actividades correspondientes, en el cual se han incluido los datos de relevancia para el adecuado control de los procedimientos. Dicho formato ha sido elaborado conforme a lo establecido en la propuesta del sistema documental del laboratorio de suelos y materiales de la Universidad de El Salvador.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El entorno profesional actual demanda ingenieros civiles altamente capacitados para dirigir, diseñar, supervisar y ejecutar obras civiles. Debido a ello, una adecuada formación académica del estudiante de ingeniería civil es fundamental para la satisfacción de dicha demanda. En consideración de esta premisa, surge la proposición del presente trabajo.

Actualmente las cátedras “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, impartidas en la Universidad de El Salvador, como parte del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Civil, no cuentan con un documento de consulta que compendie aquellos ensayos que se ejecutan en el curso de las asignaturas, referenciados a las especificaciones técnicas de control de calidad. El presente trabajo suple dicha carencia a través de un documento en el cual se ha actualizado, interpretado y simplificado los procedimientos de dichos ensayos, en base a las normas internacionales que los contemplan, y en el que se han establecido las especificaciones de control de calidad como propósito principal de la realización de los ensayos. El documento pretende ser de utilidad tanto para estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, como para los docentes que imparten la asignatura en cuestión, en tanto puede ser utilizado como material de consulta durante el desarrollo del curso, contribuyendo así a reforzar el aspecto teórico de las asignaturas. De igual manera, este trabajo puede ser utilizado como documento de consulta para el resto de universidades del país que imparten las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”, como parte de su plan de estudio de la carrera de Ingeniería Civil, o cualquier otra asignatura que bajo otro nombre contemplan el mismo contenido de estas. Así

mismo, el trabajo presentado también puede ser utilizado como documento de consulta para los laboratorios de las empresas de nuestro país involucradas en el rubro de la construcción.

Finalmente, cabe resaltar la importancia que la elaboración del documento tiene para las facultades multidisciplinarias de la Universidad de El Salvador, específicamente para los estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes ahora cuentan con una guía básica de laboratorio de las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto” para realizar los ensayos en el transcurso de sus visitas técnicas al laboratorio de suelos y materiales de la Ciudad Universitaria.

CAPITULO II

DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES DE ESTUDIO

2. CAPITULO II: DEFINICIONES Y ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LOS MATERIALES DE ESTUDIO

2.2 ESPECIFICACIONES

Una especificación es una declaración precisa que establece los requisitos que debe cumplir un material, producto, sistema o servicio. En el rubro de la construcción, las especificaciones juegan un papel preponderante en la búsqueda del aseguramiento de la calidad de los materiales, en tanto que establecen un criterio de referencia para la aceptación o rechazo de un producto o servicio.

Para comprender a cabalidad la importancia de las especificaciones dentro del control de calidad de los materiales, es necesario enmarcar el concepto de especificación dentro de un concepto más amplio, del cual es consecuencia. Este concepto es el de normalización o estandarización.

En términos generales, la normalización es el proceso de formulación, elaboración, aplicación y mejoramiento de reglas establecidas para una aproximación ordenada a una actividad específica, con la cooperación de todos los involucrados y para el beneficio de estos. Este proceso surge como una necesidad del mejoramiento continuo de materiales, productos, sistemas o servicios, con la finalidad de optimizar los recursos disponibles para satisfacer la demanda creciente de estos.

En la normalización se emplean los documentos elaborados por las entidades rectoras a nivel internacional o nacional, desarrollados sobre determinada disciplina del conocimiento, que pueden ser de estricto cumplimiento. Estos documentos son las llamadas Normas, que establecen un conjunto de reglas, disposiciones y requisitos de normalización, metrología y control de calidad.

En El Salvador no existe una entidad dedicada exclusivamente al desarrollo de normas sobre materiales de construcción. Debido a ello, se recurre a la adopción de normas internacionales, las cuales han sido elaboradas en base a resultados de la tecnología y la experiencia de otros países. No obstante esta carencia, se ha realizado esfuerzos orientados al campo de la normalización. Así, la entidad más importante en nuestro país, dentro de cuyas atribuciones se encuentra la normalización, es el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Esta institución ha elaborado algunas normas nacionales sobre materiales de construcción, tal y como la Normas Salvadoreñas: “Especificaciones para las Barras de Acero Lisas y Corrugadas para Refuerzo del Concreto” (NSO 77.13.01:07) y “Especificación Normalizada para Cemento de Mampostería” (NSO 91.13.03:03), entre otras. Dentro del CONACYT, el Centro Nacional de Normas es el organismo responsable de coordinar las actividades con otras instituciones para la elaboración y adopción de normas técnicas nacionales.

Los documentos normativos pueden ser de diferentes clases dependiendo del alcance del organismo encargado de su formulación, elaboración y aplicación. Así, las normas se clasifican en: Normas Nacionales, Normas Regionales y Normas Internacionales.

Las Normas Nacionales son elaboradas, sometidas a un período de información pública y sancionadas por un organismo reconocido legalmente para desarrollar actividades de normalización en un ámbito nacional. La legislación salvadoreña define dos tipos de normas: las Normas Salvadoreñas Obligatorias (NSO) y las Normas Salvadoreñas Recomendadas (NSR). La principal diferencia entre estos dos tipos de normas radica en que las NSR son idénticas a las normas internacionales, mientras que las NSO se basan en normas internacionales, regionales o de otro país.

Las Normas Regionales son elaboradas en el marco de un organismo de normalización regional, normalmente de ámbito continental, que agrupa a un determinado número de Organismos Nacionales de Normalización. Ejemplo de este tipo de normas son las emitidas por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), del cual El Salvador es miembro, a través del CONACYT.

Las Normas Internacionales tienen características similares a las normas regionales en cuanto a su elaboración, pero se distinguen de ellas en que su ámbito es mundial. Ejemplo de este tipo de normas son las emitidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), del cual El Salvador también es miembro, a través del CONACYT.

Adicionalmente a esta clasificación, existe otro tipo de organismos de normalización que trabajan bajo el ámbito privado. Algunos ejemplos de este tipo de organismos son la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM), la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) y el Instituto Americano del Concreto (ACI).

En El Salvador la mayoría de las especificaciones de los proyectos de ingeniería civil hacen referencia a normas desarrolladas en países extranjeros. Esto se debe, como se mencionó anteriormente, a la carencia de normativas propias, y a la preocupación por el aseguramiento de la calidad de los materiales de construcción y procesos constructivos estipulados en dichas especificaciones. En el ámbito de la construcción, los documentos a las que se hace referencia con mayor frecuencia en nuestro país son las emitidas por las siguientes instituciones:

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas de Materiales

ACI: Instituto Americano del Concreto

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte

AWS: Sociedad Americana de Soldadura

ANSI: Instituto Nacional Americano de Normas

ASCE: Sociedad Americana de Ingenieros Civiles

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana

En el campo de estudio de los materiales de construcción las normas son de gran importancia para el trabajo de laboratorio. En nuestro país, los documentos generalmente usados para referenciar los ensayos de laboratorio son las normas ASTM.

La ASTM es una de las organizaciones internacionales más importantes a nivel mundial, que desarrolla normas elaboradas por consenso, de aplicación voluntaria, aplicables a los materiales,

productos, sistemas y servicios. Las normas de esta organización se pueden clasificar en seis grupos:

Normas de Método de Ensayo: Contienen un procedimiento definitivo que produce un resultado de prueba. Incluye la identificación, medición y evaluación de una o más cualidades, características o propiedades. Se caracterizan por contener en su estructura un apartado sobre declaración de precisión y desviación, el cual se informa al final del método de ensayo.

Normas Prácticas: Contienen un grupo definitivo de instrucciones para ejecutar una o más operaciones que no producen un resultado de prueba. Entre los ejemplos de este tipo de instrucciones se encuentran la aplicación, evaluación, limpieza, recolección, descontaminación, etc.

Normas de Especificación: Contienen un grupo explícito de requerimientos que un material, producto, sistema o servicio debe satisfacer. Una especificación identifica métodos de ensayo para determinar si se cumple cada uno de los requerimientos. Estos requerimientos pueden incluir propiedades físicas, mecánicas o químicas y criterios de seguridad, calidad y desempeño.

Normas de Clasificación: Son esencialmente arreglos o divisiones sistemáticas de materiales, productos, sistemas o servicios en grupos basados en características similares, tal como el origen, la composición, las propiedades o el uso.

Normas Guía: Contienen un compendio de información o serie de opciones que no recomienda un curso de acción específico. En formato y estilo, una Norma Guía aumenta el conocimiento de la información y los enfoques para un tema en particular.

Normas de Terminología: Son documentos que incluyen definiciones de términos, explicaciones de símbolos, abreviaturas o acrónimos.

La ASTM está dividida en 130 comités técnicos, quienes se encargan de desarrollar las normas referentes al área técnica y de gestión de la cual son responsables. Estos comités desarrollan cerca de 11,000 normas, las cuales son publicadas en los 77 volúmenes del Libro Anual de la ASTM. Los volúmenes consultados para la elaboración del presente documento se enuncian a continuación:

Volumen 01.02: Concreto y Agregados

Volumen 01.03: Acero – Placa, Lámina, Listón, Cable, Barra de Acero Inoxidable

Volumen 01.04: Acero – Refuerzo Estructural, Recipiente de Presión, Ferrocarril

Volumen 03.01: Metales – Pruebas Mecánicas; Pruebas de Temperatura Baja y Elevada; Metalografía

Volumen 04.01: Cemento; Cal, Yeso

Volumen 04.05: Materiales No Metálicos Resistentes a Productos Químicos; Tubería de Arcilla Vitrificada, Tubería de Concreto; Productos de Cemento Reforzado con Fibra; Morteros y Grouts; Mampostería; Concreto Prefabricado

Volumen 04.08: Suelo y Roca (I)

Las normas ASTM representan un valioso aporte para el trabajo de laboratorio en las diversas áreas de la Ingeniería Civil, particularmente en el estudio de los materiales de construcción, en tanto que usualmente constituyen la base de las guías de laboratorio empleadas para la realización de los ensayos. Estas guías definen cómo y bajo qué circunstancias debe llevarse a cabo los ensayos de laboratorio, con el fin de unificar y simplificar los procedimientos. Es aquí donde el papel preponderante de la normalización se vuelve manifiesto, ya que la estandarización de los ensayos permite que los resultados obtenidos sean mutuamente comparables y reproducibles.

Las especificaciones de calidad son, entonces, una de las consecuencias directas del proceso de normalización, la cual es una política de calidad que emplea documentos específicos de carácter directriz, denominados Normas, cuya información contenida es el constituyente principal de las guías de laboratorio utilizadas en los ensayos que se le realizan a los diversos materiales de construcción.

2.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales, que con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos, mediante procesos de manufactura de creciente sofisticación. Los materiales naturales sin procesar se suelen denominar materias primas, mientras que los productos elaborados a partir de ellas se denominan *materiales de construcción*.

Los materiales que se utilizan en la construcción constituyen el elemento indispensable para la ejecución de las obras. Al emplearse en grandes cantidades, estos deben provenir de materias primas abundantes y baratas. Por ello la mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad, como por ejemplo: arena, arcilla o piedra.

Los materiales de construcción tienen como característica común el ser duraderos. Dependiendo de su uso, deberán satisfacer otros requisitos, tales como: dureza, resistencia mecánica, resistencia al fuego, facilidad de limpieza, entre otros. Conocer sus características, propiedades y comportamiento, así como su proceso de elaboración especialmente en aquellos que se fabrican a pie de obra, es algo fundamental para cualquier ingeniero que deba desempeñar sus funciones dentro del proceso constructivo.

En los países desarrollados los materiales de construcción están regulados por una serie de códigos y estándares que definen las características que deben cumplir, así como su ámbito de aplicación. El propósito de esta regulación es doble: por un lado garantiza unos estándares de calidad mínimos en la construcción, y por otro permite a los ingenieros y arquitectos conocer de forma más precisa el comportamiento y características de los materiales empleados.

Es por ello el interés de presentar un documento que recopile las especificaciones de calidad de los materiales de construcción de mayor utilidad en el medio actual, así como también los de interés para las cátedras Ingeniería de Materiales y Tecnología del Concreto. A continuación se

presentan las definiciones, los ensayos de control, especificaciones de calidad y los requisitos de aceptación y rechazo de cada material de construcción considerado en este documento, basados en las normas ASTM.

2.3.1 ACERO DE REFUERZO

Definición

El acero de refuerzo estructural es un material producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de silicio, fósforo, azufre y oxígeno, cuya variación en su contenido le aporta características específicas al material. Las barras de acero estructural son piezas de acero laminado, de sección transversal circular, hexagonal o cuadrada. Se clasifican de acuerdo a su límite de fluencia (grado) y a su acabado (lisa o corrugada). Este material es utilizado en la construcción para agregar resistencia a otro material.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:¹

- ✓ Tensión al Acero de Refuerzo
(Norma ASTM A370: "Método de Ensayo Estándar y Definiciones para Ensayos Mecánicos de Productos de Acero").

- ✓ Dobleces al Acero de Refuerzo
(Norma ASTM A370).

Especificaciones de calidad

A continuación se detallarán las especificaciones de calidad correspondientes a las barras de acero de refuerzo para el concreto, las cuales consistirán en dos tipos de acero, el acero al carbono y el acero de baja aleación, que se encuentran regidos bajo las normas siguientes: la Norma ASTM A 615-04: "Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo del Concreto" y la Norma ASTM A 706/A 706M-04b: "Especificación Estándar para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo del Concreto". De las normas mencionadas anteriormente, para los tipos de acero solo se extraerá la información concerniente a los ensayos considerados en este documento.

Las especificaciones de calidad se han dividido en base a sus propiedades físicas y propiedades mecánicas, para las cuales se presentará primero el tipo de barra de acero y seguidamente la especificación correspondiente a la propiedad mostrada.

¹Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Propiedades Físicas

Variación Permisible en la Masa de la Barra:

- Barras de Acero al Carbono y Barras de Acero de Baja Aleación

Las barras corrugadas para refuerzo deberán ser evaluadas en base al peso nominal [masa]. El peso [masa] del espécimen, determinado y redondeado en conformidad con la Practica ASTM E29, deberá ser por lo menos un 94% del peso por unidad de longitud aplicable especificado en la Tabla N° 1:

Tabla N° 1. Números de Designación, Pesos Nominales y Dimensiones Nominales para Barras Corrugadas²

No. de Designación de Barra ^A	Peso Nominal, lb/pie [Masa nominal, kg /m]	Dimensiones Nominales ^B		
		Diámetro pulg [mm]	Área de la sección transversal pulg ² [mm ²]	Perímetro pulg [mm]
3 [10]	0.376 [0.560]	0.375 [9.5]	0.11 [71]	1.178 [29.9]
4 [13]	0.668 [0.994]	0.500 [12.7]	0.20 [129]	1.571 [39.9]
5 [16]	1.043 [1.552]	0.625 [15.9]	0.31 [199]	1.963 [49.9]
6 [19]	1.502 [2.235]	0.750 [19.1]	0.44 [284]	2.356 [59.8]
7 [22]	2.044 [3.042]	0.875 [22.2]	0.60 [387]	2.749 [69.8]
8 [25]	2.670 [3.973]	1.000 [25.4]	0.79 [510]	3.142 [79.8]
9 [29]	3.400 [5.060]	1.128 [28.7]	1.00 [645]	3.544 [90.0]
10 [32]	4.303 [6.404]	1.270 [32.3]	1.27 [819]	3.990 [101.3]
11 [36]	5.313 [7.907]	1.410 [35.8]	1.56 [1006]	4.430 [112.5]
14 [43]	7.65 [11.38]	1.693 [43.0]	2.25 [1452]	5.32 [135.1]
18 [57]	13.60 [20.24]	2.257 [57.3]	4.00 [2581]	7.09 [180.1]

^A Los números de designación de las barras están basados en la cantidad de octavos de pulgada incluidos en el diámetro nominal de la barra (Para los números de designación de la barra se ha aproximado el número de milímetros del diámetro nominal de la barra).

^B Las dimensiones nominales de una barra corrugada son el equivalente a los de una barra lisa redonda con el mismo peso [masa] por pie [metro] que el de una barra corrugada.

Propiedades Mecánicas

- ✓ Ensayo de Tensión

Requerimientos de Tensión:

El material, representado por los especímenes de ensayo, deberá cumplir los requerimientos mínimos para Resistencia a Tensión, Resistencia a Fluencia y Porcentaje de Elongación para las barras de acero al carbono y las barras de acero de baja aleación especificados en la Tabla N° 2 y Tabla N° 3 respectivamente:

² Fuente: Norma ASTM A 615–04b, “Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo del Concreto”, para acero al carbono, y A 706/A 706M–04b, “Especificación Estándar para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo del Concreto”, para acero de baja aleación, siendo la misma Tabla para ambos aceros.

Tabla N° 2. Requerimientos de Tensión para Barras de Acero al Carbono³

	Grado 40 [280] ^A	Grado 60 [420]	Grado 75 [520] ^B
Resistencia mínima a Tensión, psi [MPa]	60 000 [420]	90 000 [620]	100 000 [690]
Resistencia mínima a Fluencia, psi, [MPa]	40 000 [280]	60 000 [420]	75 000 [520]
Elongación mínima en 8 pulg [203.2mm], por ciento:			
N° de Designación de Barra			
3 [10]	11	9	-
4, 5 [13, 16]	12	9	-
6 [19]	12	9	7
7, 8 [22, 25]	-	8	7
9, 10, 11 [29, 32, 36]	-	7	6
14, 18 [43, 57]	-	7	6

^A Barras Grado 40 [280] son proporcionadas solo en tamaños 3 hasta 6 [10 hasta 19].

^B Barras Grado 75 [520] son proporcionadas solo en tamaños 6 hasta 18 [19 hasta 57].

Tabla N° 3. Requerimientos de Tensión para Barras de Acero de Baja Aleación⁴

Resistencia a Tensión, min, psi [MPa]	80 000 [550] ^A
Resistencia a Fluencia, min, psi, [MPa]	60 000 [420]
Resistencia a Fluencia, max, psi, [MPa]	78 000 [540]
Elongación en 8 pulg [203.2mm], min, %	
Designación de Barra No.	
3, 4, 5, 6 [10, 13, 16, 19]	14
7, 8, 9, 10, 11 [22, 25, 29, 32, 36]	12
14, 18 [43, 57]	10

^A La resistencia a la tensión no deberá ser inferior a 1.25 veces la resistencia de fluencia actual.

✓ Ensayo de Dobleces

La especificación para el ensayo de dobleces será la misma tanto para barras de acero al carbono sí como para barras de acero de baja aleación.

Luego de realizado el ensayo de dobleces a la barra de acero, según el procedimiento descrito en la Norma ASTM A 370, el espécimen es examinado visualmente, con el fin de detectar fallas o

³ Fuente: Norma ASTM A 615-04b, "Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo del Concreto", Tabla N° 2.

⁴ Fuente: Norma ASTM A 706/A 706M-04b, "Especificación Estándar para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo del Concreto", Tabla N° 3.

imperfecciones. Se considera que el espécimen cumple el ensayo de doblez cuando no se observan grietas en el radio exterior de la porción doblada.

Aceptación y Rechazo

Barras de Acero al Carbono y Barras de Acero de Baja Aleación

- ✓ Si alguna barra corrugada de la muestra presenta sobrepeso (exceso de masa), esto no será causa de rechazo.
- ✓ Las barras deberán estar libres de imperfecciones superficiales perjudiciales. Óxido, fisuras, irregularidad superficiales o incrustaciones de laminado, no deberán constituir razón para el rechazo, siempre que el peso, dimensiones, área de sección transversal, y propiedades de tensión de una muestra cepillada a mano con cepillo de alambre no sean menores que los requerimientos mostrados anteriormente.
- ✓ Imperfecciones superficiales o defectos diferentes de los especificados en el párrafo anterior deberán ser considerados perjudiciales cuando las muestras que contengan tales imperfecciones no cumplan cualquier requerimiento de tensión o doblado. Ejemplos incluyen, pero no se limitan a: astillas, pliegues, fisuras, incrustaciones, grietas de enfriado o moldeado, y/o marcas del laminado.
- ✓ El material que tenga defectos graves subsecuentes a la aprobación en la planta del fabricante deberá ser rechazado y el fabricante deberá ser debidamente notificado.
- ✓ Las barras de acero corrugadas, representadas por la muestra de ensayo, que no cumplan con las especificaciones de tensión y doblez descritas anteriormente, deben ser rechazadas.

Repetición de Ensayos

Si alguna propiedad relativa a la tensión de cualquier espécimen de ensayo para tensión es menor que lo especificado, y si alguna parte de la fractura se encuentra fuera del tercio medio de la longitud calibrada, indicada por las marcas hechas en el espécimen antes del ensayo, será permitido la repetición del ensayo.

Si los resultados de un espécimen original sometido a tensión no cumple los requerimientos mínimos especificados y se encuentran dentro de 2000 psi (14MPa) de la resistencia a tensión requerida, dentro de 1000 psi (7MPa) del punto de fluencia requerido, o dentro de dos unidades porcentuales de la elongación requerida, se permitirá la repetición del ensayo en dos especímenes aleatorios para cada espécimen de tensión original fallado del lote. Ambos especímenes reensayados deberán cumplir los requerimientos de esta especificación. Si un espécimen no supera el ensayo de doblez por razones diferentes a razones mecánicas o se presentan fallas en el espécimen, la repetición del ensayo será permitido en dos especímenes tomados aleatoriamente del mismo lote. Ambos especímenes reensayados deberán reunir los

requerimientos de esta especificación. Los reensayos deberán ser realizados en especímenes de ensayo que estén a temperatura ambiente, pero no a menos de 16 °C (60 °F).

Si un ensayo de peso (masa) no cumple por razones diferentes a defectos en el espécimen, el reensayo será permitido en dos especímenes tomados aleatoriamente del mismo lote. Ambos especímenes reensayados deberán reunir los requerimientos de esta especificación.

Si algún espécimen no supera un ensayo a causa de razones mecánicas, tales como fallas del equipo de ensayo o preparación inadecuada del espécimen, el reemplazo del espécimen será permitido.

Si se detectan defectos en un espécimen de ensayo, ya sea antes o durante la ejecución del ensayo, el reemplazo del espécimen será permitido de la horneada de la misma colada y del mismo tamaño de barra que la original.

2.3.2 SOLDADURA Y ACOPLER MECÁNICOS EN EL ACERO DE REFUERZO

Definición

En ocasiones en la construcción de obras de concreto reforzado es necesario soldar las barras de acero de refuerzo que componen la estructura, con la finalidad de otorgarle continuidad al elemento. En nuestro país, la barra utilizada mayormente en la preparación del concreto reforzado es la barra de acero al carbono, la cual es fabricada de acuerdo a la Norma ASTM A615: "Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto". Es importante señalar que esta norma no contempla especificaciones para una posible unión por soldadura. Sin embargo, es práctica acostumbrada soldar las barras de acero fabricadas bajo ésta especificación, a pesar de que dicha técnica no es recomendada en este tipo de barra debido a su baja soldabilidad, la cual es una característica que condiciona de manera desfavorable las propiedades mecánicas de las uniones soldadas.

Para solventar este problema estructural, cuando se requiera unir este tipo de barra durante el proceso constructivo, usualmente se recomienda utilizar acoples mecánicos en lugar de soldaduras. El acople mecánico asegura el mantenimiento de la distribución continua de la carga en la barra, sin depender de la condición o de la existencia del concreto. Los acoples mecánicos ofrecen una integridad estructural mayor que la soldadura, y ofrecen resistencia y solidez en caso de eventos sísmicos, naturales o de otro tipo.

Ensayos de control

El ensayo de laboratorio considerado en el presente documento para este material es el siguiente:⁵

- ✓ Tensión en Barras de Acero Soldadas o con Acoples Mecánicos (Norma ASTM A370)⁶.

Especificaciones de calidad

A continuación se presentan las especificaciones correspondientes al ensayo de tensión en barras de acero unidas por soldadura o acoples mecánicos. La información fue tomada de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto de El Salvador.

- ✓ Tensión en Barras de Acero Soldadas o Con Acoples Mecánicos

Según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto de El Salvador, para las Uniones Soldadas o Mecánicas, las varillas de acero de refuerzo para elementos de

⁵ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

⁶ Aunque el procedimiento para el ensayo de tensión a barras de acero soldadas no se contempla como tal en la norma citada, el procedimiento desarrollado en este documento es una adopción del ensayo de tensión descrito en la norma ASTM A 370, "Método de Ensayo Estándar y Definiciones para Ensayos Mecánicos de Productos de Acero".

concreto pueden unirse por medio de soldaduras o dispositivos mecánicos, siempre que dichas uniones cumplan con los requisitos estipulados a continuación:

- Toda unión soldada o con dispositivo mecánico, debe ser capaz de transferir al menos el 125% de la fuerza de fluencia de tensión en las barras unidas, sin que sea necesario que exceda la resistencia máxima de estas.
- En cualquier sección de todo el elemento, se podrá unir únicamente 1/3 de la soldadura del acero de refuerzo máximo. Dos secciones consecutivas con uniones deberán estar separadas no menos de 60 cm.
- Las uniones soldadas se harán de acuerdo a la “Norma Técnica para Control de Calidad de Materiales Estructurales”.
- El diseño de las uniones soldadas o con dispositivos mecánicos debe permitir la correcta colocación final del refuerzo y el concreto en el elemento.

Aceptación y Rechazo

Para uniones soldadas o mecánicas en las varillas de acero de refuerzo, se deberá cumplir a cabalidad lo establecido en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto de El Salvador.

2.3.3 CEMENTO

Definición

Es una sustancia mineral en polvo, que contiene por lo general una mezcla de cal, alúmina, sílice, óxido de hierro y magnesia, que al mezclarlo con agua forma una pasta que al fraguar se endurece. El cemento es utilizado como aglutinante en el concreto, morteros, yeso, etc. Numerosos compuestos orgánicos utilizados para la adhesión, o material de sujeción, se llaman cementos, pero estos son clasificados como adhesivos, y el término cemento solo se entiende como material de construcción. En la actualidad existe una gran variedad de tipos de cemento, entre los que se pueden mencionar los cementos hidráulicos, los cementos mezclados, los cementos portland, entre otros.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:⁷

- ✓ Gravedad Específica del Cemento
(Norma ASTM C188: “Método de Ensayo Estándar para la Densidad del Cemento Hidráulico”).
- ✓ Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento Portland por Medio de las Agujas de Gillmore
(Norma ASTM C266: “Método de Ensayo Estándar para el Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento-Hidráulico por las Agujas de Gillmore”).

Especificaciones de calidad

A continuación se detallan las especificaciones de calidad correspondientes a los ensayos de la gravedad específica del cemento y el tiempo de fraguado del cemento por medio de las agujas de Gillmore. Las especificaciones consideradas para el control de calidad, han sido tomadas de varias normas que presentan algunas especificaciones para diversos tipos de cementos, siendo estas:

- Norma ASTM C91: “Especificación Estándar para el Cemento de Albañilería”.
- Norma ASTM C150: “Especificación Estándar para Cementos Portland”, que incluye los cementos tipo I, IA, II, IIA, III, IIIA, IV y V.
- Norma ASTM C595: “Especificaciones Estándar para Cementos Mezclados”, que incluye los cementos tipo S, IS, I(SM), IP, P, I(PM).
- Norma ASTM C1157: “Especificaciones Estándar para el Desempeño de Cementos Hidráulicos”.

⁷ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Las especificaciones de calidad serán divididas en base a sus propiedades físicas y propiedades químicas.

Propiedades Físicas

En la Tabla N° 4 se presentan algunos requerimientos físicos estándar concernientes al Cemento Portland. En la Tabla N° 5 se presentan los requerimientos físicos opcionales, como parte de las especificaciones bajo la norma ASTM C 150, dentro de los que se encuentra la especificación para el “Tiempo de Fraguado del Cemento Portland por Medio de las Agujas de Gillmore.”

Tabla N° 4. Requerimientos Físicos Estándar⁸

Tipo de Cemento ^A	Método de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Contenido de aire del mortero ^B , volumen %	C 185								
máximo		12	22	12	22	12	22	12	12
mínimo		...	16	...	16	...	16	...	...
Finura, superficie específica, m ² /Kg (métodos alternativos)									
Ensayo del Turbidímetro	C 115								
Valor promedio, min ^D		160	160	160	160	...	...	160	160
Cualquier muestra, min ^E		150	150	150	150	...	...	150	150
Valor promedio, máximo ^D		...	...	240 ^F	240 ^F	...	...	240	...
Cualquier muestra, máximo ^E		...	...	245 ^F	245 ^F	...	...	245	...
Ensayo de permeabilidad del aire	C 204								
Valor promedio, min ^D		280	280	280	280	...	...	280	280
Cualquier muestra, min ^E		260	260	260	260	...	...	260	260
Valor promedio, máximo ^D		...	...	420	420	...	...	420	...
Cualquier muestra, máximo ^E		...	...	430	430	...	...	430	...
Autoclave de expansión, máximo, %	C151								
Resistencia, no inferior a los valores indicados para las edades indicadas en lo siguiente ^G :		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a la compresión, MPa (psi):	C109/ C109M								
1 día		...	...	...	...	12.0 (1740)	10.0 (1450)	...	...
3 días		12.0 (1740)	10.0 (1450)	10.0 (1450)	8.0 (1160)	24.0 (3480)	19.0 (2760)	...	8.0 (1160)
7 días		19.0 (2760)	16.0 (2320)	17.0 (2470)	14.0 (230)	...	...	7.0 (1020)	15.0 (2180)

⁸ Fuente: Norma ASTM C 150-07, “Especificación Estándar para Cementos Portland”, Tabla N° 3.

				12.0 ^H (1740) ^H	9.0 ^H (1310) ^H				
28 días	...	...	...	...	...	...	...	17.0 (2470)	21.0 (3050)
Tiempo de ajuste; Ensayo de C 191									
Vicat: ^I									
Tiempo de fraguado, mín, no menos de	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado, mín, no más de	375	375	375	375	375	375	375	375	375

^A El cemento que cumpla los requisitos para todos los tipos no se transportan en stock en algunas zonas. Antes de especificar el uso del cemento que no sean del tipo I, determinar si el tipo de las propuestas de cemento es, o puede ser hecho, accesible.

^B El cumplimiento de los requisitos de la especificación C 150 no garantiza necesariamente que el contenido de aire deseado sea obtenido en el concreto.

^C En el laboratorio de ensayos se selecciona el método de finura que se utilizará. Sin embargo, cuando la muestra no cumple con los requisitos del ensayo de aire-permeabilidad, se utilizará el ensayo del turbidímetro, y los requisitos de esta tabla para el método del turbidímetro regirán.

^D El valor promedio se determinará en las últimas cinco muestras consecutivas de una fuente.

^E El valor de cualquier muestra deberá ser el resultado de un ensayo o el promedio de los ensayos en cualquier muestra.

^F El promedio máximo y los límites máximos individuales de finura de la muestra no se aplican si la suma de $C_3S + 4.75C_3A$ es menor o igual a 90.

^G La resistencia a cualquier edad del ensayo prescrito no será inferior a la alcanzada a cualquier edad del ensayo especificado anteriormente.

^H Cuando el calor de hidratación es opcional, en la Tabla N° 5 se especifica.

^I El tiempo de ajuste es el que se describe como el tiempo inicial fijado en el método de ensayo C 191.

Tabla N° 5. Requerimientos Físicos Opcionales^{A,9}

Tipo de Cemento	Método de ensayo aplicable	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
Falso set, penetración final, mínimo, %	C 451	50	50	50	50	50	50	50	50
Falso Calor de Hidratación	C 186								
7 días, máximo, kj/kg (cal/g)		...	...	290 (70) ^B	290 (70) ^B	...	...	250 (60) ^C	...
28 días, máximo, kj/kg (cal/g)		...	...	...	...	...	...	290 (70) ^C	...
Resistencia, no inferior a los valores indicados:									
Resistencia a la compresión, MPa (psi)	C 109/ C 109M								
28 días		28.0 (4060)	22.0 (3190)	28.0 (4060)	22.0 (3290)	...	...	...	...
				22.0 (3190)	18.0 (2610)				

⁹ Fuente: Norma ASTM C 150-07, "Especificación Estándar para Cementos Portland", Tabla N° 4.

Resistencia a los sulfatos, 14 días, máximo, % de expansión	C 452	...	...	...	...	...	...	...	...	0.04
Prueba de Gillmore:	C266									
Set inicial, mín, no menos de		60	60	60	60	60	60	60	60	
Set final, mín, no más de		600	600	600	600	600	600	600	600	

^A Estos requisitos opcionales se aplican sólo cuando se solicite expresamente. Verificar la disponibilidad antes de ordenar.

^B El límite para la suma de $C_3S + 4.75C_3A$ en la Tabla N° 8 no se aplicará cuando este límite opcional sea requerido. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando el calor opcional de la exigencia de hidratación es solicitado.

^C Cuando el calor de hidratación límite se especifica, será en vez de los límites de C_3S , C_2S , C_3A , y Fe_2O_3 en la Tabla N° 8.

^D Cuando la resistencia a los sulfato se especifica, será en vez de los límites de C_3A , $C_4AF + 2C_3A$, y Fe_2O_3 en la Tabla N° 8.

^E Cemento que reúne los límites de alta resistencia al sulfato Tipo V, es considerado para cumplir con el requisito de resistencia moderada al sulfato requisito del tipo II. Tabla N° 8.

En la Tabla N° 6 se muestran los valores para el Tiempo de Fraguado por Medio de las Agujas de Gillmore para el Cemento de Albañilería, regido por la norma ASTM C 91-03a.¹⁰

Tabla N° 6. Tiempo de Fraguado por Medio de las Agujas de Gillmore para el Cemento de Albañilería¹¹

Tipo de Cemento de Albañilería	N	S	M
Fraguado inicial, min, no menos de	120	90	90
Fraguado final, min, no más de	1440	1440	1440

✓ Gravedad Específica del Cemento (Densidad del Cemento)

La gravedad específica del cemento (densidad del cemento) no es un valor que se utilice como parámetro de indicación para la calidad del cemento, ya que su principal uso es en los cálculos de las proporciones del diseño de mezcla. Un bajo valor en la densidad absoluta del cemento indica poca presencia de clinker y alta presencia de yeso. Debido a lo mencionado anteriormente, a continuación en la tabla N° 7 se muestran los valores de referencia concernientes a los cementos Portland y los cementos Mezclados.

Tabla N° 7. Gravedad Específica del Cemento¹²

	Rango de variación
Cementos Portland	3.10 - 3.25
Cementos Mezclados	2.90 - 3.15

¹⁰ No se incluyen los valores de las especificaciones para el tiempo de fraguado por medio de las agujas de Gillmore en los cementos hidráulicos y cementos mezclados por no poseer dentro de sus especificaciones estos parámetros de control.

¹¹ Fuente: Norma ASTM C 91-03a, "Especificación Estándar para el Cemento de Albañilería", Tabla N° 1.

¹² Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto PCA. 1ª Edición.

Propiedades Químicas

El Cemento Portland, para cada uno de los ocho tipos de muestra, deberá ajustarse a los requisitos químicos respectivos de la norma ASTM C 150, mostrados en la Tabla N° 8. Para requisitos químicos opcionales, consulte la Tabla N° 9.

Tabla N° 8. Requerimientos de Composición Estándar¹³

Tipo de Cemento	Método de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III y IIIA	IV	V
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃), máx, %	C 114	...	6	...	...	...
Óxido férrico (Fe ₂ O ₃), máx, %	C 114	...	6	...	6.5	...
Óxido de magnesio (MgO), máx, %	C 114	6	6	6	6	6
Trióxido de azufre (SO ₃), D máx, %	C 114					
Cuando (C3A) E es del 8% o menos		3	3	3.5	2.3	2.3
Cuando (C3A) E es más del 8%		3.5		4.5		
Pérdida por ignición, máx, %	C 114	3	3	3	2.5	3
Residuo insoluble, máx, %	C 114	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Silicato tricálcico (C ₃ S) E, máx, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	...	...	35	...
Silicato dicálcico (C ₂ S) E, min, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	...	...	40	...
Aluminato tricálcico (C ₃ A) E, máx, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	8	15	7	5
Suma de C ₃ S + 4.75C ₃ AG, máx, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	100	...	...	...
Alumino ferritotetracálcico más el doble del aluminato tricálcico (C ₄ AF + 2 (C ₃ A)), o la solución sólida (+ C ₄ AF C ₂ F), según corresponda, máximo, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	...	...	...	25

Tabla N° 9. Requerimientos de Composición Opcionales^{A, 14}

Tipo de Cemento	Método de ensayo aplicable	I y IA	II y IIA	III y IIIA	IV	V	IIIA	Comentarios
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^B , máximo, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	...	8	...	...	...	para moderada resistencia a los sulfatos
Aluminato tricálcico (C ₃ A) ^B , máximo, %	Véase anexo A1 en norma ASTM C 150-07	...	...	5	...	...	...	para alta resistencia a los sulfatos
Equivalente álcalis (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), máx, %	C 114	0.60 ^C	0.60^{C}	0.60^{C}	0.60^{C}	0.60^{C}	0.60^{C}	cimento de bajo álcali

^A Estos requisitos opcionales se aplican sólo cuando se solicite expresamente. Verificar la disponibilidad antes de ordenar.

^B Véase el anexo A1 de cálculo en norma ASTM C150-07.

^C Especifique este límite cuando el cemento se va a utilizar en concreto con áridos que son potencialmente reactivos y que no se han hecho ninguna otra disposición para proteger el concreto de agregados deletéreamente reactivos. Consulte la especificación C 33 para obtener información sobre la reactividad potencial de los agregados.

¹³ Fuente: Norma ASTM C 150-07, "Especificación Estándar para Cementos Portland", Tabla N° 1.

¹⁴ Fuente: Norma ASTM C 150-07, "Especificación Estándar para Cementos Portland", Tabla N° 2.

Aceptación y Rechazo

Para la recepción del cemento es necesario verificar lo siguiente:¹⁵

- ✓ El cemento será rechazado si no cumple con alguno de los requisitos establecidos en la especificación.
- ✓ A elección del comprador, vuelva a ensayar, antes de usar, el cemento a granel que permanezca almacenado durante más de 6 meses o en bolsas de cemento que se encuentren en el almacenamiento local en custodia de un vendedor por más de 3 meses. Tras la finalización de los ensayos, rechace el cemento si no cumple con alguno de los requisitos de la especificación. El cemento rechazado es responsabilidad del titular del registro en el momento del muestreo para el nuevo ensayo.
- ✓ Los paquetes deberán identificar la masa contenida en peso neto. A elección del comprador, los paquetes de más de 2% por debajo de la masa marcada en el mismo deberán ser rechazados y si la masa media de los componentes de un mismo envío, como lo demuestra la determinación de la masa de 50 paquetes seleccionados al azar, es menor que la indicada en los paquetes, todo el envío deberá ser rechazado.

¹⁵ La aceptación y rechazo corresponden al Cemento Portland regido por la norma ASTM C 150, "Especificación Estándar para Cementos Portland".

2.3.4 CONCRETO

Definición

El concreto es una mezcla de material aglutinante (cemento Portland hidráulico), un material de relleno (agregados), agua y muy frecuentemente aditivos, que al endurecerse forma un sólido compactado y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

2.3.4.1 Concreto Fresco

Definición

Es una mezcla homogénea y fluida de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. La mezcla puede contener aditivos, materiales cementicios, o ambos. Es un material que en pocas horas se transforma y cambia de estado, desde su condición inicial de masa blanda uniforme hasta la de cuerpo rígido tomando la forma del molde en donde se coloca, y después continúa evolucionando para adquirir con el tiempo sus propiedades definitivas.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:¹⁶

- ✓ Muestreo del Concreto Fresco
(Norma ASTM C172: “Práctica Estándar para Muestreo de Concreto Recién Mezclado”)
- ✓ Medición de la Temperatura
(Norma ASTM C 1064/C1064M: “Método de Ensayo Estándar para la Temperatura de Concreto de Cemento Pórtland Recién Mezclado”).
- ✓ Contenido de Aire Mediante el Método de Presión
(Norma ASTM C231: “Método de Ensayo para Contenido de Aire en el Concreto Recién Mezclado por el Método de Presión”).
- ✓ Densidad, Rendimiento y Contenido de Aire (gravimétrico) del Concreto.
(Norma ASTM C 138/C138M: “Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto”).

¹⁶Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Especificaciones de calidad

A continuación se presentan los requerimientos de calidad para el concreto fresco. Las especificaciones corresponden únicamente a los ensayos considerados en este documento. La información relativa al contenido de aire del concreto, así como el criterio de aceptación o rechazo fue tomada de la Norma ASTM C94–09: “Especificación Estándar para el Concreto Premezclado”. Las especificaciones consideradas se refieren a las propiedades físicas del concreto en estado fresco. Cuando los requisitos establecidos por el comprador del concreto difieran de los presentados a continuación, la especificación que rige es la del comprador.

Propiedades Físicas

✓ Medición de la Temperatura.

La temperatura del concreto está directamente relacionada con el desarrollo de su resistencia. La medición de la temperatura se realiza como parte del control de recepción del concreto fresco, con el fin de verificar la conformidad con los límites de temperatura requerida por las especificaciones del proyecto. El ensayo de medición de temperatura del concreto se realiza de acuerdo al procedimiento establecido por la Norma ASTM C 1064/C 1064M. La temperatura máxima comúnmente requerida en las especificaciones de obras construidas en ambientes calurosos es de 32°C, que es un indicativo de que se deben tomar medidas para disminuir los efectos de este parámetro en el concreto.

✓ Contenido de Aire

El contenido de aire en el concreto fresco influye notablemente en la trabajabilidad y cohesión de la pasta. El ensayo del contenido de aire del concreto se realiza como parte de los ensayos de control de recepción, y es un ensayo obligatorio cuando se realiza el muestreo para ensayos de resistencia a compresión. El valor del contenido de aire en una muestra de concreto se estipula en las especificaciones del proyecto. Cuando el contenido de aire medido durante el muestreo es menor al especificado, se procede a realizar un ensayo de comprobación, tal y como se establece en el apartado *Aceptación y Rechazo* de las especificaciones de este material. El contenido de aire del concreto puede ser determinado mediante el método de presión (Norma ASTM C231), el método volumétrico (Norma ASTM C173/C173M) o por el método gravimétrico (Norma ASTM C138/C138M).

Contenido de aire en concreto con inclusor de aire:

En ocasiones en el diseño de una mezcla de concreto se establece la utilización de aditivos inclusores de aire. Cuando este elemento es empleado, la Norma ASTM C94 establece los valores recomendados del contenido de aire total, mostrados en la Tabla N° 10:

Tabla N° 10¹⁷. Contenido Recomendado de Aire Total para Concreto con Includor de Aire^{A, B}

Condición de Exposición ^C	Contenido de Aire Total, %						
	Tamaños Máximo Nominal del Agregado, pulg [mm]						
	3/8 [9.5]	1/2 [12.5]	3/4 [19.0]	1 [25.0]	1 1/2 [37.5]	2 [50.0]	3 [75.0]
Leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5
Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5
Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5

^A Para concreto con aire incluido, cuando se especifica.

^B A menos que las condiciones de exposición establezcan lo contrario, se permitirá reducir el contenido de aire recomendado anteriormente hasta en un 1% para concretos con resistencia a la compresión especificada, $f'c$, de 5000 psi [35 MPa] o superior.

^C Para la descripción de las condiciones de exposición, consulte la Norma Práctica ACI 211.1, Sección 6.3.3, con especial atención a las notas de acompañamiento.

El contenido de aire del concreto con aire incluido, cuando la muestra en la unidad de transporte se encuentra en el punto de vertido, deberá de estar dentro de una tolerancia de ± 1.5 del valor especificado.

Cuando una muestra preliminar, tomada dentro de los límites de tiempo para el ensayo de revenimiento y antes de la descarga para la colocación, presente un contenido de aire por debajo del nivel especificado por más de la tolerancia mencionada en el párrafo anterior, el fabricante podrá utilizar mezcla adicional de includor de aire para alcanzar el nivel deseado de contenido de aire, seguido por un mínimo de 30 revoluciones de la velocidad de mezcla, siempre y cuando el límite de revoluciones para el ensayo de revenimiento no sea superado.

✓ Rendimiento

El rendimiento es el volumen de concreto fresco que se puede producir con un proporcionamiento determinado. En el control de recepción del concreto en una obra, el cálculo del rendimiento se utiliza para verificar el volumen de entrega del concreto contra el volumen recibido, ya que el concreto premezclado se vende por unidad de volumen. Para determinar el rendimiento se mide la densidad (peso unitario) de la muestra. El procedimiento de ensayo para la medición de la densidad del concreto fresco se encuentra contenido en la Norma ASTM C138/C 138M.

Información de la Etiqueta de la Bachada

El fabricante del concreto deberá proporcionar al comprador con cada bachada de concreto antes de la descarga en el sitio, una etiqueta de entrega en la que esté impresa, estampada, o escrita, la información relativa de dicho concreto, con lo siguiente:

¹⁷ Fuente: Norma ASTM C 94–09, “Especificación Estándar para el Concreto Premezclado”, Tabla N° 1.

1. Nombre de la compañía fabricante del concreto y planta de la bachada, o el número de planta de la bachada,
2. Número de serie de la etiqueta,
3. Fecha,
4. Número del Camión
5. Nombre del comprador,
6. Denominación Específica de Trabajo (nombre y la ubicación),
7. Clase específica o la designación del concreto en conformidad con la empleada en las especificaciones del trabajo,
8. Cantidad de concreto en yardas cúbicas (o metros cúbicos),
9. Tiempo de carga o de la primera mezcla de cemento y agregados, y
10. El agua añadida por quien recibe el concreto y sus iniciales.

Cuando se solicite, se aportará información adicional para efectos de certificación, designada por el comprador y requerida por las especificaciones del proyecto; tal como:

1. Lectura del contador de revoluciones en la primera adición de agua,
2. Tipo, marca y la cantidad de cemento,
3. Clase, marca y cantidad de ceniza volante de carbón o puzolana natural en crudo o calcinada,
4. Grado, marca, y cantidad de escoria granulada de alto horno,
5. Tipo, marca y cantidad de humo de sílice,
6. Tipo, marca, y cantidad de aditivos
7. Tipo, marca, y cantidad de refuerzos de fibra,
8. Origen y cantidad de cada medición o pesaje de agua o lodo reciclado,
9. Información necesaria para calcular el agua total de la mezcla. El agua incluye el agua libre de los agregados, el agua de la bachada (medida o pesada) incluida la del hielo agregado en la planta, el agua de lavado retenida en el tambor de mezclado, y el agua añadida por el operador del camión desde el tanque mezclador,
10. Tamaño máximo de agregado,
11. Masa (cantidad) de agregado fino y grueso,
12. Ingredientes certificados como se hayan aprobado previamente, y
13. Firma o iniciales del representante del fabricante.

Aceptación y Rechazo

La Norma ASTM C94 establece lo siguiente:

- ✓ Si el contenido de aire es mayor que el límite superior especificado, un ensayo de comprobación se efectuará inmediatamente después de un nuevo ensayo de muestreo. En caso de que el ensayo de comprobación falle, el concreto se considerará que no ha logrado los requisitos de la especificación.
- ✓ Si el contenido de aire es menor que el límite inferior, se permitirá ajustes de conformidad con lo dispuesto en la Norma ASTM C94 relativo al contenido total de aire

para concreto con inclusor de aire, y se obtendrá una nueva muestra. Si la muestra del concreto ajustado falla, un ensayo de comprobación se efectuará de inmediato con una nueva muestra del concreto ajustado. En caso de que el ensayo de comprobación falle, el concreto se considerará que no ha logrado los requisitos de la especificación.

2.3.4.2 Concreto Endurecido

Definición

Es un material sólido y fuerte, producido por una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta como consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. Otros materiales cementantes y adiciones minerales se pueden incluir en la pasta. El concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, dependiendo de las propiedades tanto físicas, químicas, mecánicas de sus componentes y de la interacción de cada uno de ellos.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:¹⁸

- ✓ Prueba Brasileña
(Norma ASTM C496: “Método de Ensayo Estándar para la Resistencia por Hendimiento de los Especímenes Cilíndricos de Concreto”).
- ✓ Determinación de la Resistencia a Compresión del Concreto Endurecido por medio de Núcleos de Concreto
(Norma ASTM C42/C42M: “Método de Ensayo Estándar para la Obtención y Ensayo de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto”).
- ✓ Ensayos con el Esclerómetro
(Norma ASTM C805: “Método Ensayo Estándar para el Número de Rebotes del Concreto Endurecido”).

Especificaciones de calidad

La ASTM no cuenta con especificaciones que establezcan los valores para el control de los resultados de los ensayos antes mencionados, ya que el principal uso de los valores obtenidos por los ensayos es verificar que se ha cumplido con los parámetros establecidos por el diseñador de mezclas en el concreto endurecido. En el presente documento se muestra un breve resumen

¹⁸ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

de las características de los métodos de ensayo concernientes al concreto endurecido y algunos factores a controlar para una realización adecuada de estos.

✓ Prueba Brasileña

También llamado Ensayo de *Resistencia por Tensión Indirecta en Cilindros de Concreto*, se utiliza en el diseño de miembros estructurales de concreto para evaluar la resistencia al corte proporcionada por el concreto y determinar la longitud de desarrollo del refuerzo. El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y se estima normalmente siendo de 0.4 a 0.7 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en Megapascuales o de 1.3 a 2.2 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en kilogramos por Centímetro cuadrado (5 a 7.5 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión en libras por pulgada cuadrada).

$$\sigma = 0.08 f'c \quad \text{a} \quad \sigma = 0.12 f'c$$

$$\sigma = 0.4 \sqrt{f'c} \quad \text{a} \quad \sigma = 0.7 \sqrt{f'c} \quad (\text{MPa})$$

$$\sigma = 1.3 \sqrt{f'c} \quad \text{a} \quad \sigma = 2.2 \sqrt{f'c} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

$$\sigma = 5.0 \sqrt{f'c} \quad \text{a} \quad \sigma = 7.5 \sqrt{f'c} \quad (\text{lb/pulg}^2)$$

Dónde:

σ = Resistencia a la tensión indirecta, MPa, Kg/cm², lb/pulg²

$f'c$ = resistencia a compresión del espécimen, MPa, Kg/cm², lb/pulg²

✓ Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido por medio de Núcleos de Concreto

Consiste en la obtención y ensayo de cilindros a fin de determinar la resistencia a la compresión del concreto en sitio. Los cilindros de ensayo se extraen cuando existen dudas sobre la calidad del concreto que se ha colocado ya sea por los bajos resultados de los ensayos de resistencia durante la construcción o por indicios de deterioro en la estructura. Además, este método puede ser utilizado para proporcionar información sobre la resistencia de estructuras antiguas. La resistencia del concreto en la estructura se debe determinar a través del ensayo de por lo menos 3 núcleos extraídos de la porción de la estructura, cuyos cilindros curados en laboratorio no cumplan los criterios de aceptación, para cada ensayo de resistencia realizado. Si el promedio de la resistencia a la compresión de tres testigos es, por lo menos, 85% de $f'c$ y ningún núcleo individualmente tenga menos de 75% de $f'c$, el concreto en el área representada por los testigos se considera estructuralmente adecuado.¹⁹

¹⁹ Fuente: Diseño y Control de Mezclas de Concreto PCA. 1ª Edición.

Preferentemente, la altura del cilindro refrentado o perfilado debe ser de entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro. Si la relación altura diámetro (h/d) del espécimen es menor de 1.9 se corrige el resultado multiplicando por el factor de corrección apropiado:

Relación h/d	Factor de Corrección
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Los valores no dados tendrán que ser determinados por interpolación.

No se deben usar núcleos y cilindros con altura menor que 95% del diámetro, antes o después del refrentado. Se sugiere, si es posible, el uso de un núcleo con diámetro mínimo de 95 mm (3.75 pulg), cuando la relación entre altura y diámetro (h/d) sea mayor que uno.

Si los resultados de los ensayos de núcleos adecuadamente preparados fueran tan bajos como para poner la integridad estructural en duda, se deben realizar ensayos de cargamento, conforme a lo establecido en el Capítulo 20 del ACI 318.

Conversión de la Resistencia del Núcleo a la Resistencia Equivalente en el Lugar

La resistencia del concreto en el lugar desde que el núcleo del espécimen de ensayo fue extraído se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$f_c = f_{l/d} F_{dia} F_{mc} F_d f_{core}$$

Donde f_c es el equivalente de la resistencia en lugar; f_{core} es la resistencia del núcleo; y el factor de corrección $F_{l/d}$, F_{dia} y F_{mc} se considera para los efectos de la relación longitud-diámetro, diámetro y contenido de humedad en el núcleo, respectivamente. El factor F_d se considera para los efectos del daño sufridos durante la perforación incluyendo micro fisuras y ondulaciones en la superficie perforada y el corte a través de las partículas del agregado grueso que posteriormente pueden aparecer durante el ensayo.

La Tabla N° 11 muestra los valores medios de los factores de corrección reportados por Bartlett y MacGregor (1995) basados en los datos del concreto de peso normal con resistencias de entre 14 y 92 MPa (2000 y 13400 PSI). La columna de la derecha muestra los coeficientes de variación V que indican la incertidumbre del valor medio. De ello se deduce que el diámetro de un núcleo de 100 mm (4 pulg) con una relación l/d=2 que se ha mojado 48 horas antes del ensayo a:

$$f'_c = 1.0 \times 1.0 \times 1.09 \times 1.06 f_{core} = 1.16 f_{core}.$$

Tabla N° 11. Magnitud y Precisión de los Factores de Corrección de Resistencia para Convertir la Resistencia en Resistencia Equivalente en el Lugar^c

Factor	Valor Medio	Coefficiente de Variación V, %
<i>F_{l/d}</i> : relación l/d		
Como se reciben ^B	$1 - \{0.130 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Mojado 48 horas	$1 - \{0.117 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Secado al aire ^B	$1 - \{0.144 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
<i>F_{día}</i> : diámetro del núcleo		
50 mm (2 pulg)	1.06	11.8
100 mm (4 pulg)	1.00	0.0
150 mm (6 pulg)	0.98	1.8
<i>F_{mc}</i> : contenido de humedad del núcleo		
Como se reciben ^B	1.00	2.5
Mojado 48 horas	1.09	2.5
Secado al aire ^B	0.96	2.5
<i>F_d</i> : daños debidos a la perforación	1.06	2.5

^A Constante α es igual a $3(10^{-6})1/\text{psi}$ para f_{core} en psi, o $4.3(10^{-4})1/\text{MPa}$ para f_{core} en MPa.

^B Tratamiento Estándar especificado en ASTM C42/C42M.

^C Fuente: Committee ACI 214.4, tabla N° 8.

✓ Ensayos con el Esclerómetro o Martillo de Rebote de Schmidt

Es esencialmente un medidor de dureza de la superficie que proporciona una medida rápida y sencilla para verificar la uniformidad del concreto. Mide el rebote de un émbolo cargado con un resorte después de golpear una superficie lisa de concreto. La lectura del número del rebote da una indicación de la resistencia y de la dureza del concreto. Dos mezclas de concreto que tengan la misma resistencia pero durezas diferentes van a presentar diferentes lecturas.

Al utilizar este método de ensayo para estimar la resistencia, es necesario establecer una relación entre la resistencia y el número de rebotes para una mezcla de concreto dada y aparatos determinados. Es necesario establecer la relación mediante la correlación de los números de rebote medido en la estructura, con la resistencia de los núcleos extraídos desde los lugares correspondientes. Al menos dos réplicas de núcleos se deberán tomar de por lo menos seis lugares con diferentes números de rebote. Seleccione los puntos de ensayo de tal manera que una amplia gama de números de rebote en la estructura sea obtenida.

Diferentes martillos del mismo diseño nominal puede dar un número de rebote diferente de 1 a 3 unidades. Por lo tanto, los ensayos deben realizarse con el mismo martillo con el fin de comparar los resultados. Si más de un martillo debe ser usado, realice ensayos sobre varias superficies típicas de concreto para determinar la magnitud de las diferencias a ser esperadas.

Este método no es adecuado como base para la aceptación o rechazo del concreto.²⁰

²⁰ Método de Ensayo Estándar para el Número de Rebotes del Concreto Endurecido (ASTM C805/C805M-08).

2.3.5 BLOQUES DE CONCRETO

Definición

Es una unidad de mampostería hecha a partir de cemento Pórtland, agua y agregados apropiados, con o sin la inclusión de otros materiales. El bloque es una unidad de mampostería prefabricada, con forma de prisma recto y con uno o más huecos verticales que superan el 25% de su área bruta.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:²¹

- ✓ Absorción de Bloques de Concreto
(Norma ASTM C140: “Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayos a Bloques de Concreto y Unidades Relacionadas”).
- ✓ Compresión de Bloques de Concreto
(Norma ASTM C140).
- ✓ Compresión de Prismas de Mampostería
(Norma ASTM C1314: “Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería”).

Especificaciones de calidad

A continuación se detallan las especificaciones de calidad que los bloques de concreto deben cumplir para que el material sea aceptado como satisfactorio. Las especificaciones mostradas corresponden únicamente a los ensayos considerados en este documento. La información fue extraída de la Norma ASTM C90–06: “Especificaciones para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto”. Las especificaciones de calidad se han dividido en base a sus propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Clasificación de los Bloques por Densidad

La Norma ASTM C90-06 clasifica a los bloques de concreto en función de su densidad (peso por unidad de volumen) luego del secado en horno. Las tres categorías son: Peso Normal, Peso Medio y Peso Ligero. En la Tabla N° 12 se muestran los valores límites de cada categoría.

²¹Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Tabla N° 12. Clasificación de los Bloques por Densidad²²

Clasificación por Densidad	Densidad de Concreto Secado en Horno, lb/pe ³ (Kg/m ³)
	Promedio de 3 unidades
Peso Ligero	Menos de 105 (1680)
Peso Medio	De 105 a menos de 125 (1680-2000)
Peso Normal	Más de 125 (2000)

Propiedades Físicas

Al momento de entrega al comprador, las unidades deberán cumplir los siguientes requerimientos:

Variación Permisible en Dimensiones:

La Norma ASTM C90-06 establece la variación permisible en las dimensiones de la unidad, con respecto a las dimensiones especificadas por el fabricante. Los valores permisibles se muestran en la Tabla N° 13:

Tabla N° 13. Variación Permisible de las Dimensiones de los Bloques²³

Dimensión	Variación Permisible
Ancho	± 3.2mm (1/8 pulg)
Altura	± 3.2mm (1/8 pulg)
Longitud	± 3.2mm (1/8 pulg)

Para unidades con caras texturizadas (Split-face), todas las dimensiones no texturizadas no deberán diferir por más de ±3.2 mm (1/8 pulg) en relación a las dimensiones estándar especificadas.

Contracción Lineal:

Al momento de la entrega al comprador, la contracción lineal de la unidad no deberá exceder el 0.065%.

Área de Unidades Sólidas y Espesores en Unidades Huecas:

Para unidades sólidas, el área neta de la sección transversal en cada plano paralelo a la superficie de carga no deberá ser menor del 75% del área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano.

²² Fuente: Norma ASTM C 90-06, "Especificaciones para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto", Tabla N° 2.

²³ Fuente: Norma ASTM C 90-06, "Especificaciones para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto", Apartado 6.

Para unidades huecas, las variaciones permisibles en los espesores de las caras y tabiques se muestran en la Tabla N° 14:

Tabla N° 14. Espesor Mínimo de Caras y Tabiques.^A

Ancho nominal (W) de la Unidad, pulg (mm)	Espesor de la Cara (t_{fs}), min, pulg (mm) ^{B, C}	Espesor del Tabique (t_w)	
		Tabique ^{B, D, C} min, pulg (mm)	Espesor de Tabique Equivalente, min, pulg/pie lineal ^E (mm/m lineal)
3 (76.2) y 4 (102)	3/4 (19)	3/4 (19)	1 5/8 (136)
6 (152)	1 (25)	1 (25)	2 1/4 (188)
8 (203)	1 1/4 (32)	1 (25)	2 1/4 (188)
10 (254) y mayores	1 1/4 (32)	1 1/8 (29)	2 1/2 (209)

^A Promedio de las mediciones de 3 unidades, tomadas en el punto más delgado, como se describe en el Método de Ensayo C140.

^B Cuando estas especificaciones sean usadas para unidades de cara texturizada, un máximo del 10% del área de la superficie texturizada es permitido que tenga un espesor menor al mostrado, pero no menos de 3/4 pulg (19.1mm). Cuando las unidades deban ser llenadas con grout, el límite del 10% no aplica, y la nota C establece un requisito de espesor para toda la cara.

^C Cuando las unidades deban ser llenadas con grout, el espesor mínimo de la cara y del espesor del tabique no deberá ser inferior a 5/8 pulg (16 mm).

^D El mínimo espesor de tabique para unidades con tabiques menores de 1 pulg (25.4mm) de separación, deberá ser de 3/4 pulg (19.1mm).

^E El espesor equivalente del tabique no se aplica a la porción de la unidad que será llenada con grout. La longitud de esa porción deberá ser deducida de toda la longitud de la unidad para los cálculos del espesor equivalente del tabique.

✓ Absorción de Bloques de Concreto

Los valores máximos de porcentaje de absorción para cada clase de unidad se muestran en la Tabla N° 15:

Tabla N° 15. Requerimientos de Absorción²⁴

Clasificación por Densidad	Absorción Máxima de Agua, lb/pie ³ (Kg/m ³)	
	Promedio de 3 unidades	Unidades Individuales
Peso Ligero	18 (288)	20 (320)
Peso Medio	15 (240)	17 (272)
Peso Normal	13 (208)	15 (240)

Propiedades Mecánicas

✓ Compresión de bloques de concreto

Los valores mínimos de resistencia a compresión para cada clase de unidad se muestran en la Tabla N° 16:

²⁴Fuente: Norma ASTM C 90-06, "Especificaciones para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto", Tabla N° 2.

Tabla N° 16. Resistencia Mínima a Compresión²⁵

Clasificación por Densidad	Resistencia Mínima a Compresión Área Neta, lb/pulg ² (MPa)	
	Promedio de 3 unidades	Unidades Individuales
Peso Ligero	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso Medio	1900 (13.1)	1700 (11.7)
Peso Normal	1900 (13.1)	1700 (11.7)

✓ **Compresión de Prismas de Mampostería**

El ensayo a compresión de prismas de mampostería se realiza como parte de los ensayos de control de aptitud de los materiales empleados en la construcción de una estructura de mampostería, con la finalidad de verificar que dichos materiales cumplen con la resistencia especificada. El espécimen analizado consiste en un arreglo de unidades de mampostería unidas por mortero y con las celdas llenas o vacías de grout. Las unidades y el proporcionamiento del mortero y grout, empleados en la elaboración de los primas, deben ser iguales a los empleados en la construcción de la obra. En general, se acostumbra construir prismas de tres, cinco y hasta siete unidades, siendo más representativo construir prismas de cinco unidades, ya que con ello se obtiene en el espécimen una relación altura/espesor óptima.

La edad usual de ensayo de los primas de mampostería es de 28 días. La resistencia a compresión obtenida se compara luego con la resistencia a compresión especificada.

Aceptación y Rechazo

- ✓ Todas las unidades deberán ser sólidas y libres de grietas u otros defectos que puedan interferir con la adecuada colocación de la unidad o afectar significativamente la resistencia o durabilidad de la construcción. No son motivo de rechazo las grietas menores resultantes de los métodos usuales de fabricación o astillamientos menores, resultantes de los métodos usuales de manipulación, envío y entrega.
- ✓ Cuando las unidades sean usadas en la construcción de paredes expuestas, la cara o caras que serán expuestas no deberán mostrar astillas o grietas, a menos que se permitan, u otras imperfecciones cuando la unidad sea vista desde una distancia no menor de 6.1 m (20 pies), bajo iluminación difusa.
- ✓ El color y textura de las unidades deberá ser especificado por el comprador. El acabado de las superficies que serán expuestas deberá ser conforme a una muestra aprobada, la cual debe consistir en no menos de cuatro unidades que representen el rango de textura y color permitido.

²⁵ Fuente: Norma ASTM C90-06, "Especificaciones para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto", Tabla N° 2.

- ✓ En un envío se permitirá que el 5% de las unidades contengan astillamientos y grietas, siempre y cuando los astillamientos no sean mayores que 25.4mm (1 pulg) en cualquier dimensión, y que las grietas no sean más amplias que 0.5mm (0.02 pulg) y no más largas que el 25% de la altura nominal de la unidad.
- ✓ Un envío no deberá contener más del 5% de las unidades, incluyendo unidades rotas, que no reúnan los requerimientos de dimensiones, agrietamientos y astillamientos mencionados anteriormente.
- ✓ Si una muestra falla en conformidad con los requerimientos especificados, se permitirá al fabricante remover las unidades del envío. Una nueva muestra deberá ser seleccionada por el comprador de las unidades restantes del envío, con dimensiones y configuración similares, y ensayada a expensas del fabricante²⁶. Si la segunda muestra reunirá los requerimientos especificados, la porción restante del envío representada por la muestra, reúne los requerimientos especificados. Si la segunda muestra falla en reunir los requerimientos especificados, la porción restante del envío representada por la muestra, falla en reunir los requerimientos especificados.

²⁶ A menos que se especifique de otra manera en la orden de compra.

2.3.6 ADOQUINES DE CONCRETO

Definición

Son elementos contruidos con material pétreo, agua y cemento. Tienen como función proporcionar la superficie de desgaste de las carreteras, calles, calzadas, aceras, patios, y aplicaciones similares. Se fabrican de varias formas, todas ellas regulares, con la finalidad de facilitar la modulación de la superficie.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:²⁷

- ✓ Compresión de Adoquines
(Norma ASTM C140: “Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayos a Unidades de Mampostería de Concreto y Unidades Relacionadas”).
- ✓ Absorción de Adoquines
(Norma ASTM C140).

Especificaciones de calidad

A continuación se detallan las especificaciones de calidad de los adoquines correspondientes a los ensayos de control antes mencionados, las cuales han sido tomadas de la Norma ASTM C 936-01: “Especificación Estándar para Unidades de Concreto Sólidas Entrelazadas del Pavimento”. Las especificaciones de calidad han sido divididas en base a sus propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Propiedades Físicas

Las unidades deberán contar con un área de la cara expuesta $\leq 0.065 \text{ m}^2$ (101 pulg²), y su longitud total dividida por el espesor deberá ser ≤ 4 . El espesor mínimo deberá ser de 60 mm (2.36 pulg) (Ver Figura N° 1).

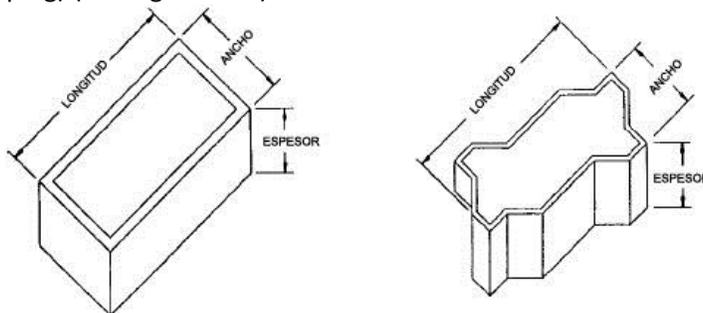


Figura N° 1. Longitud, Ancho y Espesor de las Unidades del Pavimento de Concreto.

²⁷ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

✓ Absorción de Adoquines

La evaluación en la absorción de los adoquines se hace posteriormente a la realización del método de ensayo, con el cual se verifica que la absorción media de los especímenes de ensayo no sea superior al 5%, con ninguna unidad individual superior al 7%.

Propiedades Mecánicas

✓ Compresión de Adoquines

En el momento de la entrega al sitio de trabajo, el promedio de la resistencia a la compresión de los especímenes de ensayo no deberá ser menor de 55 MPa (8000 psi), con ninguna unidad individual inferior a 50 MPa (7200 psi).

Aceptación y Rechazo

- ✓ Para la aceptación de los Adoquines deberá hacerse una inspección de todas las unidades, en las que estas deberán estar sanas y libres de defectos que interfieran en la colocación apropiada de las unidades o que puedan poner en peligro la resistencia o el desempeño de la construcción. Las grietas de menor importancia relacionadas con los métodos usuales de fabricación, o apenas astilladas, resultantes de los métodos habituales de manejo en el traslado y la entrega, no deberán ser consideradas motivo de rechazo.
- ✓ En caso de que el envío no cumpla los requisitos especificados, el fabricante podrá ordenar otra vez, y nuevos especímenes serán seleccionados por el comprador del lote retenido y ensayado a expensas del fabricante. En el caso que el segundo conjunto de muestras no se ajuste a los requisitos de ensayo, todo el lote deberá ser rechazado.

2.3.7 TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO

Definición

Es una tubería hecha de cemento Portland, agua y agregados. Está compuesta por un refuerzo circunferencial, el cual es aproximadamente perpendicular al eje longitudinal de la tubería.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:²⁸

- ✓ Resistencia al Aplastamiento
(ASTM C 497M: “Método de Ensayo Estándar para Tubería de Concreto, Secciones de Pozo de Inspección o Baldosas [Métrico]”).
- ✓ Absorción de Tuberías de Concreto Reforzado
(ASTM C 497M).

Especificaciones de calidad

A continuación se presentan las especificaciones de calidad correspondientes a los ensayos para la *resistencia al aplastamiento y absorción* de la tubería de concreto reforzado, tomadas de la Norma ASTM C 76-03: “Especificación Estándar para Alcantarilla de Concreto Reforzado, Drenaje de Aguas Lluvia, y Tuberías de Alcantarillado”. Estas especificaciones proveen las características que deberá poseer el producto para el cumplimiento de calidad. Dichas especificaciones se presentan en base a las propiedades de estudio de este material, como lo son las propiedades físicas y mecánicas.

Propiedades Físicas

- ✓ Absorción de Tuberías de Concreto Reforzado

La absorción de una muestra de la pared de la tubería, calculado de conformidad con los métodos de ensayo comprendidos en la norma ASTM C 497M-03, no deberá ser superior al 9% de la masa seca con el método A o del 8.5% con el método B. Cada muestra del método A deberá tener una masa mínima de 1.0 kg, deberá estar libre de grietas visibles y deberá representar el grueso de la pared completa de la tubería. Cuando la absorción inicial de una muestra de una tubería no se ajuste a estas especificaciones, el ensayo de absorción se deberá efectuar sobre una muestra más de la misma tubería, y los resultados del ensayo repetido deberán ser sustituidos por los resultados del ensayo original.

²⁸ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Propiedades Mecánicas

✓ Resistencia al Aplastamiento

La carga para producir una grieta de 0.3 mm o la carga última de rotura, según lo determinado por el método de tres apoyos descrito en el Método de Ensayo C497M, no deberá ser menor a lo especificado en la Tabla N° 17 para cada clase respectiva de tubería. Las tuberías que soportan la carga prescrita para producir la grieta de 0.3 mm y no muestran una grieta amplia, deberán ser consideradas que han cumplido los requerimientos de este ensayo. No es un requerimiento de esta especificación que la tubería sea agrietada o cargada a la falla durante estos ensayos. Las tuberías que han sido ensayadas solo hasta la formación de una grieta de 0.3 mm o menor y que reúnen los requerimientos de carga para grieta de 0.3 mm deberán que ser aceptadas para uso. El ensayo de tres apoyos a la carga última no es requerido para algunas clases de tubería de 1500 mm de diámetro o menos, listado en la Tabla N° 17, siempre que todos los otros requerimientos de esta especificación sean reunidos.

La Tabla N° 17 muestra los valores de carga que se le ejercen a una tubería de concreto reforzado para producir una grieta de 0.3 mm y para la falla de rotura de esta. El valor de la carga ejercida está en función de la clase de tubería de concreto reforzado y del diámetro designado de las tuberías.

Tabla N° 17. Valores de Carga Ejercida por el Método de Tres Apoyos Aplicada a la Tubería de Concreto Reforzado^{29, A}

Diámetros Designados de Tubos, mm.	D-carga para producir una grieta de 0.3 mm, (N/ml *mm)					D-carga para producir la carga de rotura, (N/ml *mm)				
	<i>Clase de Tubería de Concreto Reforzado</i>					<i>Clase de Tubería de Concreto Reforzado</i>				
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
300	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
375	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
450	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
525	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
600	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
675	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
750	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
825	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
900	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
1050	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
1200	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
1350	-	50	65	100	140	-	75	100	150	175
1500	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
1650	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
1800	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
1950	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175

Sigue...

²⁹ La Tabla N° 16 es un resumen de las Tablas N° 1, 2, 3, 4 y 5 de la norma ASTM C 497M-03, "Método de Ensayo Estándar para Tubería de Concreto, Secciones de Pozo de Inspección o Baldosas [Métrico]" en la que solamente se muestra los valores de Carga ejercida por el Método de Tres Apoyos para producir una grieta de 0.3 mm, y para producir la carga a rotura.

2100	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
2250	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
2400	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
2550	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
2700	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
2850	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
3000	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
3150	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
3300	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
3450	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175
3600	40	50	65	100	140	60	75	100	150	175

^A Tubos fabricados de conformidad con la Norma ASTM C 497M-03 serán de cinco clases identificadas como Clase I, Clase II, Clase III, Clase IV, y Clase V. Cada Clase dependerá de los valores del D-carga para producir una grieta de 0.3 mm y del D-carga para producir la carga de rotura, teniendo como variante el refuerzo lineal en la pared de la tubería, los cuales se muestran en las Tablas N° 1, 2, 3, 4 y 5 de la norma ASTM C497M-03.

Aceptación y Rechazo

A menos que sea designado por el propietario al momento o antes de hacer un pedido, dos criterios de aceptación separados y alternativos serán permitidos de la manera siguiente:

- *Aceptación en Base a Ensayos de Carga en Planta, Ensayos de Materiales, e Inspección de Tuberías Fabricadas para Defectos Visibles e Imperfecciones*

La aceptabilidad de la tubería en todos los diámetros y clases producidas de conformidad con la Norma ASTM C76M-03 deberá ser determinada por los resultados de los ensayos en tres apoyos ya sea para la carga que produce una grieta de 0.3 mm, o a opción del propietario, la carga que produce una grieta de 0.3 mm y la resistencia a la rotura de la tubería; por medio de los ensayos de materiales requeridos por la Norma ASTM C76M-03; por ensayos de absorción en muestras seleccionadas del concreto de la pared de la tubería; y por inspección visual del acabado de la tubería para determinar su conformidad con el diseño aceptado y su libertad de defectos.

- *Aceptación en Base a Ensayos de Materiales e Inspección de Tuberías Fabricadas para Defectos e Imperfecciones*

La aceptabilidad de la tubería en todos los diámetros y clases producida de conformidad con la Norma ASTM C76M-03 deberá ser determinada por los resultados de los ensayos de materiales, como se requiere en la norma mencionada; por los ensayos de aplastamiento de los núcleos de concreto o cilindros curados de concreto; por los ensayos de absorción sobre las muestras seleccionadas de la pared de la tubería, y por la inspección de la tubería terminada incluyendo la cantidad y la colocación del refuerzo para determinar su conformidad con el diseño aceptado y su libertad de defectos. Cuando sea acordado entre el propietario y el fabricante, alguna parte o alguna combinación de los ensayos detallados en la Norma ASTM C76M-03 pueden formar la base de aceptación.

Con respecto a los criterios de rechazo de la tubería, la Norma ASTM C 76M-03 establece lo siguiente:

Las tuberías serán sujetas de rechazo cuando no se ajusten a alguno de los requisitos de la especificación. Las distintas secciones de la tubería pueden ser rechazadas por alguna de las siguientes causas:

- ✓ Fracturas o grietas que pasan a través de la pared, excepto por una sola grieta al extremo que no exceda la profundidad de la junta.
- ✓ Defectos que indiquen que el proporcionamiento, mezclado, y moldeado no es de acuerdo con la Norma ASTM C76M-03, o defectos superficiales que indiquen panales o texturas abiertas que afectarían adversamente la función de la tubería.
- ✓ Extremos de la tubería que no son perpendiculares a las paredes y a la línea central de la tubería, dentro de los límites de las variaciones dadas en la Norma ASTM C76M-03.
- ✓ Extremos dañados o agrietados donde tales daños impedirían hacer una junta satisfactoria.
- ✓ Cualquier grieta continúa que tenga un ancho en la superficie de 0.3mm o más y se extienda por una longitud de 300 mm o más, independientemente de la posición en la pared de la tubería.

2.3.8 LADRILLO DE BARRO

Definición

Es una unidad de mampostería maciza o hueca, elaborada de arcilla o pizarra, por lo general en forma de prisma rectangular, el cual es moldeado y posteriormente cocido en un horno. El ladrillo de barro puede ser empleado para cumplir una función estructural y estética o únicamente estructural. En este documento se considera al ladrillo de barro solamente como material estructural.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:³⁰

- ✓ Compresión de Ladrillo de Barro
(Norma ASTM C67: “Método de Ensayo Estándar para Muestreo y Ensayo de Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla”).

- ✓ Absorción de Ladrillo de Barro
(Norma ASTM C67).

Especificaciones de calidad

A continuación se detallan las especificaciones de calidad que los ladrillos de barro deben cumplir para que el material sea aceptado como satisfactorio. Las especificaciones corresponden únicamente a los ensayos considerados en este documento. La información presentada ha sido tomada de la Norma ASTM C62–04: “Especificación Estándar para Ladrillo de Construcción (Unidades de Mampostería Macizas Hechas de Arcilla o Pizarra)”. Las especificaciones de calidad se han dividido en base a sus propiedades, como lo son las propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Clasificación de los Ladrillos de Barro

La Norma ASTM C62 clasifica los ladrillos de barro en tres Grados (SW, MW y NW), los cuales están establecidos en función de su uso previsto. Sin embargo, es importante señalar que el criterio de clasificación por uso previsto está relacionado con la posibilidad de congelación o no congelación del material, la cual es una característica ajena a las condiciones climatológicas de nuestro país.

La clasificación de los ladrillos de barro, según la Norma ASTM C62, es la siguiente:

³⁰Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Grado SW (Meteorización Severa): Ladrillos destinados a utilizarse en condiciones donde se requiera una alta y uniforme resistencia a los daños causados por congelación cíclica y donde se puede congelar el ladrillo al estar saturado de agua.

Grado MW (Meteorización Moderada): Ladrillo destinado a utilizarse en condiciones donde se requiera una resistencia moderada al daño por congelación cíclica o donde el ladrillo pueda estar húmedo, pero no saturado de agua, cuando ocurra la congelación.

Grado NW (Meteorización Insignificante): Ladrillo con poca resistencia a los daños por congelación cíclica, pero que es aceptable para el uso previsto, protegido de la absorción de agua y de la congelación.

Propiedades Físicas

Variación en las dimensiones:

Las variaciones permisibles de las dimensiones de las unidades, con respecto a las dimensiones especificadas, se muestran en la Tabla N° 18:

Tabla N° 18. Variaciones Permisibles en las Dimensiones³¹

Dimensiones Especificadas, pulg (mm)	Variación Permissible Máxima de la dimensión especificada, pulg (mm)
Arriba de 3 (76), incl	3/32 (2.4)
Arriba de 3 a 4 (76 a 102),incl	1/8 (3.2)
Arriba de 4 a 6 (102 a 152), incl	3/16 (4.8)
Arriba de 6 a 8 (152 a 203), incl	1/4 (6.4)
Arriba de 8 a 12 (203 a 305), incl	5/16 (7.9)
Arriba de 12 a 16 (305 a 406),incl	3/8 (9.5)

✓ Absorción

Los requerimientos para absorción del ladrillo de barro se presentan en la Tabla N° 19:

³¹ Fuente: Norma ASTM C62 – 04, “Especificación Estándar para Ladrillo de Construcción (Unidades de Mampostería Macizas Hechas de Arcilla o Pizarra)”, Tabla N° 3.

Tabla N° 19. Porcentaje Máximo de Absorción³²

Designación	Máxima absorción de agua por 5-h de ebullición, %		Coeficiente de Saturación Máxima ^A	
	Promedio de 5 ladrillos	Individual	Promedio de 5 ladrillos	Individual
Grado SW	17.0	20.0	0.8	0.80
Grado MW	22.0	25.0	0.9	0.90
Grado NW	Sin límite	Sin límite	Sin límite	Sin límite

^A El coeficiente de saturación es la relación entre la absorción a 24-h de inmersión en agua fría y la absorción a 5-h de inmersión en agua en ebullición.

El requerimiento del coeficiente de saturación no tiene aplicación siempre que la absorción a 24 horas en agua fría de cada unidad de una muestra aleatoria de cinco de ladrillos, no sea superior al 8.0%.

Propiedades Mecánicas

- ✓ Resistencia a la Compresión

Los requisitos de resistencia a la compresión se muestran en la Tabla N° 20:

Tabla N° 20. Resistencia a la Compresión Mínima³²

Designación	Resistencia a la Compresión Mínima en Área Bruta, psi (MPa)	
	Promedio por 5 ladrillos	Individual
Grado SW	3000 (20.7)	2500 (17.2)
Grado MW	2500 (17.2)	2200 (15.2)
Grado NW	1500 (10.3)	1250 (8.6)

Cuando se requiera que el ladrillo posea una resistencia mayor a la prescrita en la Tabla N° 20, el comprador debe especificar la resistencia mínima.

Aceptación y Rechazo

- ✓ El ladrillo, al momento de entrega, deberá ser inspeccionado visualmente. Las unidades deberán ajustarse a los requerimientos especificados por el comprador o a los requerimientos de la muestra aprobada.

³²Fuente: Norma ASTM C 62-04, "Especificación Estándar para Ladrillo de Construcción (Unidades de Mampostería Macizas Hechas de Arcilla o Pizarra)", Tabla N° 1.

- ✓ No son motivo de rechazo las grietas menores resultantes de los métodos usuales de fabricación o astillamientos menores resultantes de los métodos usuales de manipulación, envío y entrega.
- ✓ El ladrillo deberá encontrarse libre de defectos, deficiencias, y tratamientos superficiales, incluidos los revestimientos, que puedan interferir con el ajuste apropiado del ladrillo o mermen de forma significativa la resistencia o durabilidad de la construcción.
- ✓ Salvo que se acuerde de otra manera entre el comprador y el vendedor, un envío no deberá contener más del 5% de unidades rotas.

2.3.9 SUELO-CEMENTO

Definición

El suelo-cemento es una mezcla de suelo pulverizado o material granular, cemento y agua. Existen diversas definiciones del término suelo-cemento, las cuales varían de acuerdo al tipo de suelo, el contenido de cemento y las modificaciones realizadas en el material de partida. A continuación se presentan las definiciones de los dos tipos de suelo-cemento considerados en este documento:

Suelo-Cemento Fluido:

El suelo-cemento es una mezcla de suelo fino, cemento y agua o aditivos suficientes para conseguir una consistencia fluida. Este material se engloba dentro de los denominados “Materiales de Resistencia Baja Controlada” (MRBC). La Norma ACI 116R: “Terminología del Cemento y del Concreto”, define al MRBC como aquel material cuya mezcla, al endurecerse, obtiene una resistencia a compresión igual o menor a 8400 kPa (1200 psi).

Suelo-Cemento Compactado:

Es un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos y/o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas. El contenido de agua se elige para obtener mezclas de consistencia seca que permitan su compactación.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:³³

- ✓ Hechura de Cilindros de Suelo-Cemento Fluido
(Norma ASTM D4832: “Método de Ensayo Estándar para Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)”).
- ✓ Compresión de Cilindros de Suelo-Cemento Fluido
(Norma ASTM D4832).
- ✓ Compresión de Suelo-Cemento Compactado
(Norma ASTM D1633: “Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Cilindros Moldeados de Suelo Cemento”).

³³ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Especificaciones de calidad

Las especificaciones del suelo-cemento, al igual que en el caso del concreto, son determinadas por el diseñador. Uno de los aspectos verificados en el control de calidad de este material es la resistencia a la compresión. A continuación se presentan los valores usuales de resistencia a compresión de los dos tipos de suelo-cemento:

✓ Compresión de Cilindros de Suelo-Cemento Fluido

El rango usual de valores de resistencia a compresión del suelo cemento fluido, para la mayoría de aplicaciones, es de 350 a 700 kPa (50 a 100 psi). Los ensayos de resistencia a compresión, a los cilindros de suelo-cemento fluido se realizan comúnmente a la edad de 7 y 28 días.

✓ Compresión de Suelo-Cemento Compactado

En nuestro país, el suelo-cemento compactado se emplea mayormente en la estabilización de subrasantes de carreteras. El Manual Centroamericano de la SIECA establece un valor mínimo de resistencia a compresión, el cual es de 2.75 MPa. Los ensayos de resistencia a compresión, a los cilindros de suelo-cemento se realizan comúnmente a la edad de 7 días. En la preparación de los especímenes de ensayo se recomienda utilizar el método descrito en la Norma AASHTO T180: "Método de Ensayo Estándar para Relaciones de Humedad-Densidad de los Suelos Usando un Pisón de 4.54 kg (10 lb) y un Revenimiento de 457 mm (18 pulg).

2.3.10 GROUT

Definición

El grout es un compuesto que consta de cemento portland, cal y agregado, utilizado para el relleno de grietas, juntas y huecos en muros de mampostería y construcciones de concreto, y para unir los componentes en su lugar, proporcionando apoyo y refuerzo.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:³⁴

- ✓ Muestreo y Hechura de Especímenes de Grout
(Norma ASTM C1019: “Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Grout”).
- ✓ Resistencia a la Compresión del Grout
(Norma ASTM C1019).

Especificaciones de calidad

A continuación se presentan las especificaciones para el grout de cemento hidráulico. Las especificaciones mostradas corresponden únicamente a los ensayos considerados en este documento. La información ha sido tomada de la Norma ASTM C476-02: “Especificación Estándar para Grout de Mampostería”. Las especificaciones de calidad se refieren al proporcionamiento del grout y su resistencia a la compresión.

Clasificación del Grout

La Norma ASTM C476-02 clasifica al grout en dos tipos: grout fino y grout grueso. El grout fino es fabricado con agregados finos, mientras que el grout grueso es fabricado con una combinación de agregados gruesos y finos.

Proporcionamiento

El proporcionamiento del grout debe ser determinado por uno de los dos métodos siguientes:

1. Considerando las proporciones mostradas en la Tabla N° 21:

³⁴Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

Tabla N° 21. Proporciones del Grout por Volumen³⁵

Tipo	Partes por volumen de cemento Portland o cemento mezclado	Agregado, medido en condición húmeda y suelta	
		Fino	Grueso
Grout fino	1	2¼–3 veces la suma de volúmenes de los materiales cementicios.	.....
Grout grueso	1	2¼–3 veces la suma de volúmenes de los materiales cementicios.	1 - 2 veces la suma de los volúmenes de los materiales cementicios

2. Utilizando el proporcionamiento de la mezcla correspondiente al espécimen que obtiene la resistencia a la compresión especificada, a los 28 días, ensayada en conformidad con el método de ensayo ASTM C 1019. El grout deberá ser mezclado para obtener un revenimiento de 8 a 11 pulg (200 a 280 mm) según lo determinado por el método de ensayo ASTM C143/C143M: “Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico”, y tendrá una resistencia a la compresión mínima de 2000 psi (14 MPa) a 28 días.

Propiedades Mecánicas

✓ Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del grout es especificada por el diseñador. El resultado del ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes ensayados debe ser comparado con la resistencia especificada.

La Norma ASTM C476 establece una resistencia a la compresión mínima, a los 28 días, de 2000 psi (14 MPa), tal y como se especificó anteriormente en el segundo método de proporcionamiento.

³⁵ Fuente: Norma ASTM C 476–02, “Especificación Estándar para Grout de Mampostería”, Tabla N° 1.

2.3.11 MORTERO DE CEMENTO HIDRÁULICO

Definición

Es una mezcla de arena y/o cal, cemento y agua, que se endurece después de su uso. Se usa entre los ladrillos, piedras o bloques de edificios o como un yeso.

Ensayos de control

Los ensayos de laboratorio considerados en el presente documento para este material son los siguientes:³⁶

- ✓ Fluidez del Mortero
(ASTM C1437: “Método de Ensayo Estándar para la Fluidez del Mortero de Cemento Hidráulico”)
- ✓ Hechura de Cubos de Mortero
(ASTM C109/C109M: “Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])”)
- ✓ Compresión de Cubos de Mortero
(ASTM C109/C109M)

Especificaciones de calidad³⁷

A continuación se detallaran las especificaciones de calidad correspondientes a los ensayos de la Fluidez del Mortero y Compresión de Cubos de Mortero. Las especificaciones para la Hechura de Cubos de Mortero no han sido incluidas por formar parte del método de ensayo correspondiente al *mortero de cemento hidráulico*, el cual será abordado en el siguiente capítulo. Las especificaciones consideradas han sido extraídas de la especificación ASTM C270-07: “Especificación Estándar del Mortero para Unidades de Mampostería”, que no es considerada una especificación para evaluar la resistencia del mortero a través de ensayos de campo, sino que es utilizada para evaluar el mortero preparado en laboratorio.

Las especificaciones de calidad del mortero han sido divididas en base a sus propiedades físicas y propiedades mecánicas.

Propiedades Físicas

³⁶ Los ensayos de control considerados en este documento no representan la totalidad de los ensayos que se le realizan a este material.

³⁷ Las especificaciones mostradas corresponden únicamente a los ensayos considerados en este documento.

✓ Fluidez del Mortero

Esta especificación de calidad cubre el valor de la fluidez del mortero, para el cual el mortero deberá estar compuesto de materiales y proporciones utilizadas en la construcción con el agua de mezclado, para producir una fluidez de $110 \pm 5\%$.

Propiedades Mecánicas

✓ Compresión de Cubos de Mortero

Los valores de resistencia a la compresión que se presentaran en la Tabla N° 22 corresponden a tres clases de mortero como lo establece la especificación ASTM C 270-07.

Tabla N° 22. Resistencia a la Compresión de los Cubos de Mortero Preparados en Laboratorio³⁸

Mortero	Tipo	Resistencia Promedio a la Compresión a los 28 días, min, psi (MPa)
Cal-Cemento	M	2500 (17.2)
	S	1800 (12.4)
	N	750 (5.2)
	O	350 (2.4)
Cemento de Mortero	M	2500 (17.2)
	S	1800 (12.4)
	N	750 (5.2)
	O	350 (2.4)
Cemento de Mampostería	M	2500 (17.2)
	S	1800 (12.4)
	N	750 (5.2)
	O	350 (2.4)

³⁸ Fuente: Norma ASTM C 270-07, "Especificación Estándar del Mortero para Unidades de Mampostería", Tabla N° 2.

2.3.12 AGREGADOS PARA EL CONCRETO: GRUMOS DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES

Definición

Los grumos de arcilla en el concreto pueden absorber parte del agua de mezcla, causar erupciones en el concreto endurecido y afectar la durabilidad y la resistencia al desgaste, así como fracturarse durante el mezclado y, como consecuencia, aumentar la demanda de agua. Las partículas desmenuzables se pueden romper y aumentar aún más la demanda de agua.

Agregados para el concreto: Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto. Los agregados finos generalmente consisten en arena natural o piedra triturada (partida, machacada, pedrejón arena de trituración) con la mayoría de sus partículas menores que 5 mm (0.2 pulg). Los agregados gruesos consisten en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas con partículas predominantemente mayores que 5 mm (0.2 pulg) y generalmente entre 9.5 mm y 37.5 mm (3/8 y 1 ½ pulg.)

Ensayos de control

El ensayo de laboratorio considerado en el presente documento para este material es el siguiente:

- ✓ Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados.
(ASTM C 142: “Método de Ensayo Estándar para Determinar los Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados”).

Especificaciones de calidad

Las especificaciones consideradas han sido tomadas de la norma ASTM C33-08: “Especificación Estándar para Agregados del Concreto”. El método de ensayo en estudio para este documento se refiere a los grumos de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados, para el cual se presentan las especificaciones de calidad. Sin embargo se incluyen otros valores que sirven como complemento para la especificación de calidad, tanto del agregado fino como del agregado grueso, los cuales se muestran en las Tabla N° 23 y Tabla N° 24, respectivamente.

Tabla N° 23. Límites para Sustancias Perjudiciales en Agregado Fino para Concreto.³⁹

Ítem	Porcentaje de Masa de Muestra Total, max.
Grumos de arcilla y partículas desmenuzable	3
Material más fino que el tamiz 75µm (No200):	
Concreto sujeto a la abrasión	3.0 _A
Todos los demás concretos	5.0 _A
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia superficial del concreto es de importancia	0.5
Todos los demás concretos	1

^A En el caso de arena fabricada, si el material más fino que el tamiz 75µm (No200) consiste del polvo de la fractura, esencialmente libre de arcilla y de pizarra, este límite es permitido a ser incrementado a 5 y 7%, respectivamente.

Tabla N° 24. Límites para Sustancias Perjudiciales y Requerimientos de Propiedades Físicas de Agregado Grueso para Concreto⁴⁰

Las regiones climatológicas son definidas como sigue:

(S) Región de Clima Severo – Un clima frío donde el concreto es expuesto a químicos descongelantes u otros agentes agresivos, o donde el concreto debe volverse saturado por el contacto continuo con humedad o agua libre previo a repetido congelamiento y deshielo.

(M) Región de Clima Moderado – Un clima donde el congelamiento ocasional es anticipado, pero donde el concreto en servicio exterior no estará continuamente expuesto a congelamiento y deshielo en la presencia de humedad o a químicos descongelantes.

(N) Regiones de Clima Insignificante – Un clima donde el concreto es raramente expuesto a congelamiento en la presencia de humedad.

Designación de Clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Máximo Admisible, %							
		Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables	Pizarra (menor de 2.40 spgr SSD)	Suma de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables (menor de 2.40 spgr SSD)	Materiales más finos que el tamiz 75µm (No200)	Carbón y lignito	Abrasion ^A	Sulfato de Magnesio Solidez (5 ciclos) ^B	
			Regiones de Clima Severo						
1S	Zapatatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas al clima, losas de pisos interiores a ser cubiertas.	10	-	-	1.0 ^C	1	50	-	
2S	Pisos interiores sin cubiertas.	5	-	-	1.0 ^C	0.5	50	-	
3S	Paredes de fundación por encima del	5	5	7	1.0 ^C	0.5	50	18	

³⁹ Fuente: Norma ASTM C 33-08, "Especificación Estándar para Agregados del Concreto", Tabla N° 1.

⁴⁰ Fuente: Norma ASTM C 33-08, "Especificación Estándar para Agregados del Concreto", Tabla N° 3.

	nivel, muros de contención, contrafuerte, muelles, vigas, y vigas expuestas al clima.							
4S	Pavimentos, cubiertas de puentes, entradas y bordes, pavimentos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y porches, o estructuras costeras, sujetas a humedad frecuente.	3	5	5	1.0 ^C	0.5	50	18
5S	Concreto arquitectónico expuesto.	2	3	3	1.0 ^C	0.5	50	18
Regiones de Clima Moderado								
1M	Zapatas, fundaciones, columnas, y vigas no expuestas al clima, losas de pisos interiores a ser cubiertas.	10	-	-	1.0 ^C	1	50	-
2M	Pisos interiores sin cubiertas.	5	-	-	1.0 ^C	0.5	50	-
3M	Paredes de fundación por encima del nivel, paredes de contención, contrafuerte, muelles, vigas, y vigas expuestas al clima.	5	8	10	1.0 ^C	0.5	50	18
4M	Pavimentos, cubiertas de puentes, entradas y bordes, pavimentos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y porches, frecuente o estructuras costeras, sujetas a humedad.	5	5	7-0	1.0 ^C	5	50	18
5M	Concreto arquitectónico expuesto.	3	3	5	1.0 ^C	0.5	50	18

Regiones de Clima Insignificante								
1N	Losas sujetas a abrasión de tráfico, cubiertas de puentes, aceras, pavimentos	5	-	-	1.0 ^C	0.5	50	-
2N	Todos los otros casos de concreto	10	-	-	1.0 ^C	1	50	-

^A Escoria de alto horno enfriada al aire y triturada es excluida de los requerimientos de abrasión. La densidad de masa (peso unitario) varillada o vibrada no tendrá que ser menor de 1120kg/m³ (70lb/ft³). El ensayo de gradación de la escoria usada en la densidad de masa (peso unitario) tendrá que ser conforme a la gradación a ser usada en el concreto. Pérdida por abrasión de grava, grava triturada, o roca triturada tendrán que ser determinadas en el ensayo de tamaño o tamaños más cercanamente correspondientes a la gradación o gradaciones a ser usadas en el concreto. Cuando más de una gradación es usada, los límites en pérdida por abrasión tendrán que aplicar a cada uno.

^B El límite admisible para sólidos tendrá que ser 12% si el sulfato de sodio es usado.

^C Este porcentaje bajo cualquiera de las siguientes condiciones: (1) es permitida a ser incrementada a 1.5 si el material es esencialmente libre de yeso o esquisto; o (2) si la fuente del agregado fino a ser usado en el concreto es sabido contiene menos de la máxima cantidad especificada pasando el tamiz 75µm (No200) (Tabla N° 24) el porcentaje limite (L) en la cantidad en el agregado grueso es permitida a ser incrementada a $L=1+[(P)/(100 - P)](T - A)$, donde P = porcentaje de arena en el concreto como porcentaje del agregado total, T = el límite de la Tabla N° 24 para la cantidad permitida en el agregado fino, y A = la cantidad actual en el agregado fino, (esto provee un cálculo de peso designado para limitar la máxima masa de material pasando el tamiz 75µm (No200) en el concreto para el cual sería obtenido si ambos agregados fino y grueso fueron suministrados al máximo porcentaje tabulado para cada uno de esos ingredientes).

CAPITULO III

ENSAYOS DE LABORATORIO PARA INGENIERÍA DE MATERIALES

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
RESISTENCIA A TENSIÓN DE
BARRAS DE ACERO DE
REFUERZO
(BASADO EN ASTM A370-03A)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSION DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-001</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-001	Versión:	0	Página:	1/5
Código:	ME-005-001								
Versión:	0								
Página:	1/5								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre el procedimiento para la determinación de la resistencia a tensión de barras de acero de refuerzo estructural.

Definiciones

ELONGACIÓN: Es el aumento en la longitud del segmento comprendido entre las marcas de calibración, expresado como un porcentaje de la longitud original de dicho segmento.

ESFUERZO DE FLUENCIA: Es el esfuerzo en el que se inician incrementos específicos en la deformación del acero sin un aumento en la carga.

ESFUERZO DE TENSION: Es la máxima fuerza axial de tensión que una barra puede soportar, dividida entre el área de la sección transversal de la barra.

ESFUERZO DE RUPTURA: Es la fuerza soportada por la barra en el momento de la ruptura, dividida entre el área de la sección transversal de la barra. Generalmente es menor o igual al esfuerzo máximo.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para la determinación de las características que exige la norma correspondiente, en particular el grado de la barra de acero ensayada, con el fin de verificar la resistencia especificada.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Barra de acero

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de ensayo

La máquina de ensayo deberá contar con un sistema para el ensayo de tensión de barras de acero, de tal manera que la carga sea transmitida al espécimen de manera axial. La velocidad de

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSIÓN DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-001</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-001	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-001									
Versión:	0									
Página:	2/5									
Fecha de aprobación:										

ensayo no deberá ser superior a aquella que permita una lectura precisa de la deformación y la carga. La máquina de ensayo de tensión deberá mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento, utilizada sólo en el rango de carga adecuado y calibrada periódicamente, de acuerdo con la última revisión de la Norma ASTM E4: "Práctica Estándar para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo".

- ✓ Deformímetro, el cual deberá ser verificado al menos cada dos años, según la Práctica ASTM E83: "Práctica Estándar para Verificación y Clasificación de Extensómetros"

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra de mano
- ✓ Equipo para marcado del tramo especificado
- ✓ Balanza con precisión de 1.0 g
- ✓ Pie de rey
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Crayón

Procedimiento

1. Seleccione la barra de acero a ensayar.
2. Utilizando la sierra de mano, corte la barra de acero para producir un segmento de 60 cm de longitud.
3. Anote la longitud del espécimen.
4. Traslade el espécimen a la balanza y determine la masa de la barra, con una aproximación de 0.1 g.
5. Anote el valor de la masa determinada.
6. Coloque el espécimen sobre la mesa de trabajo.
7. Con el pie de rey, mida el diámetro de la barra a la mitad de su longitud. No incluya la corruga en la determinación del diámetro.
8. Con la cinta métrica, mida la longitud total del espécimen.
9. Determine el centro del espécimen.
10. Marque el centro del espécimen con un crayón.
11. Coloque el espécimen en el marcador para realizar de manera permanente las marcas de calibración.
12. Realice las marcas en el espécimen con el marcador de tal manera que estas sean ligeras, agudas y espaciadas con precisión, sobre uno de los bordes de la barra.
13. Marque con el crayón los puntos extremos de la longitud de calibración medida.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSION DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código: ME-005-001 Versión: 0 Página: 3/5 Fecha de aprobación:	

14. Coloque el deformímetro en el espécimen de tal manera que este coincida con las marcas de calibración.
15. Verifique que la aguja del deformímetro se encuentre en la marca "cero".
16. Coloque el espécimen, con el deformímetro instalado, en la máquina de ensayo. El espécimen deberá colocarse en posición vertical y asegurándose que las mordazas sujeten firmemente los extremos de la barra.
17. Coloque el puntero indicador de carga del dial de la máquina de ensayo en la marca "cero".
18. Inicie la aplicación de la carga a una velocidad de esfuerzo que no exceda 690 MPa/min y que no sea menor de 70 MPa/min.
19. Anote las diferentes deformaciones de la barra a intervalos iguales de carga.⁴¹
20. Cuando la barra alcance el Punto de Fluencia, tome dos lecturas más, si es posible.
21. Disminuya la velocidad de la máquina para retirar el deformímetro del espécimen.
22. Retire el deformímetro del espécimen.
23. Incremente de nuevo la velocidad de aplicación de la carga.
24. Anote el valor de la Carga de Fluencia, como C_f .⁴²
25. Anote el valor de la Carga Máxima, como C_u .
26. Continúe con la aplicación de la carga hasta que el espécimen falle.
27. Anote el valor de la carga de ruptura.
28. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
29. Retire el espécimen ensayado de las mordazas.
30. Tome las dos partes de la barra ensayada y trasládelas a la mesa de trabajo.
31. Una cuidadosamente los dos extremos fallados de la barra de tal manera que coincidan entre sí, reproduciendo su longitud total final.
32. Con la cinta métrica, mida la distancia entre las marcas del tramo de calibración.
33. Anote la distancia medida.

Cálculos

Relación Peso/Longitud Efectiva

Calcule la relación *Peso/Longitud Efectiva* de la barra de acero según la siguiente expresión:

⁴¹ Se registrarán las deformaciones para cada intervalo de carga siempre que se desee obtener la gráfica de Esfuerzo-Deformación.

⁴² Cuando se haya alcanzado el Punto de Fluencia, habrá una detención o vacilación del puntero indicador de la carga en el dial de la máquina de ensayo. Luego el dial continuará su recorrido. Cuando se haya alcanzado la carga máxima, habrá una detención del puntero indicador. Luego de ello el puntero regresará para marcar la carga de ruptura del espécimen.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSION DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-001</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-001	Versión:	0	Página:	4/5
Código:	ME-005-001									
Versión:	0									
Página:	4/5									
Fecha de aprobación:										

$$P/L = \frac{W}{L}$$

Dónde:

P/L = Peso/Longitud, Kg/m

W = Peso de la barra de acero, kg

L = Longitud de la barra de acero, m

Área Transversal

Utilice el valor del área nominal de la sección transversal de la barra de acero, según la Tabla N° 1 del Capítulo II.

Porcentaje de Elongación

Calcule el porcentaje de elongación de la siguiente manera:

$$E\% = \frac{L_F - L_I}{L_I} \times 100$$

Dónde:

E = Porcentaje de elongación de la barra de acero, %

L_F = Longitud final entre marcas de calibración en la barra de acero, cm

L_I = Longitud inicial entre marcas de calibración en la barra de acero, cm

Porcentaje de Variación del Peso

$$W\% = \frac{W_e - W_n}{W_n} \times 100$$

Dónde:

W % = Porcentaje de variación del peso, %

W_e = Peso efectivo de la barra, kg/m

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSION DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código: ME-005-001 Versión: 0 Página: 5/5 Fecha de aprobación:	

W_n = Peso nominal de la barra⁴³, kg/m

Esfuerzo de Fluencia

$$E_f = \frac{C_f}{A_n}$$

Dónde:

E_f = Esfuerzo de fluencia, Kg/cm²

C_f = Carga de fluencia, Kg

A_n = Área nominal de la sección transversal de la barra, cm²

Esfuerzo Máximo

$$E_u = \frac{C_u}{A_n}$$

Dónde:

E_u = Esfuerzo Máximo, Kg/cm²

C_u = Carga máxima, Kg

A_n = Área nominal de la sección transversal de la barra, cm²

Reporte

El reporte deberá contener lo siguiente:

- ✓ Número de Designación de la barra de acero, pulg.
- ✓ Relación Peso/Longitud, kg/m.
- ✓ Área nominal de la sección transversal de la barra, cm².
- ✓ Diámetro de la barra, cm.
- ✓ Porcentaje de Elongación, %.
- ✓ Esfuerzo de Fluencia, en número entero, Kg/cm².
- ✓ Esfuerzo Máximo, en número entero, Kg/cm².
- ✓ Porcentaje de Variación de Peso/Longitud, %

⁴³El peso nominal de la barra es igual a la longitud de la barra multiplicada por el peso nominal por metro lineal, mostrado en el Tabla N° 1 del Capítulo II.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																																																																																		
Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSIÓN DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	FOR-005-001																																																																																
		Versión	0																																																																																
		Página	1/2																																																																																
		Fecha de Aprobación:																																																																																	
Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Número de Espécimen</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro nominal (pulg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Longitud de muestra (mm)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso de muestra (kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso/metro lineal efectivo (kg/m)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso/metro lineal nominal (kg/m)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Variación de Peso/Longitud (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro inicial (cm)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro final (cm)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Área nominal (mm²)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Longitud inicial entre marcas de calibración (cm)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Longitud final entre marcas de calibración (cm)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Porcentaje de elongación (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Carga de fluencia (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo de fluencia (Kg/cm²)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo de fluencia (psi)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Carga máxima (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo máximo (Kg/cm²)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo máximo (psi)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Esfuerzo máximo (Mpa)</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				Número de Espécimen				Diámetro nominal (pulg)				Longitud de muestra (mm)				Peso de muestra (kg)				Peso/metro lineal efectivo (kg/m)				Peso/metro lineal nominal (kg/m)				Variación de Peso/Longitud (%)				Diámetro inicial (cm)				Diámetro final (cm)				Área nominal (mm ²)				Longitud inicial entre marcas de calibración (cm)				Longitud final entre marcas de calibración (cm)				Porcentaje de elongación (%)				Carga de fluencia (Kg)				Esfuerzo de fluencia (Kg/cm ²)				Esfuerzo de fluencia (psi)				Carga máxima (Kg)				Esfuerzo máximo (Kg/cm ²)				Esfuerzo máximo (psi)				Esfuerzo máximo (Mpa)			
Número de Espécimen																																																																																			
Diámetro nominal (pulg)																																																																																			
Longitud de muestra (mm)																																																																																			
Peso de muestra (kg)																																																																																			
Peso/metro lineal efectivo (kg/m)																																																																																			
Peso/metro lineal nominal (kg/m)																																																																																			
Variación de Peso/Longitud (%)																																																																																			
Diámetro inicial (cm)																																																																																			
Diámetro final (cm)																																																																																			
Área nominal (mm ²)																																																																																			
Longitud inicial entre marcas de calibración (cm)																																																																																			
Longitud final entre marcas de calibración (cm)																																																																																			
Porcentaje de elongación (%)																																																																																			
Carga de fluencia (Kg)																																																																																			
Esfuerzo de fluencia (Kg/cm ²)																																																																																			
Esfuerzo de fluencia (psi)																																																																																			
Carga máxima (Kg)																																																																																			
Esfuerzo máximo (Kg/cm ²)																																																																																			
Esfuerzo máximo (psi)																																																																																			
Esfuerzo máximo (Mpa)																																																																																			
Observaciones: _____ _____																																																																																			
<small> " LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO" " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO" " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO" " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA" </small>																																																																																			
_____ Jefe del Laboratorio																																																																																			
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																																																																	



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A TENSIÓN DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	FOR-005-001
		Versión	0
		Página	2/2
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____ Constante de Deformímetro _____
 Fecha de Ensayo: _____

Registro de Datos para Gráfica Esfuerzo-Deformación

Espé cimen N°	Carga (Kgf)	Área nominal (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo (Mpa)	Divisiones Deformímetro	Deformación (cm)	Deformación (cm x 10-3)

Observaciones: _____

" LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
DOBLEZ DE BARRAS DE ACERO
DE REFUERZO
(BASADO EN ASTM A370-03A)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DOBLEZ DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código: ME-005-002 Versión: 0 Página: 1/3 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre el procedimiento para el doblado a temperatura ambiente de barras de acero de refuerzo.

Definiciones

DOBLEZ: Proceso mediante el cual una barra de acero es doblada alrededor de un pin de diámetro conocido y en un ángulo determinado.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para verificar el comportamiento de barras de acero de refuerzo en los procesos de doblado.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Barra de acero

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de ensayo

La máquina de ensayo deberá contar con un sistema para el ensayo de doblado de barras de acero, de tal manera que la carga sea transmitida de forma transversal a la longitud del espécimen. La velocidad del ensayo no es determinante en este método de ensayo. La máquina de ensayo deberá mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento y deberá ser calibrada periódicamente, de acuerdo con la última revisión de la Norma ASTM E4: "Práctica Estándar para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo".

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra de mano
- ✓ Pie de rey

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DOBLEZ DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	

Procedimiento

1. Seleccione la barra de acero a ensayar.
2. Utilizando la sierra de mano, corte la barra para producir un segmento de una longitud conveniente para que pueda ser doblada en la máquina de ensayo (longitud recomendada: 40 cm).
3. Con el pie de rey, mida el diámetro de la barra a la mitad de su longitud. No incluya la corruga en la determinación del diámetro.
4. Seleccione el pin a utilizar en la máquina de ensayo de acuerdo al diámetro nominal de la barra y el grado del acero, haciendo uso de la Tabla N° 25:

Tabla N° 25. Diámetro de Pin para Ensayo de Dobleza⁴⁴

Designación de Barra No	Diámetro de pin para Prueba de Dobleza ^A		
	Grado 40 [280]	Grado 60 [420]	Grado 75 [520]
3, 4, 5 [10, 13, 16]	$3\frac{1}{2}d^B$	$3\frac{1}{2}d$	-
6 [19]	5d	5d	5d
7, 8 [22, 25]	-	5d	5d
9, 10, 11 [29, 32, 36]	-	7d	7d
14, 18 [43, 57] (90 ⁰)	-	9d	9d

^A Prueba de dobleza a 180° a menos que señale de otra forma.

^B d = diámetro nominal del espécimen.

5. Coloque la barra en la máquina de ensayo en posición horizontal.
6. Verifique que la distancia entre el pin y las barras de dobleza sea mayor que el diámetro de la barra a ensayar.
7. Aplique la carga a una velocidad constante, hasta que se obtenga el doblez de la varilla en el ángulo que se requiere.
8. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
9. Retire la barra de acero doblada.
10. Coloque la barra de acero doblada en la mesa de trabajo para su examen.⁴⁵
11. Anote las observaciones realizadas.

Reporte

El reporte deberá contener lo siguiente:

⁴⁴ Fuente: Norma ASTM A 615 – 04b, "Especificación Estándar para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo del Concreto", Tabla N° 3.

⁴⁵ En caso de que la barra falle durante el ensayo, determine y reporte el ángulo de falla.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"



Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DOBLEZ DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	ME-005-002
		Versión:	0
		Página:	3/3
		Fecha de aprobación:	

- ✓ Número de Designación de la barra de acero.
- ✓ Diámetro nominal de la barra, pulg.
- ✓ Diámetro real de la barra, pulg.
- ✓ Las observaciones realizadas en el examen del espécimen doblado.
- ✓ Angulo de doblez de la barra.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DOBLEZ DE BARRAS DE ACERO DE REFUERZO (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	FOR-005-002
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

Probeta N°						
Número de Designación						
Grado						
Diámetro nominal (pulg)						
Diámetro real (cm)						
Diámetro del pin (cm)						
Longitud (cm)						
Ángulo de dobléz (°)						
Resultado del examen						

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*
 * EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*
 * MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*
 * EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
RESISTENCIA DE SOLDADURAS Y
ACOPLES MECÁNICOS
(BASADO EN ASTM A370-03A)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE SOLDADURAS Y ACOPLER MECÁNICOS (Basado en ASTM A370-03a)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-003</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-003	Versión:	0	Página:	1/3
Código:	ME-005-003								
Versión:	0								
Página:	1/3								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre el procedimiento para la determinación de la resistencia de la soldadura y acople mecánico en barras de acero de refuerzo.

Definiciones

ESFUERZO DE TENSIÓN: Es la máxima fuerza axial de tensión que una barra puede soportar, dividida entre el área de la sección transversal de la barra.

ESFUERZO DE FLUENCIA: Es el esfuerzo en el que ocurren incrementos específicos en la deformación del acero sin un aumento en la carga.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para la verificación del cumplimiento de la resistencia a tensión de barras de acero soldadas o unidas por acoples mecánicos, con respecto a los códigos nacionales e internacionales.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Barras de acero soldadas o unidas por acople mecánico.

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de ensayo

La máquina de ensayo deberá contar con un sistema para el ensayo de tensión de barras de acero, de tal manera que la carga sea transmitida al espécimen de manera axial. La velocidad de ensayo no deberá ser superior a aquella que permita una lectura precisa de la deformación y la carga. La máquina de ensayo de tensión deberá mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento, utilizada sólo en el rango de carga adecuado y calibrada periódicamente, de acuerdo con la última revisión de la Norma ASTM E4: "Práctica Estándar para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE SOLDADURAS Y ACOPLER MECÁNICOS (Basado en ASTM A370-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-003</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/3</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-003	Versión:	0	Página:	2/3
Código:	ME-005-003									
Versión:	0									
Página:	2/3									
Fecha de aprobación:										

Equipo Misceláneo

- ✓ Pie de rey
- ✓ Cinta métrica

Procedimiento

1. Seleccione el espécimen a ensayar.
2. Coloque el espécimen sobre la mesa de trabajo.
3. Con el pie de rey, mida el diámetro de la barra. No incluya la corruga en la determinación del diámetro.
4. Anote el valor medido.
5. Si las barras se encuentran unidas por acople, mida la longitud del acople con la cinta métrica.
6. Anote el valor medido.
7. Coloque el espécimen en la máquina de ensayo. El espécimen deberá colocarse en posición vertical y asegurándose que las mordazas sujeten firmemente los extremos de la barra.
8. Coloque el puntero indicador de carga del dial de la máquina de ensayo en la marca "cero".
9. Aplique la carga a una velocidad de esfuerzo que no exceda 690 MPa/min y que no sea menor de 70 MPa/min.
10. Continúe con la aplicación de la carga hasta que el espécimen falle, o la barra se deslice.
11. Anote el valor de la Carga Última, como C_u .
12. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
13. Retire el espécimen ensayado.

Cálculos

Área Transversal

Utilice el valor del área nominal de la sección transversal de la barra de acero, según la Tabla N° 1 del Capítulo II.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE SOLDADURAS Y ACOPLER MECÁNICOS (Basado en ASTM A370-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-003</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/3</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-003	Versión:	0	Página:	3/3
Código:	ME-005-003									
Versión:	0									
Página:	3/3									
Fecha de aprobación:										

Esfuerzo Máximo

$$E_u = \frac{C_u}{A_n}$$

Dónde:

E_u = Esfuerzo máximo, MPa

C_u = Carga última, N

A_n = Área nominal de la sección transversal de la barra, mm²

Reporte

El reporte deberá contener lo siguiente:

- ✓ Grado de la barra de acero, si se le ha realizado el ensayo de tensión.
- ✓ Área nominal de la sección transversal de la barra, mm².
- ✓ Diámetro de la barra, pulg.
- ✓ Esfuerzo máximo, en número entero, MPa.
- ✓ Si la barra es soldad indicar si la falla se da en la soldadura o fuera de ella.
- ✓ Si es acople la unión de las barras, indicar si la falla se da en la barra, en el acople o si se deslizo la barra



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE ACOPLER MECÁNICOS (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	FOR-005-003
		Versión	0
		Página	1/2
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

N° de Espécimen			
Grado de barras unidas			
Longitud del Acople			
Área nominal (mm ²)			
Carga máxima o última (N)			
Esfuerzo último (Mpa)			
Esfuerzo último (psi)			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA DE SOLDADURAS (Basado en ASTM A370-03a)	Código:	FOR-005-003
		Versión	0
		Página	2/2
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

Espécimen N°			
Grado de barras unidas			
Área nominal (mm ²)			
Carga máxima o última (N)			
Esfuerzo último (Mpa)			
Esfuerzo último (psi)			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
COMPRESION DEL LADRILLO DE
BARRO
(BASADO EN ASTM C67-03A)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código:		ME-005-004
Versión:		0	
Página:		1/7	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo abarca los procedimientos en la toma de muestras y ensayo de resistencia a la compresión del espécimen de barro estructural.

Definiciones

ESPÉCIMEN DE BARRO: Unidad de mampostería maciza o hueca, elaborada de arcilla o pizarra, por lo general en forma de prisma rectangular, el cual es moldeado y posteriormente cocido en un horno. El espécimen de barro puede ser empleado para cumplir una función estructural y estética o únicamente estructural.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Esfuerzo máximo que una muestra de material puede soportar bajo carga axial.

AREA BRUTA: Es el área total de la cara del espécimen, es decir, es el producto del largo por el ancho de un elemento rectangular.

Importancia y aplicación del método

La importancia de este método de ensayo radica en conocer la resistencia a la compresión que posee cada espécimen de barro ensayado, con el fin de determinar las características mecánicas del espécimen en su función como elemento estructural utilizado en las diferentes obras de construcción.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Espécimen de Barro Sólido

Los especímenes de ensayo deberán ser mitades de especímenes secos, de altura y ancho del ladrillo completo, y deberán tener una longitud igual a la mitad de la longitud completa ± 2.54 cm, excepto como se describe a continuación. Si el espécimen de ensayo, descrito anteriormente, excede la capacidad de la máquina de ensayo, los especímenes de ensayo deberán de consistir en piezas de ladrillos secos, con la altura y ancho de la unidad completa, con una longitud no menor a un cuarto de la longitud completa de la unidad, y con un área bruta de sección transversal perpendicular al soporte no menor de 90.3 cm^2 . Los especímenes

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código:		ME-005-004
Versión:		0	
Página:		2/7	
Fecha de aprobación:			

de ensayo se podrán obtener a través de cualquier proceso de fabricación, sin roturas ni fisuras, con los extremos del ladrillo aproximadamente planos y paralelos. Cinco especímenes deberán ser ensayados.

- ✓ Mortero de Azufre para Refrentado⁴⁶

El Mortero de azufre deberá consistir en una mezcla que contenga entre el 40 y 60% por peso de azufre, en el cual el resto será arcilla cocida u otro material inerte adecuado que pase el tamiz No. 100 (150 micras) con o sin plasticidad.

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de ensayo

La máquina de ensayo deberá tener una precisión de $\pm 1.0\%$ sobre el rango de carga prevista. La placa superior deberá tener un asiento esférico, y será un bloque de metal endurecido, firmemente sujeto en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá descansar en el centro de la superficie, pero deberá poder girar libremente en cualquier dirección, y su perímetro deberá tener al menos 6.3 mm, para acomodar especímenes cuya superficies de apoyo no sean paralelas. El diámetro de la placa superior deberá ser como mínimo de 150 mm.⁴⁷ Una placa de metal endurecido puede utilizarse debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

La máquina de ensayo se verificará de conformidad con la Norma ASTM E4: "Prácticas para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo", con una frecuencia definida por la Norma ASTM C1093: "Práctica para la Acreditación de Agencias de Ensayo para Unidades de Mampostería".

- ✓ Placa de Refrentado⁴⁸

⁴⁶ Otro tipo de refrentado se muestra en la norma ASTM C 67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

⁴⁷ Para mayores referencias sobre la determinación de las dimensiones de la placa superior, consulte el anexo A1 de la norma ASTM C-140, "Métodos de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayos a Bloques de Concreto y Unidades Relacionadas" más reciente.

⁴⁸ Fuente: norma ASTM C 67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código: ME-005-004 Versión: 0 Página: 3/7 Fecha de aprobación:	

La placa de refrentado deberá ser no absorbente, como una placa de vidrio o de metal maquinado. La superficie de la placa deberá ser plana, entre 0.076 mm y 406.4 mm y suficientemente rígida y el apoyo no deberá presentar una deflexión medible durante la operación de refrentado.

- ✓ Bloque de Metal de Apoyo ⁴⁹

El bloque de metal de apoyo deberá tener una dureza no inferior a 60 HRC (620 HB).

- ✓ Barras cuadradas de acero de 25.4 mm
- ✓ Cinta métrica, graduada en 1 mm.⁵⁰
- ✓ Crayón para marcar el espécimen.
- ✓ Balanza con capacidad mínima de 3 000 g y sensible a 0.5 g
- ✓ Horno, que sea capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 a 115 °C.
- ✓ Olla térmica
- ✓ Sierra eléctrica para cortar mampostería

Equipo Misceláneo:

- ✓ Cuchara de albañil
- ✓ Lentes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes de protección contra el calor
- ✓ Cronómetro

Procedimiento

1. Seleccione por lo menos diez especímenes individuales para lotes de 1 000 000 especímenes o fracción de éste. Para lotes más grandes, cinco especímenes adicionales serán seleccionados de cada tramo adicional de 500 000 especímenes o fracción de éste. Las muestras adicionales de especímenes serán tomadas a discreción del comprador.
2. Corte el espécimen por la mitad en base a los requisitos del ladrillo especificados anteriormente.

⁴⁹ Fuente: norma ASTM C 67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

⁵⁰ En sustitución de la cinta métrica se podrá utilizar una regla de acero graduada en 1mm, o un pie de rey con una escala de 25 a 300 mm con mandíbulas paralelas que se utilizarán para medir las unidades individuales.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código:		ME-005-004
Versión:		0	
Página:		4/7	
Fecha de aprobación:			

3. Marque cada espécimen de tal manera que se pueda identificar en cualquier momento. Las marcas no deberán cubrir más del 5% de área superficial del espécimen.
4. Seque los especímenes en un horno ventilado a una temperatura de 110 a 115 °C durante no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida no mayor que el 0.2% del último peso del ladrillo previamente determinado.
5. Enfríe un poco los especímenes en un cuarto de secado mantenido a una temperatura de 24 ± 8 °C, con una humedad relativa de entre 30 y 70%.⁵¹
6. Almacene los especímenes libres de las corrientes de aire, colocados separadamente sin apilar, por un período de al menos 4 horas y hasta que la temperatura superficial esté a 2.8 °C de la temperatura del cuarto de secado.
7. Almacene los especímenes en un cuarto de secado con la temperatura y humedad deseada hasta el momento del ensayo.
8. Pese cinco especímenes secos de tamaño completo con una aproximación de 0.1 g.
9. Mida el ancho de ambos extremos y de ambas superficies de apoyo del espécimen, desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras laterales.
10. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y anote el promedio, con una aproximación de 0.5 mm como el ancho del espécimen.
11. Mida la longitud a lo largo de ambas superficies de apoyo y de ambas caras laterales del espécimen, desde los puntos medios de cada borde que limitan los extremos.
12. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y anote el promedio, con una aproximación de 0.5 mm como la longitud del espécimen.
13. Caliente la mezcla de azufre en una olla termostática a una temperatura suficiente, para mantener la fluidez por un período razonable de tiempo después del contacto con la placa de refrentado. Tenga cuidado al prevenir el sobrecalentamiento, y agite el líquido en la olla justo antes de su uso.
14. Coloque una placa de metal donde se depositara el azufre para el refrentado.⁵²
15. Aceite ligeramente la placa de refrentado.
16. Coloque cuatro barras cuadradas de acero de 25 mm en la superficie de la placa de apoyo para formar un molde rectangular de aproximadamente 12.7 mm más grande que el espécimen en cualquier dimensión.
17. Llene el molde con pasta de azufre fundido hasta una profundidad de 6.35 mm.

⁵¹ Un método alternativo de enfriamiento se muestra en la norma ASTM C67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

⁵² Otro tipo de refrentado se presenta en la norma ASTM C67-03a.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código:		ME-005-004
Versión:		0	
Página:		5/7	
Fecha de aprobación:			

18. Coloque la superficie de la unidad a ser refrentada rápidamente en el líquido, y mantenga el espécimen de modo que su eje vertical se encuentre en ángulo recto con la superficie refrentada.
19. Permita que la unidad permanezca en reposo hasta que la solidificación se complete.
20. Realice el mismo procedimiento de refrentado con el otro extremo del espécimen a partir del numeral 17.
21. El espesor de ambas capas deberá ser aproximadamente el mismo.
22. Permita que la cubierta refrentada se enfríe durante un mínimo de 2 horas antes del ensayo del espécimen.
23. Coloque el espécimen sobre la platina de la máquina de ensayo, colocándolo de tal manera que la carga se aplique en dirección de la profundidad del espécimen.
24. Centre el espécimen bajo el soporte superior esférico dentro de 1.59 mm.
25. Coloque un bloque de metal endurecido en el centro del cabezal superior de la máquina de ensayo, el cual se asentara sobre el espécimen de ensayo.⁵³
26. Aplique la carga, hasta la mitad de la carga máxima prevista, en un rango conveniente.
27. Ajuste los controles de la máquina de manera que la carga restante se aplique en un rango uniforme en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.
28. Registre la carga máxima de compresión como P_{máx} en Kgf.
29. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
30. Retire el espécimen ensayado de la máquina de ensayo.
31. Repita el procedimiento anterior para los otros especímenes.

Cálculos

Longitud del Espécimen:

$$L_p = \sum li / 4$$

Dónde:

L_p = Longitud promedio, cm

$\sum li$ = Longitudes, cm

Ancho del Espécimen:

⁵³ Se podrá utilizar un bloque de metal para el cual se encuentran las especificaciones en la norma ASTM C67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código: ME-005-004 Versión: 0 Página: 6/7 Fecha de aprobación:	

$$A_p = \sum a_i / 4$$

Dónde:

A_p = Ancho promedio, cm

$\sum a_i$ = Anchos en cm

Área Bruta de la Superficie de Soporte:

$$A = L_p \times A_p$$

Dónde:

A = Área bruta, cm²

L_p = Longitud promedio, cm

A_p = Ancho promedio, cm

Resistencia a la Compresión⁵⁴:

El cálculo de la resistencia a la compresión de cada espécimen, será con una aproximación de 0.01 MPa, y se realizará de la manera siguiente:

$$C = P / A$$

Dónde:

C = resistencia a la compresión del espécimen, kgf/cm²

P = carga máxima, kgf, indicada por la máquina de ensayo, y

A = promedio de las áreas brutas de las superficies de soporte superior e inferior del espécimen, cm².

⁵⁴ Cuando la resistencia a la compresión está basada en el área neta (por ejemplo: baldosas de arcilla), sustituya "A" en la fórmula anterior por el área neta del ladrillo, en cm², de la arcilla cocida en la sección de área mínima perpendicular a la dirección de la carga.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código: ME-005-004	
		Versión: 0	
		Página: 7/7	
		Fecha de aprobación:	

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ El promedio de las áreas de las superficies brutas, cm²
- ✓ La carga máxima indicada por la máquina de ensayo, Kgf
- ✓ La resistencia a la compresión de cada espécimen, con una aproximación de 0.01 MPa
- ✓ El promedio de las determinaciones de resistencia a la compresión, con una aproximación de 0.1 MPa.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"				
	Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE ARCILLA (Basado en ASTM C67-03a).	Código: Versión: Página: Fecha de Aprobación:		FOR-005-004 0 1/1
Cliente: _____ N° de Informe: _____ Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____ Procedencia: _____					
Espécimen N°					
Longitud del espécimen, cm :		L ₁			
		L ₂			
		L ₃			
		L ₄			
Longitud Promedio del Espécimen, cm:					
Ancho del espécimen (cm):		a ₁			
		a ₂			
		a ₃			
		a ₄			
Ancho Promedio del Espécimen(cm):					
Área bruta, cm ² :					
Carga Máxima, Kgf :					
Resistencia a la Compresión, Kgf/cm ² :					
Resistencia a la Compresión * 0.0980665 (MPa):					
Resistencia a la Compresión Promedio, MPa:					
Observaciones: _____ _____ _____					
"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO" "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO" "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO" "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"					
_____ Jefe de Laboratorio					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
ABSORCION DEL LADRILLO DE
BARRO
(BASADO EN ASTM C67-03A)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA ABSORCION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código:		ME-005-005
Versión:		0	
Página:		1/3	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo abarca los procedimientos en la toma de muestras y el cálculo del porcentaje de absorción del ladrillo de barro estructural.

Definiciones

LADRILLO DE BARRO: Unidad de mampostería maciza o hueca, elaborada de arcilla o pizarra, por lo general en forma de prisma rectangular, el cual es moldeado y posteriormente cocido en un horno. El ladrillo de barro puede ser empleado para cumplir una función estructural y estética o únicamente estructural.

PORCENTAJE DE ABSORCION: El porcentaje de absorción nos indica la cantidad de agua que puede penetrar en los ladrillos durante un tiempo especificado, de un estado seco a saturado superficialmente seco.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo nos indica la cantidad de agua u otro líquido que puede penetrar en los poros permeables de los ladrillos durante un periodo de tiempo especificado.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Ladrillo de Barro Sólido

Los especímenes de ensayo deberán ser mitades de ladrillos secos, de altura y ancho del ladrillo completo, y deberán tener una longitud igual a la mitad de la longitud completa ± 2.54 cm, excepto como se describe a continuación. Si el espécimen de ensayo, descrito anteriormente, excede la capacidad de la máquina de ensayo, los espécimen de ensayo deberán de consistir en piezas de ladrillo secos, con la altura y el ancho de la unidad completa, con una longitud no menor a un cuarto de la longitud completa de la unidad, y con un área bruta de sección transversal perpendicular al soporte no menor de 90.3 cm^2 . Los espécimen de ensayo se podrán obtener a través de cualquier proceso de fabricación, sin roturas ni fisuras, con los extremos del ladrillo aproximadamente planos y paralelos. Cinco espécimen deberán ser ensayados.

- ✓ Agua

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA ABSORCION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)	Código: ME-005-005 Versión: 0 Página: 2/3 Fecha de aprobación:	

Equipo Principal:

- ✓ Crayón para marcar el ladrillo
- ✓ Balanza, con capacidad mínima de 2 000 g y sensible a 0.5 g
- ✓ Horno de secado, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 a 115 °C.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica para cortar los ladrillos
- ✓ Recipiente para inmersión
- ✓ Bandeja
- ✓ Guantes de protección contra calor
- ✓ Franelas

Procedimiento

1. Seleccione por lo menos diez especímenes individuales para lotes de 1 000 000 especímenes o fracción de éste. Para lotes más grandes, cinco especímenes adicionales serán seleccionados de cada tramo adicional de 500 000 especímenes o fracción de éste. Las muestras adicionales de especímenes serán tomadas a discreción del comprador.
2. Corte el ladrillo por la mitad en base a los requisitos especificados anteriormente.
3. Marque cada ladrillo de tal manera que se pueda identificar en cualquier momento. Las marcas no deberán cubrir más del 5% del área superficial del ladrillo.
4. Seque los especímenes en un horno ventilado a una temperatura de 110 a 115 °C durante no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida no mayor que el 0.2% del último peso del ladrillo previamente determinado.
5. Enfríe un poco los especímenes en un cuarto de secado mantenido a una temperatura de 24 ± 8 °C, con una humedad relativa de entre 30 y 70%.⁵⁵
6. Almacene los especímenes libres de las corrientes de aire, colocados separadamente sin apilar, por un período de al menos 4 horas y hasta que la temperatura superficial esté a 2.8 °C de la temperatura del cuarto de secado.
7. Almacene los especímenes en un cuarto de secado con la temperatura y humedad deseada hasta el momento del ensayo.

⁵⁵ Un método alternativo de enfriamiento se muestra en la norma ASTM C67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA ABSORCION DEL LADRILLO DE BARRO (Basado en ASTM C67-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-005</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/3</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-005	Versión:	0	Página:	3/3
Código:	ME-005-005									
Versión:	0									
Página:	3/3									
Fecha de aprobación:										

8. Pese cinco especímenes secos de tamaño completo con una aproximación de 0.1 g y anote el valor obtenido como W_d .
9. Sumerja el ladrillo seco y frio, sin inmersión parcial preliminar, en agua limpia (suave, destilada o agua de lluvia) a una temperatura de entre 15.5 a 30 °C durante el tiempo especificado.⁵⁶
10. Retire el ladrillo del agua y elimine el agua superficial con una franela húmeda.
11. Pese cada ladrillo nuevamente dentro de los 5 minutos después de extraerlo del baño y anote el valor obtenido como W_s .

Cálculos

Porcentaje de Absorción del Ladrillo de Barro:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100$$

Dónde:

W_d = peso seco del ladrillo, g

W_s = peso saturado del ladrillo después de la inmersión en agua fría, g

Calcule el promedio de la absorción del agua fría de todos los especímenes con una aproximación de 0.1%.

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ La absorción en agua fría de cada ladrillo con una precisión de 0.1%.
- ✓ El peso seco del ladrillo, g
- ✓ El peso saturado del ladrillo después de la inmersión en agua fría, g
- ✓ El promedio de la absorción en agua fría de todos los especímenes con una aproximación de 0.1%.

⁵⁶ Existen otros métodos por inmersión mostrados en la norma ASTM C67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL MUESTREO Y ENSAYO DEL LADRILLO Y BALDOSA ESTRUCTURAL DE ARCILLA (Basado en ASTM C67-03a)	Código:	FOR-005-005
		Versión:	0
		Página:	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de Informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

	Especimen N°				
Peso seco del espécimen, g					
Peso Saturado después de Inmersión, g					
Peso del agua, g					
Porcentaje de Absorción, %					
Porcentaje de Absorción Promedio, %					

Nota: El método utilizado para el cálculo del porcentaje de absorción es el Método de Inmersión.

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO"

"EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"

"MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"

"EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe de Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE
CONCRETO
(BASADO EN ASTM C140-06)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-006</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-006	Versión:	0	Página:	1/7
Código:	ME-005-006								
Versión:	0								
Página:	1/7								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de adoquines de concreto.

Definiciones

ADOQUÍN DE CONCRETO: Elemento construido con material pétreo, agua y cemento. Tienen como función proporcionar la superficie de desgaste de las carreteras, calles, calzadas, aceras, patios, y aplicaciones similares.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Esfuerzo máximo que una muestra de material puede soportar bajo carga axial.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para verificar la resistencia a compresión de una muestra de adoquín de concreto con respecto a la resistencia a compresión especificada.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Adoquines de concreto
- ✓ Mortero de azufre

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo

La máquina de ensayo deberá tener una precisión de $\pm 1.0\%$ sobre el rango de carga prevista. La placa superior deberá tener un asiento esférico, y tendrá un bloque de metal endurecido, firmemente sujeto en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá descansar en el centro de la superficie, pero deberá poder girar libremente en cualquier dirección, y su perímetro deberá tener al menos 6.3 mm, para acomodar especímenes cuya superficies de soporte no sean paralelas. El diámetro de la placa superior deberá ser como míni

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-006</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-006	Versión:	0	Página:	2/7
Código:	ME-005-006								
Versión:	0								
Página:	2/7								
Fecha de aprobación:									

mo de 150 mm⁵⁷. Una placa de metal endurecido puede utilizarse debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

La máquina de ensayo se verificará de conformidad con la Norma ASTM E4: "Prácticas para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo", con una frecuencia definida por la Norma ASTM C1093: "Práctica para la Acreditación de Agencias de Ensayo para Unidades de Mampostería".

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica
- ✓ Regla de Acero con divisiones no mayores de 2.5 mm
- ✓ Placa de refrentado
- ✓ Aceite o grasa
- ✓ Barras cuadradas de acero
- ✓ Olla térmica
- ✓ Termómetro de metal con precisión de 1 °C
- ✓ Lentes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes de protección contra el calor
- ✓ Marcador
- ✓ Jabón
- ✓ Toallas de papel

Procedimiento

1. Seleccione 6 unidades de cada lote de 10 000 unidades o fracción de éste, y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. De los lotes de más de 100 000 unidades, 6 unidades serán seleccionados de cada 50 000 unidades o fracción de éste. Se tomarán más especímenes si es indicado por el comprador.
2. Marque cada espécimen de modo que pueda identificarse en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen.
3. Almacene las unidades en un lugar ventilado (no apiladas y separadas por no menos de 13 mm en todos sus lados) a una temperatura de 24 ± 8 °C y una humedad relativa menor que el 80%, durante al menos 48 horas.⁵⁸

⁵⁷ Para mayores referencias sobre la determinación de las dimensiones de la placa superior, consulte el anexo A1 de la Norma ASTM C-140 más reciente.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: Versión: Página: Fecha de aprobación:		ME-005-006 0 3/7

4. Escoja tres especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión.
5. Coloque el espécimen sobre la mesa de trabajo.
6. Verifique que el espécimen se encuentre libre de humedad visible.
7. Con la regla de acero, mida el largo del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la altura en una de las caras, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la altura en la cara contraria, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 2 a)
8. Anote los dos valores medidos como el largo.
9. Con la regla de acero, mida el ancho del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la longitud en la cara superior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la longitud en la cara inferior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 2 b)
10. Anote los dos valores medidos como el ancho.
11. Con la regla de acero, mida la altura del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la longitud de una de las caras, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la longitud de la cara contraria, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 2 c)
12. Anote los dos valores medidos como la altura.

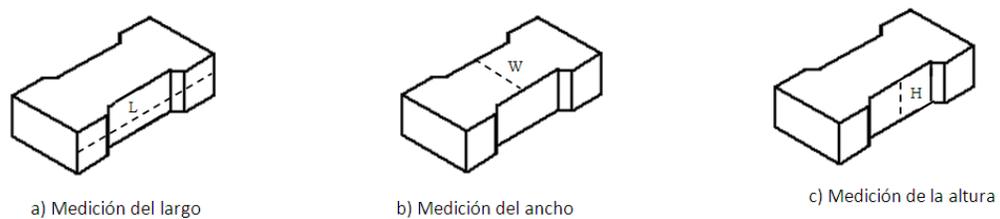


Figura N° 2. Medición de las Dimensiones en el Adoquín Entero

13. Si el espécimen posee salientes en sus caras, éstas salientes deberán ser cortadas con sierra, y el resto de la pieza grande será ensayada⁵⁹. Esta muestra deberá ser simétrica alrededor de dos ejes.⁶⁰

⁵⁸ Si los resultados de compresión son necesarios antes, almacene las unidades no apiladas en el mismo entorno descrito anteriormente, con una corriente de aire de un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un período no menor a 4 horas. Continúe hasta que en dos pesadas sucesivas, a intervalos de 2 horas, no se observe una variación mayor del 0.2% del peso anteriormente determinado, y hasta que la humedad no sea visible en cualquier superficie de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado en horno. Los especímenes serán unidades de tamaño completo.

⁵⁹ Cuando las unidades enteras para los ensayos de compresión sean demasiado grandes para el adoquín y las placas de la máquina de ensayo, o se encuentren más allá de la capacidad de carga de la máquina de ensayo, corte con sierra

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-006</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-006	Versión:	0	Página:	4/7
Código:	ME-005-006									
Versión:	0									
Página:	4/7									
Fecha de aprobación:										

14. En el caso de que el espécimen sea producido como en el punto 13, mida con la regla de acero el largo del rectángulo. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la altura en una de las caras, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la altura en la cara contraria, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 3 a)
15. Anote los dos valores medidos como el largo (L).
16. En el caso de que el espécimen sea producido como en el punto 13, mida con la regla de acero el ancho del rectángulo. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media del largo en la cara superior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y una en la parte media del largo en la cara inferior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 3 b)
17. Anote los dos valores medidos como el ancho (W).



a) Medición del largo

b) Medición del ancho

Figura N° 3. Medición de las Dimensiones en el Adoquín Cortado

18. Caliente el mortero de azufre en la olla térmica, a una temperatura de 129 a 143 °C. Verifique la temperatura del mortero de azufre para refrentado utilizando un termómetro de metal colocado en el centro de la masa. Verifique la temperatura en intervalos de una hora durante el proceso de refrentado.⁶¹
19. Caliente la placa de refrentado antes de su uso.

las unidades a un tamaño apropiado para ajustarlas a la capacidad de la máquina de ensayo. La resistencia a la compresión del segmento deberá considerarse como la resistencia a la compresión de toda la unidad.

⁶⁰ El requerimiento de reducción de los especímenes fue tomado de la Norma ASTM C936 – 01: "Especificación Estándar para Unidades Sólidas de Concreto Entrelazadas para Pavimento".

⁶¹ Advertencia - El sulfuro de hidrógeno se produce a menudo durante el refrentado cuando el azufre está contaminado con materiales orgánicos, como la parafina o el petróleo. El gas es incoloro y tiene un notorio olor a huevos podridos, pero el olor no es una señal de advertencia confiable, ya que la sensibilidad al olor desaparece rápidamente de la exposición. Las altas concentraciones son letales y dosis menos concentradas pueden producir náuseas, dolor estomacal, mareos, dolor de cabeza o irritación de los ojos. Por esta y otras razones de seguridad, ubique la estación de refrentado en un área bien ventilada.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:		ME-005-006
Versión:		0	
Página:		5/7	
Fecha de aprobación:			

20. Engrase ligeramente la superficie de la placa de refrentado.
21. Coloque cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm (1/2 pulg) en la placa de refrentado para formar un molde rectangular cuyas dimensiones serán aproximadamente 13 mm mayor que las dimensiones totales del espécimen.
22. Revuelva el mortero de azufre para refrentado inmediatamente antes de verter cada capa.
23. Llene el molde hasta una profundidad de 6 mm con el mortero de azufre caliente.
24. Acerque rápidamente la superficie del espécimen a refrentar hasta hacer contacto con el líquido.
25. Sostenga el espécimen de modo que su eje se encuentre en ángulo recto con respecto a la superficie del líquido de refrentado.⁶²
26. No perturbe el espécimen hasta que el mortero de azufre se haya enfriado y solidificado.
27. Una vez que el recubrimiento de mortero de azufre se ha solidificado y enfriado, separe el espécimen de las placas de refrentado de tal manera que se eviten daños en el refrentado y en el espécimen.
28. Repita el procedimiento del punto 23 al 28 para la otra superficie del espécimen a refrentar.⁶³
29. Ubique el centroide de la superficie de carga del espécimen.
30. Marque el centroide de la superficie de carga del espécimen.
31. Coloque el espécimen en la máquina de ensayo en la misma posición como será colocado en la obra.
32. Acomode el espécimen con el centroide de la superficie de carga alineado verticalmente con el centro de empuje del bloque de acero esférico de la máquina de ensayo.
33. Aplique la carga hasta la mitad de la carga máxima prevista, a algún rango conveniente.
34. Ajuste los controles de la máquina según sea necesario para conseguir una velocidad uniforme de desplazamiento de la cabeza movable.
35. Aplique la carga restante en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.
36. Registre la carga máxima de compresión en Newtons, como P_{máx}.
37. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
38. Retire el espécimen ensayado de la máquina de ensayo.
39. Repita el procedimiento anterior para los otros especímenes.

⁶² Las capas deberán ser perpendiculares con respecto al eje vertical del espécimen y no se deberán desviar más de 2 mm en 200 mm. La planeidad de las superficies de las capas deberá ser de 0.075 mm en 400 mm. El espesor promedio de la capa no deberá exceder de 3 mm.

⁶³ No repare el refrentado. Remueva las capas con imperfecciones y reemplácelas por otras nuevas. No ensaye el espécimen hasta que la capa haya alcanzado la resistencia deseada en base a los ensayos de calificación. El endurecimiento de la capa deberá ser de al menos dos horas.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-006</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>6/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-006	Versión:	0	Página:	6/7
Código:	ME-005-006									
Versión:	0									
Página:	6/7									
Fecha de aprobación:										

Cálculos

Mediciones

Calcule el promedio de las dos mediciones del largo del espécimen, el promedio de las dos mediciones del ancho del espécimen, y el promedio de las dos mediciones de la altura.

Área Neta

Calcule el Área Neta promedio del espécimen de la siguiente manera:

$$\text{Área neta (A}_n\text{), mm}^2 = L \times W$$

Dónde:

A_n = área neta del espécimen o segmento, mm²,
 L = longitud promedio del espécimen o segmento, mm, y
 W = ancho promedio del espécimen o segmento, mm.

Resistencia a Compresión

Calcule la Resistencia a Compresión del Área Neta de la muestra de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a Compresión en Área Neta, MPa} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n}$$

Dónde:

P_{máx} = carga máxima de compresión, N, y
 A_n = área neta promedio de la muestra, mm².

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ La resistencia a la compresión en área neta, con una precisión de 0.1 MPa por separado para cada espécimen y en promedio para los tres especímenes.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Código:</td> <td>ME-005-006</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>7/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-006	Versión:	0	Página:	7/7	Fecha de aprobación:	
Código:	ME-005-006									
Versión:	0									
Página:	7/7									
Fecha de aprobación:										

- ✓ El ancho promedio, la altura promedio y la longitud promedio con una aproximación de 2.5 mm para cada espécimen.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	FOR-005-006
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____
 Procedencia: _____ Edad: _____

Espécimen N°				
Largo (mm)				
Largo promedio, L (mm)				
Ancho (mm)				
Ancho promedio, W (mm)				
Altura (mm)				
Altura promedio, H (mm)				
Largo (adoquín cortado) (mm)				
Largo promedio (adoquín cortado), L (mm)				
Ancho (adoquín cortado) (mm)				
Ancho promedio (adoquín cortado), W (mm)				
Área Neta, An (mm ²)				
Carga Máxima, Pmax (N)				
Resistencia Área Neta, (MPa)				
Resistencia Área Neta Promedio, (MPa)				

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*

* EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*

* MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*

* EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
ABSORCIÓN, DENSIDAD Y
CONTENIDO DE HUMEDAD DE
ADOQUINES DE CONCRETO
(BASADO EN ASTM C140-06)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-007</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-007	Versión:	0	Página:	1/5
Código:	ME-005-007									
Versión:	0									
Página:	1/5									
Fecha de aprobación:										

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la absorción, densidad y contenido de humedad de adoquines de concreto.

Definiciones

ADOQUÍN DE CONCRETO: Elemento construido con material pétreo, agua y cemento. Tienen como función proporcionar la superficie de desgaste de las carreteras, calles, calzadas, aceras, patios, y aplicaciones similares.

ABSORCIÓN: Diferencia en la cantidad de agua contenida dentro de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada, entre su condición saturada y su condición seca.

DENSIDAD: Es el peso de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada dividida por su volumen.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Cantidad de agua contenida dentro de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada en un momento determinado, expresada como un porcentaje de la cantidad total de agua en la unidad bajo condiciones de saturación.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para calcular la cantidad de agua que una unidad de concreto puede absorber.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Adoquines de concreto
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Balanza con precisión de 0.5% del peso del espécimen más pequeño ensayado
- ✓ Horno de secado, con capacidad para mantener una temperatura de 100 a 115 °C

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-007</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-007	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-007									
Versión:	0									
Página:	2/5									
Fecha de aprobación:										

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica⁶⁴
- ✓ Recipiente para inmersión
- ✓ Termómetro con precisión de 0.1 °C
- ✓ Bandeja
- ✓ Malla de alambre más grueso que 9.5 mm
- ✓ Guantes de protección contra calor
- ✓ Franelas
- ✓ Toallas de papel

Procedimiento

1. Seleccione 6 unidades de cada lote de 10 000 unidades o fracción de éste, y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. De los lotes de más de 100 000 unidades, 6 unidades serán seleccionados de cada 50 000 unidades o fracción de éste. Se tomarán más especímenes si es indicado por el comprador.
2. Marque cada espécimen de modo que pueda identificarse en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen.
3. Pese cada espécimen inmediatamente después del muestreo y el marcado, y registre como W_r (peso recibido).
4. Registre el tiempo y lugar cuando W_r fue medido.
5. Escoja tres especímenes para el ensayo de absorción.⁶⁵
6. Sumerja los especímenes en agua a una temperatura de 15.6 a 26.7 °C.
7. Deje los especímenes sumergidos en el agua durante 24 horas.
8. Transcurridas las 24 horas, pese el espécimen suspendido de un alambre de metal y completamente sumergido en el agua.
9. Anote el peso determinado como "peso sumergido" (W_i).
10. Coloque la bandeja sobre la mesa de trabajo.
11. Coloque la malla de alambre en el interior de la bandeja.
12. Extraiga el espécimen del recipiente con agua.
13. Coloque el espécimen sobre la malla de alambre.

⁶⁴ En caso de que los especímenes sean cortados.

⁶⁵ Para la determinación del contenido de humedad, el espécimen deberá ser de tamaño completo. Para la determinación de la absorción y densidad, el espécimen podrá consistir en segmentos cortados de unidades de tamaño completo. Los valores de absorción y densidad del segmento se considerarán como representativos de toda la unidad.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-007</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-007	Versión:	0	Página:	3/5
Código:	ME-005-007									
Versión:	0									
Página:	3/5									
Fecha de aprobación:										

14. Deje escurrir el agua por 1 min ± 5 s.
15. Con una franela húmeda, elimine el agua superficial visible.
16. Pese el espécimen.
17. Anote el peso determinado como "peso saturado" (W_s).
18. Traslade el espécimen al horno de secado.
19. Ajuste la temperatura del horno entre 100 y 115 °C.
20. Ingrese el espécimen en el horno.
21. Deje el espécimen dentro del horno durante no menos de 24 horas.
22. Transcurridas las 24 horas y utilizando los guantes de protección, retire el espécimen del horno.
23. Pese el espécimen.
24. Anote el peso determinado.
25. Ingrese nuevamente el espécimen en el horno.
26. Deje el espécimen en el horno durante 2 horas más.
27. Transcurridas las 2 horas y utilizando los guantes de protección, retire el espécimen del horno.
28. Pese el espécimen.
29. Anote el peso determinado.
30. Repita los pasos del 25 al 29 hasta que en dos pesadas sucesivas del peso del espécimen no varíe en 0.2 % con respecto al último peso determinado.
31. Anote el peso del espécimen seco como "peso seco" (W_d).
32. Repita el procedimiento anterior para los otros especímenes.

Cálculos

Absorción

Calcule la absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, Kg/m}^3 = \left[\frac{(W_s - W_d)}{(W_s - W_i)} \right] \times 1000$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(W_s - W_d)}{(W_d)} \right] \times 100$$

Dónde:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:		ME-005-007
Versión:		0	
Página:		4/5	
Fecha de aprobación:			

W_s = peso saturado del espécimen, kg

W_d = peso seco del espécimen, kg

W_i = peso sumergido del espécimen, kg

Densidad

Calcule la densidad del espécimen seco de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (D), Kg/m}^3 = \left[\frac{(W_d)}{(W_s - W_i)} \right] \times 1000$$

Dónde:

W_d = peso seco del espécimen, kg

W_s = peso saturado del espécimen, kg

W_i = peso sumergido del espécimen, kg

Contenido de humedad

Calcule el contenido de humedad de la unidad en el momento en que se realiza el muestreo (cuando W_r es medido) de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad, \% del total absorción} = \left[\frac{(W_r - W_d)}{(W_s - W_d)} \right] \times 100$$

Dónde:

W_r = peso recibido del espécimen, kg

W_d = peso seco del espécimen, kg

W_s = peso saturado del espécimen, kg

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ El contenido de humedad, cuando sea requerido, con una precisión de 0.1% como el promedio de tres muestras.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	ME-005-007
		Versión:	0
		Página:	5/5
		Fecha de aprobación:	

- ✓ El peso recibido W_r separadamente para cada espécimen, y el tiempo y lugar cuando W_r fue medido.
- ✓ La absorción y la densidad con una aproximación de 1 kg/m^3 o de 0.1%, y los resultados de la densidad con aproximación de 1 kg/m^3 por separado para cada unidad y como el promedio de las tres unidades. Si los ensayos de absorción se realizan sobre otros especímenes que no son especímenes de tamaño completo, reporte el motivo de la reducción del tamaño para los especímenes de ensayo de tamaño reducido y el tamaño y configuración de los especímenes ensayados



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADOQUINES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	FOR-005-007
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____
 Procedencia: _____ Edad: _____

Espécimen N°			
Peso recibido, W_r (Kg)			
Peso seco, W_d (Kg)			
Peso sumergido, W_i (Kg)			
Peso saturado, W_s (Kg)			
Densidad, (Kg/m ³)			
Contenido de humedad, (%)			
Absorción, (Kg/m ³)			
Absorción, (%)			
Absorción promedio, (Kg/m ³)			

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*

* EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*

* MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*

* EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
COMPRESIÓN DE BLOQUES DE
CONCRETO
(BASADO EN ASTM C140-06)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-008</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-008	Versión:	0	Página:	1/9
Código:	ME-005-008								
Versión:	0								
Página:	1/9								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de bloques de concreto.

Definiciones

BLOQUE DE CONCRETO: Es una unidad de mampostería hecha a partir de cemento Pórtland, agua y agregados, con o sin la inclusión de otros materiales. El bloque es una unidad de mampostería prefabricada, con forma de prisma recto.

CARA: Es la pared externa de una unidad hueca de mampostería.

TABIQUE: Es el elemento que une las caras en los extremos o en la parte media de una unidad hueca de mampostería.

ESPESOR EQUIVALENTE: Es el espesor promedio de material sólido en una unidad hueca de mampostería.

ESPESOR DE TABIQUE EQUIVALENTE: Es la sumatoria del espesor medido de todos los tabiques cuyo espesor individual en la unidad es igual o mayor que 19.1 mm, multiplicado por 12 y dividido por la longitud de la unidad.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Esfuerzo máximo que una muestra de material puede soportar bajo carga axial.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para verificar la resistencia a compresión de una muestra de bloque de concreto con respecto a la resistencia a compresión especificada.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Bloques de concreto
- ✓ Mortero de azufre

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: ME-005-008 Versión: 0 Página: 2/9 Fecha de aprobación:	

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo

La máquina de ensayo deberá tener una precisión de $\pm 1.0\%$ sobre el rango de carga prevista. La placa superior deberá tener un asiento esférico, y tendrá un bloque de metal endurecido, firmemente sujeto en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá descansar en el centro de la superficie, pero deberá poder girar libremente en cualquier dirección, y su perímetro deberá tener al menos 6.3 mm, para acomodar especímenes cuya superficies de soporte no sean paralelas. El diámetro de la placa superior deberá ser como mínimo de 150 mm⁶⁶. Una placa de metal endurecido puede utilizarse debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

La máquina de ensayo se verificará de conformidad con la Norma ASTM E4: "Prácticas para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo", con una frecuencia definida por la Norma ASTM C1093: "Práctica para la Acreditación de Agencias de Ensayo para Unidades de Mampostería".

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica
- ✓ Regla de Acero con divisiones no mayores de 2.5 mm
- ✓ Placa de refrentado
- ✓ Aceite o grasa
- ✓ Barras cuadradas de acero
- ✓ Olla térmica
- ✓ Termómetro de metal con precisión de 1 °C
- ✓ Lentes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes de protección contra el calor
- ✓ Marcador
- ✓ Jabón
- ✓ Toallas de papel

⁶⁶ Para mayores referencias sobre la determinación de las dimensiones de la placa superior, consulte el anexo A1 de la Norma ASTM C-140 más reciente.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-008</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-008	Versión:	0	Página:	3/9
Código:	ME-005-008								
Versión:	0								
Página:	3/9								
Fecha de aprobación:									

Procedimiento

1. Seleccione 6 unidades de cada lote de 10 000 unidades o fracción de éste, y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. De los lotes de más de 100 000 unidades, 6 unidades serán seleccionados de cada 50 000 unidades o fracción de éste. Se tomarán más especímenes si es indicado por el comprador.
2. Marque cada espécimen de modo que puede identificarse en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen.
3. Almacene las unidades en un lugar ventilado (no apiladas y separadas por no menos de 13 mm en todos sus lados) a una temperatura de 24 ± 8 °C y una humedad relativa menor que el 80%, durante al menos 48 horas.⁶⁷
4. Escoja tres especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión.
5. Coloque el espécimen sobre la mesa de trabajo.
6. Verifique que el espécimen se encuentre libre de humedad visible.
7. Verifique la geometría del espécimen. Si éste posee salientes en sus caras, las salientes que tengan una longitud mayor que el espesor de la saliente deberán ser cortadas con sierra.
8. Con la regla de acero, mida el largo del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la altura en una de las caras, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la altura en la cara contraria, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 4 a)
9. Anote los dos valores medidos como el largo.
10. Con la regla de acero, mida el ancho del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la longitud en la cara superior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la longitud en la cara inferior, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 4 b)
11. Anote los dos valores medidos como el ancho.
12. Con la regla de acero, mida la altura del espécimen. Realice dos mediciones de la siguiente manera: una en la parte media de la longitud de una de las caras, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto, y otra en la parte media de la longitud de la cara contraria, partiendo de uno de los bordes al borde opuesto. (Ver Figura N° 1 c)
13. Anote los dos valores medidos como la altura.

⁶⁷ Si los resultados de compresión son necesarios antes, almacene las unidades no apiladas en el mismo entorno descrito anteriormente, con una corriente de aire de un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un período no menor a 4 horas. Continúe hasta que en dos pesadas sucesivas, a intervalos de 2 horas, no se observe una variación mayor del 0.2% del peso anteriormente determinado, y hasta que la humedad no sea visible en cualquier superficie de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado en horno. Los especímenes serán unidades de tamaño completo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-008</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-008	Versión:	0	Página:	4/9
Código:	ME-005-008									
Versión:	0									
Página:	4/9									
Fecha de aprobación:										

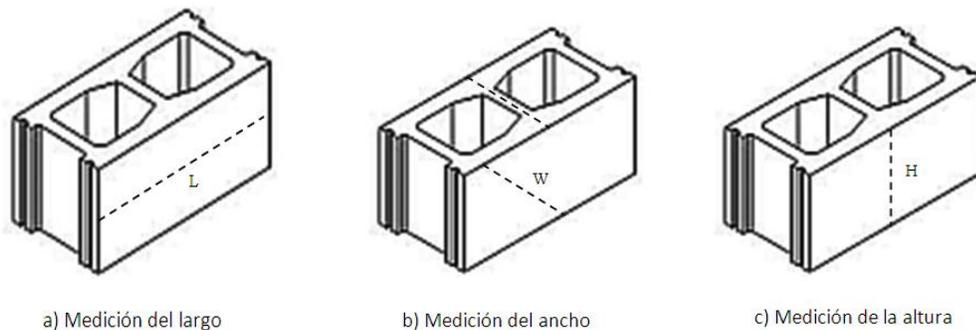


Figura N° 4. Medición de las Dimensiones en el Bloque

14. Con el pie de rey, mida los espesores de la cara (t_f) y espesores de tabique (t_w) en el punto más delgado de cada elemento, alrededor de 12.7 mm debajo de la superficie superior de la unidad, tal como se fabricó. Cuando el espesor del punto más delgado de las caras opuestas difieran en menos de 3.2 mm, el promedio de sus mediciones deberá calcularse para determinar el espesor mínimo de esa unidad. Excluya los tabiques con un grosor de menos de 19.1 mm en la determinación del espesor mínimo de tabique.
15. Registre los valores medidos con la precisión de la división del pie de rey.
16. Caliente el mortero de azufre en la olla térmica, a una temperatura de 129 a 143 °C. Verifique la temperatura del mortero de azufre para refrentado utilizando un termómetro de metal colocado en el centro de la masa. Verifique la temperatura en intervalos de una hora durante el proceso de refrentado.⁶⁸
17. Caliente la placa de refrentado antes de su uso.
18. Engrase ligeramente la superficie de la placa de refrentado.
19. Coloque cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm (1/2 pulg) en la placa de refrentado para formar un molde rectangular cuyas dimensiones serán aproximadamente de 13 mm mayor que las dimensiones totales del espécimen.
20. Revuelva el mortero de azufre para refrentado inmediatamente antes de verter cada capa.
21. Llene el molde hasta una profundidad de 6 mm con el mortero de azufre caliente.

⁶⁸ Advertencia - El sulfuro de hidrógeno se produce a menudo durante el refrentado cuando el azufre está contaminado con materiales orgánicos, como la parafina o el petróleo. El gas es incoloro y tiene un notorio olor a huevos podridos, pero el olor no es una señal de advertencia confiable, ya que la sensibilidad al olor desaparece rápidamente de la exposición. Las altas concentraciones son letales y dosis menos concentradas pueden producir náuseas, dolor estomacal, mareos, dolor de cabeza o irritación de los ojos. Por esta y otras razones de seguridad, ubique la estación de refrentado en un área bien ventilada.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: ME-005-008 Versión: 0 Página: 5/9 Fecha de aprobación:	

22. Acerque rápidamente la superficie del espécimen a refrentar hasta hacer contacto con el líquido.
23. Sostenga el espécimen de modo que su eje se encuentre en ángulo recto con respecto a la superficie del líquido de refrentado.⁶⁹
24. No perturbe el espécimen hasta que el mortero de azufre se haya enfriado y solidificado. El endurecimiento de la capa deberá ser de al menos 2 horas.
25. Una vez que el recubrimiento de mortero de azufre se ha solidificado y enfriado, separe el espécimen de las placas de refrentado de tal manera que se eviten daños en el refrentado y en el espécimen.
26. Repita el procedimiento del punto 20 al 25 para la otra superficie del espécimen a refrentar.⁷⁰
27. Ubique el centroide de la superficie de carga del espécimen.
28. Marque el centroide de la superficie de carga del espécimen.
29. Coloque el espécimen en la máquina de ensayo en la misma posición como será colocada en la obra. Coloque las unidades huecas de mampostería de concreto con sus núcleos en dirección vertical.⁷¹
30. Acomode el espécimen con el centroide de la superficie de carga alineado verticalmente con el centro de empuje del bloque de acero esférico de la máquina de ensayo.
31. Aplique la carga hasta la mitad de la carga máxima prevista, a algún rango conveniente.
32. Ajuste los controles de la máquina según sea necesario para conseguir una velocidad uniforme de desplazamiento de la cabeza movable.
33. Aplique la carga restante en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.
34. Registre la carga máxima de compresión en Newtons, como P_{máx}.
35. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
36. Retire el espécimen ensayado de la máquina de ensayo.
37. Repita el procedimiento anterior para los otros especímenes.

Cálculos

Mediciones

⁶⁹ Las capas deberán ser perpendiculares con respecto al eje vertical del espécimen y no se deberán desviar más de 2 mm en 200 mm. La planeidad de las superficies de las capas deberá ser de 0.075 mm en 400 mm. El espesor promedio de la capa no deberá exceder de 3 mm.

⁷⁰ No repare el refrentado. Remueva las capas con imperfecciones y reemplácelas por otras nuevas. No ensaye el espécimen hasta que la capa haya alcanzado la resistencia deseada en base a los ensayos de calificación. El endurecimiento de la capa deberá ser de al menos dos horas.

⁷¹ Excepto para unidades especiales destinadas a ser utilizadas con sus núcleos en una dirección horizontal.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: ME-005-008 Versión: 0 Página: 6/9 Fecha de aprobación:	

Calcule el promedio de las dos mediciones realizadas del largo del espécimen, el promedio de las dos mediciones del ancho del espécimen, y el promedio de las dos mediciones de la altura.

Promedie las mediciones de todos los tabiques en cada unidad para determinar el espesor mínimo del tabique para esa unidad.

Espesor equivalente de tabique

Calcule el espesor equivalente de tabique de la siguiente manera:

$$T_{te}, mm = \frac{[(\sum T_t) \times 12]}{L}$$

Dónde:

T_{te} = espesor de tabique equivalente, (mm/metro lineal),

$\sum T_t$ = sumatoria del espesor de todos los tabiques con espesores individuales iguales o mayores que 19.1 mm

L = longitud promedio del bloque, (mm).

Espesor equivalente

Calcule el espesor equivalente de la siguiente manera:

$$T_e, mm = \frac{V_n}{(L \times H)}$$

Dónde:

T_e = espesor equivalente, mm

L = longitud total promedio del espécimen de tamaño completo, mm, y

H = altura media de los especímenes de tamaño completo, mm.

V_n = volumen neto promedio de los especímenes de tamaño completo, mm³, el cual se calcula de la siguiente manera⁷²:

⁷² Para los valores de W_d , D, W_s y W_i , véase la Guía ME-005-009: "Realización del Método de Ensayo Estándar para Absorción, Densidad y Contenido de Humedad de Bloques de Concreto" de este documento.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-008</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>7/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-008	Versión:	0	Página:	7/9
Código:	ME-005-008									
Versión:	0									
Página:	7/9									
Fecha de aprobación:										

$$V_n = \frac{W_d}{D} = \frac{(W_s - W_i)}{10^6}$$

Dónde:

W_d = peso del espécimen seco, kg,
 D = densidad del espécimen seco, kg/m³,
 W_s = peso saturado del espécimen, kg,
 W_i = peso sumergido del espécimen, kg,

Área Neta

Calcule el Área Neta promedio del espécimen de la siguiente manera:

$$\text{Área neta promedio (A}_n\text{), mm}^2 = \frac{V_n}{H}$$

Dónde:

V_n = volumen neto del espécimen, mm³,
 A_n = área neta promedio del espécimen, mm², y
 H = altura promedio del espécimen, mm.

Área Bruta

Calcule el área bruta de la siguiente manera:

$$\text{Área bruta (A}_g\text{), mm}^2 = L \times W$$

Dónde:

A_g = área total del espécimen, mm²
 L = longitud promedio del espécimen, mm, y
 W = ancho promedio del espécimen, mm

Relación Área neta/Área bruta

Calcule la relación Área neta/Área bruta de la siguiente manera:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-008</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>8/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-008	Versión:	0	Página:	8/9
Código:	ME-005-008								
Versión:	0								
Página:	8/9								
Fecha de aprobación:									

$$\text{Área neta/Área bruta} = \frac{A_n}{A_g}$$

Dónde:

An = área neta promedio del espécimen, mm², y

Ag = área total del espécimen, mm²

Resistencia a Compresión en Área Neta

Calcule la Resistencia a Compresión en Área Neta del espécimen de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a Compresión en Área Neta, MPa} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n}$$

Dónde:

P_{máx} = fuerza de compresión máxima, N, y

An = área neta promedio del espécimen, mm².

Resistencia a Compresión en Área Bruta

Calcule la resistencia a la compresión en área bruta del espécimen de la siguiente manera:

$$\text{Resistencia a Compresión en Área Bruta, MPa} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_g}$$

Dónde:

P_{max} = carga máxima de compresión, N, y

Ag = área total del espécimen, mm².

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ La resistencia a la compresión calculada en base al área neta, con una precisión de 0.1 MPa por separado para cada espécimen y el promedio de los tres especímenes.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: ME-005-008	
		Versión: 0	
		Página: 9/9	
		Fecha de aprobación:	

- ✓ El ancho promedio, la altura promedio y la longitud promedio con una aproximación de 2.5 mm de cada espécimen.
- ✓ El espesor mínimo de la cara con una aproximación de 0.25 mm como el promedio de los espesores mínimos de las caras registradas para cada una de los tres especímenes.
- ✓ El espesor mínimo del tabique con una aproximación de 2.5 mm como el promedio de los espesores mínimos de tabique registrados para cada uno de los tres especímenes.
- ✓ El espesor equivalente del tabique con una aproximación de 2.5 mm como el promedio de los tres especímenes.
- ✓ Cuando sea requerido, el espesor equivalente con una aproximación de 2.5 mm como el promedio de los tres especímenes.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	FOR-005-008
		Versión	0
		Página	1/2
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____
 Procedencia: _____ Edad: _____

Espécimen N°				
Tipo de Bloque (dimensiones)				
Largo (mm)				
Largo promedio, L (mm)				
Ancho (mm)				
Ancho promedio, W (mm)				
Altura (mm)				
Altura promedio, H (mm)				
Área neta, An (mm ²)				
Área bruta, Ag (mm ²)				
Espesor Mínimo de Cara (mm)				
Espesor Mínimo de Tabique (mm)				
Espesor Equivalente de Tabique (mm)				

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*

* EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*

* MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*

* EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	FOR-005-008
		Versión	0
		Página	2/2
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____
 Procedencia: _____ Edad: _____

Espécimen N°			
Tipo de bloque (dimensiones)			
Área neta, An (mm ²)			
Área bruta, Ag (mm ²)			
Carga máxima, Pmax (N)			
Resistencia en área Neta, (MPa)			
Resistencia en área bruta, (MPa)			
Resistencia en área neta promedio, (MPa)			
Resistencia área bruta promedio, (MPa)			

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*

* EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*

* MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*

* EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
ABSORCIÓN, DENSIDAD Y
CONTENIDO DE HUMEDAD DE
BLOQUES DE CONCRETO
(BASADO EN ASTM C140-06)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-009</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-009	Versión:	0	Página:	1/5
Código:	ME-005-009								
Versión:	0								
Página:	1/5								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la absorción, densidad y contenido de humedad de bloques de concreto.

Definiciones

BLOQUE DE CONCRETO: Es una unidad de mampostería hecha a partir de cemento Pórtland, agua y agregados, con o sin la inclusión de otros materiales. El bloque es una unidad de mampostería prefabricada, con forma de prisma recto.

ABSORCIÓN: Diferencia en la cantidad de agua contenida dentro de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada, entre su condición saturada y su condición seca.

DENSIDAD: Es el peso de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada dividida por su volumen.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Cantidad de agua contenida dentro de una unidad de mampostería de concreto o de una unidad relacionada en un momento determinado, expresada como un porcentaje de la cantidad total de agua en la unidad bajo condiciones de saturación.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para calcular la cantidad de agua que una unidad de concreto puede absorber.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Bloques de concreto
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Balanza con precisión de 0.5% del peso del espécimen más pequeño ensayado

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-009</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-009	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-009								
Versión:	0								
Página:	2/5								
Fecha de aprobación:									

- ✓ Horno de secado

Equipo Misceláneo:

- ✓ Recipiente para inmersión
- ✓ Termómetro con precisión de 0.1 °C
- ✓ Bandeja
- ✓ Malla de alambre más grueso que 9.5 mm
- ✓ Guantes de protección contra calor
- ✓ Franelas
- ✓ Toallas de papel

Procedimiento

1. Seleccione 6 unidades de cada lote de 10 000 unidades o fracción de éste, y 12 unidades de cada lote de más de 10 000 y menos de 100 000 unidades. De los lotes de más de 100 000 unidades, 6 unidades serán seleccionados de cada 50 000 unidades o fracción de éste. Se tomarán más especímenes si es indicado por el comprador.
2. Marque cada espécimen de modo que pueda identificarse en cualquier momento. Las marcas cubrirán no más del 5% del área superficial del espécimen.
3. Pese cada espécimen inmediatamente después del muestreo y el marcado, y registre como W_r (peso recibido).
4. Registre el tiempo y lugar cuando W_r fue medido.
5. Escoja tres especímenes para el ensayo de absorción.⁷³
6. Sumerja los especímenes en agua a una temperatura de 15.6 a 26.7 °C, y déjelos sumergidos en el agua durante 24 horas.
7. Transcurridas las 24 horas, pese el espécimen suspendido de un alambre de metal y completamente sumergido en el agua.
8. Anote el peso determinado como "peso sumergido" (W_i).
9. Coloque la bandeja sobre la mesa de trabajo.
10. Coloque la malla de alambre en el interior de la bandeja.
11. Extraiga el espécimen del recipiente con agua.
12. Coloque el espécimen sobre la malla de alambre.

⁷³ Para la determinación del contenido de humedad, el espécimen deberá ser de tamaño completo. Para la determinación de la absorción y densidad, el espécimen podrá consistir en segmentos cortados de unidades de tamaño completo. Los valores de absorción y densidad del segmento se considerarán como representativos de toda la unidad.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-009</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-009	Versión:	0	Página:	3/5
Código:	ME-005-009									
Versión:	0									
Página:	3/5									
Fecha de aprobación:										

13. Deje escurrir el agua por 1 min ± 5 segundos.
14. Con una franela húmeda, elimine el agua superficial visible.
15. Pese el espécimen.
16. Anote el peso determinado como "peso saturado" (W_s).
17. Traslade el espécimen al horno de secado.
18. Ajuste la temperatura del horno entre 100 y 115 °C.
19. Ingrese el espécimen en el horno.
20. Deje el espécimen dentro del horno durante 24 horas.
21. Transcurridas las 24 horas y utilizando los guantes de protección, retire el espécimen del horno.
22. Pese el espécimen.
23. Anote el peso determinado.
24. Ingrese nuevamente el espécimen en el horno.
25. Deje el espécimen en el horno durante 2 horas más.
26. Transcurridas las 2 horas y utilizando los guantes de protección, retire el espécimen del horno.
27. Pese el espécimen.
28. Anote el peso determinado.
29. Repita los pasos del 25 al 29 hasta que en dos pesadas sucesivas el peso del espécimen no varíe en 0.2 % con respecto al último peso determinado.
30. Anote el peso del espécimen seco como "peso seco" (W_d).
31. Repita el procedimiento anterior para los otros especímenes.

Cálculos

Absorción

Calcule la absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, Kg/m}^3 = \left[\frac{(W_s - W_d)}{(W_s - W_i)} \right] \times 1000$$

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(W_s - W_d)}{(W_d)} \right] \times 100$$

Dónde:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código: ME-005-009 Versión: 0 Página: 4/5 Fecha de aprobación:	

W_s = peso saturado del espécimen, kg
 W_i = peso sumergido del espécimen, kg
 W_d = peso seco del espécimen, kg

Densidad

Calcule la densidad del espécimen seco de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (D), Kg/m}^3 = \left[\frac{(W_d)}{(W_s - W_i)} \right] \times 1000$$

Dónde:

W_d = peso seco del espécimen, kg
 W_s = peso saturado del espécimen, kg
 W_i = peso sumergido del espécimen, kg

Contenido de humedad

Calcule el contenido de humedad de la unidad en el momento en que se realiza el muestreo (cuando W_r es medido) de la siguiente manera:

$$\text{Contenido de humedad, \% del total absorción} = \left[\frac{(W_r - W_d)}{(W_s - W_d)} \right] \times 100$$

Dónde:

W_r = peso recibido del espécimen, kg
 W_d = peso seco del espécimen, kg
 W_s = peso saturado del espécimen, kg

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ El contenido de humedad, cuando sea requerido, con una precisión de 0.1% como el promedio de los tres especímenes.
- ✓ El peso recibido W_r separadamente para cada espécimen, y el tiempo y lugar cuando W_r fue medido.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	ME-005-009
		Versión:	0
		Página:	5/5
		Fecha de aprobación:	

- ✓ La absorción y la densidad con una aproximación de 1 kg/m^3 o de 0.1%, y los resultados de la densidad con aproximación de 1 kg/m^3 por separado para cada unidad y como el promedio de las tres unidades.⁷⁴

⁷⁴ Si los ensayos de absorción se realizan sobre otros especímenes que no son especímenes de tamaño completo, reporte el motivo de la reducción del tamaño para los especímenes de ensayo de tamaño reducido y el tamaño y configuración de los especímenes ensayados.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																																														
Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN, DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD DE BLOQUES DE CONCRETO (Basado en ASTM C140-06)	Código:	FOR-005-009																																												
		Versión	0																																												
		Página	1/1																																												
		Fecha de Aprobación:																																													
<p> Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____ Procedencia: _____ Edad: _____ </p>																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Espécimen N°</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Tipo de Bloque</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso recibido, W_r (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso seco, W_d (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso sumergido, W_i (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso saturado, W_s (Kg)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Densidad, (Kg/m³)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Contenido de humedad, (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Absorción, (Kg/m³)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Absorción, (%)</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Absorción promedio, (Kg/m³)</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				Espécimen N°				Tipo de Bloque				Peso recibido, W_r (Kg)				Peso seco, W_d (Kg)				Peso sumergido, W_i (Kg)				Peso saturado, W_s (Kg)				Densidad, (Kg/m ³)				Contenido de humedad, (%)				Absorción, (Kg/m ³)				Absorción, (%)				Absorción promedio, (Kg/m ³)			
Espécimen N°																																															
Tipo de Bloque																																															
Peso recibido, W_r (Kg)																																															
Peso seco, W_d (Kg)																																															
Peso sumergido, W_i (Kg)																																															
Peso saturado, W_s (Kg)																																															
Densidad, (Kg/m ³)																																															
Contenido de humedad, (%)																																															
Absorción, (Kg/m ³)																																															
Absorción, (%)																																															
Absorción promedio, (Kg/m ³)																																															
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																																															
<p> " LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO" " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO" " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO" " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA" </p>																																															
<p>_____</p> <p>Jefe del Laboratorio</p>																																															
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																													

PROCEDIMIENTO:
REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
COMPRESIÓN DE PRISMAS DE
MAMPOSTERÍA
(BASADO EN ASTM C1314-03B)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)	Código: ME-005-010 Versión: 0 Página: 1/9 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre el procedimiento para la construcción de prismas de mampostería y el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería.

Definiciones

PRISMA DE MAMPOSTERÍA: Es un ensamble de unidades de mampostería, unidas por mortero, que representa un segmento de un elemento de mampostería en una obra.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PRISMA: Esfuerzo máximo que un prisma puede soportar bajo carga axial.

RESISTENCIA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN DEL PRISMA: Es el esfuerzo del prisma de mampostería establecido en las especificaciones del proyecto.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo proporciona un medio para verificar que los materiales de mampostería utilizados en la construcción cumplen con la resistencia especificada.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Bloques representativos de la obra
- ✓ Mortero representativo de la obra
- ✓ Grout representativo de la obra⁷⁵
- ✓ Mortero de azufre

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo

La máquina de ensayo deberá tener una precisión de $\pm 1.0\%$ sobre el rango de carga prevista. La placa superior deberá tener un asiento esférico, y será un bloque de metal endurecido, firme

⁷⁵ En caso de que en la obra las unidades deban ser llenadas con grout.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)	Código: ME-005-010 Versión: 0 Página: 2/9 Fecha de aprobación:	

mente sujeto en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá descansar en el centro de la superficie, pero deberá poder girar libremente en cualquier dirección, y su perímetro deberá tener al menos 6.3 mm, para acomodar especímenes cuya superficies de soporte no sean paralelas. El diámetro de la placa superior deberá ser como mínimo de 150 mm⁷⁶. Una placa de metal endurecido puede utilizarse debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina.

La máquina de ensayo se verificará de conformidad con la Norma ASTM E4: "Prácticas para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo", con una frecuencia definida por la Norma ASTM C1093: "Práctica para la Acreditación de Agencias de Ensayo para Unidades de Mampostería".

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica
- ✓ Regla de Acero con precisión de 1.3 mm
- ✓ Bolsa plástica
- ✓ Cuchara de albañil
- ✓ Marcador
- ✓ Placa de refrentado
- ✓ Aceite o grasa
- ✓ Barras cuadradas de acero
- ✓ Olla térmica
- ✓ Termómetro de máximas y mínimas, con precisión de 1° C
- ✓ Termómetro de metal con precisión de 1 °C
- ✓ Lentes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes de protección contra el calor
- ✓ Jabón
- ✓ Toallas de papel
- ✓ Franela para limpieza

Procedimiento

Elaboración de Prismas

⁷⁶ Para mayores referencias sobre la determinación de las dimensiones de la placa superior, consulte el anexo A1 de la Norma ASTM C-140 más reciente.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314–03b)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	3/9
Código:	ME-005-010								
Versión:	0								
Página:	3/9								
Fecha de aprobación:									

1. Coloque las unidades de mampostería sobre la mesa de trabajo.
2. Verifique que las superficies de las unidades se encuentren libres de humedad.⁷⁷
3. Verifique si en la construcción de los prismas se emplearán unidades de tamaño completo o unidades cortadas de unidades de tamaño completo. En caso de que se empleen unidades cortadas, se considerará lo siguiente: Los prismas compuestos de unidades que contengan celdas cerradas deberán presentar al menos una celda completa interceptando el tabique en cada extremo. Los prismas compuestos de unidades sin celdas cerradas deberán tener una sección transversal lo más simétrica posible. La longitud mínima de los prismas deberá ser de 100 mm.⁷⁸
4. Examine la unidad con el fin de determinar si posee surcos o salientes para juntas que se proyecten 12.5 mm o más con respecto a la superficie de la unidad. De ser así, corte con sierra los surcos o salientes para juntas, de tal manera que quede a ras con la superficie de la unidad en la base del surco o de la saliente para junta.
5. Coloque abierta la bolsa plástica sobre la mesa de trabajo, arrollada de tal manera que facilite el trabajo dentro de ella. La bolsa plástica deberá ser lo suficientemente grande como para encerrar y sellar el prisma terminado.
6. Elabore el prisma de mampostería dentro de la bolsa, utilizando los materiales representativos de la obra y respetando los procesos constructivos empleados en ella (tal como el método de posicionamiento y alineación de las unidades o el varillado del grout, en caso de que se construyan prismas con celdas llenas). Los prismas deberán ser elaborados con un mínimo de 2 unidades y deberán tener una relación altura-espesor, hp/tp, de entre 1.3 y 5.0.⁷⁹
7. Elabore los prismas como se muestra en la Figura N° 5, con las unidades colocadas con los bordes alineados verticalmente en posición longitudinal. Oriente las unidades en el prisma tal y como se encuentran orientadas en la construcción correspondiente.⁸⁰

⁷⁷ El contenido de humedad de las unidades utilizadas para la elaboración de los prismas deberá ser representativo de las unidades utilizadas en la construcción.

⁷⁸ Las unidades deberán ser cortadas antes de la construcción de los prismas.

⁷⁹ Elabore un set de prismas para cada combinación de materiales y de cada edad de ensayo en el que la resistencia a la compresión se determinará. Un set de prismas se compone de al menos tres prismas construidos del mismo material y ensayados a la misma edad. Elabore los prismas en un lugar donde permanecerán inalterados hasta que sean transportados para su ensayo.

⁸⁰ Cuando en la construcción correspondiente las unidades se van a llenar con grout, llene los prismas en no menos de 24 horas ni más de 48 horas tras la elaboración de los mismos. Los prismas con grout no deben contener acero de refuerzo. Cuando en la construcción correspondiente las unidades se van a llenar parcialmente con grout, elabore dos sets de prismas; un set con grout y otro set sin grout.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	4/9
Código:	ME-005-010									
Versión:	0									
Página:	4/9									
Fecha de aprobación:										

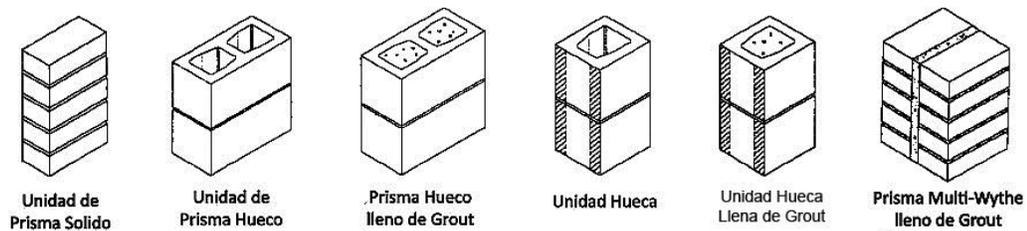


Figura N° 5. Elaboración de Prismas de Mampostería

8. Inmediatamente después de la elaboración del prisma, selle la bolsa alrededor del prisma. No toque ni mueva los prismas durante las primeras 48 horas después de la elaboración y llenado con grout. Mantenga los prismas en las bolsas impermeables hasta 48 horas antes del ensayo.
9. Almacene con el espécimen un termómetro que indique temperaturas máximas y mínimas.
10. Registre las temperaturas máximas y mínimas experimentadas en el período inicial de 48 horas.
11. Luego de las primeras 48 horas de curado, mantenga los prismas embolsados en una zona con una temperatura de 24 ± 8 °C.⁸¹
12. Dos días antes del ensayo, retire la bolsa y mantenga los prismas almacenados a una temperatura de 24 ± 8 °C.

Medición de los Prismas

13. Coloque el prisma sobre la mesa de trabajo.
14. Con la regla de acero, mida la longitud del prisma. Realice 4 mediciones (L_1, L_2, L_3, L_4) tal y como se muestra en la Figura N° 6.
15. Anote los 4 valores medidos.
16. Con la regla de acero, mida el ancho del prisma. Realice 4 mediciones (W_1, W_2, W_3, W_4) tal y como se muestra en la Figura N° 6.
17. Anote los 4 valores medidos.
18. Con la regla de acero, mida la altura del prisma. Realice 4 mediciones (H_1, H_2, H_3, H_4) tal y como se muestra en la Figura N° 6.
19. Anote los 4 valores medidos.

⁸¹ Antes del transporte de los prismas, ate o afiance cada prisma para evitar daños durante la manipulación y el transporte. Proteja los prismas para evitar sacudidas, rebotes, o inclinación durante el transporte.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	5/9
Código:	ME-005-010									
Versión:	0									
Página:	5/9									
Fecha de aprobación:										

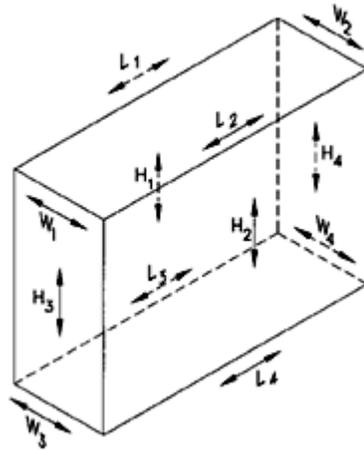


Figura N° 6. Ubicación de las Mediciones en el Prisma

Refrentado

20. Caliente el mortero de azufre en la olla térmica, a una temperatura de 129 a 143 °C. Verifique la temperatura del mortero de azufre para refrentado utilizando un termómetro de metal colocado en el centro de la masa. Verifique la temperatura en intervalos de una hora durante el proceso de refrentado.⁸²
21. Caliente la placa de refrentado antes de su uso.
22. Engrase ligeramente la superficie de la placa de refrentado.
23. Coloque cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm (1/2 pulg) en la placa de refrentado para formar un molde rectangular cuyas dimensiones serán aproximadamente de 13 mm mayor que las dimensiones totales del espécimen.
24. Revuelva el mortero de azufre para refrentado inmediatamente antes de verter cada capa.
25. Llene el molde hasta una profundidad de 6 mm con el mortero de azufre caliente.
26. Acerque rápidamente la superficie del espécimen a refrentar hasta hacer contacto con el líquido.

⁸² Advertencia - El sulfuro de hidrógeno se produce a menudo durante el refrentado cuando el azufre está contaminado con materiales orgánicos, como la parafina o el petróleo. El gas es incoloro y tiene un notorio olor a huevos podridos, pero el olor no es una señal de advertencia confiable, ya que la sensibilidad al olor desaparece rápidamente de la exposición. Las altas concentraciones son letales y dosis menos concentradas pueden producir náuseas, dolor estomacal, mareos, dolor de cabeza o irritación de los ojos. Por esta y otras razones de seguridad, ubique la estación de refrentado en un área bien ventilada.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>6/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	6/9
Código:	ME-005-010								
Versión:	0								
Página:	6/9								
Fecha de aprobación:									

27. Sostenga el espécimen de modo que su eje se encuentre en ángulo recto con respecto a la superficie del líquido de refrentado.⁸³
28. No perturbe el espécimen hasta que el mortero de azufre se haya enfriado y solidificado. El endurecimiento de la capa deberá ser de al menos 2 horas.
29. Una vez que el recubrimiento de mortero de azufre se ha solidificado y enfriado, separe el espécimen de las placas de refrentado de tal manera que se eviten daños en el refrentado y en el espécimen.
30. Repita el procedimiento del punto 24 al 29 para la otra superficie del espécimen a refrentar.⁸⁴

Ensayo de Resistencia a Compresión

31. Con un marcador, marque los dos ejes centroidales del prisma.
32. Limpie las placas de apoyo y el espécimen de ensayo.
33. Coloque el espécimen en la placa inferior o la placa de apoyo.
34. Alinee los dos ejes centroidales del espécimen con el centro de empuje de la máquina.
35. A medida que el asiento esférico de la placa superior sea empujado sobre el espécimen, gire la placa superior suavemente con la mano para obtener un asiento uniforme.
36. Aplique la carga hasta la mitad de la carga máxima que se prevé, en cualquier rango conveniente.
37. Aplique la carga restante a un rango uniforme en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos. Si la forma de falla no se puede determinar una vez que la carga máxima es alcanzada, continúe cargando el espécimen hasta que la forma de falla sea identificable.
38. Registre la carga máxima como P_{máx}.
39. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
40. Retire el espécimen ensayado de la máquina de ensayo.
41. Traslade el espécimen ensayado a la mesa de trabajo para su examen.
42. Identifique y anote el modo de falla. Para ello utilice la Figura N° 7.⁸⁵

⁸³ Las capas deberán ser perpendiculares con respecto al eje vertical del espécimen y no se deberán desviar más de 2 mm en 200 mm. La planeidad de las superficies de las capas deberá ser de 0.075 mm en 400 mm. El espesor promedio de la capa no deberá exceder de 3 mm.

⁸⁴ No parche el refrentado. Remueva las capas con imperfecciones y reemplácelas por otras nuevas. No ensaye el espécimen hasta que la capa haya alcanzado la resistencia deseada en base a los ensayos de calificación. El endurecimiento de la capa deberá ser de al menos dos horas.

⁸⁵ Describa la forma de falla lo mejor posible o ilustre, o ambas cosas, los patrones de la grieta y desprendimiento con un dibujo o una fotografía. Tenga en cuenta si la falla se produjo en un lado o un extremo del prisma antes de la fractura del lado contrario o extremo contrario del prisma.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>7/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	7/9
Código:	ME-005-010									
Versión:	0									
Página:	7/9									
Fecha de aprobación:										

43. Repita el procedimiento anterior para cada set de prismas.

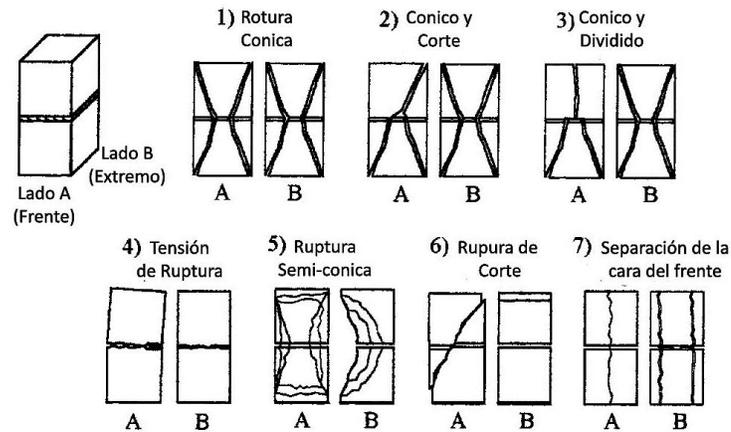


Figura N° 7. Modos de Falla

Cálculos

Calcule los resultados del ensayo de la siguiente manera:

Mediciones

Promedie, para cada dimensión, los valores medidos de longitud, ancho y altura del prisma.

Área neta de la sección

Prismas sin grout:

Tome el área neta de la sección transversal de los prismas sin grout como el área neta de la sección transversal de las unidades de mampostería, determinada por la medición de una unidad representativa de las que conforman el prisma, de acuerdo con el Método de Ensayo ASTM C 140 para mampostería de concreto (ver guía ME-005-008: "Método de Ensayo Estándar para Compresión de Bloques de Concreto") y con el Método de ensayo C 67 para mampostería de arcilla (ver guía ME-005-004 "Método de Ensayo Estándar para la Compresión del Espécimen de Barro").

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>8/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	8/9
Código:	ME-005-010									
Versión:	0									
Página:	8/9									
Fecha de aprobación:										

Prismas llenos con grout:

Determine el área neta transversal de los prismas llenos con grout multiplicando la longitud promedio y el ancho promedio del prisma.⁸⁶

Esfuerzo del Prisma

Calcule la Resistencia a Compresión en Área Neta del prisma de la siguiente manera:

$$\text{Esfuerzo a Compresión en Área Neta, Kg/cm}^2 \text{ (MPa)} = \frac{P_{\text{máx}}}{A_n}$$

Dónde:

$P_{\text{máx}}$ = fuerza de compresión máxima, Kg (N), y
 A_n = área neta promedio del prisma, cm^2 (mm^2).

Cuando los sets de prismas con grout y sin grout sean ensayados, calcule por separado el esfuerzo del prisma de mampostería para el set con grout y el set sin grout.

Resistencia a Compresión

Calcule la relación h_p/tp de cada prisma, utilizando la altura y la menor dimensión lateral de ese prisma. Determine el factor de corrección de la Tabla N° 26. Si la relación altura-espesor de un prisma no se encuentra entre los valores de h_p/tp de la Tabla N° 26, determine el factor de corrección correspondiente por interpolación lineal entre los valores dados.

Tabla N° 26. Factores de Corrección de la Relación altura/espesor para Esfuerzo de Prismas de Mampostería

h_p/tp^A	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

^A Relación altura/menor dimensión lateral del prisma

⁸⁶ Considere las unidades de mampostería de arcilla cuya área neta transversal sea menor al 75% del área bruta transversal como 100% sólidas.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-010</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>9/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-010	Versión:	0	Página:	9/9
Código:	ME-005-010								
Versión:	0								
Página:	9/9								
Fecha de aprobación:									

Multiplique el esfuerzo del prisma de mampostería por el factor de corrección del prisma respectivo, para obtener el valor de la Resistencia a la Compresión.

Calcule la resistencia a la compresión de la mampostería, f_{mt} , para cada set de prismas promediando los valores obtenidos de cada prisma.

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Designación de cada prisma ensayado y la descripción del prisma incluyendo el ancho, la altura y la longitud; la relación h_p/t_p ; el tipo de mortero; y el grout y tipo de unidad de mampostería utilizada en la construcción.
- ✓ Los valores máximos y mínimos de temperatura experimentados por los prismas en las primeras 48 horas después de la elaboración y del llenado con grout.
- ✓ Edad del prisma en el momento del ensayo.
- ✓ Carga máxima de compresión soportada por cada prisma en Newtons.
- ✓ El área neta de la sección transversal de cada prisma en pulgadas o en centímetros cuadrados, y el método utilizado para calcular el área.
- ✓ Las observaciones del ensayo para cada prisma.
- ✓ Modo de falla (ver Figura N° 7)
- ✓ Diámetro del cabezal esférico de la máquina de compresión (o el diámetro proyectado, si es el caso), el espesor requerido de la placa superior de soporte en función del tamaño del espécimen analizado, y el espesor utilizado de la placa superior.
- ✓ Las dimensiones de la placa inferior de la máquina de compresión, el espesor mínimo requerido de la placa en función del tamaño del espécimen analizado, y el espesor utilizado.
- ✓ La resistencia a la compresión de cada prisma, aproximada a 69 kPa.
- ✓ La resistencia a la compresión de la mampostería, f_{mt} , para cada set de prismas, aproximada a 69 kPa.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA COMPRESIÓN DE PRISMAS DE MAMPOSTERÍA (Basado en ASTM C1314-03b)	Código:	FOR-005-010
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

Espécimen N°			
Tipo de Unidad			
Tipo de Mortero			
Tipo de Grout			
Longitud promedio, L (mm)			
Ancho promedio, W (mm)			
Altura promedio, H (mm)			
Relación hp/tp			
Temperatura, máx (°C)			
Temperatura, min (°C)			
Área Neta, An (cm ²)			
Carga Máxima, Pmax (Kg)			
Esfuerzo, (MPa)			
Resistencia Área Neta, (MPa)			
Resistencia Área Neta Promedio, (MPa)			

Observaciones: _____

" LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
RESISTENCIA AL
APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS
DE CONCRETO REFORZADO
(BASADO EN ASTM C497-03A)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-011</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/6</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-011	Versión:	0	Página:	1/6
Código:	ME-005-011								
Versión:	0								
Página:	1/6								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia al aplastamiento de tuberías de concreto reforzado. El método de ensayo corresponde al Método de Ensayo en Tres Apoyos.

Definiciones

RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO: Es una propiedad de material sólido de la tubería que indica su capacidad para resistir el colapso ante cargas externas de compresión.

D-CARGA: Es la carga máxima soportada por la tubería antes que presente una grieta de 0.3 mm de ancho y que ocurra a través de una longitud continua de 300 mm o más, medida paralelamente al eje longitudinal del cuerpo de la tubería.

Importancia y aplicación del método

Los resultados de este método de ensayo se utilizan para verificar que las tuberías de concreto reforzado poseen la resistencia suficiente para soportar las cargas de aplastamiento indicadas en las especificaciones.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Tubería de Concreto Reforzado

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo

La máquina de ensayo deberá ser de capacidad suficiente para proporcionar la carga especificada. El aparato deberá estar diseñado de manera que la carga sea distribuida en torno al centro de la longitud total del espécimen. El dispositivo de carga deberá ser tal que proporcione una precisión del $\pm 2\%$ de la carga de ensayo especificada. La máquina se verificará en conformidad con la Norma ASTM E4: "Práctica Estándar para la Verificación de la Fuerza de Máquinas de Ensayo".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-011</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/6</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-011	Versión:	0	Página:	2/6
Código:	ME-005-011									
Versión:	0									
Página:	2/6									
Fecha de aprobación:										

El espécimen de ensayo deberá apoyarse sobre un apoyo inferior de dos tiras longitudinales paralelas, y la carga deberá ser aplicada a través de una viga superior (Figura N° 8). El apoyo inferior y el apoyo superior, o ambos, se extenderán en toda la longitud o cualquier parte de la longitud del espécimen.

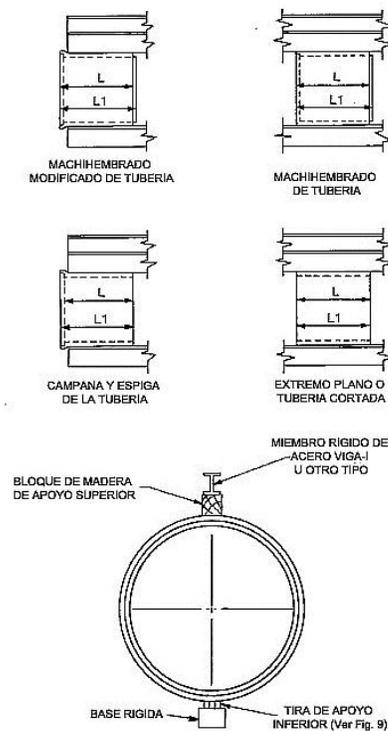


Figura N° 8. Método de Aplicación de la Carga, Ensayo en Tres Apoyos, Tubería Circular

Apoyos inferiores:

Los apoyos inferiores constarán de madera o tiras de caucho endurecidas. Las tiras de madera deberán ser rectas, con una sección transversal igual o mayor a 50 mm de ancho y con una altura no menor de 25 mm y no mayor de 38 mm, y la parte superior deberá tener las esquinas redondeadas con un radio de 13 mm (ver Figura N° 9). Las tiras de caucho endurecido deberán tener una dureza durómetro no menor de 45 y no mayor de 60, y deberá tener las mismas dimensiones especificadas para el apoyo de madera.

Las tiras inferiores de apoyo deberán fijarse a una viga de acero o de madera, o directamente a una base de concreto, cualquiera de las cuales proporcione rigidez suficiente para que la defle

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	Código: ME-005-011 Versión: 0 Página: 3/6 Fecha de aprobación:	

xion no sea mayor que $1/720$ de la longitud del espécimen cuando la carga máxima sea aplicada. La base rígida deberá ser de al menos 150 mm de ancho. Los lados interiores verticales de las tiras serán paralelos y separados entre sí a una distancia no mayor de 80 mm/m del diámetro del espécimen, pero en ningún caso menor a 25 mm. Las caras de apoyo de las tiras inferiores no variarán de una línea recta vertical u horizontal en más de 2.5 mm/m de su longitud, cuando no existe carga.

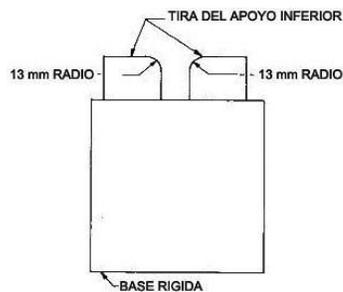


Figura N° 9. Detalle de la Tira Inferior de Apoyo

Apoyo Superior:

El apoyo superior deberá ser una viga de madera rígida con o sin tiras de caucho duro. La madera deberá estar sana, libre de nudos, recta y uniforme de principio a fin. Deberá estar sujeta a una viga de acero o de madera, cuya deflexión en sus dimensiones bajo carga máxima no deberá ser mayor que $1/720$ de la longitud del espécimen. La cara de apoyo del soporte superior no se desviará de una línea recta en más de 2.5 mm/m de su longitud. Cuando se utilice una tira de caucho dura en la cara de apoyo, ésta deberá tener una dureza durómetro no menor de 45 ni mayor de 60, y deberá tener un ancho no menor de 50 mm y un espesor no menor de 25 mm y no mayor de 38 mm, y deberá estar fijada a una viga de madera que cumpla los requisitos antes mencionados.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Crayón
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Calibrador de hoja (*filler gage*)

Procedimiento

1. Coloque el espécimen en las dos tiras de apoyo inferior.
2. Acomode el espécimen con firmeza y apóyelo de manera uniforme en cada tira.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	Código: ME-005-011 Versión: 0 Página: 4/6 Fecha de aprobación:	

3. Marque en los dos extremos del espécimen un punto equidistante entre las tiras de apoyo inferior.
4. Marque el punto en cada extremo de la parte superior del espécimen, de manera diametralmente opuesta.
5. Coloque el apoyo superior de manera que coincida con las marcas realizadas en el punto 4.
6. Aplique la carga a cualquier velocidad de aplicación, hasta un máximo de 109.4 kN/metro lineal de tubería por minuto.
7. Cuando se alcance el 75% de la resistencia de diseño especificada, reduzca la velocidad de carga a una velocidad máxima uniforme de 43.8 kN/metro lineal de tubería por minuto.
8. Continúe la aplicación de la carga hasta que el espécimen presente una grieta continua de 300 mm o más de longitud y 0.3 mm de ancho.
9. Mantenga la carga constante mientras se realiza la medición de la grieta.
10. Para realizar la medición del espesor de la grieta, tome el calibrador de hoja y seleccione la hoja correspondiente a la Figura N° 10.

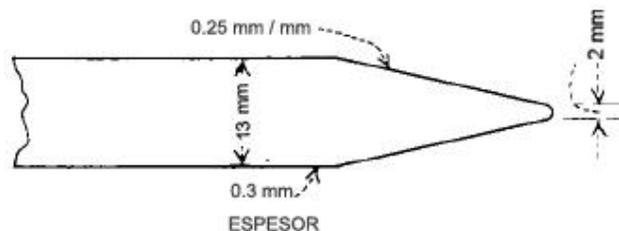


Figura N° 10. Hoja del Calibrador para Medición de la Grieta.

11. Ingrese la punta del calibrador de hoja en la grieta y realice las mediciones en intervalos cercanos, a lo largo de la distancia especificada de 300 mm.⁸⁷
12. Anote el valor de la carga que produce la grieta de 0.3 mm, como C_D .
13. Continúe la aplicación de la carga, a cualquier velocidad de aplicación, hasta alcanzar la ruptura del espécimen.
14. Anote el valor de la carga de ruptura (última), como C_u .
15. Detenga el funcionamiento de la máquina de ensayo.
16. Retire el espécimen de la máquina de ensayo.

⁸⁷ La grieta tendrá un ancho de 0.3 mm cuando la punta del calibrador ingrese sin dificultad 1.5 mm dentro de esta, a lo largo de la distancia especificada de 300 mm.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-011</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/6</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-011	Versión:	0	Página:	5/6
Código:	ME-005-011									
Versión:	0									
Página:	5/6									
Fecha de aprobación:										

Cálculos

La longitud utilizada en el cálculo de los valores de resistencia será el indicado por L en la Figura N° 8. Para tubería sin campana o espiga, L será la longitud total. Para tubería con campana o espiga en un extremo, L será la distancia desde el extremo plano al centro de la articulación, donde L es igual a la longitud total menos 1/2 profundidad de la campana o espiga.

Resistencia Última

Calcule la resistencia última por metro lineal con la siguiente expresión:

$$\text{Resistencia Última, (N/m)} = \frac{C_u}{L}$$

Dónde:

C_u , carga última, N
 L, longitud del espécimen, m

Cálculo de D-carga

Calcule D-carga que produce una grieta de 0.3 mm, de la siguiente manera:

$$D - \text{carga que produce una grieta de 0.3 mm, (N/m * mm)} = \left(\frac{C_D}{L}\right) \times D_i$$

Dónde:

C_D , carga que produce la grieta de 0.3 mm, N
 L, longitud del espécimen, m
 D_i , diámetro interior de la tubería, mm

Cálculo de D-carga Última

Calcule D-carga última de la siguiente manera:

$$D - \text{carga última, (N/m * mm)} = \left(\frac{C_u}{L}\right) \times D_i$$

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	Código:	ME-005-011
		Versión:	0
		Página:	6/6
		Fecha de aprobación:	

Dónde:

C_u , carga última, N

L, longitud del espécimen, m

D_i , diámetro interior de la tubería, mm



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	Código:	FOR-005-011
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____ Edad: _____

Espécimen N°			
Tipo de tubería			
Longitud, L (m)			
Diámetro interno, Di (mm)			
Carga que produce grieta de 0.3 mm, C _D (N)			
Carga Última, C _u (N)			
Resistencia Última, (N/m)			
D-carga que produce grieta de 0.3 mm, (N/m * mm)			
D-carga promedio, (N/m * mm)			
D-carga última, (N/m * mm)			
D-carga última promedio, (N/m * mm)			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA
ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE
CONCRETO REFORZADO
(BASADO EN ASTM C497-03A)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-012</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-012	Versión:	0	Página:	1/5
Código:	ME-005-012								
Versión:	0								
Página:	1/5								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la absorción de tuberías de concreto. Existen dos procedimientos alternativos para la realización del ensayo, denominados "Método A" y "Método B". El Método A es el ensayo normalizado y recomendado, y requiere de 3 a 6 días para completarlo. El Método B se presenta como un ensayo acelerado que requiere alrededor de 1 ½ días para completarse.

Definiciones

ABSORCIÓN: Diferencia en la cantidad de agua contenida dentro del material de una tubería de concreto, entre su condición saturada y su condición seca.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para calcular la cantidad de agua que el material de una tubería de concreto puede absorber. El método de ensayo es una prueba de control de calidad realizada para verificar que la tubería terminada cumple con los límites de absorción establecidos en las especificaciones del producto.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Tubería de concreto
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Balanza con precisión de 1 g.
- ✓ Horno de secado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Sierra eléctrica
- ✓ Cocina
- ✓ Recipientes para inmersión, de capacidad suficiente para sumergir especímenes según su tamaño.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-012</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-012	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-012									
Versión:	0									
Página:	2/5									
Fecha de aprobación:										

- ✓ Termómetro con precisión de 1 °C
- ✓ Paño
- ✓ Parrilla para escurrir los especímenes
- ✓ Bandeja
- ✓ Guantes de protección contra calor
- ✓ Toallas de papel

Procedimiento

Método A

1. Utilizando la sierra eléctrica, corte una muestra de la pared de la tubería.
2. Coloque el espécimen en el horno a una temperatura entre 105 y 115 °C.
3. Deje secar el espécimen dentro del horno durante el tiempo mínimo especificado, de acuerdo al siguiente criterio:
 - Seque especímenes de un espesor de pared de 38 mm o menos, por un mínimo de 18 horas.
 - Seque especímenes de un espesor de pared de 38 a 75 mm por un mínimo de 42 horas.
 - Seque especímenes de un espesor de pared superior a 75 mm por un mínimo de 66 horas.
4. Transcurrido el tiempo mínimo de secado, extraiga con cuidado el espécimen del horno.
5. Pese el espécimen en la balanza.⁸⁸
6. Anote el valor determinado.
7. Introduzca de nuevo el espécimen en el horno, a la misma temperatura especificada en el punto 2.
8. Deje secar el espécimen durante 6 horas más.
9. Transcurridas las 6 horas, extraiga con cuidado el espécimen del horno.
10. Pese el espécimen en la balanza.
11. Anote el valor determinado como "peso seco" (Wd).
12. Repita el procedimiento del punto 7 al 11, hasta que en dos pesadas sucesivas el peso del espécimen no varíe en 0.10 % con respecto al último peso determinado.
13. Dentro de las 24 horas después del secado, coloque cuidadosamente el espécimen en un recipiente adecuado que contenga agua limpia.
14. Verifique que la temperatura del agua dentro del recipiente se encuentre entre 10 a 24 °C.

⁸⁸ Pese los especímenes con un peso inferior a 1 kg con una precisión de 0.10% de la masa del espécimen. Pese los especímenes con un peso superior a 1 kg con una precisión de 1 g.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-012</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-012	Versión:	0	Página:	3/5
Código:	ME-005-012									
Versión:	0									
Página:	3/5									
Fecha de aprobación:										

15. Coloque en la cocina el recipiente con el espécimen dentro del agua.
16. Caliente el agua hasta que hierva en no menos de 1 hora y no más de 2 horas.
17. Deje hervir el agua durante 5 horas.
18. Retire con cuidado el espécimen del recipiente.
19. Coloque el espécimen en un recipiente con agua fría.
20. Deje enfriar el espécimen dentro del agua entre 14 a 24 horas.
21. Cuando el espécimen se haya enfriado, coloque la parrilla apoyada sobre los bordes de la bandeja.
22. Retire el espécimen del recipiente.
23. Coloque el espécimen sobre la parrilla.
24. Deje escurrir el agua del espécimen durante 1 minuto.
25. Trascorrido el minuto, remueva el resto del agua superficial del espécimen con un paño seco.
26. Pese el espécimen inmediatamente después del secado.
27. Anote el valor determinado como "peso del espécimen hervido" (Wh).

Método B

1. Utilizando la sierra eléctrica, corte tres muestras de 38 mm de diámetro de la pared de la tubería, de la siguiente manera: dos muestras tomadas de los extremos y una de la parte central de la tubería.
2. Coloque los especímenes en el horno a una temperatura entre 105 y 115 °C.
3. Deje secar los especímenes dentro del horno durante un mínimo de 24 horas.
4. Transcurridas las 24 horas, extraiga con cuidado los especímenes del horno.
5. Inmediatamente después de extraerlos del horno, pese cada uno de los tres especímenes en la balanza.⁸⁹
6. Anote cada valor determinado como "peso seco" (Wd).
7. Dentro de las 24 horas después del secado, coloque cuidadosamente los especímenes en un recipiente adecuado que contenga agua limpia.
8. Verifique que la temperatura del agua dentro del recipiente se encuentre entre 10 a 24 °C.
9. Coloque en la cocina el recipiente con los especímenes dentro del agua.
10. Caliente el agua hasta que hierva en no menos de 1 hora y no más de 2 horas.
11. Deje hervir el agua durante 3 horas.
12. Retire con cuidado los especímenes del recipiente.

⁸⁹ Pese los especímenes con un peso inferior a 1 kg con una precisión de 0.10% de la masa del espécimen. Pese los especímenes con un peso superior a 1 kg con una precisión de 1 g.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-012</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-012	Versión:	0	Página:	4/5
Código:	ME-005-012									
Versión:	0									
Página:	4/5									
Fecha de aprobación:										

13. Coloque los especímenes en un recipiente con agua fría.
14. Verifique que la temperatura del agua dentro del recipiente no exceda los 18 °C.
15. Deje enfriar los especímenes durante 3 horas.
16. Cuando los especímenes se hayan enfriado, coloque la parrilla apoyada sobre los bordes de la bandeja.
17. Retire los especímenes del recipiente.
18. Coloque los especímenes sobre la parrilla.
19. Deje escurrir el agua de los especímenes durante 1 minuto.
20. Trascorrido el minuto, remueva el resto del agua superficial de los especímenes con un paño seco.
21. Pese cada una de los tres especímenes inmediatamente después del secado.
22. Anote cada valor determinado como "peso del espécimen hervido" (Wh).

Cálculos

Método A

Calcule la absorción de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(W_h - W_d)}{W_d} \right] \times 100$$

Dónde:

Wh = peso del espécimen hervido, kg

Wd = peso seco del espécimen, kg

Método B

Calcule la absorción, para cada una de los tres especímenes, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \left[\frac{(W_h - W_d)}{W_d} \right] \times 100$$

Dónde:

Wh = peso del espécimen hervido, kg

Wd = peso seco del espécimen, kg

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Código:</td> <td>ME-005-012</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-012	Versión:	0	Página:	5/5	Fecha de aprobación:	
Código:	ME-005-012									
Versión:	0									
Página:	5/5									
Fecha de aprobación:										

Reporte

Reporte el resultado como el promedio de los tres especímenes.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																											
Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ABSORCIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO REFORZADO (Basado en ASTM C497-03a)	Código:	FOR-005-012																									
		Versión	0																									
		Página	1/1																									
		Fecha de Aprobación:																										
Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Método de Ensayo: _____ Fecha de Ensayo: _____ Edad: _____																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Especimen N°</td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> <tr> <td>Peso Seco, Wd (Kg)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Saturado, Wsat (Kg)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Absorción, (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Absorción Promedio, (%)</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>				Especimen N°					Peso Seco, Wd (Kg)					Peso Saturado, Wsat (Kg)					Absorción, (%)					Absorción Promedio, (%)				
Especimen N°																												
Peso Seco, Wd (Kg)																												
Peso Saturado, Wsat (Kg)																												
Absorción, (%)																												
Absorción Promedio, (%)																												
Observaciones: _____ _____ _____																												
<p style="font-size: small;">"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"</p> <p style="font-size: small;">"EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"</p> <p style="font-size: small;">"MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"</p> <p style="font-size: small;">"EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"</p>																												
_____ Jefe del Laboratorio																												
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																										

PROCEDIMIENTO:

REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
HECHURA DE CILINDROS DE
SUELO-CEMENTO FLUIDO
(BASADO EN ASTM D4832-02)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código: ME-005-013 Versión: 0 Página: 1/4 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre los procedimientos para la preparación de especímenes cilíndricos de material de resistencia baja controlada (MRBC) para la determinación de la resistencia a la compresión.

Definiciones

MATERIAL DE RESISTENCIA BAJA CONTROLADA (MRBC): Una mezcla de suelo, material cementante, agua y algunas veces aditivos, que endurecen en un material con una resistencia mayor que el suelo pero menor de 8400 kPa (1200 psi). Usado como un reemplazo para rellenos compactados, MRBC puede ser colocado como una lechada, un mortero o un material compactado, y típicamente tiene resistencias de 350 a 700 kPa (50 a 100 psi) para muchas aplicaciones. MRBC es también conocido como relleno fluido, relleno de densidad controlada, lechada de suelo-cemento, grout de suelo-cemento, relleno sin contracción, K-Kreto y otros nombres similares.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo es utilizado para preparar y ensayar especímenes cilíndricos de MRBC y determinar la resistencia a compresión del material endurecido. El ensayo de resistencia a compresión es efectuado para dar asistencia en el diseño de la mezcla y para servir como una técnica de control durante la construcción. El MRBC es típicamente utilizado como un material de relleno alrededor de las estructuras, particularmente en espacios confinados o limitados.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)

Equipo Principal:

- ✓ Moldes Cilíndricos⁹⁰

⁹⁰ En la especificación de la norma ASTM C470/C470M, "Especificación Estándar para Moldes para Encofrado Vertical de Cilindros de Concreto", se muestran los requerimientos para los moldes cilíndricos reusables y de un solo uso.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código:		ME-005-013
Versión:		0	
Página:		2/4	
Fecha de aprobación:			

Los moldes deberán ser construidos con la forma de cilindros circulares rectos, los cuales se mantendrán con el eje cilíndrico vertical y la parte superior abierta para recibir la mezcla. Deberán estar elaborados con materiales que no reaccionen con algún material cementante. Deberán ser herméticos y suficientemente fuertes y duros para permitir su uso contra rasgadura, aplastamiento o deformación.

Los moldes cilíndricos podrán ser moldes plásticos de un solo uso, de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura con tapaderas bien ajustadas. Otros tamaños y tipos de moldes podrán ser usados siempre y cuando la relación longitud/diámetro sea de 2 a 1. Los moldes de 15 por 30 cm son preferidos por la baja resistencia del material y por el área grande de la superficie de los extremos de los cilindros.

✓ Recipiente de Muestreo y Mezclado⁹¹

El recipiente será un contenedor adecuado de calibre pesado, carretilla, etc. de suficiente capacidad para permitir fácilmente el muestreo y mezclado, que permita la preparación de al menos dos cilindros.

✓ Contenedor de Almacenamiento⁹¹

Bien construido, aislado, podrá ser una caja de madera la cual deberá estar firmemente ajustada con una cubierta u otro contenedor adecuado para almacenamiento de los cilindros de MRBC en el sitio de la construcción. El contenedor deberá estar equipado, según sea necesario, para mantener la temperatura inmediatamente adyacente a los cilindros en el rango de 16 a 27 °C. El contenedor deberá ser marcado para su identificación y deberá tener un color brillante para evitar alteraciones.

✓ Contenedor de Transporte⁹¹

Una caja de madera robusta u otro contenedor adecuado construido para minimizar golpes, vibración o daño a los cilindros de MRBC cuando sean transportados al laboratorio.

✓ Ambiente de Curado⁹²

⁹¹ Fuente: norma ASTM D 4832-02, "Método de Ensayo Estándar para la Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)".

⁹² Fuente: norma ASTM C 192/C 192M-02, "Práctica Estándar para Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Laboratorio".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código:		ME-005-013
Versión:		0	
Página:		3/4	
Fecha de aprobación:			

Un ambiente de curado (baño de agua, arena húmeda, cuarto húmedo). A menos que se especifique de otra manera todos los especímenes deberán ser curados húmedos a 23.0 ± 2.0 °C desde el moldeado hasta el momento del ensayo. Los especímenes estarán cubiertos y se mantendrán húmedos.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Cucharas
- ✓ Palas
- ✓ Enrasadores
- ✓ Cucharones
- ✓ Guantes
- ✓ Balanza
- ✓ Regla
- ✓ Lamina calibradora
- ✓ Probeta o recipiente graduado para medir volumen

Procedimiento

Muestreo de Tambores Revolvedores, Camiones Mezcladores o Agitadores

1. Verifique que toda el agua de mezclado haya sido agregada a la mezcla.
2. Regule la velocidad de descarga de la bachada a través de la velocidad de revoluciones del tambor y no por el tamaño de la compuerta abierta.
3. La muestra de la revoltura deberá ser como mínimo de 0.03 m^3 (1 pie^3) por cada dos cilindros a ser preparados. Serán necesarios un mínimo de dos cilindros por cada edad de ensayo que representara cada revoltura muestreada.⁹³
4. Muestree el MRBC en dos o más intervalos regularmente espaciados durante la descarga de la media porción de la bachada, pasando el recipiente a través de la descarga del chorro de la bachada o mediante el desvío completo de la descarga hacia el contenedor de muestras, teniendo el cuidado de no tomar la muestra de la primera o última porción de la descarga de la bachada.⁹⁴

⁹³ La preparación de un cilindro extra puede ser necesaria para proporcionar el número mínimo de especímenes de ensayo, ya que los cilindros son frágiles y pueden ser dañados durante el transporte, remoción de moldes, y refrentado, haciendo en total tres cilindros para cada edad de ensayo.

⁹⁴ El lapso de tiempo entre la obtención de las porciones inicial y final de la muestra compuesta será tan corta como sea posible y en ningún momento deberá exceder de 2 minutos.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código:		ME-005-013
Versión:		0	
Página:		4/4	
Fecha de aprobación:			

Moldeo y Curado del Espécimen

5. Moldee los especímenes en una superficie horizontal rígida y nivelada, libre de vibración y otras perturbaciones, en un lugar tan cercano como sea conveniente en el lugar donde serán almacenados durante los primeros cuatro días.
6. Mezcle completamente el MRBC en el recipiente de muestreo y mezclado.
7. Con un balde o pala, y cucharón, tome el MRBC a través de la porción central del recipiente y colóquelo dentro del molde cilíndrico. Repita hasta que el molde esté lleno.
8. Unos pocos minutos después de llenar el molde, mezcle completamente el MRBC en el recipiente de mezclado y muestreo, y coloque una cucharada llena en el borde del molde, desplazando el agua. Si es posible, un delgado montículo de material deberá sobrar en el borde superior del molde. Este relleno puede ser requerido de nuevo después de alrededor de 15 minutos.
9. Si el material no presenta alguna disminución en su volumen, enrase hasta el nivel del molde.
10. Coloque una tapadera sobre el molde.⁹⁵
11. Almacene los cilindros en el contenedor de almacenamiento durante cuatro días después de la preparación, en el sitio de construcción.
12. Después del primer día, proporcione una humedad ambiental alta, cubriendo los cilindros con paños húmedos u otro material altamente absorbente.
13. Los cilindros deberán ser almacenados bajo condiciones que mantengan la temperatura inmediatamente adyacente a los cilindros en el rango de 16 a 27 °C.
14. Al cuarto día, transporte cuidadosamente los cilindros en el contenedor para transporte y colóquelos en el ambiente de curado.⁹⁶

Reporte

- ✓ Edad del espécimen.
- ✓ Identificación, por ejemplo, mezcla, número de cilindro, localización, etc.

⁹⁵ El uso de una tapa hermética causa que materiales de baja resistencia se agrieten, posiblemente debido a la creación de un vacío dentro del molde.

⁹⁶ Los cilindros transportados deberán ir dentro de sus moldes respectivos. Los cilindros son típicamente almacenados en el sitio de construcción por cuatro días y entonces transportados al ambiente de curado. Si el MRBC posee extremadamente baja resistencia (debajo de 350 kPa) puede ser dañado por moverlo al cuarto día, entonces los cilindros deben ser colocados en un tanque de almacenamiento con agua, a una temperatura de 16 a 27 °C en el sitio de construcción, hasta que sean capaces de ser removidos sin daño.

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
COMPRESION DE CILINDROS DE
SUELO-CEMENTO FLUIDO
(BASADO EN ASTM D4832-02)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código: ME-005-014 Versión: 0 Página: 1/6 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre los procedimientos para el ensayo de especímenes cilíndricos de material de resistencia baja controlada (MRBC) para la determinación de la resistencia a la compresión.

Definiciones

MATERIAL DE RESISTENCIA BAJA CONTROLADA (MRBC): Una mezcla de suelo, material cementante, agua y algunas veces aditivos, que endurecen en un material con una resistencia mayor que el suelo pero menor de 8400 kPa (1200 psi). Usado como un reemplazo para rellenos compactados, MRBC puede ser colocado como una lechada, un mortero, o un material compactado y típicamente tiene resistencias de 350 a 700 kPa (50 a 100 psi) para muchas aplicaciones. MRBC es también conocido como relleno fluido, relleno de densidad controlada, lechada de suelo-cemento, grout de suelo-cemento, relleno sin contracción, K-Kreto y otros nombres similares.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Resistencia máxima que un espécimen MRBC puede resistir cuando es cargado axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg² o psi).

Importancia y aplicación del método

El ensayo de resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de MRBC es efectuado para determinar la resistencia a compresión del material endurecido y dar asistencia en el diseño de la mezcla, que a su vez sirve como una técnica de control durante la construcción. El diseño de la mezcla es típicamente basado en la resistencia a 28 días y ensayos de control de la construcción son efectuados 7 días después de la colocación. La resistencia a la compresión y ensayos a otras edades variarán de acuerdo a los requerimientos para el producto terminado.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Especímenes Cilíndricos de Ensayo de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-014</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/6</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-014	Versión:	0	Página:	2/6
Código:	ME-005-014								
Versión:	0								
Página:	2/6								
Fecha de aprobación:									

- ✓ Yeso⁹⁷
- ✓ Agua
- ✓ Aceite para placa de refrentado
- ✓ Paño
- ✓ Hoja de polietileno
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Caliper

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo⁹⁸

La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de carga de acero, con caras endurecidas, una de las cuales es un bloque con asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen, y la otra será un bloque sólido en el cual descansará el espécimen. Las caras de carga de los bloques deberán tener una dimensión mínima al menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos adelante, las caras de carga no deberán diferir de un plano por más de 0.02 mm en cualquiera 150 mm de bloques 150 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.02 mm en el diámetro de cualquier bloque menor; y los nuevos bloques deberán ser manufacturados con la mitad de estas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga del bloque con asiento esférico exceda el diámetro del espécimen por más de 13 mm, círculos concéntricos de no más que 0.8 mm de profundidad y no más que 1 mm de ancho deberán ser inscritos para facilitar su propio centrado. Para las máquinas de ensayo de tipo tornillo, el movimiento del cabezal deberá viajar a una razón de aproximadamente 1 mm/min cuando la máquina está trabajando. Para maquinas operadas hidráulicamente, la carga deberá ser aplicada a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de carga sobre el espécimen dentro del rango de 0.15 a 0.35 MPa/s. La velocidad de movimiento designada deberá mantenerse al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

- ✓ Placas de Refrentado⁹⁹

⁹⁷ Los yesos de baja resistencia, yeso de parís, o mezclas de yeso de parís y cemento portland son inaceptables para refrentado.

⁹⁸ Fuente: norma ASTM D 4832-02, "Método de Ensayo Estándar para la Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)".

⁹⁹ Fuente: norma ASTM C39/C39M-05, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código:		ME-005-014
Versión:		0	
Página:		3/6	
Fecha de aprobación:			

Tapas de cemento puro y tapas de mortero de yeso de alta resistencia serán formadas contra una placa de vidrio de al menos 6 mm de espesor, una placa de metal maquinada de al menos 11 mm de espesor, o placas pulidas de granito o diabasa de al menos 76 mm de espesor. Tapas de mortero de azufre serán formadas contra placas similares de metal o piedra, excepto que el área escondida que recibe el mortero de azufre no deberá ser más profunda que 12 mm. En todo caso, las placas serán al menos 25 mm mayores en diámetro que los especímenes de ensayo, la superficie trabajada no deberán salir de un plano por más de 0.05 mm en 152 mm. La superficie, cuando sea nueva, estará libre de estrías, ranuras y depresiones que no sean las causadas por las operaciones de acabado. Las placas metálicas que han estado en uso deberán estar libres de estrías, ranuras y depresiones mayores de 32 mm² en área superficial.

✓ Dispositivos de Alineamiento¹⁰⁰

Serán usados dispositivos de alineamiento aceptables tales como barras guía o niveles de "ojo de buey" en unión con las placas de refrentado para asegurar que ninguna tapa sencilla se salga de la perpendicularidad al eje de un espécimen cilíndrico por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 3.2 mm en 305 mm). El mismo requerimiento es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de una placa de refrentado cuando son usadas las barras guía. En adición, la localización de cada barra con respecto a su placa puede ser tal que ninguna tapa este fuera del centro de su espécimen de ensayo por más de 2 mm.

Procedimiento

Medición de Dimensiones del Espécimen de Ensayo

1. Verifique que ninguno de los extremos de los especímenes de ensayo se apartará de la perpendicularidad al eje en más de 0.5 ° (aproximadamente equivalente a 1 mm en 100 mm).
2. Mida el diámetro del espécimen de ensayo. El cual deberá ser determinado con una precisión de 0.25 mm, por un promedio de dos diámetros medidos en ángulo recto entre sí alrededor de la altura media del espécimen.
3. Mida la longitud del espécimen de ensayo. La longitud se medirá lo más cercano a 0.05 D cuando la relación de longitud a diámetro sea menor que 1.8, o mayor que 2.2, o cuando el volumen del cilindro sea determinado a partir de dimensiones medidas.

¹⁰⁰ Fuente: norma ASTM C39/C39M-05, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código: ME-005-014 Versión: 0 Página: 4/6 Fecha de aprobación:	

Refrentado de los Cilindros de Suelo-Cemento¹⁰¹

4. Remueva cuidadosamente el día del ensayo los cilindros de los moldes y permita a los cilindros estar en aire seco de 4 a 8 horas antes del refrentado.
5. Verifique la planeidad de la superficie superior del cilindro, y si no está en un plano horizontal, use un cepillo de alambre para alisar la superficie.
6. Limpie todas las partículas sueltas.
7. Aplique una capa delgada de aceite a la placa de refrentado.
8. Coloque los dispositivos de alineamiento en unión con la placa de refrentado, para asegurar que el espécimen no se salga de la perpendicularidad al eje por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 3.2 mm en 305 mm). La localización de cada barra con respecto a su placa debe ser tal que ninguna tapa este fuera del centro de su espécimen de ensayo por más de 2 mm.
9. Prepare la cantidad de agua y yeso para crear una relación cementicia agua-yeso de entre 0.26 y 0.30.¹⁰²
10. Mézclese la pasta cementicia de yeso puro con la relación agua-cemento deseada y úsela rápidamente, puesto que fragua enseguida.
11. Forme con la pasta de refrentado un montículo cónico en el espécimen y después presione suavemente la placa de refrentado hasta que toque el anillo del molde.¹⁰³
12. Aplique un ligero movimiento de torsión para aplanar y expulsar el exceso de pasta y minimizar los vacíos en la pasta.
13. Cubra cuidadosamente la placa y el molde con una doble capa de un paño húmedo y sobre esta una hoja de polietileno para evitar el secado.
14. Remueva la placa de refrentado después de 45 minutos.
15. Realice el mismo procedimiento de refrentado para el otro extremo del espécimen.
16. Verifique la planeidad de las capas refrentadas seleccionando al azar al menos tres especímenes, haciendo un mínimo de tres medidas en diámetros diferentes con una regla o laminas calibradoras, para asegurar que la capa no se separa de un plano por más de 0.05 mm. Si las capas fallan en satisfacer los requisitos de planeidad, remueva la capa y vuelva a refrentar.

¹⁰¹ El refrentado con Mortero de Azufre y Almohadillas Elastoméricas no es recomendado para el ensayo a compresión de cilindros de suelo-cemento, para mayor información consultar la norma ASTM D 4832 "Método de Ensayo Estándar para la Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)".

¹⁰² Relaciones mayores del cemento agua-yeso extienden el tiempo de trabajabilidad pero reducen la resistencia.

¹⁰³ Las pastas de yeso de alta resistencia se ablandan y deterioran en contacto con el agua y no pueden ser usadas en mezclas frescas o almacenadas en un cuarto húmedo por más tiempo que periodos breves.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código: ME-005-014 Versión: 0 Página: 5/6 Fecha de aprobación:	

17. Cubra los especímenes refrentados con una doble cubierta de paños húmedos hasta el momento del ensayo.¹⁰⁴
18. Use el mismo método de refrentado durante todo el proyecto para evitar alguna variación en los resultados de ensayo por el uso de diferentes sistemas de refrentado.
19. No ensaye especímenes refrentados antes de que el material de refrentado haya tenido suficiente tiempo para desarrollar la resistencia requerida. El esfuerzo de los materiales de refrentado y el espesor de las tapas será conforme a los requerimientos siguientes:

Tabla N° 27. Resistencia a la Compresión y Máximo Espesor del Material de Refrentado

Resistencia a Compresión del Cilindro, psi (MPa)	Resistencia mínima del Material de Refrentado	Espesor Promedio Máximo de tapa	Espesor Máximo en alguna parte de la tapa
3.5 a 50 MPa (500 a 7000 psi)	35 MPa (5000 psi) o la resistencia del cilindro que sea mayor	6 mm (1/4 pulg)	8 mm (5/16 pulg)
Mayor que 50 MPa (7000 psi)	Resistencia a la compresión no menor que la resistencia del cilindro de 50 MPa (7000 psi).	3 mm (1/8 pulg)	5 mm (3/16 pulg)

Fuente: norma ASTM C617-03.

Ensayo de Resistencia a Compresión

20. Coloque el bloque de apoyo inferior, con su cara endurecida hacia arriba, sobre la mesa o placa de la máquina de ensayo, directamente bajo el bloque de soporte superior con asiento esférico.
21. Limpie las caras de soporte superior e inferior de los bloques de soporte y del espécimen de ensayo, y coloque el espécimen de ensayo en el bloque de apoyo inferior.
22. Alinee cuidadosamente el eje del espécimen con el centro del empuje del bloque con asiento esférico.
23. Rote suavemente con la mano la porción móvil del bloque con asiento esférico de manera que obtenga un asiento uniforme sobre el espécimen de ensayo.
24. Aplique la carga a una velocidad constante de tal forma que el cilindro falle en no menos de 2 minutos. No haga ajustes en los controles de la máquina de ensayo cuando el espécimen este cediendo rápidamente antes de la falla.

¹⁰⁴ El tiempo sugerido para permitir que el refrentado de yeso endurezca antes del ensayo de resistencia a compresión es de 3 horas a 23 °C. Fuente: literal 11.2 de la norma ASTM D 1632-96, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE CILINDROS DE SUELO-CEMENTO FLUIDO (Basado en ASTM D4832-02)	Código:		ME-005-014
Versión:		0	
Página:		6/6	
Fecha de aprobación:			

25. Aplique la carga hasta que el espécimen falle.
26. Registre la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.¹⁰⁵
27. Note alguna aparente segregación, convecciones o concavidades, bolsas, y similares en el espécimen.

Cálculos

Calcule y registre la resistencia a la compresión de los especímenes como sigue:

$$C = \frac{4P}{\pi(D)^2}$$

Donde,

C = resistencia a la compresión, kPa

D = diámetro nominal del cilindro (normalmente 15 cm), y

P = carga máxima, kN

Reporte

Reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Diámetro y longitud, cm
- ✓ Área de la sección transversal, cm²
- ✓ Carga máxima, kN
- ✓ Resistencia a la compresión, kPa
- ✓ Edad del espécimen.
- ✓ Marcas apropiadas como el tipo de falla, defectos notados o no-uniformidad del material.

¹⁰⁵ En Alrededor de uno por cada diez cilindros la carga deberá mantenerse hasta que el cilindro se fracture lo suficiente para observar la apariencia del interior del espécimen.

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
COMPRESION DE SUELO
CEMENTO COMPACTADO
(BASADO EN ASTM D1633-00)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		1/10	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de suelo-cemento con cilindros moldeados como especímenes de ensayo.

Definiciones

SUELO-CEMENTO COMPACTADO: Es un material elaborado a partir de una mezcla de suelos finos y/o granulares, cemento y agua, la cual se compacta y se cura para formar un material endurecido con propiedades mecánicas específicas. El contenido de agua se elige a partir de ensayos anteriores para obtener mezclas de consistencia seca que permitan su compactación.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Resistencia máxima que un espécimen puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como Megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg² o psi).

MÉTODO A: Este procedimiento utiliza un espécimen de ensayo de 101.6 mm de diámetro y 116.4 mm de altura. La relación de altura a diámetro es igual a 1.15. Este método de ensayo está hecho para ser utilizado solamente en materiales en los que el 30% o menos se retiene en el tamiz de 19.0 mm (3/4 pulg).

MÉTODO B: Este procedimiento utiliza un espécimen de ensayo de 71.1 mm de diámetro y 142.2 mm de altura. La relación de altura a diámetro es igual a 2.00. Este método de ensayo es aplicable a aquellos materiales que pasan el tamiz No. 4 (4.75 mm).

Importancia y aplicación del método

El ensayo de resistencia a la compresión de suelo cemento es de gran importancia en el ámbito de las construcciones de obras, específicamente en las pruebas de control de calidad a la mezcla utilizada en la estabilización de los suelos. El método de ensayo permite conocer las características mecánicas de la mezcla, lo cual le sirve al diseñador para verificar el cumplimiento del resultado esperado en la utilización de dicha mezcla. En la determinación de la resistencia a compresión de suelo cemento se utilizan dos procedimientos alternativos los cuales reciben el nombre de Método A y Método B. Se considera que el método A da una medida relativa de la resistencia en lugar de una determinación rigurosa de la resistencia a la compresión. Debido a la menor relación altura/diámetro (1.15) de los cilindros, la resistencia a la compresión determinada por el método A normalmente será mayor que la del Método B, el

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		2/10	
Fecha de aprobación:			

cual posee una mayor relación altura/diámetro (2.00). El Método B dará una mejor medida de la resistencia a la compresión desde un punto de vista técnico, ya que reduce las complejas condiciones de esfuerzos cortantes que puedan ocurrir durante la compresión de los especímenes por el método A.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Suelo-Selecto
- ✓ Cemento Recomendado

Equipo para Ambos Métodos:

- ✓ Máquina de Ensayo para Compresión¹⁰⁶

Esta máquina puede ser de cualquier tipo, que tenga capacidad y control suficiente para proporcionar una velocidad de carga, ya sea para una máquina de ensayo mecánica, con la cabeza móvil operando aproximadamente a 1 mm/min, cuando funcione a velocidad constante, o para máquinas hidráulicas, a la cual se le realizara un ajuste de carga a una velocidad constante dentro de los límites de 140 ± 70 kPa/s, dependiendo de la resistencia del espécimen. La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de acero para soportes con caras endurecidas, de los cuales uno es un bloque con asiento esférico, que normalmente es sostenido en la superficie superior del espécimen, y el otro es un bloque rígido plano en el que el espécimen descansará. Las caras de soporte deberán ser grandes, y preferiblemente un poco más grandes que la superficie del espécimen al que se le aplica la carga. Las caras de soporte, cuando sean nuevas, no se apartarán de un plano en más de 0.013 mm en cualquier punto, y se mantendrán dentro de un límite de variación permisible de 0.02 mm. En el bloque con asiento esférico, el diámetro de la esfera no deberá exceder en gran medida el diámetro del espécimen y el centro de la esfera deberá coincidir con el centro de la cara de soporte. La parte móvil del bloque deberá ser sostenida cercanamente al soporte esférico, pero su diseño será tal que la cara del soporte pueda rotar libremente e inclinarse en ángulos pequeños en cualquier dirección.

- ✓ Cuarto Húmedo o Gabinete Húmedo¹⁰⁶

¹⁰⁶ Fuente: norma ASTM D 1632-96, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-015</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/10</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-015	Versión:	0	Página:	3/10
Código:	ME-005-015									
Versión:	0									
Página:	3/10									
Fecha de aprobación:										

Un cuarto húmedo o un gabinete húmedo capaz de mantener una temperatura de 23.0 ± 1.7 °C y una humedad relativa de no menos del 96 % para el curado húmedo de los especímenes.

- ✓ Balanzas¹⁰⁷

Una balanza o báscula que se ajuste a los requisitos de la clase GP5 con una legibilidad de 1 g en la especificación D 4753, "Guía Estándar para la Evaluación, Selección y Especificación de Balanzas y Masas Estándar para el Uso en Suelo, Roca y Ensayos de Materiales de Construcción", excepto la balanza de la clase GP2 con una legibilidad de 0.1 g requerida para la determinación del contenido de agua.

Equipo Misceláneo para Ambos Métodos:

- ✓ Tanque de almacenamiento con agua
- ✓ Regla para verificar la lisura (planeidad) de los especímenes
- ✓ Sacos o mantas cobertoras para protección de especímenes curados.

Equipo Principal para el Método A:

- ✓ Extractor de Muestras¹⁰⁷

Un gato, marco palanca, u otro dispositivo adaptado con el propósito de sacar especímenes compactados del molde. No se requiere cuando un molde del tipo dividido es usado.

- ✓ Escarificador¹⁰⁷

Un punzón de seis puntas o aparato similar para remover el plano liso de compactación en la parte superior de la primera y segunda capas del espécimen.

- ✓ Dispositivos de Medición¹⁰⁷

Un dispositivo de medición adecuado para medir con precisión las alturas y diámetros de los especímenes de ensayo con una precisión de 0.20 mm (Pie de Rey).

- ✓ Recipientes y Cargadores¹⁰⁷

¹⁰⁷ Fuente: norma ASTM D 559-03, "Método de Ensayo Estándar para Humedecimiento y Secado de Mezclas de Suelo Cemento Compactado".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	

Recipientes convenientes para el manejo de materiales y cargadores o bandejas para el manejo de las muestras.

✓ Molde¹⁰⁸

Un molde cilíndrico de metal con un volumen de $944 \pm 11 \text{ cm}^3$ con un diámetro interno de $101.60 \pm 0.41 \text{ mm}$. El molde deberá de proveer un collar ensamblado desmontable aproximadamente de 63.5 mm de altura. El molde puede ser del tipo dividido consistiendo en dos medias secciones o de sección de tubería con un lado dividido perpendicularmente con la circunferencia de la tubería y que pueda ser asegurado en su lugar para formar un cilindro cerrado con las dimensiones descritas anteriormente. El molde y el collar ensamblado deberán ser contruidos de manera que se pueda sujetar firmemente a la base desmontable.

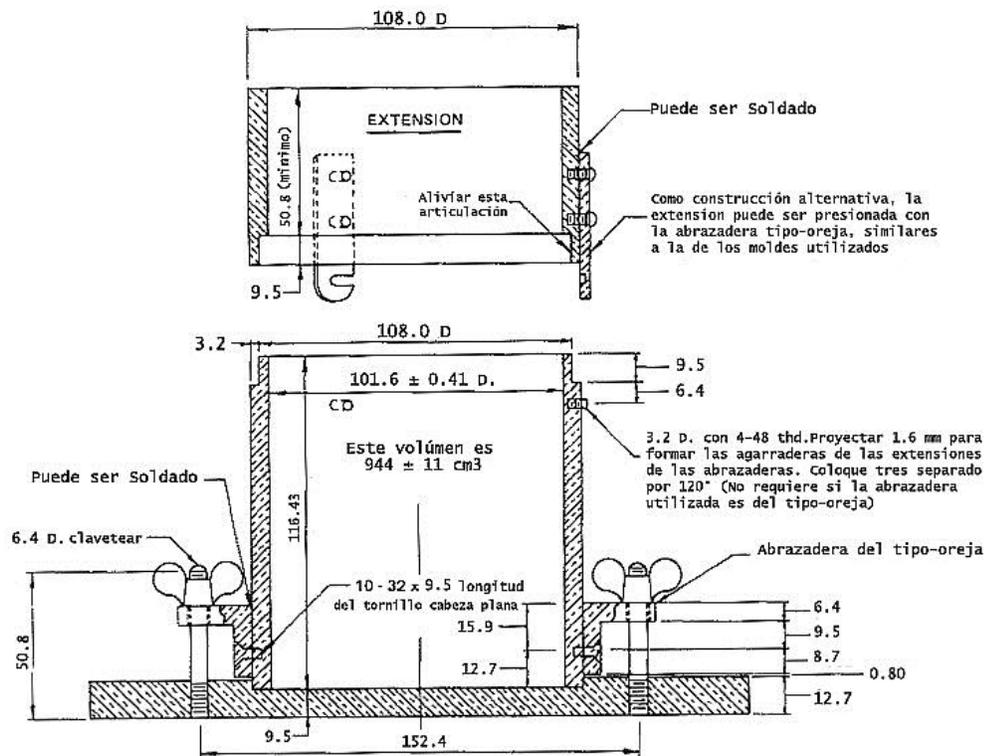


Figura N° 11. Moldes Cilíndricos para Suelo Cemento (dimensiones en mm)

¹⁰⁸ Fuente: norma ASTM D 559-03, "Método de Ensayo Estándar para Humedecimiento y Secado de Mezclas de Suelo Cemento Compactado".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-015</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/10</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-015	Versión:	0	Página:	5/10
Código:	ME-005-015								
Versión:	0								
Página:	5/10								
Fecha de aprobación:									

- ✓ Varilla Apisonadora¹⁰⁹

Apisonador Manual: Un apisonador de metal operado manualmente que tiene 50.80 ± 0.13 mm de diámetro circular del rostro y una masa de 2.49 ± 0.01 kg. El apisonador deberá estar equipado con una adecuada manga guía para controlar la altura de caída libre de 304.8 ± 1.6 mm por encima de la elevación del suelo-cemento. La manga guía tendrá al menos cuatro orificios de ventilación no menores de 9.5 mm espaciados aparte a 90° y ubicados con los centros 19.0 ± 1.6 mm de cada extremo y proporcionara espacio suficiente de la caída libre del eje del apisonador y la cabeza no será restringida.

Apisonador Mecánico: Un apisonador de metal operado mecánicamente que tiene 50.80 ± 0.13 mm de diámetro circular del rostro y una masa fabricada de 2.49 ± 0.01 kg. El funcionamiento de la masa del apisonador deberá ser determinado a partir de la calibración de acuerdo con el Método D 2168. El apisonador deberá estar equipado con un arreglo conveniente para controlar la altura de caída libre de 304.8 ± 1.6 mm por encima de la elevación del suelo-cemento.

Rostro del Apisonador: La fuerza y resistencia al humedecimiento y secado de los especímenes compactados con la zona del rostro del apisonador puede diferir de las del espécimen compactado con el apisonador de rostro circular. Por lo tanto, la zona del rostro del apisonador no se utilizara a menos que en ensayos anteriores a las mezclas el suelo-cemento muestre una resistencia similar al humedecimiento y secado obtenido con dos tipos de apisonadores.

Equipo Misceláneo para el Método A:

- ✓ Cuchillo
- ✓ Regla

Equipo Principal para el Método B:

- ✓ Moldes¹¹⁰

Moldes para Especímenes de Compresión (Figura N° 12) que tengan un diámetro interior de 71 ± 0.25 mm y una altura de 229 mm, para moldear especímenes de 71 mm de diámetro y 142 mm de alto; pistones superior e inferior de acero maquinado con un diámetro de 0.13 mm me

¹⁰⁹ Fuente: norma ASTM D 559-03, "Método de Ensayo Estándar para Humedecimiento y Secado de Mezclas de Suelo Cemento Compactado".

¹¹⁰ Fuente: norma ASTM D 1632-96, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)		Código: ME-005-015 Versión: 0 Página: 6/10 Fecha de aprobación:

nor que el molde, con una extensión del molde de 152 mm, y un anillo espaciador. Por lo menos deberán ser provistos de dos discos separadores de aluminio de 1.54 mm de espesor por 70.6 mm de diámetro.

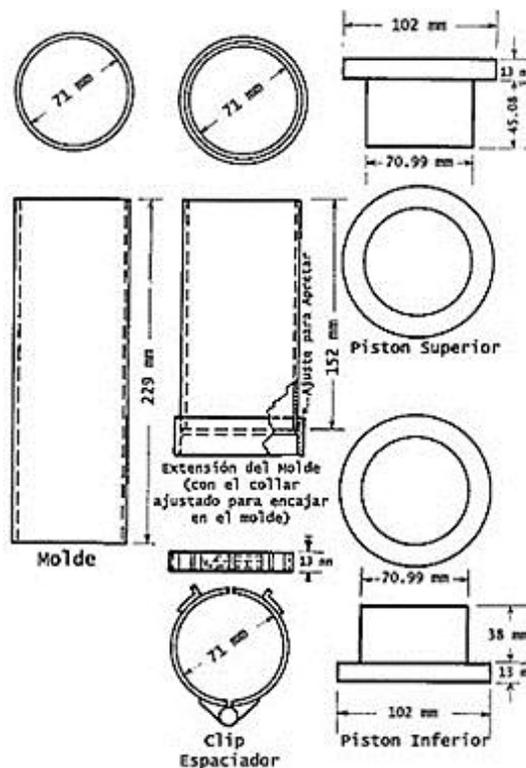


Figura N° 12. Moldes Cilíndricos para Suelo Cemento (dimensiones en mm)

- ✓ Balanzas¹¹¹

Una balanza o bascula de 12 kg, sensible a 0.0045 kg y una balanza de 1000 g, sensible a 0.1 g.

- ✓ Extractor del Espécimen de Compactación¹¹¹

Consiste de un pistón, prensa, y un marco para sacar los especímenes del molde.

- ✓ Varilla Apisonadora¹¹¹

¹¹¹ Fuente: norma ASTM D 1632-96, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		7/10	
Fecha de aprobación:			

Un segmento de varilla de acero suave de extremo cuadrado, de 12.7 mm de diámetro, de aproximadamente 510 mm de longitud.

Equipo Misceláneo para el Método B:

- ✓ Aceite comercial para moldes
- ✓ Espátula delgada

Procedimiento

El procedimiento para la realización del ensayo a compresión se puede realizar mediante dos métodos, que son el Método A y el Método B. Si la muestra de suelo incluye el material retenido en el tamiz de No. 4 (4.75 mm), se recomienda que el Método A sea utilizado.

Moldeado de los Especímenes:

Método A¹¹²:

1. Coloque el molde de compactación (con el collar adjunto) sobre una superficie plana.
2. Agregue una cantidad de suelo-cemento para la primera capa hasta un tercio de la altura del molde.
3. Compacte cada capa con 25 golpes con el apisonador cayendo libremente desde una altura de 305 mm por encima de la elevación del suelo-cemento. Los golpes deberán ser distribuidos uniformemente sobre la superficie que está siendo compactada.¹¹³
4. Escarifique la superficie de la primera capa compactada. Esta escarificación formara surcos en ángulo el uno al otro, aproximadamente de 3.2 mm de ancho y 3.2 mm en profundidad y aproximadamente 6.4 mm de separación.
5. Compacte la segunda y tercera capa de suelo-cemento igual a la compactación de la primera capa.
6. Retire el collar de extensión después de la compactación.
7. Enrase cuidadosamente la mezcla compactada a nivel con la parte superior del molde por medio de un cuchillo y una regla.

¹¹² Los especímenes deberán ser de 101.6 mm de diámetro y 116.4 mm de altura. El moldeado se realizara de acuerdo con el Método de Ensayo D 559-03, "Método de Ensayo Estándar para Humedecimiento y Secado de Mezclas de Suelo Cemento Compactado".

¹¹³ Durante la compactación, el molde deberá descansar sobre una base uniforme, rígida conforme a lo dispuesto por un cilindro o en un cubo de concreto con una masa no inferior a 91 kg.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		8/10	
Fecha de aprobación:			

Método B¹¹⁴:

8. Cubra ligeramente el molde y los dos discos separadores con aceite comercial para moldes.
9. Coloque el molde cilíndrico en posición vertical, con el anillo espaciador sobre el pistón inferior en forma tal que éste último se introduzca 25 mm en el cilindro.
10. Coloque un disco de separación en la parte superior del pistón inferior y coloque la extensión en la parte superior del molde.
11. Coloque en el molde la masa predeterminada de suelo-cemento uniformemente mezclada para proporcionar un espécimen con el peso unitario de diseño, cuando tenga una altura de 142 mm.¹¹⁵
12. Compacte la mezcla con el segmento de varilla de acero suave de extremo cuadrado, introduciendo su extremo recto dentro de la mezcla, en forma firme y constante (con algo de impacto), hacia arriba y hacia abajo sobre una misma trayectoria, y repitiendo el movimiento en varios puntos uniformemente distribuidos en la sección transversal del cilindro.
13. Realice la compactación con mucho cuidado para no dejar vacíos en mezclas arcillosas de suelo-cemento.
14. Repita el proceso hasta que la masa se halle compactada hasta una altura de aproximadamente 150 mm.
15. Remueva la extensión del molde y coloque el disco separador en la superficie del suelo-cemento.
16. Remueva el anillo espaciador que soporta el molde sobre el pistón inferior.
17. Coloque el pistón superior en posición y aplique ya sea una carga estática mediante una máquina de compresión o una carga dinámica mediante un dispositivo de compactación, hasta que el espécimen tenga una altura de 142 mm.
18. Remueva los pistones y los discos separadores del molde ensamblado, pero deje el espécimen en el molde.

Curado Húmedo para Ambos Métodos¹¹⁶

¹¹⁴ Los especímenes son 71.1 mm de diámetro y 142.2 mm de altura. El moldeado se realizara de acuerdo con el Método de Ensayo D 1632. La preparación de los materiales se especifica en la norma ASTM D 1632, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

¹¹⁵ Cuando el suelo-cemento contenga agregado que se retiene en el tamiz No. 4 (4.75 mm), distribuya cuidadosamente la mezcla alrededor de los lados del molde con una espátula delgada.

¹¹⁶ El curado húmedo de los especímenes ser realizara en conformidad con la práctica D 1632, "Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		9/10	
Fecha de aprobación:			

19. Cure los especímenes dentro de los moldes en el cuarto húmedo por 12 horas o más si es necesario.
20. Remueva de los moldes los especímenes utilizando el extractor de muestras.
21. Retorne los especímenes luego de ser extraídos de los moldes al cuarto húmedo y proteja del goteo de agua durante el tiempo especificado de curado.¹¹⁷
22. Al final del período del curado húmedo, sumerja los especímenes en agua durante 4 horas.
23. Retire los especímenes del agua y manténgalos húmedos por medio de un saco húmedo o con una manta cobertora.
24. Determine el diámetro del espécimen.¹¹⁸
25. Determine la altura del espécimen.¹¹⁸
26. Calcule el volumen del espécimen.
27. Verifique la lisura de las caras con una regla. Todos los especímenes de compresión que no sean planos dentro de 0.05 mm deberán ser refrentados.
28. Refrente los especímenes con yeso. Las capas deberán ser lo más delgadas posible, y deberán endurecerse lo suficiente para que no se fracturen cuando el espécimen sea ensayado (tiempo sugerido: 3 horas a 23 °C).¹¹⁹
29. Mantenga los especímenes con un contenido constante de agua hasta el momento del ensayo.

Ensayo de Resistencia a Compresión

30. Coloque el bloque de soporte inferior en la mesa o platina de la máquina de ensayo directamente bajo el bloque de soporte superior con asiento esférico.
31. Coloque el espécimen en el bloque del apoyo inferior, asegurándose de que el eje vertical del espécimen esté alineado con el centro del empuje del bloque con asiento esférico.
32. Gire suavemente la porción móvil con la mano hasta obtener un asentamiento uniforme mientras este bloque es empujado sobre el espécimen.
33. Aplique la carga continuamente y sin choque.¹²⁰

¹¹⁷ Generalmente los especímenes son ensayados en condición húmeda, inmediatamente después de ser removidos del cuarto húmedo.

¹¹⁸ Es importante que todas las mediciones de altura y diámetro tengan una precisión de 0.2 mm y que se tomen los mismos puntos en el espécimen todo el tiempo.

¹¹⁹ Un procedimiento de ensayo es mostrado en la guía ME-005-014: "Realización del Método de Ensayo Estándar para la Compresión de Especímenes de Suelo Cemento Fluido".

¹²⁰ La velocidad para una máquina de ensayo mecánica, con la cabeza móvil operando será aproximadamente a 1 mm/min y podrá ser utilizada cuando la máquina funcione a velocidad constante. Con las máquinas hidráulicas, ajuste

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO COMPACTADO (Basado en ASTM D1633-00)	Código:		ME-005-015
Versión:		0	
Página:		10/10	
Fecha de aprobación:			

34. Registre la carga total al momento de la falla del espécimen de ensayo con una aproximación de 40 N.

Cálculos

Calculé la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima por el área de la sección transversal.

$$C = \frac{4 P}{\pi(D)^2}$$

Dónde:

C = resistencia a la compresión con una aproximación de 35 kPa,

D = diámetro nominal del cilindro, mm

P = carga máxima, N

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Número de identificación del espécimen,
- ✓ El diámetro y la altura, mm
- ✓ Áreas de sección transversal, mm²
- ✓ Carga máxima, con aproximación de 40 N,
- ✓ El factor de conversión para la relación altura/diámetro¹²¹, si se utiliza,
- ✓ Resistencia a la compresión, calculada con una aproximación de 35 kPa,
- ✓ Edad del Espécimen, y
- ✓ Detalles del curado y períodos de acondicionamiento.

la carga a una velocidad constante dentro de los límites de 140 ± 70 kPa/s, dependiendo de la resistencia del espécimen.

¹²¹ Si lo desea, tome en cuenta la relación entre la altura y el diámetro (h/d) multiplicando la resistencia a la compresión de los especímenes del Método B por el factor 1.10. Esto convierte la resistencia para una relación h/d de 2.00 a una resistencia para una relación h/d de 1.15, la cual es comúnmente utilizada en los ensayos rutinarios de suelo-cemento. Esta conversión se basa en que lo presentado en el Método C 42 haya sido encontrado aplicable para el suelo-cemento.

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA
MUESTREO Y HECHURA DE
ESPECIMENES DE GROUT
(BASADO EN ASTM C1019-03)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-016
Versión:		0	
Página:		1/9	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre los procedimientos para la toma de muestras en campo y laboratorio, así como también la hechura de especímenes del grout utilizado en las construcciones de mampostería.

Definiciones

GROUT: Es un compuesto que consta de cemento portland, cal y agregado, utilizado para el relleno de grietas, juntas y huecos en muros de mampostería y construcciones de concreto, y para unir los componentes en su lugar, proporcionando apoyo y refuerzo.

Importancia y aplicación del método

Durante la construcción, el grout se coloca dentro o entre las unidades de mampostería absorbentes, proporcionando apoyo y refuerzo en los elementos constructivos. Este método de ensayo se utiliza para ayudar a seleccionar cualquier proporción de grout mediante la comparación de los valores de ensayo o como un ensayo de control de calidad para la uniformidad en la preparación del grout durante la construcción.¹²²

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Grout
- ✓ Papel filtro o un material fino permeable
- ✓ Tela o toalla de papel
- ✓ Paño o franela

- ✓ Bloques No Absorbentes¹²³

Los bloques no absorbentes deberán ser cuadrados y rígidos, con los lados de longitud igual a la mitad de la altura deseada del espécimen de grout, con una tolerancia del 5 %, y con un espesor

¹²² Los resultados del examen de las muestras tomadas del grout de una pared no deben compararse para probar los resultados obtenidos mediante este método de ensayo.

¹²³ Pueden ser también de plástico, madera u otro material no absorbente, mayor referencia en norma ASTM C 1019, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Grout".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código: ME-005-016 Versión: 0 Página: 2/9 Fecha de aprobación:	

suficiente para obtener la altura deseada del espécimen de grout.

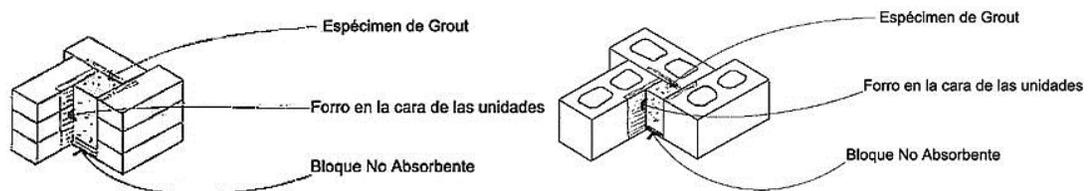


Figura N° 13. Ejemplos de bloques no absorbentes para el moldeo de Especímenes de Grout

Equipo Principal:

- ✓ Paneles y Placas¹²⁴

Piezas de plywood de 19 mm con las dimensiones necesarias para contener las unidades y los especímenes de grout. Deberán ser remojadas en agua con cal durante 24 horas, selladas con barniz o cera, o cubiertas con un material impermeable antes de su uso.

- ✓ Varilla Apisonadora¹²⁵

Una varilla no absorbente, la cual podrá ser redonda o cuadrada, con sección transversal nominal de 15.9 mm de ancho, de extremo redondeado con punta semiesférica del mismo diámetro. La varilla deberá tener una longitud mínima de 304.8 mm.

- ✓ Pala o paleta
- ✓ Cronometro
- ✓ Termómetro de máxima-mínima
- ✓ Balanza con capacidad mínima de 3 000 g y sensible a 0.5 g
- ✓ Gabinete Húmedo o Cuarto Húmedo¹²⁶

El ambiente de un gabinete húmedo o cuarto húmedo deberá tener una temperatura de $23.0 \pm$

¹²⁴ Un material no absorbente de rigidez equivalente a la madera contrachapada está permitido. Fuente: norma ASTM C 1019-03, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Grout".

¹²⁵ Fuente: norma ASTM C 1019-03, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Grout".

¹²⁶ Fuente: norma ASTM C 511-03, "Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-016
Versión:		0	
Página:		3/9	
		Fecha de aprobación:	

2.0 °C y una humedad relativa no menor de un 95%. La humedad en la atmósfera deberá estar saturada en la medida necesaria para garantizar que las superficies expuestas de todos los especímenes en almacenamiento, tendrán un aspecto húmedo y sensación húmeda en todo momento. Todos los gabinetes húmedos y cuartos húmedos deberán estar equipados con termómetros registradores. El termómetro registrador deberá ser calibrado por lo menos cada seis meses o cada vez que exista alguna duda sobre su precisión. Realizar la verificación del termómetro de registro mediante la comparación de la lectura de la temperatura del termómetro de registro con la lectura de la temperatura de un termómetro de referencia durante la operación normal del gabinete húmedo o cuarto húmedo. El termómetro utilizado como termómetro de referencia deberá ser preciso y legible a 0.5 °C.

- ✓ Tanque de almacenamiento de Agua¹²⁷

Los tanques estarán contruidos con materiales no corrosivos. Disposiciones para el control automático de la temperatura del agua a 23.0 ± 2.0 °C se realizarán cuando un tanque se encuentre en un cuarto que no posea control de la temperatura dentro del rango, y en cualquier otra instancia donde se encuentre la dificultad para mantener las temperaturas dentro del rango especificado. Con la excepción de los tanques de almacenamiento de agua ubicados en un cuarto húmedo o gabinete húmedo, todos los tanques de almacenamiento de agua deberán de estar equipados con un termómetro registrador, que posea un elemento de detección en el agua almacenada. Con el propósito del registro de la temperatura, se puede considerar a un grupo de tanques de almacenamiento de agua, si cumple con las tres condiciones siguientes: (1) todos los tanques están interconectados con un tubo que permite que el agua fluya entre los tanques, (2) algunos medios de circulación se proporcionan entre los tanques, y (3) variación de la temperatura entre los depósitos no debe superar los 1.0 °C cuando se revise y registre semanalmente.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Regla de acero

Regla de no menos de 152.4 mm de largo y no menos de 1.6 mm de espesor.

- ✓ Molde para Revenimiento¹²⁸

¹²⁷ Fuente: norma ASTM C 511-03, "Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico".

¹²⁸ Fuente: norma ASTM C143/C143M-03, "Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	

Un molde de metal que no sea fácilmente atacado por la pasta de cemento. El metal no deberá ser más delgado que 1.5 mm y si es formado con el proceso de repujado, en ningún punto del molde el espesor será menor de 1.15 mm. El molde deberá tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 200 mm de diámetro y la parte superior de 100 mm de diámetro, con una altura de 300 mm. Las dimensiones del diámetro y altura deberán tener una tolerancia de ± 3 mm con respecto a las dimensiones especificadas. La base y la tapa se deberán de abrir y ser paralelas la una con la otra y en ángulo recto con el eje del cono. El molde estará provisto de piezas en la base y los mangos similares a los mostrados en la Figura N° 14. El molde se deberá haber construido sin ninguna costura. El interior del molde será relativamente liso y libre de protuberancias. El molde deberá estar libre de abolladuras, deformaciones o mortero adherido. Un molde con abrazaderas a una placa base no absorbente será aceptado en lugar del único ilustrado, siempre que el ordenamiento de agarraderas sea tal que pueda ser completamente liberado sin movimiento del molde y la base sea lo suficientemente larga para contener todo el concreto revenido en una prueba aceptable.

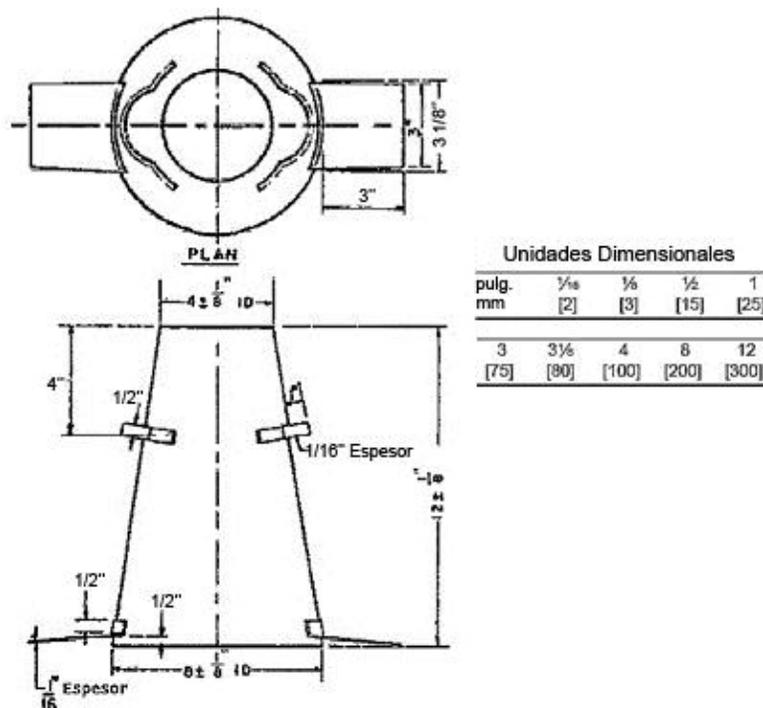


Figura N° 14. Molde para ensayo de revenimiento

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código: ME-005-016 Versión: 0 Página: 5/9 Fecha de aprobación:	

- ✓ Varilla Apisonadora para Revenimiento¹²⁹

Redonda, varilla recta de acero de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de largo, teniendo un extremo del apisonador o ambos extremos con punta semiesférica, cuyo diámetro es de 16 mm.

Procedimiento

Construcción del Molde

1. Se ensayaran al menos 3 especímenes por cada edad especificada.
2. Seleccione una ubicación donde los moldes permanezcan sin ser perturbados durante 48 horas, la cual deberá estar protegida y libre de vibraciones perceptibles.
3. Seleccionar el tipo de bloques no absorbentes a utilizar en la construcción del molde.
4. Revisar la superficie del bloque que estará en contacto con los especímenes de grout, la cual no deberá haber sido utilizada anteriormente para moldeo de los especímenes.
5. Coloque los bloques no absorbentes cortados con un tamaño, espesor o ancho adecuado.¹³⁰
6. Forme un espacio con una sección cuadrada de 76 mm o más en cada lado y con una altura igual a dos veces su ancho. La tolerancia del espacio y las dimensiones del espécimen deberán estar dentro del 5% del espesor del espécimen.¹³¹
7. Aplique un revestimiento a las superficies de los bloques que estarán en contacto con el espécimen de grout, con un material fino y permeable para evitar la unión de las unidades. El revestimiento podrán ser toallas de papel o tela.
8. Asegure las unidades para evitar el desplazamiento durante la inyección del grout y curado.¹³²

¹²⁹ Fuente: norma ASTM C143/C143M-03, "Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico".

¹³⁰ El tamaño adecuado de las piezas será el necesario para alcanzar la altura del espécimen de Grout.

¹³¹ La elaboración del molde deberá simular las condiciones de la construcción en el lugar, utilizando el mismo tipo de mampostería y condiciones de humedad en la construcción.

¹³² Otros métodos utilizados para obtener muestras de grout incluyen: perforación de núcleos rellenos con grout en las unidades regulares; núcleos rellenos en unidades de mampostería fabricadas específicamente para proporcionar especímenes de grout; llenado de los compartimentos de cajas de cartón corrugado con ranuras especialmente fabricadas para proporcionar especímenes de grout, y la formación de especímenes de diferentes tamaños de unidades de mampostería del mismo o similar material.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	

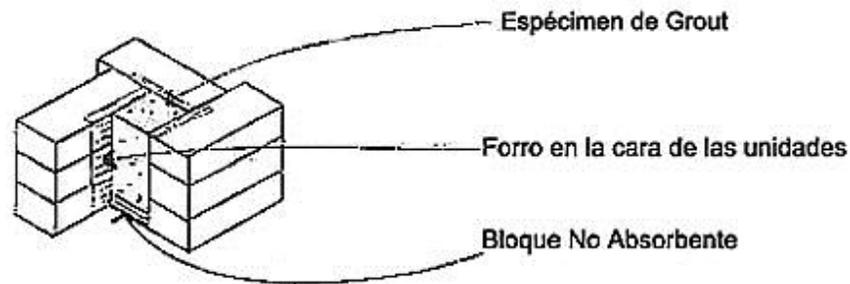


Figura N° 15. Molde del Grout - Unidades de 152.4 mm o menos en altura, 57.2 mm es la altura mostrada del ladrillo (Frente a la pila de unidades de mampostería no se muestra un ladrillo para permitir la vista del espécimen)

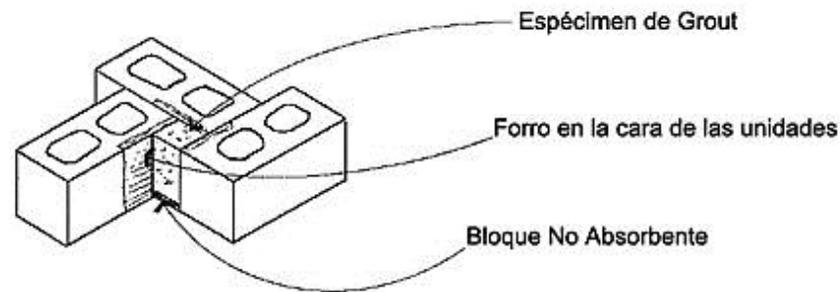


Figura N° 16. Molde del Grout - Unidades mayores de 152.4 mm de alto, 203.2 mm es la altura mostrada de la unidad de mampostería de concreto (Frente a la pila de unidades de mampostería no se muestra un bloque para permitir la vista del espécimen)

Muestreo del Grout

9. Tome una muestra de grout mínima de 0.014 m^3 ($1/2 \text{ pie}^3$) que se utilizará para los ensayos de revenimiento y para la elaboración de los especímenes de ensayo con los que se determinará el valor de la resistencia a la compresión.
10. Para el muestreo en *campo*, colecte dos o más porciones tomadas de la porción intermedia de la bachada, en intervalos regularmente espaciados durante la descarga de la bachada. El tiempo transcurrido entre la obtención de la primera y última porción de la muestra no deberá ser superior a 15 minutos.
11. Para el muestreo en *laboratorio*, la muestra será el lote completo del grout mezclado.
12. Transporte la muestra de grout a la ubicación del molde del espécimen.
13. Proteja la muestra del sol, el viento y otras fuentes de evaporación rápida y de la contaminación.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código: ME-005-016 Versión: 0 Página: 7/9 Fecha de aprobación:	

Ensayo de Revenimiento¹³³

14. Humedezca el molde para revenimiento.
15. Colóquelo en una superficie (rígida) plana, húmeda y no absorbente.
16. Sostenga firmemente el molde y coloque sus pies en los dos pedales.
17. Agregue una primer capa de grout de aproximadamente un tercio del volumen del molde.¹³⁴
18. Varille la primera capa con 25 golpes de la varilla apisonadora, distribuyendo los golpes uniformemente sobre la sección transversal de cada capa. Para el fondo de la capa será necesario inclinar la varilla ligeramente y hacer aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro, y después progresando con golpes verticales en dirección de espiral hacia el centro.
19. Agregue la segunda capa de grout aproximadamente a 2/3 del volumen del molde.¹³⁵
20. Varille la segunda capa con 25 golpes de la varilla apisonadora a través de su profundidad, tal que el golpe penetre dentro de la capa subyacente.
21. Agregue grout en la última capa, apilando el concreto sobre el molde antes que el varillado sea iniciado.
22. Varille la última capa con 25 golpes de la varilla apisonadora a través de su profundidad, tal que el golpe penetre dentro de la capa subyacente.
23. Alise la superficie del concreto por medio de un movimiento de rodado y enrasado con la varilla apisonadora.
24. Remueva el concreto del área alrededor de la base del cono de revenimiento para excluir interferencia con el movimiento del concreto del revenimiento.
25. Levante el molde de revenimiento cuidadosamente una distancia de 300 mm, en dirección vertical sin movimiento lateral o torsional en 5 ± 2 segundos.
26. Mida inmediatamente el revenimiento por la determinación de la diferencia vertical entre la tapa del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen.
27. Registre el resultado del revenimiento en términos de pulgadas (milímetros) con una aproximación de 1/4 pulg (5mm).

Preparación del Espécimen de Grout

¹³³ El ensayo completo desde el inicio del llenado a través de la remoción del molde sin interrupción deberá ser completado dentro de un tiempo transcurrido de 2 ½ minutos.

¹³⁴ Un tercio del volumen del molde de revenimiento es llenado a una profundidad de 70mm.

¹³⁵ Dos tercios del volumen es llenado a una profundidad de 160mm.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-016
Versión:		0	
Página:		8/9	
Fecha de aprobación:			

28. Vuelva a mezclar la muestra con una pala o una paleta para garantizar la uniformidad.
29. Llene la primera capa del molde con grout, hasta la mitad de la altura del molde del espécimen.¹³⁶
30. Varille la primera capa 15 veces con la varilla de apisonamiento, distribuyendo uniformemente los golpes en la sección transversal del molde.
31. Agregue la segunda capa del molde con grout hasta cubrir ligeramente el molde del espécimen.
32. Varille la segunda capa 15 veces con la varilla de apisonamiento hasta penetrar 12.7 mm en la capa inferior del grout, distribuyendo uniformemente los golpes en la sección transversal del molde.
33. Enrase la superficie superior del espécimen con una regla para producir una superficie plana que se encuentre a nivel con el borde superior del molde, el cual no deberá tener excedentes mayores de 3.2 mm.
34. Cubra inmediatamente con un material absorbente húmedo como tela o toalla de papel.
35. Mantenga húmeda la superficie superior de los especímenes mojando el material absorbente.
36. Seguidamente cubra el espécimen con un material no absorbente y no reactivo para retener la humedad.
37. No perturbe los especímenes.
38. Verifique visualmente durante los 30 minutos después del llenado del molde, si existe alguna depresión en la superficie del espécimen, y si es así agregue grout suficiente sin varillar para llenar la depresión causada por la pérdida de agua inicial.
39. Enrase la superficie superior del espécimen con una regla para producir una superficie plana que se encuentre a nivel con el borde superior del molde.
40. Cubra inmediatamente con un material absorbente húmedo como tela o toalla de papel.
41. Mantenga húmeda la superficie superior de los especímenes mojando el material absorbente y cubra luego con un material no absorbente y no reactivo.
42. No perturbe los especímenes hasta que los moldes sean removidos.
43. Almacene junto con los especímenes un termómetro que registre las temperaturas máximas y mínimas experimentadas antes del momento en que los especímenes sean colocados en el ambiente de curado final.

Transporte y Curado del Espécimen de Ensayo

¹³⁶ El llenado de los moldes para la resistencia a la compresión deberá ser durante los 15 minutos después de la obtención de la parte final de la muestra.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA MUESTREO Y HECHURA DE ESPECIMENES DE GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:	ME-005-016
		Versión:	0
		Página:	9/9
		Fecha de aprobación:	

44. Remueva los moldes de los especímenes entre 24 y 48 horas después de la toma de muestras.
45. Coloque, durante los siguientes 30 minutos después de retirar los moldes, los especímenes en un recipiente para protegerlos y mantenerlos húmedos.
46. Transporte los especímenes del campo al laboratorio durante las siguientes 8 horas después de removerlos del molde teniendo el cuidado de no estropearlos.
47. Coloque los especímenes en un cuarto húmedo, gabinete húmedo, o tanque de almacenamiento de agua.
48. Almacene y mantenga húmedos los especímenes hasta el día del ensayo.

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA LA
RESISTENCIA A COMPRESION
DEL GROUT
(BASADO EN ASTM C1019-03)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-017
Versión:		0	
Página:		1/7	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre los procedimientos para el ensayo de compresión del grout usado en la construcción de mampostería.

Definiciones

GROUT: Es un compuesto que consta de cemento portland, cal y agregado, utilizado para el relleno de grietas, juntas y huecos en muros de mampostería y construcciones de concreto, y para unir los componentes en su lugar, proporcionando apoyo y refuerzo.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL GROUT: Resistencia máxima que un espécimen de Grout puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como Megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg² o psi).

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para ayudar a seleccionar cualquier proporción de grout mediante la comparación de los valores de ensayo o como un ensayo de control de calidad para la uniformidad en la preparación de grout durante la construcción.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Especímenes de Grout
- ✓ Grasa o aceite, para placa de refrentado
- ✓ Mortero de Azufre para Refrentado¹³⁷

El Mortero de azufre deberá consistir en una mezcla que contenga entre el 40 y 60% por peso de azufre en el cual el resto será arcilla cocida u otro material inerte adecuado que pase el tamiz No. 100 (150 micras) con o sin plasticidad.

¹³⁷ Fuente: norma ASTM C 67-03a, "Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-017
Versión:		0	
Página:		2/7	
Fecha de aprobación:			

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo¹³⁸

La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de carga de acero, con caras endurecidas, uno de las cuales es un bloque con asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen, y la otra será un bloque sólido en el cual descansará el espécimen. Las caras de carga de los bloques deberán tener una dimensión mínima al menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos adelante, las caras de carga no deberán diferir de un plano por más de 0.02 mm en todo, 150 mm para bloques de 150 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño; y los nuevos bloques deberán ser manufacturados con la mitad de estas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga del bloque con asiento esférico exceda el diámetro del espécimen por más de 13 mm, círculos concéntricos de no más de 0.8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho deberán ser inscritos para facilitar su propio centrado. Para las máquinas de ensayo de tipo tornillo, el movimiento del cabezal viajará a una razón de aproximadamente 1 mm/min cuando la maquina está corriendo libre. Para máquinas operadas hidráulicamente, la carga deberá ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida de la placa sobre la sección del cabezal) correspondiendo a una velocidad de carga en el espécimen dentro del rango de 0.15 a 0.35 MPa/s. La velocidad de movimiento designada deberá mantenerse al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

- ✓ Placas para Refrentar¹³⁹

Tapas de cemento puro y tapas de mortero de yeso de alta resistencia, serán formadas contra una placa de vidrio de al menos 6 mm de espesor, una placa de metal maquinada de al menos 11 mm de espesor, o placas pulidas de granito o diabasa de al menos 76 mm de espesor. Tapas de mortero de azufre serán formadas contra placas similares de metal o piedra, excepto que el área hueca, que recibe mortero de azufre, no será más profunda de 12 mm. En todo caso, las placas serán al menos 25 mm mayores en diámetro que los especímenes de ensayo y la superficie trabajada no deberán salir de un plano por más de 0.05 mm en 152 mm. La rugosidad de la superficie en placas metálicas de acabado reciente no excederá 3.2 μm , para cualquier tipo de superficie y dirección del torno. La superficie, cuando sea nueva, estará libre de estrías,

¹³⁸ Fuente: norma ASTM C39/C39M-05, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

¹³⁹ Fuente: norma ASTM C 617-98 (R03), "Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-017
Versión:		0	
Página:		3/7	
Fecha de aprobación:			

ranuras y depresiones que no sean las causadas por las operaciones de acabado. Placas metálicas que han estado en uso serán libres de estrías, ranuras y depresiones mayores de 32 mm² en área superficial.

- ✓ Dispositivos de Alineamiento¹⁴⁰

Serán usados dispositivos de alineamiento aceptables tales como barras guía o niveles de "ojo de buey" en unión con las placas de refrentado para asegurar que ninguna tapa sencilla se salga de la perpendicularidad al eje de un espécimen cilíndrico por más de 0.5° (aproximadamente equivalente de 3.2 mm en 305 mm). El mismo requerimiento es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de una placa de refrentado cuando son usadas las barras guía. En adición, la localización de cada barra con respecto a su placa puede ser tal que ninguna tapa este fuera del centro de su espécimen de ensayo por más de 2 mm.

- ✓ Recipientes para Fundir Morteros de Azufre¹⁴⁰

Los recipientes para fundir morteros de azufre deben estar equipados con controles de temperatura automáticos y deben estar hechos de metal o revestidos con un material que no sea reactivo con el azufre derretido.¹⁴¹

- ✓ Termómetro metálico, para medir la temperatura del azufre para refrentado
- ✓ Balanza para pesar azufre con una aproximación de 0.10 g.
- ✓ Pie de rey, cinta métrica o regla metálica
- ✓ Cronómetro

Procedimiento

1. Mida y registre el ancho de cada cara a la mitad de la altura.
2. Mida y registre la altura de cada cara en la mitad el ancho.
3. Mida y registre la desviación de la perpendicularidad en la mitad del ancho de cada cara.
4. Verifique la tolerancia de tiempo permitida para la ruptura de los especímenes, según la edad de ensayo dada:

¹⁴⁰ Fuente: norma ASTM C 617-98 (R03), "Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

¹⁴¹ Cuando no se usen recipientes equipados con controles de temperatura, la generación de presión bajo la superficie endurecida por el azufre frío puede ser evitada en subsecuentes calentamientos, usando una varilla metálica que haga contacto con el fondo del recipiente y proyecte el calor por encima de la superficie de la mezcla de azufre fluida mientras se enfría. Ver norma ASTM C 617-98 (R03).

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-017
Versión:		0	
Página:		4/7	
Fecha de aprobación:			

Edad de ensayo	Tolerancia permitida
24 horas	± 0.5 horas ó 2.1%
3 días	2 horas ó 2.8%
7 días	6 horas ó 3.6%
28 días	20 horas ó 3.0%
90 días	2 días ó 2.2%

Refrentado con Mortero de Azufre para los Especímenes de Ensayo¹⁴²

5. Coloque los dispositivos de alineamiento en unión con la placa de refrentado, para asegurar que el espécimen no se salga de la perpendicularidad al eje por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 3.2 mm en 305 mm).
6. Prepare el mortero de azufre calentándolo a 130 °C.
7. Verifique la temperatura insertando un termómetro metálico cerca del centro de la masa, en intervalos de aproximadamente una hora durante el refrentado.
8. Vacíe el depósito y recargue con material de azufre fresco a intervalos que aseguren que el material viejo de azufre en el depósito no haya sido usado más de cinco veces.¹⁴³
9. Caliente ligeramente la placa de refrentado, para frenar un poco la velocidad del enfriamiento del material de refrentado y que esto permita la producción de capas más delgadas.
10. Lubrique ligeramente la placa de refrentado.
11. Seque los extremos de los especímenes que se refrentarán.
12. Agite el mortero de azufre que se utilizara para refrentar los especímenes.
13. Vacíe el mortero de azufre dentro de la placa de refrentado levantando el espécimen de grout arriba de la placa haciendo contacto lateral con los dispositivos de alineamiento.
14. Deslice el espécimen hacia abajo hasta que haga contacto con la placa de acero y mantenga el contacto constante con los dispositivos de alineamiento.
15. Mantenga el espécimen descansando sobre la placa de refrentado con los lados del espécimen en contacto con los dispositivos de alineamientos hasta que el mortero de azufre haya endurecido.
16. Revise la capa de mortero de azufre refrentada golpeándola con una moneda o con un metal ligero para ver si un sonido hueco puede ser detectado. Si la capa esta hueca, esta deberá ser removida y vuelta a refrentar.

¹⁴² Métodos alternativos de refrentado son presentados en la norma ASTM C 617, "Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

¹⁴³ Cuando se refrenten especímenes con un esfuerzo de compresión de 35 MPa o mayor, no se permite el rehuso del compuesto recobrado de las operaciones de refrentado o refrentados viejos.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código: ME-005-017 Versión: 0 Página: 5/7 Fecha de aprobación:	

17. Repita el procedimiento de refrentado para el extremo opuesto del espécimen refrentado.

Nota: Es permitido que el propietario o laboratorio prepare los morteros de azufre dejando endurecer un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes con esfuerzos menores de 35 MPa. Para esfuerzos de 35 MPa o mayores, las tapas de mortero de azufre se les pueden permitir endurecer al menos 16 horas antes del ensayo.

18. Verifique la planeidad de las capas refrentadas seleccionando al azar al menos tres especímenes, haciendo un mínimo de tres medidas en diámetros diferentes con una regla o laminas calibradoras, para asegurar que la capa no se separa de un plano por más de 0.05 mm. Si las capas fallan en satisfacer los requisitos de planeidad, remueva la capa y vuelva a refrentar.

19. Cubra los especímenes refrentados con una doble cubierta de paños húmedos hasta el momento del ensayo.

Ensayo de Resistencia a la Compresión de los Especímenes

20. Coloque el bloque de apoyo con su cara endurecida hacia arriba, sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente abajo del bloque de soporte superior.

21. Limpie con un paño las superficies de apoyo inferior y superior.

22. Limpie con un paño las superficies del espécimen refrentado.

23. Coloque el espécimen sobre el bloque de apoyo inferior.

24. Alinee cuidadosamente el espécimen con el centro del bloque con asiento esférico.

25. Verifique que el indicador de carga este en cero.

26. Rote suavemente la porción móvil del bloque con asiento esférico de manera que obtenga un asiento uniforme sobre el espécimen de ensayo.

27. Aplique la carga al espécimen hasta la primera mitad de la fase de carga prevista. La velocidad de carga deberá ser aplicada de manera controlada para que el espécimen no sea sometido a cargas de choque.

28. Aplique la segunda mitad de la fase de carga prevista hasta que el indicador de carga muestre que la carga está disminuyendo de manera constante y el espécimen muestre un patrón de falla bien definido (tipos 1 a 4 en la Figura N° 17), la velocidad de carga designada deberá mantenerse.¹⁴⁴

¹⁴⁴ La carga deberá aplicarse a una velocidad de movimiento (platina de la cruceta de medición) que corresponda a una velocidad de esfuerzo en el espécimen de 0.25 ± 0.05 MPa/s (35 ± 7 psi/s). Para una máquina de ensayo tipo tornillo o de desplazamiento controlado, ensayos preliminares serán necesarios para establecer la velocidad de

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código: ME-005-017 Versión: 0 Página: 6/7 Fecha de aprobación:	

29. Continúe la compresión del espécimen hasta que el usuario esté seguro que la capacidad última se ha alcanzado.
30. Registre la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.
31. Anote el tipo de falla obtenido de acuerdo a la Figura N° 17. Si el patrón de falla no es uno de los patrones típicos de la Figura N° 17, dibuje y describa brevemente el tipo de falla.
32. Si la resistencia medida es menor de lo esperado, examine el concreto fracturado y observe la presencia de burbujas grandes de aire, evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de agregado grueso, y verifique si los preparativos finales fueron conforme con la Práctica C 617 o Práctica C 1231/C1231M.

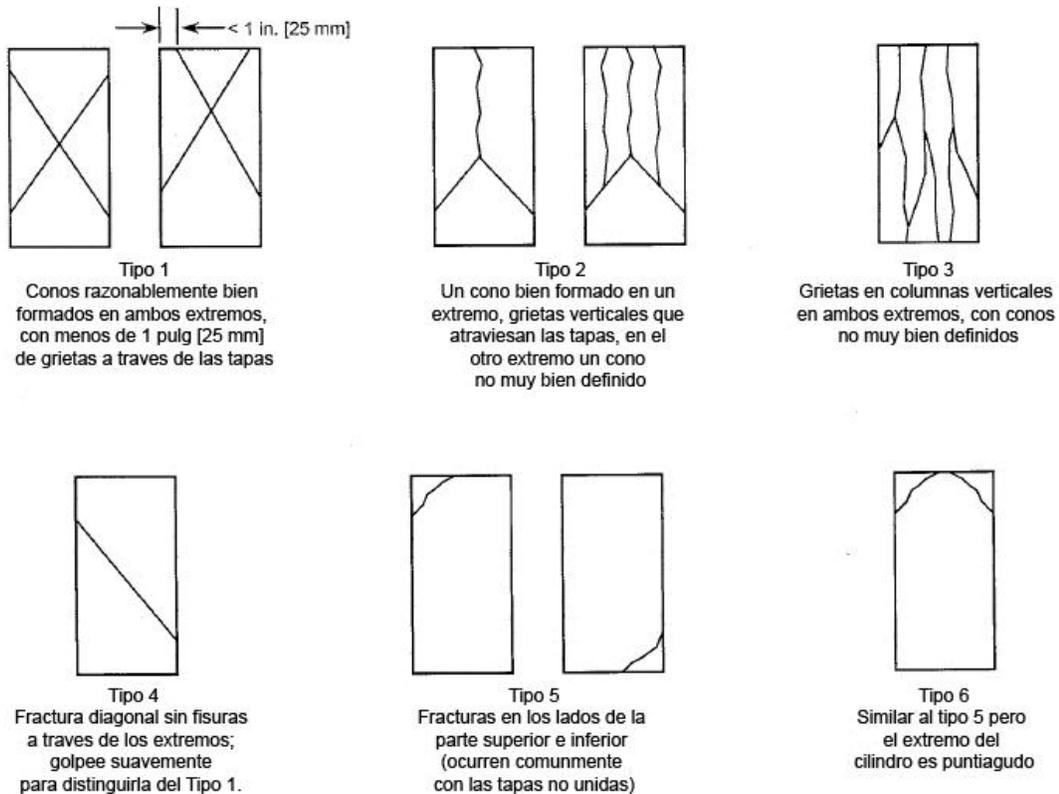


Figura N° 17. Esquema de los Patrones de Fracturas Típicas

movimiento requerida para alcanzar el la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad del movimiento dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto, y la rigidez de la máquina de ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03)	Código:		ME-005-017
Versión:		0	
Página:		7/7	
Fecha de aprobación:			

Cálculos

- ✓ Determine el área promedio de la sección transversal mediante la medición del ancho de cada cara, a la mitad de la altura y calcule el ancho promedio de las caras opuestas, y luego multiplique los promedios.
- ✓ Calcule la resistencia a la compresión dividiendo la carga máxima por el área promedio de la sección transversal y exprese el resultado con una aproximación de 69 kPa ó 48.5 Kg/cm².

Reporte

Reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Diseño de mezcla,
- ✓ Revenimiento del Grout,
- ✓ Tipo y número de unidades utilizadas para formar el molde de los especímenes,
- ✓ Descripción de los especímenes tales como dimensiones, la irregularidad en la perpendicularidad en porcentaje,
- ✓ Historial de curado, incluyendo la temperatura inicial, temperaturas máximas y mínimas, y la edad de los especímenes cuando sean transportados al laboratorio y cuando sean ensayados.
- ✓ La carga máxima y la resistencia a la compresión de cada espécimen y el promedio de la resistencia a la compresión de los especímenes, y
- ✓ Descripción de la falla.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL GROUT (Basado en ASTM C1019-03).		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>FOR-005-017</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/1</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	FOR-005-017	Versión:	0	Página:	1/1
Código:	FOR-005-017									
Versión:	0									
Página:	1/1									
Fecha de Aprobación:										
Cliente: _____ N° de Informe: _____ Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____ Revenimiento del Grout: _____ Tipo de Unidades Utilizadas: _____ N° Unidades: _____										
N° de Espécimen										
Edad (días)										
Ancho (cm)										
Ancho Promedio (cm)										
Altura (cm)										
Altura Promedio (cm)										
Área media (cm ²)										
Perpendicularidad (%)										
Carga máxima (kN)										
Resistencia a la Compresión (kPa)										
Promedio de la Res. a la Compresión (kPa)										
Observaciones: _____ _____ _____										
" LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO" " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO" " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO" " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"										
_____ Jefe de Laboratorio										
Elaborado por:		Revisado por:								
Aprobado por:										

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
FLUIDEZ DEL MORTERO
(BASADO EN ASTM C 1437 – 07)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)		<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Código:</td> <td>ME-005-018</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-018	Versión:	0	Página:	1/7
Código:	ME-005-018									
Versión:	0									
Página:	1/7									
Fecha de aprobación:										

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la fluidez de morteros de cemento hidráulico.

Definiciones

FLUIDEZ DEL MORTERO: es el incremento resultante del diámetro medio de la base de la masa del mortero, expresado como porcentaje del diámetro original de la base.

CEMENTO HIDRAULICO: un cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua, por ejemplo, el cemento portland y las partículas granuladas de escoria de alto horno son cementos hidráulicos.

MORTERO DE CEMENTO HIDRAULICO: es una mezcla de arena y/o cal, cemento y agua, que se endurece después de su uso. Se usa para unir los ladrillos, piedras o bloques de edificios o como un yeso.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo está destinado a ser utilizado para determinar la fluidez de los morteros de cemento hidráulico, y de morteros que contienen materiales cementicios distintos de los cementos hidráulicos.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Cemento
- ✓ Arena
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Mesa de fluidez¹⁴⁵

¹⁴⁵ Fuente: norma ASTM C 230/C230-03, "Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)	Código: ME-005-018 Versión: 0 Página: 2/7 Fecha de aprobación:	

La mesa de fluidez estará compuesta por un marco de acero rígido de una sola pieza y una mesa circular rígida con un diámetro en la parte superior de 255 ± 2.5 mm, con un eje perpendicular unido a la superficie de la mesa por medio de una rosca. La parte superior de la mesa y el eje de contacto con el hombro deberá ser montado sobre un marco de tal manera que este pueda subir y caer verticalmente a través de la altura especificada de 12.7 ± 0.13 mm para mesas nuevas y de 12.7 ± 0.38 mm para mesas en uso, por medio de una leva giratoria. La parte superior de la mesa deberá tener una superficie maquinada plana y fina, libre de sopladuras y defectos superficiales. La parte superior deberá ser marcada con ocho líneas equidistantes de 68 mm de largo, extendiéndose desde la circunferencia exterior hacia el centro de la mesa. Cada línea terminará en un arco marcado, de 6 mm de largo, cuyo punto central es el centro de la mesa con un radio de 59.5 mm. Las líneas marcadas deberán hacerse con una herramienta de 60° a una profundidad de 0.25 mm. La parte superior de la mesa deberá ser de bronce fundido o de bronce con un número de dureza Rockwell no inferior a 25 HRB, con un espesor en los bordes de 7.5 mm, y deberá tener seis costillas rígidas radiales. La parte superior de la mesa y el eje acoplado deberán pesar 4.08 ± 0.05 kg y el peso deberá estar distribuido simétricamente alrededor del centro del eje.¹⁴⁶

✓ Molde de fluidez¹⁴⁷

El molde cónico para el moldeado del espécimen de fluidez deberá ser de bronce o latón. El número de dureza Rockwell del metal no deberá ser inferior a 25 HRB. La altura del molde deberá ser 50.0 ± 0.5 mm. El diámetro de la abertura superior deberá ser de 70.0 ± 0.5 mm para moldes nuevos y de 70.0 ± 1.3 mm y -0.5 mm para moldes en uso. El diámetro de la abertura de la parte inferior deberá ser de 100.0 ± 0.5 mm para moldes nuevos y de 1.3 mm y -0.5 mm para moldes en uso. Las superficies de la base y la parte superior deberán ser paralelas y perpendiculares al eje vertical del cono. El molde deberá tener un espesor mínimo de pared de 5 mm. La parte exterior del borde superior del molde deberá tener una forma tal que proporcione una elevación conveniente del molde.

✓ Calibrador¹⁴⁸

Consiste en una mandíbula fija y una mandíbula móvil a lo largo de una escala permanente, se

¹⁴⁶ Las características para el eje vertical, la leva y el marco de apoyo de la mesa de fluidez se especifican en la norma ASTM C 230/C 230M - 03, "Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico".

¹⁴⁷ Fuente: norma ASTM C 778-02, "Especificación Estándar para la Arena Estándar".

¹⁴⁸ Fuente: norma ASTM C 1437-07, "Método de Ensayo Estándar para la Fluidez del Mortero de Cemento Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección		PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)
		Código:	ME-005-018
		Versión:	0
		Página:	3/7
		Fecha de aprobación:	

proporciona para medir el diámetro del mortero después de que este ha sido esparcido por la operación de la mesa. La escala deberá estar dividida en 40 incrementos de 4.0 mm, con líneas de división principal cada 5 divisiones y el número de incremento cada 10 divisiones. La construcción y la precisión del calibrador debe ser tal que la distancia entre las mandíbulas deberá ser de $100 \pm 0.25\text{mm}$ cuando el indicador esté en cero.

✓ Tazón¹⁴⁹

El tazón de mezclado extraíble tendrá una capacidad nominal de 4.73 L, deberá ser de la forma general y ajustarse a las dimensiones límite mostradas en la Figura N° 18 y deberá ser de acero inoxidable. El tazón deberá estar equipado de tal manera que se sujete al aparato de mezclado y se mantenga fijo durante el procedimiento de mezclado. Se deberá disponer de una tapa, hecha de un material no absorbente y que no sea atacada por el cemento.

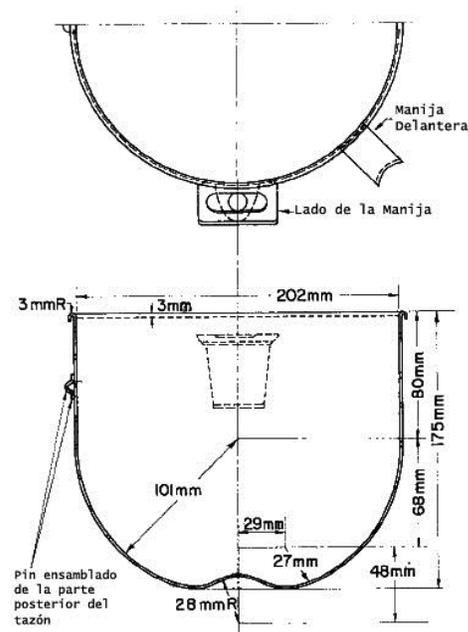


Figura N° 18. Tazón Mezclador

✓ Mezclador¹⁴⁹

¹⁴⁹ Fuente: norma ASTM C305-99, "Practica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)	

El mezclador deberá ser un mezclador mecánico de accionamiento eléctrico del tipo epicicloidal, que imparta los movimientos del tipo orbital y rotatorio para el mezclado con la paleta. El mezclador deberá tener un mínimo de dos velocidades, controlada por medios mecánicos exactos (el ajuste del reóstato de velocidad no será aceptable). La primera, o baja velocidad, girará la paleta a una velocidad de 140 ± 5 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 62 r/min. La segunda velocidad girará la paleta a una velocidad de 285 ± 10 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 125 r/min. El motor eléctrico será de al menos 124 W (1/6 hp). El mezclador deberá estar equipado con un tornillo de ajuste que será parte integrante del mezclador o una ménsula para el ajuste del espacio libre, que proveerá un espacio libre entre el extremo inferior de la paleta y el fondo del recipiente, y que no será superior a 2.5 mm ni inferior a 0.8 mm cuando el tazón se encuentre en la posición de mezclado.

✓ Paleta¹⁵⁰

La paleta será fácilmente desmontable, de acero inoxidable, y se ajustarán al diseño básico de la Figura N° 19. Las dimensiones de la paleta deberán ser tal que cuando en la posición de mezclado el perfil de paleta se ajuste al contorno del tazón utilizado en la mezcla, y el espacio libre entre los puntos correspondientes del borde de la paleta y los lados del tazón en la posición más cercana será de aproximadamente 4.0 mm pero no inferior a 0.8 mm.

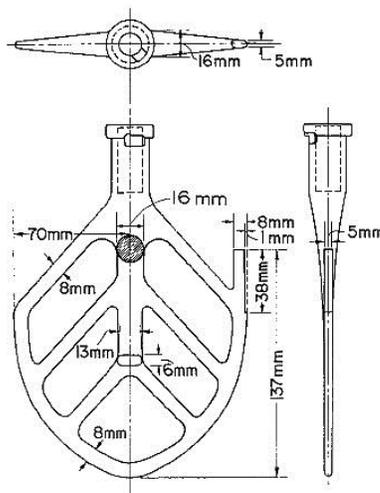


Figura N° 19. Paleta

¹⁵⁰ Fuente: norma ASTM C305-99, "Practica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)	Código: ME-005-018 Versión: 0 Página: 5/7 Fecha de aprobación:	

✓ Rapador¹⁵⁰

El raspador deberá consistir en una lámina de caucho semirrígida sujeta a un mango de unos 150 mm de largo. La hoja deberá ser de aproximadamente 75 mm de largo, 50 mm de ancho, y cónico con un borde delgado alrededor de 2 mm de espesor.

✓ Apisonador¹⁵¹

Deberá ser no absorbente, no abrasivo, no quebradizo semejante a un material compuesto de caucho que tenga una dureza Shore A de 80 ± 10 , o de madera de roble no absorbente tratada por inmersión en parafina durante 15 minutos a aproximadamente 200°C , el cual tendrá una sección transversal de aproximadamente 13 por 25 mm y una longitud conveniente de unos 120 a 150 mm. La cara de apisonado deberá ser plana y perpendicular a la longitud del apisonador.

✓ Cuarto de mezcla¹⁵²

La temperatura para el cuarto de mezcla en las proximidades de la loseta, moldes y placas bases se deberá mantener entre $23.0 \pm 4.0^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa no menor al 50%. Mientras que la temperatura del agua de mezclado utilizada para la preparación de la pasta y morteros de cemento del espécimen deberá de mantenerse entre $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$.

- ✓ Llana con una hoja de acero
- ✓ Regla de acero

Equipo Misceláneo:

- ✓ Cronómetro o reloj
- ✓ Franela
- ✓ Guantes de hule
- ✓ Espátula
- ✓ Recipientes graduados
- ✓ Aceite o lubricante aerosol
- ✓ Lentes
- ✓ Termómetro

¹⁵¹ Fuente: norma ASTM C109/C109M-08, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Especímenes Cúbicos de 2-pulg o [50-mm])."

¹⁵² Fuente: norma ASTM C511-03, "Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico."

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-018</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>6/7</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-018	Versión:	0	Página:	6/7
Código:	ME-005-018									
Versión:	0									
Página:	6/7									
Fecha de aprobación:										

- ✓ Probetas graduadas para medir el agua de mezcla

Procedimiento

1. Prepare el proporcionamiento de los componentes del mortero que se realizara.
2. Prepare las partes del equipo de mezclado eléctrico.
3. La temperatura del cuarto de mezcla, los materiales secos, la paleta y el tazón se deberán mantener entre 23.0 ± 4.0 °C y con una humedad relativa no menor al 50%.
4. Coloque la paleta y el tazón secos en posición de mezclado en el mezclador.
5. Agregue toda el agua de mezcla en el tazón.¹⁵³
6. Agregue el cemento al agua.
7. Encienda el mezclador y mezcle a una velocidad baja de 140 ± 5 r/min durante 30 segundos.
8. Añada la cantidad total de arena lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se mezcla a velocidad baja.
9. Detenga el mezclador, cambie a una velocidad media de 285 ± 10 r/min, y mezcle durante los siguientes 30 segundos.
10. Detenga el mezclador y deje reposar la mezcla durante 1 ½ minutos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo de tiempo, de forma rápida, raspé dentro de la parte baja cualquier mortero de la bachada que se pueda haber acumulado en los lados del tazón; y luego cubra el tazón con la tapa para el resto de este intervalo de tiempo.
11. Finalice mezclando durante 1 minuto a una velocidad media de 285 ± 10 r/min.¹⁵⁴
12. Retire la paleta de la maquina mezcladora.
13. Retire el tazón de ensayo de la maquina mezcladora.
14. Limpie cuidadosamente la mesa de fluidez hasta dejarla seca y limpia.
15. Coloque el molde de fluidez en el centro.
16. Coloque una capa de mortero de unos 25 mm de espesor en el molde y apisona 20 veces con el apisonador. La presión de apisonamiento deberá ser apenas suficiente para garantizar un nivel uniforme de llenado del molde.
17. Llene el molde con mortero y apisona como lo especificado para la primera capa.
18. Enrase el mortero dejando una superficie plana en la parte superior del molde, utilizando la regla o el borde de la paleta con un movimiento de "zigzag".
19. Limpie la parte superior de la mesa hasta que esté limpia y seca, teniendo especial cuidado en eliminar el agua alrededor del borde del molde de fluidez.

¹⁵³ La temperatura del agua de mezcla deberá ser de 23 °C \pm 2 °C.

¹⁵⁴ En algún caso que se requiera un intervalo de remezclado, cualquier mortero adherido a un lado del tazón deberá ser raspado rápidamente dentro de la parte inferior de la bachada con el raspador, antes del remezclado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C 1437 – 07)	

20. Levante el molde de fluidez que contiene el mortero 1 minuto después de completar la operación de mezclado.
21. Deje caer inmediatamente la mesa de fluidez 25 veces en 15 segundos, a menos que se especifique lo contrario.
22. Mida el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa.
23. Si se aplica otro método como lo es el uso de otro calibrador, registre cada diámetro como el número de divisiones del calibrador estimado a una décima parte de una división. Midiendo el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa y registrando cada diámetro al milímetro próximo.

Cálculos

Si se usa el calibrador, agregue las cuatro lecturas y registre el total. Esto da la fluidez en porcentaje.

$$F, \% = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

Dónde:

$F = \% \text{ de Fluidez}$

L_1, L_2, L_3 y $L_4 =$ Lecturas del diámetro del mortero, tomadas a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa de fluidez.

Si se utiliza algún otro calibrador, calcular la fluidez, en porcentaje, dividiendo "A" por el diámetro interior original de la base, en milímetros, y multiplicando por 100. Donde "A" es el promedio de cuatro lecturas en milímetros, menos el diámetro interior original de la base en milímetros.

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{A}{\text{Diametroinicial}} \times 100 = \frac{\text{Diametropromediofinal} - \text{Diametroinicial}}{\text{Diametroinicial}} \times 100$$

Reporte

Reporte la fluidez al 1% más cercano.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"															
Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA FLUIDEZ DEL MORTERO (Basado en ASTM C1437-07)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Código:</td> <td>FOR-005-018</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/1</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	FOR-005-018	Versión:	0	Página:	1/1	Fecha de Aprobación:							
Código:	FOR-005-018															
Versión:	0															
Página:	1/1															
Fecha de Aprobación:																
Cliente: _____ N° de Informe: _____ Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____ Tipo de cemento: _____ Procedencia de la arena: _____ Relación a/c: _____																
Determinación de la Fluidéz mediante la utilización del calibrador especificado																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Lectura de los Diámetros del Mortero</th> <th>Valores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">L₁</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₂</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₃</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₄</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">% de Fluidéz = L₁ + L₂ + L₃ + L₄</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Lectura de los Diámetros del Mortero	Valores	L ₁		L ₂		L ₃		L ₄		% de Fluidéz = L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄			
Lectura de los Diámetros del Mortero	Valores															
L ₁																
L ₂																
L ₃																
L ₄																
% de Fluidéz = L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄																
Determinación de la Fluidéz mediante la utilización de otro calibrador																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Lectura de los Diámetros del Mortero</th> <th>Valores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">L₁</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₂</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₃</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₄</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">% de Fluidéz = (L₁ + L₂ + L₃ + L₄)/4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> <td style="width: 50%;"> Diámetro inicial: _____ $\% \text{ de Fluidéz} = \frac{\text{Diámetro promedio final} - \text{Diámetro inicial}}{\text{Diámetro inicial}} \times 100$ % de Fluidéz: _____ </td> </tr> </table>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Lectura de los Diámetros del Mortero</th> <th>Valores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">L₁</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₂</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₃</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₄</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">% de Fluidéz = (L₁ + L₂ + L₃ + L₄)/4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Lectura de los Diámetros del Mortero	Valores	L ₁		L ₂		L ₃		L ₄		% de Fluidéz = (L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄)/4		Diámetro inicial: _____ $\% \text{ de Fluidéz} = \frac{\text{Diámetro promedio final} - \text{Diámetro inicial}}{\text{Diámetro inicial}} \times 100$ % de Fluidéz: _____
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Lectura de los Diámetros del Mortero</th> <th>Valores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">L₁</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₂</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₃</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L₄</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">% de Fluidéz = (L₁ + L₂ + L₃ + L₄)/4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Lectura de los Diámetros del Mortero	Valores	L ₁		L ₂		L ₃		L ₄		% de Fluidéz = (L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄)/4		Diámetro inicial: _____ $\% \text{ de Fluidéz} = \frac{\text{Diámetro promedio final} - \text{Diámetro inicial}}{\text{Diámetro inicial}} \times 100$ % de Fluidéz: _____			
Lectura de los Diámetros del Mortero	Valores															
L ₁																
L ₂																
L ₃																
L ₄																
% de Fluidéz = (L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄)/4																
Observaciones: _____ _____ _____																
* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO* * EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO* * MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO* * EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*																
_____ Jefe de Laboratorio																
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:														

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
HECHURA DE CUBOS DE
MORTEROS
(BASADO EN ASTM C109/C109M-
08)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-019 Versión: 0 Página: 1/13 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre la hechura de especímenes cúbicos de 50 mm de mortero de cemento hidráulico.

Definiciones

CEMENTO HIDRAULICO: un cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua, por ejemplo, el cemento portland y las partículas granuladas de escoria de alto horno son cementos hidráulicos.

MORTERO DE CEMENTO HIDRAULICO: es una mezcla de arena y/o cal, cemento y agua, que se endurece después de su uso. Se usa para unir los ladrillos, piedras o bloques de edificios o como un yeso.

MOLDES CUBICOS: moldes contruidos de un metal duro el cual no se atasca por el mortero, con unas dimensiones de 50 mm, los cuales tienen tres o más compartimentos que se separan en dos partes

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico mediante la hechura y ensayo de especímenes cúbicos de cemento hidráulico. Los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones.

Materiales y Equipo

A continuación se presentan algunas especificaciones de los materiales a utilizar en la hechura de especímenes de mortero de cemento, de los cuales la *arena estándar graduada* y la dosificación del *mortero* serán utilizados en los ensayos cuyo objetivo sea conocer las propiedades un tipo de cemento en específico, sin embargo el procedimiento mostrado en esta guía de laboratorio podrá ser utilizado para la hechura de especímenes de mortero independientemente del diseño de mezcla que este posea.

Materiales:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-019 Versión: 0 Página: 2/13 Fecha de aprobación:	

✓ Arena Estándar Graduada¹⁵⁵

La arena deberá cumplir los requisitos de la Tabla N° 28 con respecto a la calificación, la fuente de arena, y la ausencia de las características no deseadas del inductor de aire.

Tabla N° 28. Requerimientos de la Arena Estándar

Características	Arena 20 - 30	Arena Calificada
Clasificación, porcentaje que pasa el tamiz:		
1.18 mm (No. 16)	100	100
850 µm (No. 20)	85 a 100	
600 µm (No. 30)	0 a 5	96 a 100
425 µm (No. 40)		65 a 75
300 µm (No. 50)		20 a 30
150 µm (No. 100)		0 a 4
Diferencia en el contenido de aire de los morteros hechos con arena lavada y sin lavar, máximo, % de aire ^A	2.0	1.5 ^B
Procedencia de la Arena	Ottawa, IL o LeSuer, MN	Ottawa, IL

^A Esta determinación es necesaria cuando la contaminación de la arena se sospecha como se explica en el punto 8.1 de la norma ASTM C 778.

^B La Resistencia a la Compresión del Método de Ensayo C109/C109M del mortero hecho con la Especificación C150 o C595 de cemento se reducirá en aproximadamente un 4 % por cada porcentaje de aire en el cubo compactado. Sin embargo, como muchos para tres lotes de arena lavada y tres sin lavar puede ser necesaria para detectar con fiabilidad la diferencia en la resistencia del 7% entre los morteros de arena lavada y sin lavar.

✓ Mortero¹⁵⁶

Las proporciones de los materiales del mortero estándar deberán ser de 1 parte de cemento por 2.75 partes por peso de arena estándar graduada. Utilice una relación de agua/cemento de 0.485 para todos los cementos portland y 0.460 para todos los cementos Portland con inductor de aire. La cantidad de agua de mezclado para otros cementos que no sean cementos portland y cementos portland con inductor de aire, deberá de ser tal que produzca una fluidez de 110 ± 5 y deberá ser expresada como un porcentaje en peso del cemento. Las cantidades de materiales a ser mezclados de una vez en un lote de mortero para hacer seis y nueve especímenes de ensayo

¹⁵⁵ Fuente: norma ASTM C 778-02, "Especificación Estándar para la Arena Estándar".

¹⁵⁶ Fuente: norma ASTM C109/C109M-08, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-019</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/13</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-019	Versión:	0	Página:	3/13
Código:	ME-005-019								
Versión:	0								
Página:	3/13								
Fecha de aprobación:									

serán las siguientes:

Tabla N° 29. Cantidad de materiales para hechura de cubos de mortero

	Numero de Especímenes	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035
Agua, mL		
Portland (0.485)	242	359
Incluser de aire Portland (0.460)	230	340
Otros (con una fluidez de 110 ± 5)	...	...

- ✓ Agua
- ✓ Cal
- ✓ Cemento
- ✓ Parafina, cera microcristalina o una mezcla de parafina con resina como sellador¹⁵⁷

Equipo Principal:

- ✓ Probetas Graduadas¹⁵⁸

Serán de las capacidades adecuadas (de preferencia lo suficientemente grandes como para medir el agua de mezcla en una sola operación) que indique el volumen a una temperatura de 20 °C. La variación permitida será de ± 2 ml. Las graduaciones deberán estar subdivididas al menos en 5 ml, excepto en las líneas iniciales, las cuales podrán omitirse en los primeros 10 ml para las probetas de 250 ml y en los primeros 25 ml para las probetas de 500 ml. Las líneas de graduación principales serán circulares y numeradas. Las líneas de menor graduación se extenderán por lo menos un séptimo del perímetro, y las líneas de graduación intermedia se extenderán por lo menos una quinta parte del perímetro.

- ✓ Moldes para los Especímenes¹⁵⁸

Los moldes podrán tener más de tres compartimentos y no podrán separarse en más de dos partes. Serán cúbicos de 50 mm. Las partes de los moldes una vez ensambladas se mantendrán

¹⁵⁷ Opcionalmente, un sellador hermético de pasta de petróleo está permitido para sujetar los moldes.

¹⁵⁸ Fuente: norma ASTM C109/C109M-08, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	

unidas.

✓ Raspador¹⁵⁹

El raspador se compondrá de una lámina de goma semirrígida sujeta a un mango de 150 mm de largo. La hoja será de aproximadamente 75 mm de largo, 50 mm de ancho, y cónico con un borde delgado alrededor de 2 mm de espesor.

✓ Tazón Mezclador¹⁵⁹

El tazón de mezclado extraíble tendrá una capacidad nominal de 4.73 L, deberá ser de la forma general y ajustarse a las dimensiones límite mostradas en la Figura N° 20 y deberá ser de acero inoxidable. El tazón deberá estar equipado de tal manera que se sujete al aparato de mezclado y se mantenga fijo durante el procedimiento de mezclado. Se deberá disponer de una tapa, hecha de un material no absorbente y que no sea atacada por el cemento.

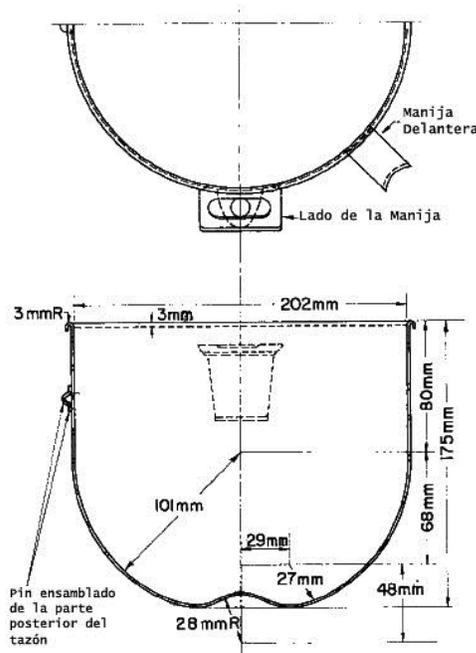


Figura N° 20. Tazón Mezclador

¹⁵⁹ Fuente: norma ASTM C 305-99, "Practica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	

✓ Mezclador¹⁶⁰

El mezclador deberá ser un mezclador mecánico de accionamiento eléctrico del tipo epicicloidal, que imparta los movimientos del tipo orbital y rotatorio para el mezclado con la paleta. El mezclador deberá tener un mínimo de dos velocidades, controlada por medios mecánicos exactos (el ajuste del reóstato de velocidad no será aceptable.) La primera, o baja velocidad, girará la paleta a una velocidad de 140 ± 5 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 62 r/min. La segunda velocidad girará la paleta a una velocidad de 285 ± 10 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 125 r/min. El motor eléctrico será de al menos 124 W (1/6 hp). El mezclador deberá estar equipado con un tornillo de ajuste que será parte integrante del mezclador o una ménsula para el ajuste del espacio libre, que proveerá un espacio libre entre el extremo inferior de la paleta y el fondo del recipiente, y que no será superior a 2.5 mm ni inferior a 0.8 mm cuando el tazón se encuentre en la posición de mezclado.

✓ Paleta¹⁶⁰

La paleta será fácilmente desmontable, de acero inoxidable, y se ajustarán al diseño básico de la Figura N° 21. Las dimensiones de la paleta deberán ser tal que cuando en la posición de mezclado el perfil de paleta se ajuste al contorno del tazón utilizado en la mezcla, y el espacio libre entre los puntos correspondientes del borde de la paleta y los lados del tazón en la posición más cercana será de aproximadamente 4.0 mm pero no inferior a 0.8 mm.

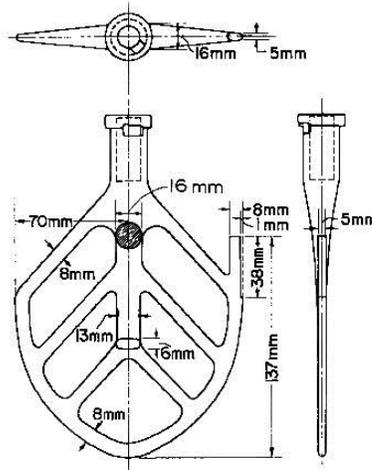


Figura N° 21. Paleta

¹⁶⁰ Fuente: norma ASTM C 305-99, "Practica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código:		ME-005-019
Versión:		0	
Página:		6/13	
Fecha de aprobación:			

✓ Calibrador¹⁶¹

Consiste en una mandíbula fija y una mandíbula móvil a lo largo de una escala permanente, se proporciona para medir el diámetro del mortero después de que este ha sido esparcido por la operación de la mesa. La escala deberá estar dividida en 40 incrementos de 4.0 mm, con líneas de división principal cada 5 divisiones y el número de incremento cada 10 divisiones. La construcción y la precisión del calibrador debe ser tal que la distancia entre las mandíbulas deberá ser de 100 ± 0.25 mm cuando el indicador esté en cero.

✓ Apisonador¹⁶²

Deberá ser no absorbente, no abrasivo, no quebradizo semejante a un material compuesto de caucho que tenga una dureza Shore A de 80 ± 10 , o de madera de roble no absorbente tratada por inmersión en parafina durante 15 minutos a aproximadamente $200 \text{ }^\circ\text{C}$, el cual tendrá una sección transversal de aproximadamente 13 por 25 mm y una longitud conveniente de unos 120 a 150 mm. La cara de apisonado deberá ser plana y perpendicular a la longitud del apisonador.

✓ Mesa de Fluidez¹⁶³

La mesa de fluidez estará compuesta por un marco de acero rígido de una sola pieza y una mesa circular rígida con un diámetro en la parte superior de 255 ± 2.5 mm, con un eje perpendicular unido a la superficie de la mesa por medio de una rosca. La parte superior de la mesa y el eje de contacto con el hombro deberá ser montado sobre un marco de tal manera que este pueda subir y caer verticalmente a través de la altura especificada de 12.7 ± 0.13 mm para mesas nuevas y de 12.7 ± 0.38 mm para mesas en uso, por medio de una leva giratoria. La parte superior de la mesa deberá tener una superficie maquinada plana y fina, libre de sopladuras y defectos superficiales. La parte superior deberá ser marcada con ocho líneas equidistantes de 68 mm de largo, extendiéndose desde la circunferencia exterior hacia el centro de la mesa. Cada línea terminará en un arco marcado, de 6 mm de largo, cuyo punto central es el centro de la mesa con un radio de 59.5 mm. Las líneas marcadas deberán hacerse con una herramienta de 60° a una profundidad de 0.25 mm. La parte superior de la mesa deberá ser de bronce fundido o de bronce con un número de dureza Rockwell no inferior a 25 HRB, con un espesor en los bordes de 7.5 mm, y deberá tener seis costillas rígidas radiales. La parte superior de la mesa y el

¹⁶¹ Fuente: norma ASTM C 1437-07, "Método de Ensayo Estándar para la Fluidez del Mortero de Cemento Hidráulico".

¹⁶² Fuente: norma ASTM C 109/C109M-08, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])".

¹⁶³ Fuente: norma ASTM C 230/C230-03, "Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código:		ME-005-019
Versión:		0	
Página:		7/13	
Fecha de aprobación:			

eje acoplado deberán pesar 4.08 ± 0.05 kg y el peso deberá estar distribuido simétricamente alrededor del centro del eje.¹⁶⁴

✓ Molde de Fluidez¹⁶⁵

El molde cónico para el moldeado del espécimen de fluidez deberá ser de bronce o latón. El número de dureza Rockwell del metal no deberá ser inferior a 25 HRB. La altura del molde deberá ser 50.0 ± 0.5 mm. El diámetro de la abertura superior deberá ser de 70.0 ± 0.5 mm para moldes nuevos y de 70.0 ± 1.3 mm y -0.5 mm para moldes en uso. El diámetro de la abertura de la parte inferior deberá ser de 100.0 ± 0.5 mm para moldes nuevos y de 1.3 mm y -0.5 mm para moldes en uso. Las superficies de la base y la parte superior deberán ser paralelas y perpendiculares al eje vertical del cono. El molde deberá tener un espesor mínimo de pared de 5 mm. La parte exterior del borde superior del molde deberá tener una forma tal que proporcione una elevación conveniente del molde.

✓ Gabinete Húmedo o Cuarto Húmedo¹⁶⁶

El ambiente de un gabinete húmedo o cuarto húmedo deberá tener una temperatura de 23.0 ± 2.0 °C y una humedad relativa no menor de un 95%. La humedad en la atmósfera deberá estar saturada en la medida necesaria para garantizar que las superficies expuestas de todos los especímenes en almacenamiento, tendrán un aspecto húmedo y sensación húmeda en todo momento. Todos los gabinetes húmedos y cuartos húmedos deberán estar equipados con termómetros registradores. El termómetro registrador deberá ser calibrado por lo menos cada seis meses o cada vez que exista alguna duda sobre su precisión. Realice la verificación del termómetro de registro mediante la comparación de la lectura de la temperatura del termómetro de registro con la lectura de la temperatura de un termómetro de referencia durante la operación normal del gabinete húmedo o cuarto húmedo. El termómetro utilizado como termómetro de referencia deberá ser preciso y legible a 0.5 °C.

✓ Espátula o paleta¹⁶⁷

¹⁶⁴ Las especificaciones para eje vertical, la leva y el marco de apoyo de la mesa de fluidez se encuentran en la norma ASTM C 230/C 230M-03.

¹⁶⁵ Fuente: norma ASTM C 230/C 230M-03, "Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico".

¹⁶⁶ Fuente: norma ASTM C 511-03, "Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección	

Deberá tener una hoja de acero de 100 a 150 mm de longitud, con bordes rectos.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Balanza con aproximación de 0.1 g.
- ✓ Paño o franela
- ✓ Grasas o aceite como desmoldante
- ✓ Guantes de hule
- ✓ Recipientes de plástico o aluminio
- ✓ Termómetro
- ✓ Cuchara de albañil
- ✓ Cronómetro o reloj
- ✓ Lentes
- ✓ Tanque de almacenamiento para los especímenes cúbicos

Condiciones del Ambiente de Ensayo

La temperatura del aire en las proximidades de la plataforma de mezclado, los materiales, moldes, placas de base, tazón mezclador, agua de mezclado, gabinete húmedo o cuarto húmedo, y el agua en el tanque de almacenamiento deberán mantenerse a una temperatura de 23.0 ± 3.0 °C.

La humedad relativa del laboratorio no deberá ser menor de 50%.

Procedimiento

Preparación del Molde de los Especímenes

1. Elabore dos o tres especímenes de una bachada de mortero para cada edad de ensayo.
2. Aplique una capa delgada de un desmoldante en el interior de las caras del molde y de las placas no absorbentes, tal como aceite o grasa, usando una franela impregnada u otro medio adecuado.¹⁶⁸
3. Limpie las caras de los moldes y la base con una franela, tanto como sea necesario para remover algún exceso del desmoldante, y para lograr una capa delgada y pareja en la

¹⁶⁷ Fuente: norma ASTM C 109M/C 109M-08, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])".

¹⁶⁸ Cuando use un lubricante en aerosol, rocíe el desmoldante directamente en las caras del molde y la base, desde una distancia de 150 a 200 mm para lograr una cobertura completa.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-019 Versión: 0 Página: 9/13 Fecha de aprobación:	

superficie interior del molde.

4. Una y selle las superficies donde se unen las mitades de los moldes, por medio de la aplicación de una ligera capa de grasa. La cantidad deberá ser suficiente para permitir exudación cuando las dos mitades hayan sido apretadas.
5. Remueva algún exceso de grasa con una franela.
6. Licué el sellador calentándolo a una temperatura de entre 110 y 120 °C.¹⁶⁹
7. Una y Selle los moldes en su placa, aplicando el sellador líquido en la línea de contacto entre el molde y la placa base.¹⁷⁰

Mezclado Mecánico del Mortero

8. Prepare el proporcionamiento de los componentes del mortero que se realizara.
9. Prepare las partes del equipo del mezclado eléctrico.
10. La temperatura del cuarto de mezcla, los materiales secos, la paleta y el tazón se deberán mantener entre 23.0 ± 4.0 °C y con una humedad relativa no menor al 50%.
11. Coloque la paleta y el tazón secos en posición de mezclado en el mezclador.
12. Agregue toda el agua de mezcla en el tazón.¹⁷¹
13. Agregue el cemento al agua.
14. Encienda el mezclador y mezcle a una velocidad baja de 140 ± 5 r/min durante 30 segundos.
15. Añada la cantidad total de arena lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se mezcla a velocidad baja.
16. Detenga el mezclador, cambie a una velocidad media de 285 ± 10 r/min, y mezcle durante los siguientes 30 segundos.
17. Detenga el mezclador y deje reposar la mezcla durante 1 ½ minuto. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo de tiempo, de forma rápida, raspé dentro de la parte baja cualquier mortero de la bachada que se pueda haber acumulado en los lados del tazón; y luego cubra el tazón con la tapa para el resto de este intervalo de tiempo.
18. Finalice mezclando durante 1 minuto a una velocidad media de 285 ± 10 r/min.¹⁷²
19. Retire la paleta de la maquina mezcladora.
20. Retire el tazón de ensayo de la maquina mezcladora.

¹⁶⁹ Cera de parafina es permitida como un sellador en las abrazaderas de los moldes en la placa base.

¹⁷⁰ Use como sellador parafina, cera microcristalina o una mezcla de tres partes por peso de parafina por cinco partes por peso de resina.

¹⁷¹ La temperatura del agua de mezcla deberá ser de $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$.

¹⁷² En algún caso que se requiera un intervalo de remezclado, cualquier mortero adherido a un lado del tazón deberá ser raspado rápidamente dentro de la parte inferior de la bachada con el raspador, antes del remezclado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección	

Determinación de la Fluidez

21. Limpie cuidadosamente la mesa de fluidez hasta dejarla seca y limpia.
22. Coloque el molde de fluidez en el centro.
23. Coloque una capa de mortero de unos 25 mm de espesor en el molde y apisonese 20 veces con el apisonador. La presión de apisonamiento deberá ser apenas suficiente para garantizar un nivel uniforme de llenado del molde.
24. Llene el molde con mortero y apisonese como lo especificado para la primera capa.
25. Enrase el mortero dejando una superficie plana en la parte superior del molde, utilizando la regla o el borde de la paleta con un movimiento de "zigzag".
26. Limpie la parte superior de la mesa hasta que esté limpia y seca, teniendo especial cuidado en eliminar el agua alrededor del borde del molde de fluidez.
27. Levante el molde de fluidez que contiene el mortero 1 minuto después de completar la operación de mezclado.
28. Deje caer inmediatamente la mesa de fluidez 25 veces en 15 segundos, a menos que se especifique lo contrario.
29. Mida el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa.
30. Si se aplica otro método como lo es el uso de otro calibrador, registre cada diámetro como el número de divisiones del calibrador estimado a una décima parte de una división. Midiendo el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa y registrando cada diámetro al milímetro próximo.

$$F, \% = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

Dónde:

F = % de Fluidez

L_1, L_2, L_3 y L_4 = Lecturas del diámetro del mortero, tomadas a lo largo de las cuatro líneas marcadas en la parte superior de la mesa de fluidez.

31. Si se utiliza algún otro calibrador, calcular la fluidez, en porcentaje, dividiendo "A" por el diámetro interior original de la base, en milímetros, y multiplicando por 100. Donde "A" es el promedio de cuatro lecturas en milímetros, menos el diámetro interior original de la base en milímetros.

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{A}{\text{Diametroinicial}} \times 100 = \frac{\text{Diametropromediofinal} - \text{Diametroinicial}}{\text{Diametroinicial}} \times 100$$

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-019 Versión: 0 Página: 11/13 Fecha de aprobación:	

32. Reporte el valor de la fluidez al 1% más cercano.¹⁷³
33. Transfiera el mortero de la mesa de fluidez al tazón de mezclado.
34. Limpie rápidamente los lados del tazón y transfiera el mortero que ha sido colectado en los lados de ella.
35. Remezcle el lote entero por 15 segundos a una velocidad media de 285 ± 10 r/min. Una vez completado el mezclado, la paleta mezcladora deberá ser sacudida para remover el exceso de mortero dentro del tazón de mezclado.

Nota: Cuando un lote duplicado es realizado inmediatamente para especímenes adicionales, el ensayo de fluidez puede ser omitido y al mortero admitido se le dejará en el tazón mezclador por 90 segundos sin cubrirse. Durante los últimos 15 segundos de este intervalo, rápidamente se limpiarán los lados del tazón y se transferirá a la bachada del mortero que fue colectado de los lados del tazón. Después vuelva a mezclar por 15 segundos a velocidad media.

*Moldeado de Especímenes de Ensayo*¹⁷⁴

36. Inicie el moldeado de los especímenes dentro de un tiempo total de no más de 2 minutos y 30 segundos después de haber completado el mezclado original de la muestra del mortero.
37. Coloque una capa de mortero de aproximadamente 25 mm (aproximadamente a la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos cúbicos.
38. Apisone la primer capa de mortero en cada compartimento cubico 32 veces, repartidas en 4 rondas en aproximadamente 10 segundos, cada ronda será en ángulo recto a la anterior y consistirá de ocho golpes adjuntos sobre la superficie del espécimen.
39. La presión del apisonado deberá ser lo suficientemente justa para asegurar un llenado uniforme de los moldes.¹⁷⁵

¹⁷³ En el caso de otros cementos que no sean cementos Portland o cementos Portland con inclusor de aire, haga morteros de prueba con porcentajes diferentes de agua hasta que la fluidez especificada sea obtenida.

¹⁷⁴ En la norma ASTM C109 se especifican los requisitos para la realización del moldeado de los especímenes mediante otro método alternativo.

¹⁷⁵ Las 4 rondas de apisonado (32 golpes) del mortero deberán ser completadas en un cubo antes de ir al siguiente.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código:		ME-005-019
Versión:		0	
Página:		12/13	
Fecha de aprobación:			

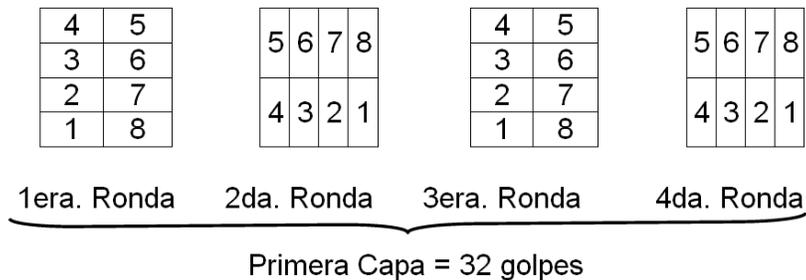


Figura N° 22. Distribución de los golpes de apisonado en los moldes.

40. Llene los compartimentos con el mortero restante y entonces haga el apisonado de la segunda capa como se especificó para el apisonamiento de la primera capa.
41. Introduzca manualmente durante el apisonado, el mortero que trata de salirse de la parte superior del molde después de cada ronda de apisonado y antes de comenzar la siguiente.

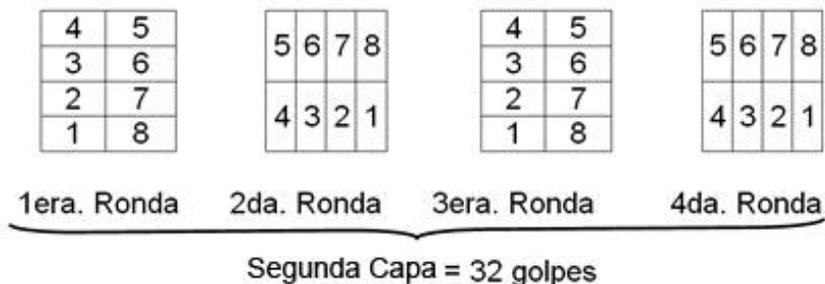


Figura N° 23. Distribución de los golpes de apisonado en los moldes.

42. Extienda ligeramente el mortero sobre la parte superior de todos los cubos, al terminar el apisonado.
43. Incorpore el mortero que se ha salido en la parte superior del molde, con la cuchara de albañil y suavice los cubos pasando el lado plano de la cuchara ligeramente, con el mango elevado, una sola vez sobre la parte superior del cubo en ángulo recto respecto a la longitud del molde.
44. Luego, con el propósito de nivelar el mortero y hacer que el mortero que sobresale de la parte superior del molde logre un espesor más uniforme, pase el lado plano de la cuchara (con el mango ligeramente levantado) ligeramente una vez a lo largo de la longitud del molde.
45. Corte el mortero para lograr una superficie plana en la parte superior del molde pasando el extremo recto de la cuchara sosteniéndolo casi perpendicular al molde con un movimiento de "zigzag" sobre la longitud de este.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA HECHURA DE CUBOS DE MORTEROS (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-019 Versión: 0 Página: 13/13 Fecha de aprobación:	

46. Limpiar del molde el mortero sobrante que ha quedado en sus alrededores para evitar cualquier obstrucción o impedimento de este, al desamoldar.

Almacenamiento de los Especímenes de Ensayo

47. Coloque los especímenes de ensayo en el gabinete húmedo o cuarto húmedo.
 48. Mantenga inmediatamente después del moldeado, todos los especímenes de ensayo en los moldes con su base dentro del gabinete húmedo o cuarto húmedo entre 20 y 72 horas, con la superficie superior expuesta al aire húmedo pero protegida por goteo de agua.
 49. Extraiga los especímenes cúbicos en los moldes del gabinete o cuarto húmedo.
 50. Llene de agua con cal el tanque de almacenamiento para los especímenes cúbicos.
 51. Retire los especímenes del molde.¹⁷⁶
 52. Sumerja los especímenes dentro de agua saturada con cal.
 53. Mantenga el agua de almacenamiento limpia cambiándola cuando sea requerida, hasta el día del ensayo.

Almacenamiento de los Especímenes de Ensayo para 24 horas

54. Coloque los especímenes de ensayo en el gabinete o cuarto húmedo.
 55. Manténgalos en los estantes del el gabinete o cuarto húmedo hasta que alcancen las 24 horas.

Tolerancia de tiempo permisible prescrita para el ensayo a compresión de los especímenes

A continuación se presenta las tolerancias de tiempo permisible para los especímenes de ensayo a compresión, en base a la fecha de ensayo establecida, para que sean consideradas al momento de la extracción del almacenamiento de estos para su posterior ensayo a compresión.

Edad del Ensayo	Tolerancia Permisible
24 horas	± ½ horas
3 días	± 1 horas
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

¹⁷⁶El agua de almacenamiento deberá poseer una temperatura de 23 ± 2 °C.

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL MÉTODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
COMPRESIÓN DE CUBOS DE
MORTERO
(BASADO EN ASTM C109/C109M-
08)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-020 Versión: 0 Página: 1/4 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico, utilizando especímenes cúbicos de 50 mm.¹⁷⁷

Definiciones

MORTERO DE CEMENTO HIDRAULICO: es una mezcla de arena y/o cal, cemento y agua, que se endurece después de su uso. Se usa entre los ladrillos, piedras o bloques de edificios o como un yeso.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Resistencia máxima que un espécimen mortero puede resistir cuando es cargada axialmente a compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como Megapascal (MPa) o libra por pulgada cuadrada (lb/pulg² o psi).

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico mediante la hechura y ensayo de especímenes cúbicos de cemento hidráulico. Los resultados pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento con las especificaciones.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Especímenes cúbicos de mortero de cemento hidráulico.

Equipo Principal:

- ✓ Máquina de Ensayo¹⁷⁸

¹⁷⁷ El método de ensayo C349 establece un procedimiento alternativo para la determinación de la resistencia a la compresión (pero no debe ser utilizado como ensayo de aceptación).

¹⁷⁸ Fuente: norma ASTM C109/C109M-08, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando especímenes cúbicos de 2-pulg o [50-mm])".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-020 Versión: 0 Página: 2/4 Fecha de aprobación:	

La máquina de ensayo podrá ser hidráulica o tipo tornillo, con abertura suficiente entre la superficie de soporte superior y la superficie de soporte inferior de la máquina para que permita el uso de aparatos de verificación. La carga aplicada al espécimen de ensayo se indicará con una precisión de $\pm 1.0\%$. Si la carga aplicada por la máquina de compresión se registra en un dial, el dial estará provisto con una escala graduada en la que se puedan leer por lo menos con una precisión del 0.1% de la escala total de carga. El dial se podrá leer dentro del 1% de la carga indicada en cualquier nivel de carga dada, dentro del rango de esta. En ningún caso se aceptará que el rango de carga de un dial incluya valores de carga menores a 100 veces el cambio más pequeño de la carga que se puede leer en la escala. La escala deberá estar numerada y provista de una línea de graduación igual a cero. La aguja del dial tendrá una longitud suficiente para alcanzar las marcas de graduación, y el ancho del final de la aguja no deberá exceder la distancia libre entre la menor graduación. Cada dial deberá estar equipado con un dispositivo para ajustarlo a cero que deberá ser fácilmente accesible desde el exterior de la caja del dial, y con un dispositivo adecuado que en todo momento se pueda reiniciar, el cual deberá indicar la carga máxima aplicada al espécimen con una precisión de 1% .

Equipo Misceláneo:

- ✓ Pie de rey o regla metálica
- ✓ Franela
- ✓ Lija fina
- ✓ Balanza con aproximación de 0.1 g.
- ✓ Escuadra para revisión de los especímenes

Procedimiento

1. Verifique la tolerancia de tiempo permisible prescrita para el ensayo a compresión de los especímenes, en base a la fecha de ensayo.

Edad del Ensayo	Tolerancia Permissible
24 horas	$\pm \frac{1}{2}$ horas
3 días	± 1 horas
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

2. Remueva del agua de almacenamiento los especímenes cúbicos.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO (Basado en ASTM C109/C109M-08)	Código: ME-005-020 Versión: 0 Página: 3/4 Fecha de aprobación:	

3. Si más de un espécimen a la vez es removido del agua de almacenamiento para el ensayo, mantenga estos especímenes en agua a una temperatura de 23 ± 2 °Cy con una suficiente profundidad para lograr la completa inmersión de cada espécimen hasta el momento del ensayo.
4. Para el caso de los especímenes de 24 horas extraiga del gabinete húmedo o cuarto húmedo y remueva del molde.
5. Si más de un espécimen a la vez es removido del gabinete húmedo para el ensayo de 24 horas, mantenga estos especímenes cubiertos con una franela húmeda hasta el momento del ensayo.
6. Limpie cada espécimen para obtener condiciones de superficie seca.
7. Remueva algún grano de arena flojo o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los soportes de la máquina de ensayo.
8. Revise las caras con una escuadra. Si existe curvatura apreciable, lime la cara o caras para lograr una superficie plana o descarte el espécimen.¹⁷⁹
9. Realizar una revisión periódica del área de la sección transversal de los especímenes.
10. Mida ambos lados del espécimen, y registre los valores como L_1 y L_2 .
11. Mida la altura del espécimen y registre el valor como altura.
12. Pese el espécimen en una balanza y anote el resultado en gramos.
13. Coloque cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo bajo el centro del soporte superior de la máquina de ensayo.
14. Asegúrese que el soporte del asiento esférico se pueda mover libremente.¹⁸⁰
15. Acerque el soporte esférico hasta lograr un contacto uniforme con la superficie del espécimen.¹⁸¹
16. Aplique la velocidad de la carga a una velocidad relativa del movimiento entre las placas superior e inferior, correspondiente a una carga sobre el espécimen en el rango de 900 a 1800 N/s.
17. Obtenga esta velocidad del movimiento de la placa durante la primera mitad de la carga máxima anticipada y no haga ajustes en la velocidad del movimiento de la placa durante la siguiente mitad de la carga, especialmente mientras el cubo está próximo a la rotura.
18. Anote el valor de la carga máxima total.

¹⁷⁹ Se obtendrán resultados muy inferiores a las verdaderas resistencias al cargar las caras de los especímenes que no son verdaderamente superficies planas. En el caso de tener que raspar las caras de especímenes, deberá de hacerse raspando el espécimen con una lija fina, usando solamente una presión moderada.

¹⁸⁰ No use soportes o materiales de relleno.

¹⁸¹ Es aconsejable aplicar únicamente una ligera capa de aceite mineral ligero de buena calidad en el asiento esférico del soporte superior.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO (Basado en ASTM C109/C109M-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-020</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/4</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-020	Versión:	0	Página:	4/4
Código:	ME-005-020									
Versión:	0									
Página:	4/4									
Fecha de aprobación:										

Cálculos¹⁸²

Registre la carga máxima total indicada por el equipo de ensayo, y calcule la resistencia a la compresión de la siguiente manera:

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

Dónde:

fm = resistencia a la compresión en MPa

P = carga máxima total en N, y

A = área de la superficie cargada en mm².

Peso Volumétrico del Espécimen

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso del Espécimen}}{L_1 \times L_2 \times \text{altura}}$$

Reporte

- ✓ Peso Volumétrico.
- ✓ La fluidez al 1 % más cercano y el agua utilizada al 0.1 % más cercano.
- ✓ La resistencia a la compresión promedio de todos los especímenes de la misma muestra aproximándola al 0.1 MPa más cercano.

¹⁸² Cualquier cubo de 50 mm puede ser usado para determinar la resistencia a la compresión, si son usadas libras-pulgadas o unidades SI. Sin embargo, unidades consistentes para carga y área deben de ser usadas para calcular la resistencia en las unidades seleccionadas. Si el área de la sección transversal de un espécimen varía en más de 1.5 % del valor nominal, use el área real para el cálculo de la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de todos los especímenes aceptables obtenidos de la misma muestra y ensayados para el mismo período, deberá ser promediada y se deberá reportar aproximándolo al 0.1 MPa más cercano.

CAPITULO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO PARA TECNOLOGÍA DEL CONCRETO

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DE LA PRACTICA
ESTÁNDAR PARA EL MUESTREO
DEL CONCRETO RECIENTE
MEZCLADO
(BASADO EN ASTM C172-04)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (Basado en ASTM C172-04)	Código: ME-005-021 Versión: 0 Página: 1/5 Fecha de aprobación:	

Alcance

Esta práctica cubre los procedimientos para la obtención de muestras representativas de concreto fresco cuando es entregado al sitio del proyecto, en donde las pruebas efectuadas se realizan para determinar el cumplimiento con los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales es suministrado el concreto. La práctica incluye el muestreo desde mezcladoras estacionarias, pavimentadoras y camiones mezcladores, y equipo de agitación y de no agitación utilizados para el transporte del concreto desde la mezcladora central.

Definiciones

CONCRETO FRESCO: Es una mezcla homogénea y fluida de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. La mezcla puede contener aditivos, materiales cementicios, o ambos. Es un material que en pocas horas se transforma y cambia de estado, desde su condición inicial de masa blanda uniforme hasta la de cuerpo rígido tomando la forma del molde en donde se coloca, y después continúa evolucionando para adquirir con el tiempo sus propiedades definitivas.

BACHADA: Cantidad de concreto mezclado en una sola operación.

TAMIZADO EN HÚMEDO: Es el proceso de remover el agregado más grande que un tamaño designado del concreto fresco, a través del tamizado en un tamiz del tamaño designado.

Importancia y aplicación del método

Esta práctica tiene por objeto proporcionar los requisitos y procedimientos normalizados para la toma de muestras del concreto recién mezclado de diferentes contenedores utilizados en la producción o transporte del concreto.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Concreto Fresco

Equipo:

- ✓ Recipiente para toma de muestra

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (Basado en ASTM C172-04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-021</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-021	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-021								
Versión:	0								
Página:	2/5								
Fecha de aprobación:									

- ✓ Carretilla
- ✓ Cucharón
- ✓ Tamices¹⁸³
- ✓ Pala
- ✓ Guantes

Requisitos de Muestreo

Cuando se realice el muestreo, es un requisito indispensable que el lapso de tiempo entre la obtención de la primera y última porción de la muestra compuesta no sea superior a 15 minutos.

Transporte las muestras individuales al lugar donde deberán efectuarse los ensayos al concreto fresco o donde los especímenes de ensayo serán moldeados. Estas deberán ser combinadas y mezcladas con una pala, lo mínimo necesario para garantizar la uniformidad y el cumplimiento con los límites máximos de tiempo especificados anteriormente.

La toma de muestras normalmente se debe realizar cuando el concreto se entrega desde el mezclador al vehículo de transporte utilizado para transportar el concreto a los moldes; sin embargo, las especificaciones pueden requerir otros puntos de muestreo, tales como la descarga de una bomba de concreto.

Inicie el ensayo de revenimiento, temperatura y contenido de aire dentro de los 5 minutos después de la obtención de la porción final de la muestra compuesta. Complete estos ensayos con rapidez. Inicie el moldeo de especímenes para ensayos de resistencia en los 15 minutos después de la fabricación de la muestra compuesta. Obtenga rápidamente y utilice la muestra y proteja del sol, el viento y otras fuentes de evaporación rápida, y de la contaminación.

Procedimiento

Elabore las muestras que se utilizarán para los ensayos de resistencia con un mínimo de 28 L (1 pie³). Muestras pequeñas no están prohibidas para ensayos rutinarios de contenido de aire, temperatura, y revenimiento. El tamaño de las muestras será dictado por el tamaño máximo del agregado.

¹⁸³ El tamiz a utilizar en el procedimiento de tamizado húmedo del concreto fresco depende del tamaño del agregado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (Basado en ASTM C172-04)	Código:		ME-005-021
Versión:		0	
Página:		3/5	
		Fecha de aprobación:	

Los procedimientos utilizados en el muestreo deberán incluir el uso de todas las precauciones que ayuden en la obtención de muestras que sean verdaderamente representativas de la naturaleza y condición de la muestra de concreto, de la siguiente manera:

Muestreo desde Mezcladoras Estacionarias, Excepto Mezcladoras de Pavimentación

Muestree el concreto mediante la recolección de dos o más porciones tomadas a intervalos espaciados regularmente durante la descarga de la porción media de la bachada. Obtenga estas porciones dentro del tiempo límite especificado. Componga las porciones en una sola muestra para propósitos de ensayo. No obtenga porciones de la muestra compuesta de la primera o última parte de la descarga de la bachada¹⁸⁴. Realice el muestreo pasando un recipiente completamente a través del chorro de descarga, o desviando completamente la descarga dentro de un contenedor para muestreo. Si la descarga del concreto es demasiado rápida para desviar completamente el chorro de descarga, descargue el concreto dentro de un contenedor o unidad transportadora lo suficientemente grande para acomodar la bachada entera y después lograr el muestreo en la misma manera descrita anteriormente. Tenga cuidado de no restringir el flujo de concreto desde el mezclador, contenedor o unidad transportadora a fin de causar segregación. Estos requerimientos aplican tanto a mezcladoras inclinatorias y no inclinatorias.

Muestreo de Mezcladoras de Pavimentación

Muestree el concreto después de que los contenidos de la mezcladora de pavimentación hayan sido descargados.¹⁸⁵ Obtenga muestras de al menos cinco porciones diferentes de la pila y compóngalas en una muestra para los fines del ensayo. Evite la contaminación con material de subrasante o contacto prolongado con una subrasante absorbente. Para impedir la contaminación o la absorción de la subrasante, muestree el concreto colocando tres contenedores poco profundos sobre la subrasante y descargue el concreto en forma cruzada al contenedor. Componga las muestras para obtener una muestra para fines de ensayo. Los contenedores deben ser de un tamaño suficiente para proveer un tamaño de muestra compuesta que esté de acuerdo con el tamaño máximo del agregado.

¹⁸⁴ Las muestras no deben ser tomadas antes del 10% o después del 90% de que la bachada haya sido descarga. Debido a la dificultad de determinar la cantidad real del concreto descargado. La intención es proporcionar muestras representativas de partes muy distantes entre sí, pero no del principio y del final de la carga.

¹⁸⁵ En algunas instancias, puede ser necesario dar soporte sobre la subrasante a los contenedores para evitar que se desplacen durante la descarga.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (Basado en ASTM C172-04)	Código:		ME-005-021
Versión:		0	
Página:		4/5	
Fecha de aprobación:			

Muestreo Desde Camiones Mezcladores de Tambor Giratorio o Agitadores

Muestree el concreto mediante la recopilación de dos o más porciones tomadas a intervalos espaciados regularmente durante la descarga de la porción media de la bachada. Tome las muestras así obtenidas dentro del tiempo límite especificado y compóngalas en una sola muestra para propósitos de ensayo. En cualquier caso, no obtenga muestras hasta después que toda el agua ha sido añadida a la mezcladora; de igual manera, no obtenga muestras de la primera o última porción de la descarga del lote². Muestree pasando repetidamente un recipiente a través de todo el chorro de descarga, o desviando completamente la descarga dentro de un contenedor para muestreo. Regule la velocidad de descarga de la bachada mediante la velocidad de revolución del tambor y no por el tamaño de la abertura de la compuerta de salida.

Muestreo desde Camiones Mezcladores de Tapa Abierta, Agitadores, Equipo no Agitador, u Otros Tipos de Contenedores de Tapa Abierta

Tome las muestras por cualquiera de los procedimientos descritos en los apartados "Muestreo desde Mezcladoras Estacionarias, Excepto Mezcladoras de Pavimentación", "Muestreo de Mezcladoras de Pavimentación" o "Muestreo Desde Camiones Mezcladores de Tambor Giratorio o Agitadores", que sea más aplicable bajo las condiciones dadas.

Procedimiento Adicional para Concreto con Agregado de Tamaño Máximo Grande¹⁸⁶

Cuando el concreto contiene agregados mayores que el apropiado para el tamaño de los moldes o del equipo a utilizar, realice un tamizado húmedo de la muestra como se describe a continuación, excepto para realizar ensayos de densidad (peso unitario) para su uso en los cálculos de rendimiento de la mezcla completa.

¹⁸⁶ El efecto del tamizado húmedo en los resultados de ensayo debe ser considerado. Por ejemplo, el tamizado húmedo del concreto causa la pérdida de una pequeña cantidad de aire debido a la manipulación adicional. La resistencia aparente del concreto tamizado en húmedo en especímenes pequeños es usualmente mayor que la del concreto total en especímenes grandes de tamaño apropiado. El efecto de esta diferencia pueda ser necesario que sea considerado o determinado por ensayos suplementarios para control de calidad o para propósito de evaluación de resultados de ensayos.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (Basado en ASTM C172-04)	Código:	ME-005-021
		Versión:	0
		Página:	5/5
		Fecha de aprobación:	

Tamizado en Húmedo

Después de muestrear el concreto, pase el concreto sobre el tamiz designado y remueva y deseche el agregado retenido. Esto deberá ser realizado antes de volver a mezclar. Agite o vibre el tamiz por medios manuales o mecánicos hasta que no permanezca material de menor tamaño en el tamiz. El mortero adherido al agregado retenido en el tamiz no deberá ser removido del mismo antes de ser descartado. Coloque sólo el concreto suficiente en el tamiz en un momento dado para que después del tamizado, el espesor de la capa de agregado retenido no sea mayor que el espesor de una partícula. El concreto que pasa el tamiz deberá caer dentro de un contenedor de tamaño apropiado, el cual ha sido humedecido antes de su uso, o en una superficie limpia, húmeda y no absorbente. Remueva cualquier mortero adherido de los lados del equipo de tamizado húmedo en la bachada. Remueva las partículas de agregado grande por tamizado húmedo de la bachada con una pala, la cantidad mínima necesaria para asegurar la uniformidad y proceda a realizar los ensayos inmediatamente.

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
MEDICION DE LA
TEMPERATURA DEL CONCRETO
FRESCO
(BASADO EN ASTM C1064-08)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO (Basado en ASTM C1064-08).	Código:		ME-005-022
Versión:		0	
Página:		1/3	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la temperatura del concreto recién mezclado de cemento hidráulico.

Definiciones

CONCRETO RECIÉN MEZCLADO: Es un concreto que debe ser plástico o semifluido y generalmente capaz de ser moldeado a mano.

TEMPERATURA: un nivel mensurable o grado de calor, frío, etc de un cuerpo físico o el medio ambiente, cuya unidad básica es el grado Celsius (°C) o grado Kelvin, (°K).

Importancia y aplicación del método

Este método proporciona un medio para medir la temperatura del concreto recién mezclado. Puede ser utilizado para verificar la conformidad de los requisitos especificados de la temperatura del concreto.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Concreto fresco recién mezclado

Equipo Principal:

- ✓ Contenedor¹⁸⁷

Deberá ser suficientemente grande para proporcionar por lo menos 75 mm de concreto en todas las direcciones alrededor del sensor del dispositivo medidor de la temperatura.

- ✓ Dispositivo Medidor de Temperatura⁵

Deberá ser capaz de medir con precisión la temperatura del concreto recién mezclado ± 0.5 °C

¹⁸⁷ Fuente: Norma ASTM C 1064-08, "Método de Ensayo Estándar para la Temperatura del Concreto Hidráulico Recién Mezclado".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO (Basado en ASTM C1064-08).	Código:		ME-005-022
Versión:		0	
Página:		2/3	
Fecha de aprobación:			

en todo intervalo de 0° a 50 °C. El diseño del dispositivo de medición de temperatura deberá ser de tal forma que permita 75 mm o más de inmersión durante la operación.

- ✓ Dispositivo de Referencia para la Medición de Temperatura¹⁸⁸

Deberá ser legible y con precisión de ± 0.2 °C. Un certificado o un informe de verificación de exactitud deberá estar disponible en el laboratorio para su revisión. La precisión de la referencia líquido-en-vidrio del dispositivo de medición de la temperatura se deberá verificar una vez. La verificación de la resistencia de los dispositivos de referencia de medición directa para medición de temperatura deberá de realizarse cada doce meses. El certificado o informe deberá presentar la documentación de que la norma de referencia utilizada en la verificación es atribuible al Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Procedimiento

Muestreo del Concreto Fresco

1. Humedezca con agua el contenedor de muestras.
2. Muestree el concreto recién mezclado en conformidad con la guía de laboratorio ME-005-021: "Muestreo del Concreto Fresco", excepto muestras compuestas que no son necesarias, si el único propósito para obtener la muestra es para determinar la temperatura.
3. Coloque el concreto recién mezclado en el contenedor.

Medición de la Temperatura

4. Coloque el dispositivo de medición de temperatura de manera que el extremo de la parte de detección de la temperatura se sumerja un mínimo de 75 mm en el concreto recién mezclado.
5. Cierre el vacío dejado por la colocación del dispositivo presionando suavemente el concreto alrededor del dispositivo de medición de temperatura en la superficie del concreto, para evitar que la temperatura del aire afecte a la lectura.
6. Deje el dispositivo de medición de la temperatura en el concreto recién mezclado por un período mínimo de 2 minutos pero no mayor de 5 minutos.

¹⁸⁸ Fuente: Norma ASTM C 1064-08, "Método de Ensayo Estándar para la Temperatura del Concreto Hidráulico Recién Mezclado".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA MEDICION DE LA TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO (Basado en ASTM C1064-08).	Código: ME-005-022
		Versión: 0
		Página: 3/3
		Fecha de aprobación:

7. Lea y anote la temperatura con una precisión de 0.5 °C. No retire el dispositivo del concreto cuando se lea la temperatura.

Reporte

Registre la medición de la temperatura del concreto recién mezclado con una precisión de 0.5 °C.

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL
CONTENIDO DE AIRE DEL
CONCRETO FRESCO POR EL
METODO DE PRESION
(BASADO EN ASTM C231-04)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	1/8
Código:	ME-005-023								
Versión:	0								
Página:	1/8								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire en una mezcla de concreto fresco mediante la observación del cambio en volumen de concreto con un cambio en la presión.

Este método de ensayo se usa para concretos y morteros hechos con agregados relativamente densos, y no se aplica a concretos hechos con agregados de peso ligero, escoria de altos hornos enfriadas con aire o agregados con alta porosidad. Este método de ensayo no es aplicable también a concreto no plástico tal como el usado comúnmente en la fabricación de tubos y bloques de mampostería.

El equipo y procedimiento descrito en esta guía corresponde al ensayo realizado con un Medidor Tipo B.

Definiciones

CONCRETO FRESCO: Es una mezcla homogénea y fluida de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. Es un material que en pocas horas se transforma y cambia de estado, desde su condición inicial de masa blanda uniforme hasta la de cuerpo rígido tomando la forma del molde en donde se coloca, y después continúa evolucionando para adquirir con el tiempo sus propiedades definitivas.

CONTENIDO DE AIRE: Cantidad de aire, expresada en porcentaje, que se encuentra contenido en una muestra de concreto fresco.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo se utiliza para determinar el contenido de aire en una mezcla de concreto fresco excluyendo cualquier aire que pueda estar dentro de los vacíos de las partículas de agregado. Por esta razón, es aplicable a concreto hecho con partículas de agregado relativamente densas y requiere la determinación del factor de corrección de agregados.

Materiales y Equipo

Materiales:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	2/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	2/8									
Fecha de aprobación:										

- ✓ Concreto Fresco
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Medidor de Aire Tipo B¹⁸⁹

Un medidor de aire que consiste en un recipiente para medir y una cubierta ensamblada (ver Figura N°24). El principio de operación de este medidor consiste en igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara de aire hermética con el volumen de aire desconocido en la muestra de concreto. La aguja del medidor de presión se calibra en términos de porcentaje de aire a la presión observada en la cual ambas presiones se igualan. Presiones de trabajo de 51 a 207 kPa(7.5 a 30.0 psi) han sido usadas satisfactoriamente.

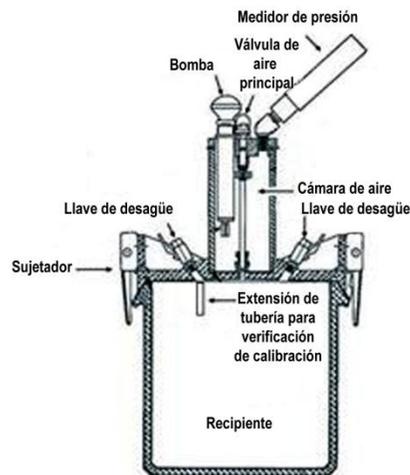


Figura N° 24. Diagrama Esquemático – Medidor tipo B

- ✓ Recipiente de Medición¹⁸⁹

El recipiente debe ser de forma cilíndrica, hecho de acero, metal duro u otro material que no reaccione con la pasta de cemento, con un diámetro mínimo igual a 0.75 a 1.25 veces la altura, y una capacidad de por lo menos 5.7 L. El recipiente debe tener un borde en la parte superior para

¹⁸⁹ Fuente: norma ASTM C231, "Método de Ensayo para Contenido de Aire en el Concreto Recién Mezclado por el Método de Presión"

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	3/8
Código:	ME-005-023								
Versión:	0								
Página:	3/8								
Fecha de aprobación:									

poder cerrarlo herméticamente o construido de otra manera para proveer una presión entre el recipiente y la cubierta. Las superficies interiores del recipiente, de los bordes y otras partes que ensamblen entre sí, deben tener terminado liso. El recipiente de medición y la cubierta deben ser suficientemente rígidos para limitar el factor de expansión D del aparato a no más del 0.1% del contenido de aire que muestra la escala indicadora bajo presiones de uso normales.

✓ Tapadera ensamblada¹⁹⁰

La tapadera ensamblada debe estar hecha de acero o de otro material duro que no reaccione con la pasta de cemento. Debe tener un borde en la parte superior para poder cerrarlo herméticamente. Las superficies interiores deben tener un terminado suave y de forma tal que tenga espacio para aire por arriba del nivel superior del recipiente de medición. La tapadera debe ser suficientemente rígida para limitar el factor de expansión del aparato.

La tapadera ensamblada debe tener un indicador directo de contenido de aire. El indicador del medidor de presión debe ser calibrado para indicar el porcentaje de aire. La escala debe tener graduaciones para medir un rango de contenido de aire de al menos 8% legible al 0.1% determinadas por el propio ensayo de calibración de presión de aire.

La tapadera ensamblada debe tener válvulas de aire a presión, válvulas de escape de aire y llaves para quitar o agregar agua en la medida que sea necesario para el diseño particular del medidor. También debe tener un mecanismo adecuado de sujeción de la tapa con el recipiente, que selle herméticamente sin atrapar aire en la junta de los bordes de la tapa y el recipiente. Una bomba de mano adecuada debe ser provista con la tapa como parte integral o como un accesorio.

✓ Recipiente de Calibración¹⁹⁰

Una vasija, como la mostrada en la figura N° 25, que tenga un volumen interno igual a un porcentaje del volumen del recipiente de medición que corresponda al porcentaje aproximado de aire en la muestra de concreto a medir. Si el volumen de la vasija es menor, debe ser posible revisar la calibración del indicador del medidor al porcentaje aproximado de aire a medir en el concreto, llenándolo varias veces. Cuando el diseño del medidor requiera colocar el recipiente de calibración dentro del recipiente de medición para revisar su calibración, este debe ser cilíndrico y de profundidad interna W (13 mm) menor que el recipiente.

¹⁹⁰ Fuente: norma ASTM C231, "Método de Ensayo para Contenido de Aire en el Concreto Recién Mezclado por el Método de Presión"

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	4/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	4/8									
Fecha de aprobación:										



Figura N° 25. Recipiente de Calibración

- ✓ Tubo de rociado¹⁹¹

Un tubo de bronce de diámetro adecuado, como el mostrado en la figura N° 26, que puede ser parte integral de la sección superior o proporcionarse por separado. Debe ser fabricado de tal modo que cuando se añada agua al recipiente, ésta rocíe las paredes de la cubierta y fluya por ellas causando una mínima perturbación al concreto.



Figura N° 26. Tubo de rociado

- ✓ Espátula
- ✓ Varilla de Apisonado¹⁹¹

La varilla debe ser de acero, lisa, de 16 mm de diámetro y no menor de 400 mm de longitud, con el extremo redondeado o hemisférico con diámetro de 16 mm.

- ✓ Mazo¹⁹¹

Un mazo con cabeza de hule o cuero que pese aproximadamente 0.57 ± 0.23 Kg (1.25 ± 0.50 lb) para usarse con recipientes de 14 L o menores, y un mazo que pese aproximadamente 1.02 ± 0.23 Kg (2.25 ± 0.50 lb) para usarse con recipientes mayores que 14 L.

¹⁹¹ Fuente: norma ASTM C231, "Método de Ensayo para Contenido de Aire en el Concreto Recién Mezclado por el Método de Presión"

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	5/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	5/8									
Fecha de aprobación:										

- ✓ Varilla para Remover¹⁹¹

Una varilla de acero u otro metal apropiado de al menos 3 mm de espesor y 20 mm de ancho por 300 mm de longitud.

- ✓ Placa para remover exceso de concreto¹⁹¹

Una placa metálica rectangular y plana para remover de al menos 6 mm de espesor, o un vidrio o placa de acrílico de al menos 12 mm de espesor con una longitud y ancho de al menos 50 mm más grande que el diámetro del medidor que se va a usar. El borde de la placa debe estar recto y liso dentro de una tolerancia 1.5 mm.

- ✓ Embudo, cuya salida debe acoplarse al tubo de rociado.
- ✓ Recipiente para Agua

Con capacidad suficiente para llenar el indicador del medidor de presión desde la parte superior del concreto hasta la graduación cero.

- ✓ Mallas de 37.5 mm (1 ½ pulg) con área de tamizado no menor de 0.19 m².

Equipo Misceláneo:

- ✓ Balanza, con precisión de 0.1% del peso del recipiente de calibración lleno con agua
- ✓ Guantes
- ✓ Jabón
- ✓ Franela
- ✓ Toallas de papel
- ✓ Jeringa Plástica

Procedimiento

1. Obtenga la muestra de una mezcla de concreto recién mezclado de acuerdo con el procedimiento descrito en la guía ME-005-021: "Práctica Estándar para Muestreo del Concreto Recién Mezclado".
2. Si el concreto contiene partículas de agregado grueso que pueden ser retenidas en la malla de 50 mm (2 pulg), tamice en húmedo una cantidad suficiente de la muestra repre

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>6/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	6/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	6/8									
Fecha de aprobación:										

sentativa sobre una malla de 37.5 mm (1 ½ pulg), para llenar el recipiente de medición.¹⁹²

3. Humedezca el interior del recipiente de medición y colóquelo en una superficie firme, nivelada y plana.
4. Coloque una capa de una muestra representativa de concreto en el recipiente de medición, hasta un tercio de su altura.
5. Varille la capa con 25 golpes de varilla uniformemente distribuidos sobre la sección transversal. Apisone la capa del fondo en su profundidad total, evitando que la varilla golpee el fondo del recipiente.¹⁹³
6. Después del varillado de la capa, golpee los lados del medidor suavemente con el mazo de 10 a 15 veces para cerrar cualquier hueco que haya quedado y para liberar burbujas de aire atrapado.
7. Coloque una segunda capa de concreto en el recipiente de medición, hasta dos tercios de su altura.
8. Varille la capa con 25 golpes de varilla uniformemente distribuidos sobre la sección transversal. Apisone la segunda capa con la fuerza necesaria para que la varilla penetre 25 mm (1 pulg) en la capa inferior.
9. Después del varillado de la capa, golpee los lados del medidor suavemente con el mazo de 10 a 15 veces para cerrar cualquier hueco que haya quedado y para liberar burbujas de aire atrapado.
10. Coloque una tercera capa de concreto en el recipiente de medición hasta llenarlo. Adicione la capa final de concreto de tal manera que evite el exceso de llenado.
11. Varille la capa con 25 golpes de varilla uniformemente distribuidos sobre la sección transversal. Apisone la tercera capa con la fuerza necesaria para que la varilla penetre 25 mm (1 pulg) en la capa inferior.
12. Después del varillado de la capa, golpee los lados del medidor suavemente con el mazo de 10 a 15 veces para cerrar cualquier hueco que haya quedado y para liberar burbujas de aire atrapado.
13. Quite el exceso de concreto de la superficie, deslizando la varilla de enrase sobre el borde del recipiente de medición con un movimiento de "zigzag" hasta que el recipiente este totalmente nivelado.¹⁹⁴

¹⁹² Lleve a cabo las operaciones de tamizado en húmedo con la mínima perturbación posible del mortero. No intente limpiar el mortero adherido a las partículas de agregado grueso retenido en la malla.

¹⁹³ Varille el concreto con revenimiento mayor que 3 pulg (75 mm). Varille o vibre el concreto con revenimiento entre 1 y 3 pulg (25 a 75 mm). Compacte el concreto con revenimiento menor a 1 pulg (25 mm) mediante vibración.

¹⁹⁴ Al completar la compactación, el recipiente no debe tener ni exceso ni deficiencia de concreto. La remoción de 3 mm (1/8 pulg) al nivelar la superficie es considerado óptimo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>7/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	7/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	7/8									
Fecha de aprobación:										

14. Limpie completamente los bordes del recipiente y de la cubierta para que cuando esta se una al recipiente cierre herméticamente, ensamble el aparato.
15. Cierre la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición.
16. Abra ambas llaves de desagüe que se encuentran en los agujeros de la cubierta.
17. Usando la jeringa plástica, inyecte agua a través de una de las llaves de desagüe hasta que el agua salga por el otro desagüe.
18. Sin dejar de inyectar el agua con la jeringa, mueva suavemente el medidor hasta que salga todo el aire por la misma llave de desagüe.
19. Cierre la válvula de escape de la cámara.
20. Bombee aire en la cámara hasta que el indicador de presión llegue a la línea de presión inicial. Deje pasar unos segundos para que el aire comprimido se enfríe a temperatura normal.
21. Estabilice el indicador a la presión inicial bombeando o sacando aire conforme sea necesario y golpeándolo ligeramente con la mano.
22. Cierre las dos llaves de desagüe en los agujeros de la cubierta.
23. Abra la válvula de aire entre la cámara y el recipiente de medición.
24. Golpee firmemente los lados del recipiente para equilibrar la presión interna.
25. Golpee suavemente el indicador de presión para estabilizar la aguja y leer el porcentaje de aire.¹⁹⁵
26. Lea el porcentaje de aire en el indicador.
27. Anote la lectura realizada como A_1 .
28. Libere la presión abriendo las dos llaves de desagüe (ver Figura N° 24) antes de quitar la cubierta.

Cálculo

Contenido de Aire de la Muestra Ensayada

Calcule el contenido de aire del concreto en el recipiente de medición con la siguiente ecuación:

$$A_s = A_1 - G$$

Dónde:

¹⁹⁵ Si no se cierra la válvula de aire principal antes de liberar la presión del recipiente o de la cámara de aire, el agua será succionada a la cámara de aire causando errores en las mediciones subsecuentes. En el caso de que entre agua en la cámara de aire, ésta deberá ser sacada por la válvula de escape y se deberá bombear más aire para expulsar residuos de agua que hayan quedado. Libere la presión abriendo las dos llaves de desagüe antes de quitar la cubierta.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>8/8</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	8/8
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	8/8									
Fecha de aprobación:										

A_s = contenido de aire de la muestra sometida a ensayo, %

A_1 = contenido aparente de aire de la muestra sometida a ensayo, %

G = factor de corrección del agregado, % (ver Anexo).

Contenido de Aire de toda la Mezcla

Cuando la muestra ensayada representa la porción de la muestra que es obtenida por tamizado en húmedo para remover partículas de agregado mayores de 37.5 mm (1 ½"), el contenido de aire de toda la mezcla puede calcularse como sigue:

$$A_t = \frac{100 A_s V_c}{100 V_t - A_s V_a}$$

Dónde:

A_t = contenido de aire de toda la mezcla, %

V_c = volumen absoluto de todos los ingredientes de la mezcla que pasan la malla de 1 ½ pulg, libre de aire, como se determina con los pesos originales de la mezcla, m^3

V_t = volumen absoluto de los ingredientes de la mezcla, libre de aire, m^3

V_a = volumen absoluto de los agregados de la mezcla más gruesos que la malla de 1 ½ pulg, como se determina con los pesos originales de la mezcla, m^3 .

Contenido de Aire del mortero

Cuando se desea conocer el contenido de aire del mortero en la mezcla, calcúlelo como sigue:

$$A_m = \frac{100 A_s V_c}{100 V_m + A_s (V_c - V_m)}$$

Dónde:

A_m = contenido de aire de la fracción de mortero, %

V_m = volumen absoluto de los ingredientes del mortero en la mezcla, libre de aire.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																																
Sección	INFORME DE REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE POR MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231-04)	Código:	FOR-005-023																														
		Versión	0																														
		Página	1/1																														
		Fecha de Aprobación:																															
Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ensayo N°</td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> <tr> <td>Presión de trabajo (psi)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de aire aparente, A1 (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección de agregado, G (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de aire de la muestra, As (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de aire de toda la mezcla, At (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Ensayo N°					Presión de trabajo (psi)					Contenido de aire aparente, A1 (%)					Factor de corrección de agregado, G (%)					Contenido de aire de la muestra, As (%)					Contenido de aire de toda la mezcla, At (%)				
Ensayo N°																																	
Presión de trabajo (psi)																																	
Contenido de aire aparente, A1 (%)																																	
Factor de corrección de agregado, G (%)																																	
Contenido de aire de la muestra, As (%)																																	
Contenido de aire de toda la mezcla, At (%)																																	
Observaciones: _____ _____ _____																																	
* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO* * EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO* * MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO* * EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*																																	
_____ Jefe del Laboratorio																																	
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																															

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1A/5A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	1A/5A
Código:	ME-005-023								
Versión:	0								
Página:	1A/5A								
Fecha de aprobación:									

ANEXO

*Calibración del Recipiente de Calibración*¹⁹⁶

1. Coloque el recipiente de calibración en la balanza y determine su peso.
2. Anote el valor de terminado como " w_r ".
3. Llene totalmente con agua el recipiente de calibración.
4. Traslade el recipiente de calibración a la balanza y determine su peso.
5. Anote el valor determinado como " w_t ".
6. Calcule el peso de agua necesaria para llenar el recipiente de calibración, w , de la siguiente manera:

$$w = w_t - w_r$$

*Calibración del Recipiente de Medición*⁵

1. Coloque el recipiente de medición en la balanza y determine su peso.
2. Anote el valor determinado como " W_r ".
3. Coloque el recipiente de medición en la mesa de trabajo.
4. Aplique una capa delgada de grasa al borde del recipiente.
5. Llene con agua el recipiente de medición.
6. Tome la placa de vidrio y deslícela cuidadosamente sobre el borde del recipiente para verificar que el recipiente esté lleno totalmente de agua.
7. Una vez verificado el llenado completo del recipiente, retire cuidadosamente la placa de vidrio.
8. Traslade nuevamente el recipiente de medición a la balanza y determine su peso.
9. Anote el valor determinado como " W_t ".
10. Calcule el peso de agua necesaria para llenar el recipiente de medición, W , de la siguiente manera:

$$W = W_t - W_r$$

Determinación o Verificación de Tolerancia del Factor de Expansión D

1. Llene con agua el recipiente medidor.

¹⁹⁶ Este procedimiento solo necesita ejecutarse una vez (en el momento de la calibración inicial) u ocasionalmente para verificar si la capacidad del recipiente de calibración y del recipiente de medición han variado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2A/5A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	2A/5A
Código:	ME-005-023								
Versión:	0								
Página:	2A/5A								
Fecha de aprobación:									
Sección									

2. Bombee aire en la cámara de aire hasta que el indicador de presión se estabilice en la línea de presión inicial indicada.
3. Si la línea de presión inicial se encuentra en la posición correcta, el medidor debe indicar cero por ciento. La línea de presión inicial deberá ajustarse si dos o más determinaciones muestran la misma variación del porcentaje cero y este procedimiento deberá repetirse para verificar la línea de presión inicial ajustada.

Verificación de la Graduaciones del Contenido de Aire en el Indicador de Presión¹⁹⁷

1. Coloque el recipiente de medición en la mesa de trabajo.
2. Aplique una capa delgada de grasa al borde del recipiente.
3. Llene con agua el recipiente de medición.
4. Tome la placa de vidrio y deslícela cuidadosamente sobre el borde del recipiente para verificar que el recipiente esté lleno totalmente de agua.
5. Una vez verificado el llenado completo del recipiente, retire cuidadosamente la placa de vidrio.
6. Tome la pieza de tubería provista con el aparato y atorníllela en la llave de desagüe con rosca en la parte inferior de la cubierta.
7. Ensamble el aparato.
8. Cierre la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición.
9. Abra las dos llaves de desagüe en los agujeros a través del ensamble de la cubierta.
10. Agregue agua a través de la llave de escape del ensamble de la cubierta que tiene la extensión debajo hasta que todo el aire sea expulsado por la segunda llave de desagüe.
11. Bombee aire en la cámara de aire hasta que la presión alcance la línea de presión inicial indicada.
12. Espere unos segundos para que el aire comprimido se enfríe a temperatura normal.
13. Estabilice el medidor de mano en la línea de presión inicial mediante el bombeo o escape del aire cuando sea necesario, y golpeando suavemente el medidor.
14. Cierre la llave de desagüe que no tenga la extensión de tubería en la parte inferior de la cubierta.
15. Elimine el agua del ensamble al recipiente de calibración controlando el flujo, en función del diseño particular del medidor, abriendo la llave de desagüe que tiene la extensión de tubería y abriendo la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición, o abriendo la válvula de aire y utilizando la llave de desagüe para controlar el flujo.
16. Realice la calibración con un contenido de aire que esté dentro del rango normal de uso.

¹⁹⁷ Este procedimiento debe ser realizado tan frecuentemente como sea necesario y a intervalos que no excedan los tres meses.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3A/5A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	3A/5A
Código:	ME-005-023								
Versión:	0								
Página:	3A/5A								
Fecha de aprobación:									
Sección									

17. Si el recipiente de calibración tiene una capacidad dentro del rango normal de uso, retire exactamente esa cantidad de agua.¹⁹⁸
18. Calcule el contenido correcto de aire, R , mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{w}{W}$$

Dónde:

w , peso del agua necesaria para llenar el recipiente de calibración,
 W , peso del agua necesaria para llenar el recipiente de medición.

19. Libere el aire del aparato por medio de la llave de desagüe que no se utilizó para llenar el recipiente de calibración.¹⁹⁹ Si el aparato emplea un tubo auxiliar para llenar el recipiente de calibración, abra la llave de desagüe a la que está conectado el tubo para drenar de nuevo el tubo en el recipiente de medición.²⁰⁰
20. Bombee aire en la cámara de aire hasta que la presión llegue a la línea de presión inicial indicada en el manómetro de presión.
21. Cierre ambas llaves de la cubierta ensamblada.
22. Abra la válvula entre la cámara de aire y el recipiente de medición. El contenido de aire indicado en el dial del manómetro debe corresponder al porcentaje de aire determinado en el recipiente de medición.

Determinación del Factor de Corrección del Agregado²⁰¹

1. Calcule la masa del agregado fino (F_s) y del agregado grueso (C_s) presentes en la muestra de concreto recién mezclado cuyo contenido de aire se desee determinar, utilizando las siguientes fórmulas:

¹⁹⁸ En algunos medidores el recipiente de calibración es muy pequeño y será necesario retirar varias veces ese volumen para obtener un contenido de aire dentro del rango normal de uso. En este caso, recoja cuidadosamente el agua en un recipiente auxiliar y determine la cantidad extraída pesando con una precisión de 0.1%.

¹⁹⁹ El aparato ensamblado no debe ser movido de la posición vertical hasta que la presión se ha aplicado, lo cual forzaría al agua alrededor de un tercio de su altura en el cilindro de calibración. Cualquier pérdida de aire del cilindro anula la calibración.

²⁰⁰ En este punto del procedimiento, el recipiente de medición contiene el porcentaje de aire determinado por el ensayo de calibración del recipiente de calibración.

²⁰¹ Este factor es determinado independientemente aplicando la presión calibrada a una muestra de agregados finos y gruesos en aproximadamente las mismas condiciones de humedad, cantidad y proporciones que presenta la muestra de concreto bajo ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4A/5A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	4A/5A
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	4A/5A									
Fecha de aprobación:										

$$F_s = \frac{S}{B} * F_b$$

$$C_s = \frac{S}{B} * C_b$$

Dónde:

F_s = Masa del agregado fino en la muestra de concreto bajo ensayo, Kg

S = Volumen de la muestra de concreto (volumen del recipiente de medición), m^3

B = Volumen del concreto producido por bachada²⁰², m^3

F_b = Masa total del agregado fino en la condición de humedad usada en la producción de la mezcla, Kg

C_s = Masa del agregado grueso en la muestra de concreto bajo ensayo, Kg

C_b = Masa total del agregado grueso en la condición de humedad usada en la producción de la bachada, Kg.

2. Mezcle muestras representativas de agregado fino F_s y de agregado grueso C_s y colóquelos en el recipiente de medición con agua hasta una tercera parte.
3. Coloque la mezcla de agregados en pequeñas cantidades; si es necesario, añada más agua hasta que inunde todo al agregado.
4. Vierta cada cucharada de mezcla de tal manera que atrape el menor contenido de aire posible y elimine rápidamente la espuma acumulada.²⁰³
5. Golpee suavemente los lados del recipiente.
6. Apisone ligeramente los 25 mm superiores del agregado con 8 a 10 golpes de varilla.
7. Cuando todo el agregado haya sido colocado en el recipiente de medición, remueva el exceso de espuma y mantenga el agregado inundado por un periodo de tiempo aproximadamente igual al tiempo que transcurra entre la introducción de agua a la mezcla y la ejecución del ensayo de contenido de aire.
8. Realice los pasos 15 al 19 del procedimiento principal de éste método de ensayo.
9. Remueva un volumen de agua del aparato ensamblado. Realice la remoción de agua como se describe en los puntos 16 y 17 del procedimiento "Verificación de la Graduaciones del Contenido de Aire en el Indicador de Presión."
10. Llene el recipiente de medición con un volumen aproximadamente equivalente al volumen de aire que estaría contenido en una muestra típica de concreto con tamaño

²⁰² El volumen de concreto producido por bachada puede ser determinado de acuerdo con la guía ME-005-021: "Práctica Estándar para Muestreo del Concreto Recién Mezclado".

²⁰³ Revuelva después de añadir agregado para eliminar el aire atrapado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO FRESCO POR EL MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231 – 04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-023</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5A/5A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-023	Versión:	0	Página:	5A/5A
Código:	ME-005-023									
Versión:	0									
Página:	5A/5A									
Fecha de aprobación:										

igual al volumen del recipiente.

11. Realice los pasos 20 al 28 del procedimiento principal de éste método de ensayo.
12. Calcule el factor de corrección de agregado de la siguiente manera:

$$G = A_1 - \frac{V_r}{V}$$

Dónde:

G = factor de corrección de agregado, %

A₁ = contenido aparente de aire del agregado, %

V_r = volumen de agua removida, ml y

V = volumen del recipiente de medición, ml.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																	
Sección	INFORME DE REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE POR MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231-04)	Código: FOR-005-023																
		Versión: 0																
		Página: 1A/2A																
		Fecha de Aprobación:																
Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ N° recipiente Fecha de Recepción: _____ de calibración: _____ Fecha de Ensayo: _____ N° del medidor: _____																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Calibración de Recipiente de Calibración</th> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Peso de recipiente de calibración, w_r (Kg)</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Peso de recipiente de calibración lleno, w_t (Kg)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua de recipiente de calibración, w (Kg) ($w_r - w_t$)</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Calibración de Recipiente de Medición</th> </tr> <tr> <td>Peso de recipiente de medición, W_r (Kg)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de recipiente de medición lleno, W_t (Kg)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de agua de recipiente de medición, W (Kg) ($W_r - W_t$)</td> <td></td> </tr> </table>			Calibración de Recipiente de Calibración		Peso de recipiente de calibración, w_r (Kg)		Peso de recipiente de calibración lleno, w_t (Kg)		Peso de agua de recipiente de calibración, w (Kg) ($w_r - w_t$)		Calibración de Recipiente de Medición		Peso de recipiente de medición, W_r (Kg)		Peso de recipiente de medición lleno, W_t (Kg)		Peso de agua de recipiente de medición, W (Kg) ($W_r - W_t$)	
Calibración de Recipiente de Calibración																		
Peso de recipiente de calibración, w_r (Kg)																		
Peso de recipiente de calibración lleno, w_t (Kg)																		
Peso de agua de recipiente de calibración, w (Kg) ($w_r - w_t$)																		
Calibración de Recipiente de Medición																		
Peso de recipiente de medición, W_r (Kg)																		
Peso de recipiente de medición lleno, W_t (Kg)																		
Peso de agua de recipiente de medición, W (Kg) ($W_r - W_t$)																		
Observaciones: _____ _____ _____																		
* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO* * EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO* * MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO* * EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*																		
_____ Jefe del Laboratorio																		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																														
Sección	INFORME DE REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA CONTENIDO DE AIRE POR MÉTODO DE PRESIÓN (Basado en ASTM C231-04)	Código:	FOR-005-023																												
		Versión	0																												
		Página	2A/2A																												
		Fecha de Aprobación:																													
Cliente: _____ N° de informe: _____ Dirección: _____ Correlativo ítem: _____ Proyecto: _____ Fecha de Solicitud: _____ Fecha de Recepción: _____ Fecha de Ensayo: _____																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Determinación del Factor de Corrección de Agregado</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Ensayo N°</td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> <tr> <td>Presión de trabajo (psi)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de aire aparente, A1 (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua removida, Vr (ml)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen de recipiente de medición, V (ml)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección de Agregado, G (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Determinación del Factor de Corrección de Agregado				Ensayo N°				Presión de trabajo (psi)				Contenido de aire aparente, A1 (%)				Volumen de agua removida, Vr (ml)				Volumen de recipiente de medición, V (ml)				Factor de corrección de Agregado, G (%)			
Determinación del Factor de Corrección de Agregado																															
Ensayo N°																															
Presión de trabajo (psi)																															
Contenido de aire aparente, A1 (%)																															
Volumen de agua removida, Vr (ml)																															
Volumen de recipiente de medición, V (ml)																															
Factor de corrección de Agregado, G (%)																															
Observaciones: _____ _____ _____																															
<small> * LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO" * EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO" * MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO" * EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA" </small>																															
_____ Jefe del Laboratorio																															
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																													

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA
DENSIDAD (PESO UNITARIO),
RENDIMIENTO Y CONTENIDO
DE AIRE (GRAVIMETRICO) DEL
CONCRETO
(BASADO EN ASTM C138/C138M-
09)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código:		ME-005-024
Versión:		0	
Página:		1/9	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad en mezclas de concreto fresco y proporciona fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y contenido de aire del concreto.

Definiciones

DENSIDAD: Es la masa por unidad de volumen. La densidad del concreto es también conocida como masa volumétrica, unidad de peso o masa unitaria, esta depende de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento.

RENDIMIENTO: Es definido como el volumen del concreto producido por una determinada cantidad de agregados, cemento y agua, medido en peso, normalmente expresado en metros cúbicos o pies cúbicos.

CONTENIDO DE AIRE: Es el volumen total de vacíos de aire por unidad de volumen de concreto vibrado, expresado como un porcentaje.

Importancia y aplicación del método

Generalmente al concreto fresco, para su aceptación en la obra como parte del control de calidad se le realizan pruebas de contenido de aire, densidad y rendimiento, cuyo objetivo es garantizar la seguridad de la obra en construcción mediante el cumplimiento de las especificaciones del concreto establecidas por el diseñador.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Muestra de concreto fresco recién mezclado

Equipo Principal:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código:		ME-005-024
Versión:		0	
Página:		2/9	
Fecha de aprobación:			

✓ Balanza²⁰⁴

Una balanza o báscula con precisión de 0.45 g o dentro del 0.3% de la carga de ensayo, la que sea mayor en algún punto del rango de uso. El rango de uso deberá ser considerado para extenderse desde la masa del recipiente graduado vacío, a la masa del recipiente graduado más su contenido de 2600 Kg/m³.

✓ Varilla de Apisonado²⁰⁴

Una varilla de acero redonda, con un diámetro de 16 mm ± 2 mm. La longitud de la varilla de apisonamiento deberá ser como mínimo de 100 mm mayor que la profundidad de la medida en que se está realizando la varilla, pero no superior a 600 mm de longitud total. La tolerancia de la longitud de la varilla de apisonamiento será de ± 4 mm. La varilla tendrá el extremo del apisonador o ambos extremos redondeados con una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla.

✓ Vibrador Interno²⁰⁴

Los vibradores internos pueden tener ejes rígidos o flexibles, de preferencia accionados por motor eléctrico. La frecuencia de vibración deberá ser de 7000 vibraciones por minuto o mayor cuando este en uso. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento vibratorio deberá ser de al menos 19 mm y no mayor que 38 mm. La longitud del eje deberá ser al menos 600 mm.

✓ Recipiente para Medir²⁰⁴

Un recipiente de acero u otro metal adecuado. La capacidad mínima del recipiente medidor deberá ser de acuerdo con el tamaño máximo nominal del agregado en el concreto a ser ensayado.²⁰⁵

✓ Placa de Enrasado²⁰⁶

²⁰⁴ Fuente: norma ASTM C138/C138M-09, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto".

²⁰⁵ Todos los medidores, excepto para tazones medidores de aire, los cuales son usados para los ensayos del Método de Ensayo C138/C138M, deberán ser de acuerdo a los requerimientos del Método de Ensayo C29/C29M, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad Bulk (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados". Cuando se usen tazones medidores de aire estos deberán ser de acuerdo con los requisitos del Método de Ensayo. El borde superior del recipiente medidor de aire deberá ser liso y plano dentro de 0.3 mm.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código:		ME-005-024
Versión:		0	
Página:		3/9	
Fecha de aprobación:			

Una placa plana metálica rectangular de al menos 6 mm de espesor o una placa de vidrio o acrílica de al menos 12 mm de espesor, con una longitud y ancho de al menos 50 mm mayor que el diámetro del recipiente graduado con el que se va a utilizar. Los bordes de la placa deberán ser rectos y lisos con una tolerancia de 2 mm.

✓ Mazo²⁰⁷

Un mazo (con cabeza de caucho o cuero crudo) que tenga una masa 600 ± 200 g para usarse con el recipiente de 14 L (0.5 pie^3) o menor, y un mazo que tenga una masa de 1000 ± 200 g para usarse con recipientes graduados mayores a 14 L.

✓ Cuchara²⁰⁷

Deberá ser de un tamaño lo suficientemente grande como para que cada cantidad de concreto obtenidos de la toma de muestra sea representativa, y lo suficientemente pequeña como para que no se derrame durante la colocación en el recipiente graduado.

Procedimiento

1. El muestreo se realizara conforme con la guía de laboratorio ME-005-021: "Muestreo del Concreto Fresco".
2. Verifique el tamaño máximo nominal del agregado grueso y seleccione la capacidad del recipiente a utilizar en la prueba mediante la Tabla N° 30:

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Capacidad del Recipiente Graduado ^A	
mm	pulgadas	Litros	Pie ³
25.0	1	6	0.2
37.5	1 ½	11	0.4
50	2	14	0.5
75	3	28	1.0
112	4 ½	70	2.5
150	6	100	3.5

²⁰⁶ Fuente: norma ASTM C138/C138M-09, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto".

²⁰⁷ Fuente: norma ASTM C138/C138M-09, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: ME-005-024 Versión: 0 Página: 4/9 Fecha de aprobación:	

^A El tamaño indicado del recipiente graduado deberá ser utilizado en los ensayos del contenido de agregados del concreto de un tamaño máximo nominal igual o menor al previsto. El volumen actual del recipiente graduado deberá ser de al menos el 95% del volumen presente.

3. Seleccione el método de consolidación mediante el revenimiento utilizando la tabla N° 31, a menos que el método sea establecido en la especificación bajo el cual está siendo desarrollado.²⁰⁸

Tabla N° 31. Método de Consolidación

Método de Consolidación	Revenimiento
Varillado	> 3 pulg (75 mm)
Varillado o Vibrado	1 a 3 pulg(25 a 75 mm)
Vibrado	< 1 pulg (25 mm)

Consolidación por el Método de Varillado (paso 4 al 9):

4. Coloque el concreto en el recipiente graduado en tres capas de aproximadamente igual volumen.
5. Seleccione el número de golpes de varilla según el volumen del recipiente utilizando la tabla N° 32:

Tabla N° 32. Numero de Golpes para Varillado por Capa

Volumen del recipiente	Numero de golpes de varilla por capa
≤ 14 L	25 golpes
28 L	50 golpes
>28 L	1 golpe por cada 20 cm ² de superficie para recipientes graduados mayores

6. Varille cada capa de manera uniforme sobre la sección transversal con el extremo redondeado de la varilla, aplicando el número de golpes requeridos.
7. Varille la capa inferior en toda su profundidad. En el varillado de esta capa, tenga cuidado de no dañar la parte inferior del recipiente graduado. Para cada capa superior, permita que la varilla penetre a través de la capa varillada y dentro de la capa inferior aproximadamente 25 mm.

²⁰⁸ El concreto no plástico, como el utilizado comúnmente en la fabricación de tuberías y bloques para mampostería, no está cubierto por este método de ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: ME-005-024 Versión: 0 Página: 5/9 Fecha de aprobación:	

8. Golpee suavemente, después que cada capa es varillada, los lados del recipiente graduado de 10 a 15 veces con el mazo apropiado usando la fuerza para cerrar cualquier vacío dejado por la varilla de apisonamiento y liberar algunas burbujas grandes de aire que puedan haber sido atrapadas.
9. Añada la capa final para evitar el llenado excesivo.

Consolidación por el Método de Vibración Interna (paso 10 al 16):

10. Llene y vibre el recipiente graduado en dos capas aproximadamente iguales.
11. Vierta todo el concreto para cada capa en el recipiente graduado antes de iniciar la vibración de cada capa.
12. Inserte el vibrador en tres puntos diferentes de cada capa.
13. Compacte la capa del fondo y no permita que el vibrador descanse o toque el fondo o los lados del recipiente graduado.
14. Compacte la capa final y el vibrador deberá penetrar dentro de la capa inferior aproximadamente 25 mm. Tenga cuidado al retirar el vibrador, de tal manera que no queden bolsas de aire en el espécimen.²⁰⁹
15. Vibre el concreto sólo lo suficiente para lograr la consolidación correcta.²¹⁰
16. Mantenga la vibración constante para cada tipo particular de concreto, vibrador, y recipiente en cuestión.

Verificación de Consolidación por Ambos Métodos

17. Revisar al completar la consolidación del concreto que el recipiente no contenga un exceso o deficiencia de concreto.
18. Si tiene una deficiencia se puede agregar una cantidad pequeña de concreto si es necesario.²¹¹
19. Si tiene un exceso de concreto, remueva una porción representativa del exceso de concreto con una espátula o cuchara inmediatamente después de completar la consolidación y antes de remover el excedente.

²⁰⁹ La duración requerida de vibración dependerá de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador.

²¹⁰ La sobrevibración puede causar segregación del material y pérdida de cantidades significativas de aire intencionalmente atrapado.

²¹¹ Un exceso de concreto de aproximadamente 3 mm por encima del borde del recipiente es lo óptimo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: ME-005-024 Versión: 0 Página: 6/9 Fecha de aprobación:	

Remoción del Exceso de Concreto

20. Remueva el excedente de la capa superior del concreto y aplique un acabado liso con la parte plana de la placa de remoción de concreto, teniendo cuidado de dejar el recipiente graduado adecuadamente lleno y nivelado.
21. Presione la placa de remoción de concreto sobre la superficie superior del recipiente graduado cubriendo aproximadamente dos terceras partes de la superficie y avanzando con una presión vertical y un movimiento de "zigzag" para cubrir toda la superficie del recipiente graduado.
22. Coloque la placa en el borde superior del recipiente graduado, cubriendo los dos tercios originales y avance con presión vertical y movimiento de "zigzag" sobre toda la superficie, y continúe avanzando hasta que se deslice completamente fuera del recipiente graduado.
23. Realice varias pasadas finales con el borde inclinado de la placa para producir una superficie con acabado liso.

Limpieza y Pesado

24. Después de la remoción del exceso de concreto, limpie todo el exceso de concreto del exterior del recipiente graduado.
25. Determine la masa del concreto y del recipiente graduado con una precisión de 0.45 g.

Cálculos

- ✓ Densidad (Peso Unitario)

Calcule la densidad, dividiendo la masa neta de concreto por el volumen del recipiente graduado.

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

Dónde:

D = densidad (peso unitario) del concreto, lb/pie³ o Kg/m³
M_c = masa del recipiente graduado lleno de concreto, lb o Kg
M_m = masa del recipiente graduado, lb o Kg
V_m = volumen del recipiente graduado, pie³ o m³

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: Versión: Página: Fecha de aprobación:		ME-005-024 0 7/9

✓ Rendimiento

Calcule el rendimiento como sigue:

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

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

Dónde:

Y = rendimiento del concreto producido por la bachada, yd³ o m³

M = masa total de todo el material de la bachada, lb o Kg

D = densidad (peso unitario) del concreto, lb/pie³ o Kg/m³

✓ Rendimiento Relativo

El rendimiento relativo es la relación entre el volumen actual de concreto obtenido respecto del volumen diseñado para la bachada calculado como sigue:

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

Dónde:

R_y = rendimiento relativo²¹²

Y = rendimiento del concreto producido por la bachada, yd³ o m³

Y_d = volumen del concreto producido para el cual la bachada fue diseñada, yd³ o m³

✓ Contenido de Cemento

Calcule el contenido de cemento actual como sigue:

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

Dónde:

²¹²Un valor de R_y mayor que 1.00 indica exceso de concreto producido, en cambio un valor menor que esto indica que la mezcla se queda corta respecto al volumen diseñado. En la práctica, una relación de volumen en pies cúbicos por yarda cubica de mezcla de concreto diseñada, es frecuentemente usada, por ejemplo 27.3 ft³.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: ME-005-024 Versión: 0 Página: 8/9 Fecha de aprobación:	

C = contenido de cemento actual, lb/yd³ o Kg/m³

C_b = masa de cemento en la bachada, lb o Kg

Y = rendimiento del concreto producido por la bachada, yd³ o m³

✓ Densidad Teórica²¹³

Es calculado con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

T= densidad teórica

M = masa total de todo el material de la bachada²¹⁴, lb o Kg

V = volumen absoluto total de los ingredientes componentes en la bachada, pie³ o m³

El *volumen absoluto* de cada ingrediente en *metros cúbicos* es igual a la masa del ingrediente en Kilogramos dividido por 1000 veces su *gravedad específica*. El *volumen absoluto* de cada ingrediente en *pies cúbicos* es igual al cociente de la masa de ese ingrediente dividido por el producto de su *gravedad específica* 62.4 veces. Para los agregados componentes, la *gravedad específica Bulk* y la masa deben ser basadas en la condición saturada superficialmente seca. Para el cemento, la *gravedad específica actual* debe ser determinada por el Método de Ensayo C 188, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad de Cemento Hidráulico". Un valor de 3.15 puede ser usado para cementos y reunir los requerimientos de la Especificación C 150, "Especificación Estándar para el Cemento Portland".

✓ Contenido de Aire

Calcule el contenido de aire como sigue:

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

²¹³ La densidad teórica es, por costumbre, una determinación de laboratorio, el valor que se asume que permanece constante para todas las bachadas hechas usando idénticos ingredientes componentes y proporciones.

²¹⁴ La masa total de todo el material de la bachada es la suma de las masas de cemento, el agregado fino en la condición usada, el agregado grueso en la condición usada, el agua de mezclado adicionada a la bachada y cualquier otro material sólido o líquido usado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M – 09)	Código: ME-005-024 Versión: 0 Página: 9/9 Fecha de aprobación:	

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

$$A = \left[\frac{(Y_f - V)}{Y_f} \right] \times 100 \text{ (Unidades lb - pulg.)}$$

Dónde:

A = contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto

D = densidad (peso unitario) del concreto, lb/pie³ o Kg/m³

T = densidad teórica del concreto calculado en base al aire libre, lb/pie³ o Kg/m³

Y = rendimiento del concreto producido por la bachada, yd³ o m³

Y_f = volumen de concreto producido por la bachada, pie³

V = volumen absoluto total de los ingredientes componentes en la bachada, pie³ o m³

Reporte

El reporte deberá incluir lo siguiente:

- ✓ Identificación del concreto representado por la muestra.
- ✓ Fecha del ensayo.
- ✓ Volumen de la densidad medida con una precisión de 0.01 L.
- ✓ Densidad (Peso Específico) con una precisión de 1.0 kg/m³.
- ✓ Rendimiento, cuando así se solicite, con una precisión de 0.1 m³.
- ✓ Rendimiento relativo, cuando se le solicite, con una precisión de 0.01.
- ✓ Contenido de cemento, cuando se le solicite, con una precisión de 0.5 kg.
- ✓ Contenido de aire, cuando se le solicite, con una precisión de 0.1 %.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMÉTRICO) DEL CONCRETO (Basado en ASTM C138/C138M-09)	Código:	FOR-005-024
		Versión:	0
		Página:	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de Informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____

Muestra N°			
Mc	Masa del recipiente graduado lleno de concreto, Kg o lb.		
Mm	Masa del recipiente graduado, Kg o lb.		
Vm	Volumen del recipiente graduado, m ³ o pie ³ .		
D	Densidad (peso unitario) del concreto, Kg/m ³ o lb/pie ³ .		
M	Masa total de todo el material de la bachada, Kg o lb.		
Y	Rendimiento del concreto producido por la bachada, m ³ o yd ³ .		
Ry	Rendimiento relativo.		
Yd	Volumen del concreto producido para el cual la bachada fue diseñada, m ³ o yd ³ .		
Cb	Masa de cemento en la bachada, Kg o lb.		
C	Contenido de cemento actual, Kg/m ³ o lb/yd ³ .		
T	Densidad teórica.		
V	Volumen absoluto total de los ingredientes componentes en la bachada, m ³ o pie ³ .		
Yf	Volumen del concreto producido por la bachada, m ³ o pie ³ .		
A	Contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto.		

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe de Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DE LA PRUEBA
BRASILEÑA
(BASADO EN ASTM C496/C496M-
04)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LAPRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)	Código: ME-005-025 Versión: 0 Página: 1/9 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia por tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados.

Definiciones

RESISTENCIA POR TENSIÓN INDIRECTA: Resistencia a la tracción del concreto determinada por el ensayo de Tensión indirecta.

ENSAYO POR TENSIÓN INDIRECTA: Es un ensayo de Compresión Diametral, de resistencia a tracción en la que un espécimen cilíndrico se carga hasta la falla en compresión diametral a lo largo de toda su longitud.

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN: Máxima unidad de valor de la resistencia que un material es capaz de resistir bajo una carga axial de tracción, basada en el área de la sección transversal del espécimen antes de la carga.

Importancia y aplicación del método

La resistencia por tensión indirecta se utiliza en el diseño de miembros estructurales de concreto de peso ligero, para evaluar la resistencia al corte proporcionada por el concreto y determinar la longitud de desarrollo del acero de refuerzo. Consiste en aplicar una fuerza de compresión diametral a lo largo de la longitud de un espécimen cilíndrico de concreto a una velocidad que este dentro de un rango establecido hasta que la falla ocurra. Esta carga induce esfuerzos de tracción en el plano que contiene la carga aplicada y esfuerzos de compresión relativamente altos, inmediatamente alrededor de la zona de la carga aplicada. La falla de tracción ocurre en lugar de la falla a compresión porque las áreas de aplicación de la carga se encuentran en un estado de compresión triaxial, lo que le permite resistir mucho más los esfuerzos de compresión de lo que sería indicado mediante el resultado de un ensayo de resistencia a la compresión uniaxial. La carga máxima sostenida por el espécimen es dividida por factores geométricos adecuados para obtener la resistencia por tensión indirecta.

Materiales y equipo

Materiales:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-025</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-025	Versión:	0	Página:	2/9
Código:	ME-005-025									
Versión:	0									
Página:	2/9									
Fecha de aprobación:										

✓ **Especímenes Cilíndricos (en Campo)**²¹⁵

Los especímenes a Compresión o Resistencia por Tensión Indirecta deberán ser cilindros moldeados y dejarse fraguar en posición vertical. La longitud deberá ser el doble del diámetro. El diámetro del cilindro deberá ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso exceda de 50 mm, la muestra de concreto deberá ser tratada por tamizado húmedo a través de la malla de 50 mm como se describe en la guía de laboratorio ME-005-021: "Muestreo del Concreto Fresco". Para ensayos de aceptación en resistencia a compresión especificada los cilindros deberán ser de 150 x 300 mm o cuando se especifique de 100 x 200 mm.

✓ **Especímenes Cilíndricos (en Laboratorio)**²¹⁶

Los cilindros para los ensayos de esfuerzo de compresión, módulo de elasticidad de Young, movimiento longitudinal y resistencia por tensión indirecta, pueden ser de varios tamaños con un mínimo de 50 mm de diámetro por 100 mm de longitud. Cuando se desea una correlación o comparación con cilindros elaborados en el campo (práctica C31/C31M, "Practica Estándar para la Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Campo"), los cilindros deberán ser de 150 por 300 mm. De otra manera, las dimensiones estarán regidas de acuerdo con el literal 5.4 de la norma C192/C192M, "Práctica Estándar para Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Laboratorio" y la especificación del método de ensayo concerniente.

Equipo Principal:

✓ **Máquina de Ensayo**²¹⁷

La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de carga de acero, con caras endurecidas, uno de las cuales es un bloque con asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen, y la otra será un bloque sólido en el cual descansará el espécimen. Las caras de carga de los bloques deberán tener una dimensión mínima al menos 3% mayor que el

²¹⁵ Fuente: Norma ASTM C31/C31M-03a, "Practica Estándar para la Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Campo".

²¹⁶ Fuente: Norma ASTM C192/C192M-02, "Práctica Estándar para Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Laboratorio".

²¹⁷ Fuente: Norma ASTM C39/C39M-05, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto" y C496/C496M-04, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia Indirecta a Tensión de los Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-025</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-025	Versión:	0	Página:	3/9
Código:	ME-005-025								
Versión:	0								
Página:	3/9								
Fecha de aprobación:									

diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos adelante, las caras de carga no deberán diferir en todo plano por más de 0.02 mm, 150 mm para bloques de 150 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño; y los nuevos bloques deberán ser manufacturados con la mitad de estas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga del bloque con asiento esférico exceda el diámetro del espécimen por más de 13 mm, círculos concéntricos de no más de 0.8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho deberán ser inscritos para facilitar su propio centrado. Deberá ser capaz de proveer una velocidad de carga dentro del rango de 0.7 a 1.4 MPa/min (100 a 200 psi/min) de la resistencia por tensión indirecta hasta la falla del espécimen.

✓ Barra o Placa de Apoyo Complementaria²¹⁸

Si el diámetro o la mayor dimensión de la cara superior de soporte o del bloque de apoyo inferior es menor que la longitud del cilindro a ensayar, una barra de apoyo complementaria o placa de acero mecanizado deberá ser utilizada. Las superficies de la barra o la placa deberán ser maquinadas dentro de ± 0.025 mm de planitud, medido en todas las líneas de contacto de la zona de apoyo. Deberá tener un ancho de al menos 50 mm, y un grosor no menor que la distancia desde el borde del bloque de apoyo rectangular o esférico hasta el extremo del cilindro. La barra y la placa deberán ser utilizadas de manera tal que la carga se aplicará sobre la longitud completa del espécimen.

✓ Tiras de Apoyo²¹⁸

Dos tiras de apoyo de plywood de un espesor nominal de 3.2 mm, libre de imperfecciones, de aproximadamente 25 mm de ancho, y de una longitud igual, o ligeramente más larga que la del espécimen, debiendo ser proporcionadas para cada espécimen. Las tiras de apoyo deberán colocarse entre el espécimen y a la misma vez en la parte superior e inferior del bloque de apoyo de la máquina de ensayo o entre el espécimen y las barras o placas complementarias, cuando sean usadas. Las tiras de apoyo no deberán ser reutilizadas.

Equipo Misceláneo

✓ Aparatos para Marcar Diámetros Finales de Especímenes Cilíndricos

Las Figuras N° 27 y N° 28 muestran un dispositivo adecuado para dibujar líneas diametrales en

²¹⁸ Fuente: Norma ASTM C496/C496M-04, "Método de Ensayo Estándar para Resistencia Indirecta a Tensión de los Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)	

cada extremo del cilindro de 150 mm por 300 mm en el mismo plano axial. El dispositivo consta de las siguientes tres partes:

- (1) Canal de acero de una longitud de 100 mm, las bridas deberán hallarse niveladas a máquina,
- (2) La sección, parte A, es acanalada para encajar suavemente sobre las bridas del canal y que incluye tornillos de tapa para colocar el miembro vertical del ensamble, y
- (3) Una barra vertical, parte B, para guiar un lápiz o marcador,

El ensamble (parte A y parte B) no está bien fijado en el canal y es colocado en cualquier extremo del cilindro sin cambiar la posición del espécimen cuando se marcan las líneas diametrales.

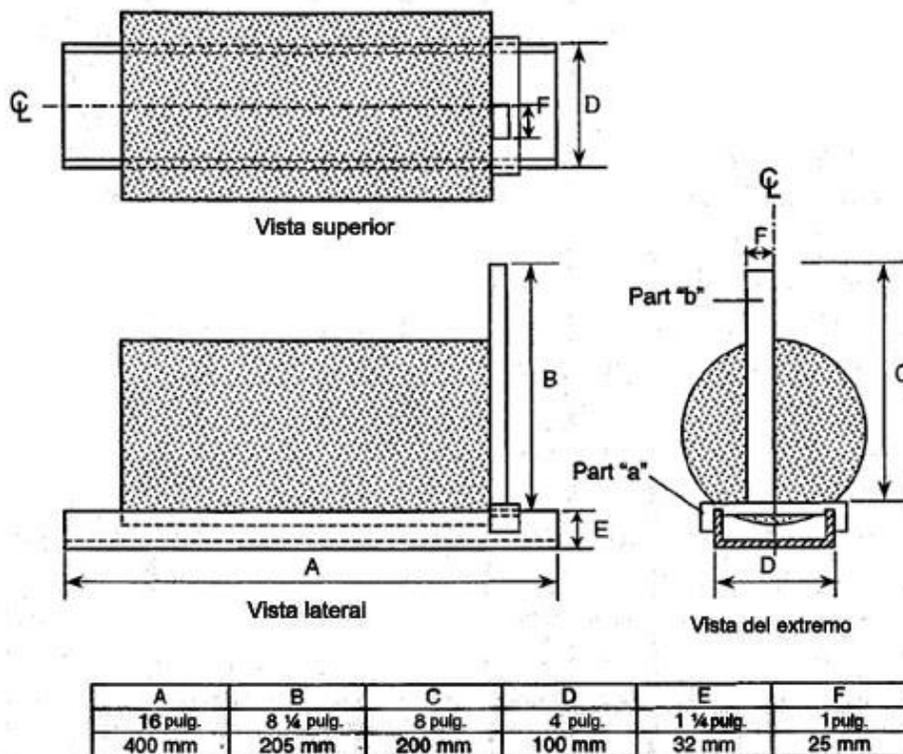
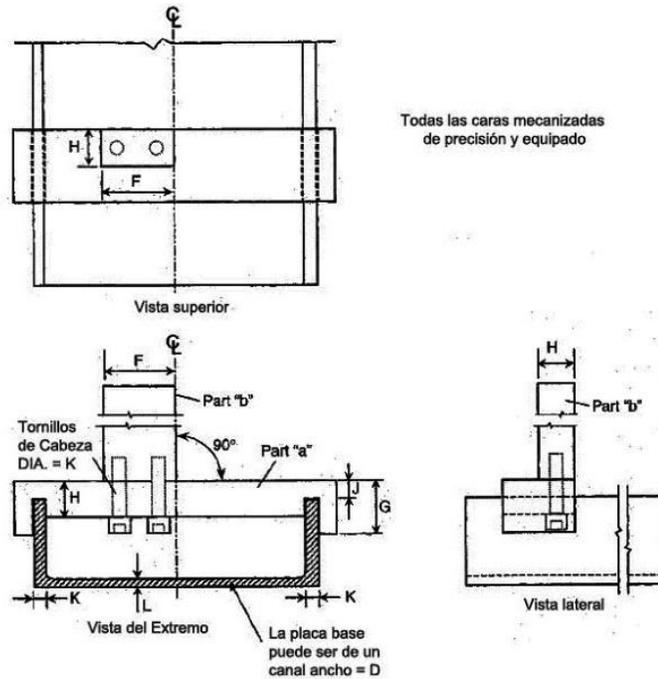


Figura N° 27. Vista general de un aparato apto para marcar diámetros finales utilizados para la alineación de la pieza en la máquina de ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección	



D	F	G	H	J	K	L
4 pulg.	1 pulg.	3/4 pulg.	1/2 pulg.	1/4 pulg.	3/16 pulg.	1/8 pulg.
100 mm	25 mm	20 mm	13 mm	6 mm	4.8 mm	3.2 mm

Figura N° 28. Esquema detallado de un aparato apto para marcar diámetros finales utilizados para alinear los especímenes.

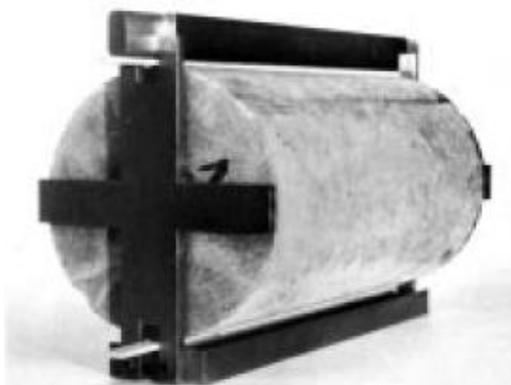
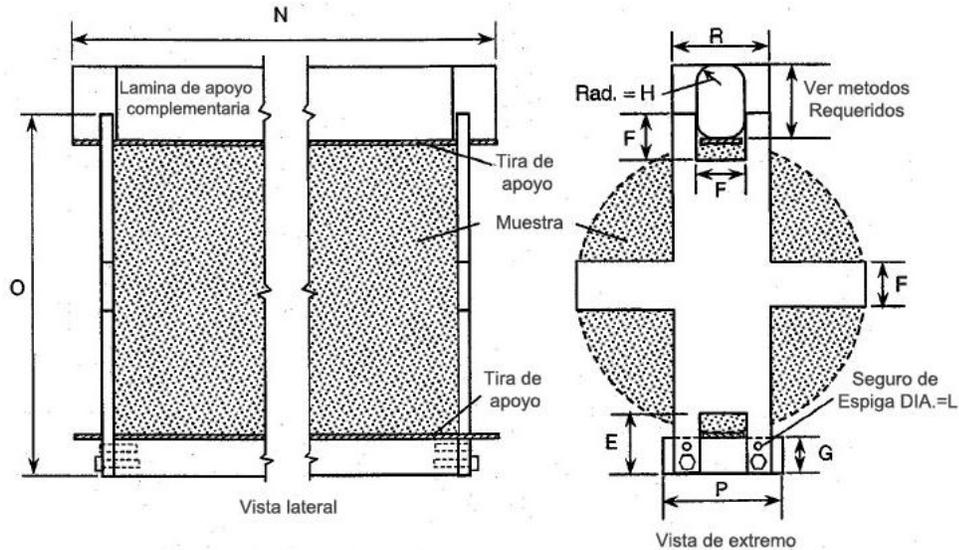


Figura N° 29. Guía mecánica para alinear cilindros de concreto y tiras de apoyo

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)		Código: ME-005-025 Versión: 0 Página: 6/9 Fecha de aprobación:



N	O	P	R	E	F	G	H	L
15 pulg.	7 ½ pulg.	2 ½ pulg.	2 pulg.	1 ¼ pulg.	1 pulg.	¾ pulg.	½ pulg.	1/8 pulg.
375 mm	190 mm	65 mm	50 mm	32 mm	25 mm	20 mm	13 mm	3 mm

Figura N° 30. Planos detallados para una adecuada alineación de la guía mecánica de 150 por 300 mm del espécimen.

La Figura N° 30 es un dibujo detallado de la plantilla de alineación mostrada en la Figura N° 29 para lograr el mismo propósito del marcado de las líneas diametrales. El dispositivo se compone de:

- (1) Una base para mantener la tira inferior del apoyo y del cilindro,
- (2) Una barra de apoyo complementaria conforme a los requisitos de las especificaciones del equipo mostrado en el equipo principal, en lo que se refiere a las dimensiones críticas y planitud, y
- (3) Dos piezas verticales que sirven para colocar el cilindro de ensayo, las tiras de apoyo, y barra de apoyo complementaria.

Procedimiento

1. Dibuje líneas diametrales en cada extremo del espécimen utilizando un dispositivo apropiado que asegure que están en el mismo plano axial (ver Figura N° 27, Figura N° 28), o como alternativa, utilice la plantilla de alineación mostrada en la Figura N° 29.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)	Código: ME-005-025 Versión: 0 Página: 7/9 Fecha de aprobación:	

2. Determine el diámetro del espécimen de ensayo con una aproximación de 0.25 mm mediante un promedio de tres diámetros medidos cerca de los extremos y al centro del espécimen y al costado en el plano que contiene las líneas marcadas en los dos extremos.
3. Determine la longitud del espécimen con una precisión de 2 mm mediante el promedio de al menos dos medidas de longitud tomadas en el plano que contengan las líneas marcadas en los dos extremos.

Posicionamiento con el Uso de Líneas de Marcado Diametrales

4. Centre una de las tiras de plywood a lo largo del centro del bloque de apoyo inferior.
5. Coloque el espécimen sobre la tira de plywood y alinee de manera que las líneas marcadas en los extremos del espécimen sean verticales y centradas sobre la tira de plywood.
6. Coloque una segunda tira longitudinal de plywood en el cilindro, centrada en las líneas marcadas en los extremos del cilindro.
7. Coloque el arreglo.
8. Verifique que la proyección del plano de las dos líneas marcadas en los extremos del espécimen se interceptan en el centro de la placa de apoyo superior.
9. Verifique que la placa o barra de apoyo complementaria, cuando es usada, y el centro del espécimen está directamente debajo del centro de empuje del bloque de apoyo esférico (ver Figura N° 31).

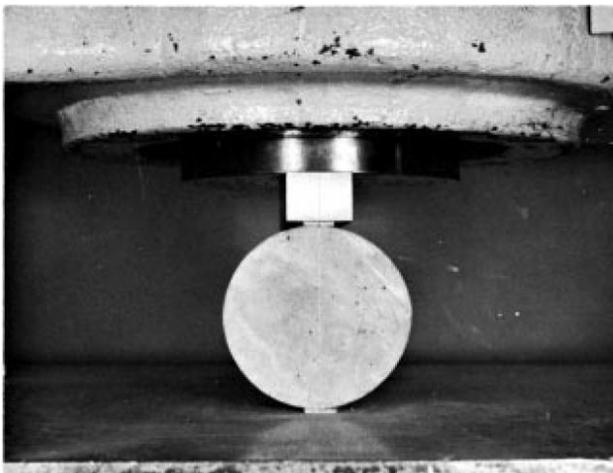


Figura N° 31. Muestra posicionada en una máquina de ensayo para la determinación de resistencia por tensión indirecta.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-025</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>8/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-025	Versión:	0	Página:	8/9
Código:	ME-005-025									
Versión:	0									
Página:	8/9									
Fecha de aprobación:										

Posicionamiento con el Uso de Guías Mecánicas de Alineación

- Coloque las tiras de apoyo, cilindro de ensayo, y la barra de apoyo complementaria por medio de la plantilla de alineamiento como se ilustra en Figura N° 29, y el centro de la plantilla para que la barra de apoyo complementaria y el centro del espécimen estén directamente debajo del centro de empuje del bloque de apoyo esférico.

Aplicación de Carga

- Aplique la carga constante y sin choque, a una velocidad constante dentro del rango de 0.7 a 1.4 MPa/min de la resistencia por tensión indirecta hasta la falla del espécimen.²¹⁹
- Registre la carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo al momento de la falla.
- Observe el tipo de falla y la apariencia del concreto.

Cálculos

Calcular la resistencia por tensión indirecta del espécimen de la manera siguiente:

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Dónde:

T = resistencia por tensión indirecta, MPa

P = carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N

l = longitud, mm, y

d = diámetro, mm

Reporte

Reporte la siguiente información:

- ✓ Número de identificación.
- ✓ Diámetro y longitud, mm.
- ✓ Carga máxima, N.

²¹⁹ Los requerimientos del rango de carga necesarios en el esfuerzo por tensión indirecta corresponde a la carga total aplicada en el rango de 50 a 100 kN/min en cilindros de 150 por 300 mm.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DE LA PRUEBA BRASILEÑA (Basado en ASTM C496/C496M-04)	Código: ME-005-025
		Versión: 0
		Página: 9/9
		Fecha de aprobación:

- ✓ Resistencia por tensión indirecta calculada con una precisión de 0.05 MPa.
- ✓ Proporción estimada de agregado grueso fracturado durante el ensayo.
- ✓ Edad del espécimen.
- ✓ Historial del Curado.
- ✓ Defectos del espécimen.
- ✓ Tipo de fractura.
- ✓ Tipo de espécimen.

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA
COMPRESION DE NUCLEOS DE
CONCRETO ENDURECIDO
(BASADO EN ASTM C42/C42M-04)

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		1/12	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la obtención, preparación y ensayo de núcleos perforados de concreto para determinar su longitud, o su resistencia a la compresión.

Definiciones

NÚCLEO DE CONCRETO: Una muestra cilíndrica de concreto obtenida del concreto endurecido por medio de un taladro.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Esfuerzo máximo que una muestra de material puede soportar bajo carga axial.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo presenta los procedimientos normalizados para obtener y ensayar especímenes, a fin de determinar la resistencia por compresión. Generalmente, los especímenes de ensayo se extraen cuando existen dudas sobre la calidad del concreto en el lugar ya sea debido a los bajos resultados de los ensayos de resistencia durante la construcción o por indicios de deterioro en la estructura. Además, este método puede ser utilizado para proporcionar información sobre la resistencia de estructuras antiguas.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Muestra de Concreto Endurecido²²⁰

El diámetro del núcleo para la determinación de la resistencia a la compresión en elementos estructurales portantes deberá ser de al menos 94 mm. Para elementos estructurales no portantes o cuando sea imposible obtener núcleos con una relación largo-diámetro (L/D) mayor que o igual a 1, no estarán prohibidos los diámetros de núcleos menores de 94 mm.²²¹

²²⁰ Fuente: norma ASTM C42/C42M-04, "Método de Ensayo Estándar para la Obtención y Ensayo de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto".

²²¹ La resistencia a la compresión de núcleos con diámetro nominal de 50 mm, se sabe que son un poco más bajas y más variables que en los núcleos de diámetros nominales de 100 mm. Además, los núcleos de diámetros menores parecer ser más sensibles al efecto de la relación longitud-diámetro.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		2/12	
Fecha de aprobación:			

Para el concreto con agregado del tamaño máximo nominal mayor o igual a 37.5 mm, el diámetro de los núcleos deberá ser el que indique el especificador de los ensayos.²²²

El diámetro de los núcleos para determinar el espesor de pavimentos, losas, muros y otros elementos estructurales debe ser al menos 95 mm, cuando se estipule que las longitudes de dichos núcleos deben ser medidas de acuerdo con el Método de Ensayo bajo la norma C 174/C 174M, "Método de Ensayo Estándar para la Medición de los Espesores de Elementos de Concreto Perforados Utilizados como Núcleos de Concreto".

Para núcleos que no están destinados a la determinación de las dimensiones estructurales, se medirá la longitud mayor y menor sobre la superficie cortada a lo largo de líneas paralelas al eje del núcleo. Registre la longitud promedio con una aproximación de 5 mm.

El largo preferido del núcleo refrentado o perfilado deberá ser de entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro. Si la relación longitud-diámetro (L/D) del núcleo excede de 2.1, reduzca la longitud del núcleo de modo que la relación entre el refrentado o perfilado del espécimen sea de entre 1.9 a 2.1. Los núcleos con relaciones longitud-diámetro iguales o menores a 1.75 requieren que se corrija la medición de la resistencia a la compresión obtenida. No se requiere de un factor de corrección de resistencia para una L/D mayor de 1.75.²²³ Un núcleo que tiene una longitud máxima de al menos 95% de su diámetro previo al refrentado o con una longitud menor a su diámetro posterior al refrentado o esmerilado no deberá ser ensayado.

Las muestras de concreto endurecido a usarse en la preparación de los especímenes para el ensayo de resistencia no deberán ser tomadas hasta que el concreto se encuentre lo suficientemente endurecido, para permitir el retiro de la muestra sin alterar la adherencia entre el mortero y el agregado grueso. En la preparación de los especímenes para el ensayo de resistencia de muestras de concreto endurecido, las muestras que hayan resultado dañadas durante la extracción no deberán ser utilizadas a menos que la(s) porción(es) dañada(s) sea(n) retirada(s) y el resultado del espécimen de ensayo tenga la longitud adecuada.²²⁴

²²² El diámetro mínimo preferido del núcleo es tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso, pero debería ser al menos dos veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

²²³ Ver Tabla N° 1, "Factor de Corrección de Resistencia".

²²⁴ No es posible especificar una edad mínima en que el concreto esté lo suficientemente endurecido para soportar el daño durante la extracción, porque la resistencia a cualquier edad depende del historial de curado y del grado de resistencia del concreto. Si el plazo lo permite, el concreto no debe ser removido antes de los 14 días de edad. Si esto no es posible, se puede proceder a la remoción del concreto si las superficies cortadas no presentan erosión del mortero y las partículas expuestas de agregado grueso se encuentran embebidas firmemente en el mortero. Se pueden usar métodos de ensayo en el lugar para estimar el nivel de la resistencia desarrollada antes de intentar extraer las muestras de concreto.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-026</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/12</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-026	Versión:	0	Página:	3/12
Código:	ME-005-026								
Versión:	0								
Página:	3/12								
Fecha de aprobación:									

Los especímenes que contengan acero de refuerzo embebido no deberán emplearse para determinar la resistencia a la compresión.²²⁵

- ✓ Mortero de Azufre para Refrentado²²⁶

El Mortero de azufre deberá consistir en una mezcla que contenga entre el 40 y 60% por peso de azufre en el cual el resto será arcilla cocida u otro material inerte adecuado que pase el tamiz No. 100 (150 micras) con o sin plasticidad.

- ✓ Grasa o aceite, para placa de refrentado

Equipo Principal:

- ✓ Extractor de Núcleos²²⁷

Se utilizara un extractor para obtener núcleos de especímenes cilíndricos mediante una broca hueca con el borde diamantado.

- ✓ Sierra²²⁷

Se utilizara una sierra capaz de perfilar los extremos de los núcleos. La sierra deberá tener una hoja de diamante o carburo de silicio con bordes con filo y deberá ser capaz de cortar los especímenes de manera que se ajusten a las dimensiones prescritas, sin provocar calentamiento excesivo o impactos.

- ✓ Máquina de Ensayo²²⁸

La máquina de ensayo deberá estar equipada con dos bloques de carga de acero, con caras endurecidas, uno de las cuales es un bloque con asiento esférico y se apoyará en la parte superior del espécimen, y la otra será un bloque sólido en el cual descansará el espécimen.

²²⁵ La Práctica C 823, "Practica Estándar para la Examinación y Muestreo del Concreto Endurecido en la Construcción", proporciona una guía para el desarrollo de un plan de muestreo para el concreto en la construcción.

²²⁶ Fuente: norma ASTM C 67-03a, "Método de Ensayo Estándar para Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla".

²²⁷ Fuente: norma ASTM C42/C42M-04, "Método de Ensayo Estándar para la Obtención y Ensayo de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto".

²²⁸ Fuente: norma ASTM C39/C39M-05, "Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		4/12	
Fecha de aprobación:			

Las caras de carga de los bloques deberán tener una dimensión mínima al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser ensayado. Excepto por los círculos concéntricos descritos adelante, las caras de carga no deberán diferir de un plano por más de 0.02 mm en todo, 150 mm para bloques de 150 mm de diámetro o mayores, o por más de 0.02 mm en el diámetro de cualquier bloque más pequeño; y los bloques nuevos deberán ser manufacturados con la mitad de estas tolerancias. Cuando el diámetro de la cara de carga del bloque con asiento esférico exceda el diámetro del espécimen por más de 13 mm, círculos concéntricos de no más de 0.8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho deberán ser inscritos para facilitar su propio centrado. Para las máquinas de ensayo de tipo tornillo, el movimiento del cabezal viajará a una razón de aproximadamente 1 mm/min cuando la maquina está corriendo libremente. Para máquinas operadas hidráulicamente, la carga deberá ser aplicada a una velocidad de movimiento (medida de la placa sobre la sección del cabezal) correspondiendo a una velocidad de carga en el espécimen dentro del rango de 0.15 a 0.35 MPa/s. La velocidad de movimiento designada deberá mantenerse al menos durante la última mitad de la fase de carga prevista del ciclo de ensayo.

✓ Placas para Refrentar²²⁹

Las placas para refrentar deberán acomodarse a los diámetros reales del núcleo y producir refrentados concéntricos con los extremos de los núcleos. Tapas de mortero de azufre serán formadas contra placas de metal o piedra, una placa de metal maquinada de al menos 11 mm de espesor, o placas pulidas de granito o diabasa de al menos 76 mm de espesor excepto que el área hueca que recibe mortero de azufre no será más profunda de 12 mm. En todo caso, las placas serán al menos 25 mm mayores en diámetro que los especímenes de ensayo y la superficie trabajada no deberá salir de un plano por más de 0.05 mm en 152 mm. La rugosidad de la superficie en placas metálicas de acabado reciente no excederá 3.2 μm , para cualquier tipo de superficie y dirección del torno. La superficie, cuando sea nueva, estará libre de estrías, ranuras y depresiones que no sean las causadas por las operaciones de acabado. Placas metálicas que han estado en uso estarán libres de estrías, ranuras y depresiones mayores de 32 mm^2 en área superficial.

✓ Dispositivos de Alineamiento²²⁹

Serán usados dispositivos de alineamiento aceptables tales como barras guía o niveles de "ojo de buey" en unión con las placas de refrentado para asegurar que ninguna tapa sencilla se salga de la perpendicularidad al eje de un espécimen cilíndrico por más de 0.5° (aproximadamente

²²⁹ Fuente: norma ASTM C617-98 (R03), "Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		5/12	
Fecha de aprobación:			

equivalente a 3.2 mm en 305 mm). El mismo requerimiento es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de una placa de refrentado cuando son usadas las barras guía. En adición, la localización de cada barra con respecto a su placa puede ser tal que ninguna tapa este fuera del centro de su espécimen de ensayo por más de 2 mm.

- ✓ Recipientes para Fundir Morteros de Azufre²³⁰

Los recipientes para fundir morteros de azufre deben estar equipados con controles de temperatura automáticos y deben estar hechos de metal o revestidos, con un material que no sea reactivo con el azufre derretido.²³¹

Equipo Misceláneo:

- ✓ Termómetro metálico, para medir la temperatura del azufre para refrentado,
- ✓ Balanza para pesar azufre,
- ✓ Pie de Rey, cinta métrica o regla metálica,
- ✓ Bolsas plásticas o recipientes no absorbentes,
- ✓ Cronómetro, y
- ✓ Paños

Procedimiento

Extracción de Núcleos

1. Perforar un núcleo de concreto en forma perpendicular a la superficie y no cerca de las juntas constructivas o bordes notorios de una unidad de depósito.
2. Registre y reporte el ángulo aproximado entre el eje longitudinal del núcleo perforado y el plano horizontal del concreto colocado.²³²
3. Remueva una porción lo suficientemente grande para garantizar los especímenes de ensayo deseados sin la inclusión de concreto fisurado, astillado, cortado o con otros daños.

²³⁰ Fuente: norma ASTM C 617-98 (R03), "Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto".

²³¹ Cuando no se usen recipientes equipados con controles de temperatura, la generación de presión bajo la superficie endurecida por el azufre frío puede ser evitada en subsecuentes calentamientos, usando una varilla metálica que haga contacto con el fondo del recipiente y proyecte el calor por encima de la superficie de la mezcla de azufre fluida mientras se enfría. Ver norma ASTM C 617-98 (R03).

²³² Un espécimen perforado en forma perpendicular a una superficie vertical, o perpendicular a una superficie inclinada deberá ser extraído de la mitad de una unidad para depósito cuando sea posible.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código: ME-005-026 Versión: 0 Página: 6/12 Fecha de aprobación:	

*Acondicionamiento de la Humedad*²³³

4. Limpie el agua remanente de la superficie de perforación y deje que el resto de humedad se evapore.
5. Coloque los núcleos individualmente, cuando la superficie luzca seca pero no después de 1 hora de perforados, en bolsas de plástico o en recipientes no absorbentes y séllelos para evitar la pérdida de humedad.
6. Mantenga los núcleos a temperatura ambiente, y proteja los núcleos de la exposición directa de los rayos del sol.
7. Transporte los núcleos lo antes posible al laboratorio de ensayo.
8. Mantenga los núcleos dentro de las bolsas plásticas o recipientes no absorbentes sellados en todo momento, excepto durante la preparación final y durante un tiempo máximo de 2 horas para permitir refrentarlos antes del ensayo.

Aserrado de los Extremos

9. Verifique la perpendicularidad de los especímenes de ensayo, de los que ninguno de los extremos de los especímenes se apartará de la perpendicularidad al eje en más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 1 mm en 100 mm).
10. Mida el diámetro del espécimen de ensayo. El cual deberá ser determinado con una precisión de 0.25 mm, por un promedio de dos diámetros medidos en ángulo recto entre sí alrededor de la altura media del espécimen.
11. Asierre los extremos de los núcleos que serán refrentados de manera que cumplan los siguientes requisitos:
 - Las protuberancias, si las hay, no deben extenderse más de 5 mm por sobre las superficies terminadas.
 - Las superficies terminadas no deberán desviarse de la perpendicularidad al eje longitudinal en una pendiente mayor de $1:8d$ o $1:3d$, donde d es el diámetro promedio del núcleo en mm.

*Refrentado del Espécimen*²³⁴

²³³ Los procedimientos de acondicionamiento de la humedad en este método de ensayo tratan de proporcionar condiciones de humedad reproducibles que minimicen las variaciones tanto dentro de un mismo laboratorio como entre laboratorios y de reducir los efectos de la humedad introducida durante la preparación del espécimen.

²³⁴ El refrentado se realizara conforme al procedimiento mostrado en la Practica C 617, utilizando como material para refrentar el Mortero de Azufre, mostrado en la Practica antes mencionada otros tipos de refrentado.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		7/12	
Fecha de aprobación:			

12. Coloque los dispositivos de alineamiento en unión con la placa de refrentado, para asegurar que el espécimen no se salga de la perpendicularidad al eje por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 3.2 mm en 305 mm).
13. Prepare el mortero de azufre calentándolo a 130 °C.
14. Verifique la temperatura insertando un termómetro metálico cerca del centro de la masa, en intervalos de aproximadamente una hora durante el refrentado.
15. Vacíe el depósito y recargue con material de azufre fresco a intervalos que aseguren que el material viejo de azufre en el depósito no haya sido usado más de cinco veces.²³⁵
16. Caliente ligeramente la placa de refrentado, para frenar un poco la velocidad del enfriamiento del material de refrentado y que esto permita la producción de capas más delgadas.
17. Lubrique ligeramente la placa de refrentado.
18. Seque los extremos de los especímenes que se refrentarán.
19. Agite el mortero de azufre que se utilizara para refrentar los especímenes.
20. Vacíe el mortero de azufre dentro de la placa de refrentado levantando el espécimen arriba de la placa haciendo contacto lateral con los dispositivos de alineamiento.
21. Deslice el espécimen hacia abajo hasta que haga contacto con la placa de acero y mantenga el contacto constante con los dispositivos de alineamiento.
22. Mantenga el espécimen descansando sobre la placa de refrentado con los lados del espécimen en contacto con los dispositivos de alineamientos hasta que el mortero de azufre haya endurecido.
23. Revise la capa de mortero de azufre refrentada golpeándola con una moneda o con un metal ligero para ver si un sonido hueco puede ser detectado. Si la capa esta hueca, esta deberá ser removida y vuelta a refrentar.
24. Repita el procedimiento de refrentado para el extremo opuesto del espécimen refrentado.²³⁶
25. Verifique la planeidad de las capas refrentadas seleccionando al azar al menos tres especímenes, haciendo un mínimo de tres medidas en diámetros diferentes con una regla o laminas calibradoras, para asegurar que la capa no se separa de un plano por más de 0.05 mm. Si las capas fallan en satisfacer los requisitos de planeidad, remueva la capa y vuelva a refrentar.
26. Cubra los especímenes refrentados con una doble cubierta de paños húmedos hasta el momento del ensayo.

²³⁵ Cuando se refrenten especímenes con un esfuerzo de compresión de 35 MPa o mayor, no se permite el reúso del compuesto recobrado de las operaciones de refrentado o refrentados viejos.

²³⁶ Es permitido que el propietario o laboratorio prepare los morteros de azufre dejando endurecer un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes con esfuerzos menores de 35 MPa. Para esfuerzos de 35 MPa o mayores, las tapas de mortero de azufre se les pueden permitir endurecer al menos 16 horas antes del ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		8/12	
Fecha de aprobación:			

Medición de Dimensiones

27. Mida la longitud del núcleo refrentado o esmerilado con aproximación de 2 mm y use esta longitud para calcular la relación longitud-diámetro (L/D).
28. Determine el diámetro promedio, promediando dos mediciones tomadas en ángulo recto, una con respecto a la otra, cerca de la altura media del núcleo.
29. Mida los diámetros de los núcleos con aproximación de 0.2 mm, cuando la diferencia en los diámetros no exceda del 2% de su promedio; de otro modo mídalos con aproximación de 2 mm. No ensaye los núcleos, si la diferencia entre el diámetro mayor y el diámetro menor excede el 5% de su promedio.

Resistencia a Compresión del Núcleo de Concreto²³⁷

30. Coloque el bloque de apoyo con su cara endurecida hacia arriba, sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente abajo del bloque de soporte superior.
31. Limpie con un paño las superficies de apoyo inferior y superior.
32. Limpie con un paño las superficies del espécimen refrentado.
33. Coloque el espécimen sobre el bloque de apoyo inferior.
34. Alinee cuidadosamente el espécimen con el centro del bloque con asiento esférico.
35. Verifique que el indicador de carga este en cero.
36. Rote suavemente la porción móvil del bloque con asiento esférico de manera que obtenga un asiento uniforme sobre el espécimen de ensayo.
37. Aplique la carga al espécimen hasta la primera mitad de la fase de carga prevista. La velocidad de carga deberá ser aplicada de manera controlada para que el espécimen no sea sometido a cargas de choque.
38. Aplique la segunda mitad de la fase de carga prevista hasta que el indicador de carga muestre que la carga está disminuyendo de manera constante y el espécimen muestre un patrón de falla bien definido (tipos 1 a 4 en la Figura N° 32), la velocidad de carga designada deberá mantenerse.²³⁸
39. Continúe la compresión del espécimen hasta que el usuario esté seguro que la capacidad última se ha alcanzado.

²³⁷ Los especímenes serán ensayados dentro de los 7 días siguientes a su extracción a menos que se especifique de otro modo.

²³⁸ La carga deberá aplicarse a una velocidad de movimiento (platina de la cruceta de medición) que corresponda a una velocidad de esfuerzo en el espécimen de 0.25 ± 0.05 MPa/s (35 ± 7 psi/s). Para una máquina de ensayo tipo tornillo o de desplazamiento controlado, ensayos preliminares serán necesarios para establecer la velocidad de movimiento requerida para alcanzar la velocidad de esfuerzo especificada. La velocidad del movimiento dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto, y la rigidez de la máquina de ensayo.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		9/12	
Fecha de aprobación:			

40. Registre la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.

41. Anote el tipo de falla obtenido de acuerdo a la Figura N° 32. Si el patrón de falla no es uno de los patrones típicos de la Figura N° 32, dibuje y describa brevemente el tipo de falla.²³⁹

Cálculos

Calcule la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo entre el promedio del área de la sección transversal y expresar el resultado con una precisión de 0.1 MPa (10 psi).

Si la relación longitud a diámetro del espécimen es de 1.75 o menos, corregir el resultado obtenido anteriormente y multiplicar por el factor de corrección apropiado mostrado en tabla siguiente:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use la interpolación para determinar el factor de corrección para los valores L/D que estén entre los que figuran en la tabla.

Nota: Los factores de corrección depende de diversas condiciones tales como la condición de humedad, nivel de resistencia y del módulo de elasticidad. Estos factores de corrección se aplican al concreto de baja densidad con peso de entre 1600 y 1920 kg/m³ (100 y 120 lb/ft³) y con el concreto de densidad normal. Son aplicables al concreto seco o mojado en el momento de la carga y para resistencias nominales del concreto desde 14 a 42 MPa (2000 hasta 6000 psi). Para resistencias mayores de 42 MPa (6000 psi) los factores de corrección pueden ser mayores que los valores mencionados anteriormente.

Conversión de la Resistencia del Núcleo a la Resistencia Equivalente en el Lugar

La resistencia del concreto en el lugar desde que el núcleo de espécimen de ensayo fue extraído se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$f_c = f_{l/a} F_{dia} F_{mc} F_d f_{core}$$

²³⁹ Si la resistencia medida es menor de lo esperado, examine el concreto fracturado y observe la presencia de burbujas grandes de aire, evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas de agregado grueso, y verifique si los preparativos finales fueron conforme con la Práctica C 617 o Práctica C 1231/C 1231M.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	

Donde f_c es el equivalente de la resistencia en lugar; f_{core} es la resistencia del núcleo; y el factor de corrección $F_{l/d}$, F_{dia} y F_{mc} se considera para los efectos de la relación longitud-diámetro, diámetro y contenido de humedad en el núcleo, respectivamente. El factor F_d se considera para los efectos del daño sufridos durante la perforación incluyendo micro fisuras y ondulaciones en la superficie perforada y el corte a través de las partículas del agregado grueso que posteriormente pueden aparecer durante el ensayo.

La Tabla N° 33 muestra los valores medios de los factores de corrección reportados por Bartlett y MacGregor (1995) basados en los datos del concreto de peso normal con resistencias de entre 14 y 92 MPa (2000 y 13400 PSI). La columna de la derecha muestra los coeficientes de variación V que indican la incertidumbre del valor medio. De ello se deduce que el diámetro de un núcleo de 100 mm (4 pulg), con una relación $l/d=2$ que se ha mojado 48 horas antes del ensayo a:

$$f'_c = 1.0 \times 1.0 \times 1.09 \times 1.06 f_{core} = 1.16 f_{core}.$$

Tabla N° 33. Magnitud y Precisión de los Factores de Corrección de Resistencia para Convertir la Resistencia en Resistencia Equivalente en el Lugar^c

Factor	Valor Medio	Coefficiente de Variación V , %
$F_{l/d}$: relación l/d		
Como se reciben ^B	$1 - \{0.130 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Mojado 48 horas	$1 - \{0.117 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
Secado al aire ^B	$1 - \{0.144 - \alpha f_{core}\} \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$	$2.5 \left(2 - \frac{l}{d}\right)^2$
F_{dia} : diámetro del núcleo		
50 mm (2 pulg)	1.06	11.8
100 mm (4 pulg)	1.00	0.0
150 mm (6 pulg)	0.98	1.8
F_{mc} : contenido de humedad del núcleo		
Como se reciben ^B	1.00	2.5
Mojado 48 horas	1.09	2.5
Secado al aire ^B	0.96	2.5
F_d : daños debidos a la perforación	1.06	2.5

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código: ME-005-026 Versión: 0 Página: 11/12 Fecha de aprobación:	

^A Constante α es igual a $3(10^{-6})1/\text{psi}$ para f_{core} en psi, o $4.3(10^{-4})1/\text{MPa}$ para f_{core} en MPa.

^B Tratamiento Estándar especificado en ASTM C42/C42M.

^C Fuente: Committee ACI 214.4, tabla N° 8.

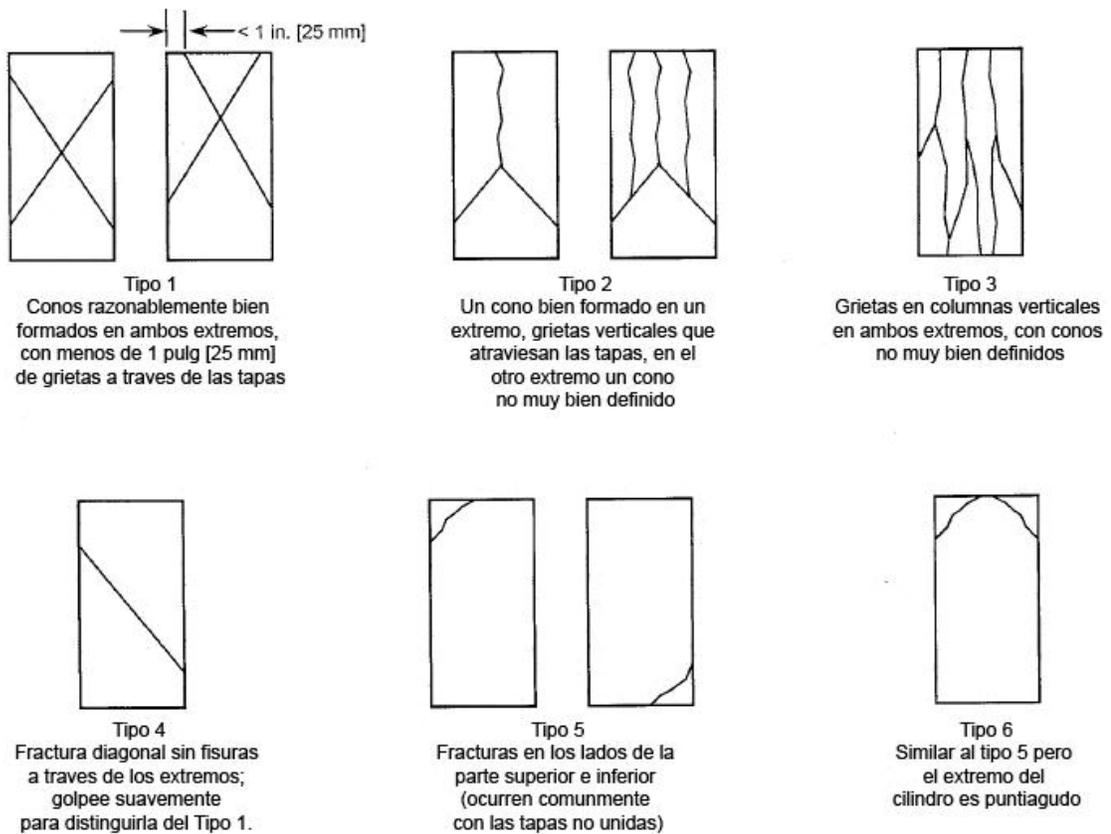


Figura N° 32. Esquema de los Patrones de Fracturas Típicas

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:		ME-005-026
Versión:		0	
Página:		12/12	
Fecha de aprobación:			

Reporte

Reporte la siguiente información:

- ✓ Número de identificación,
- ✓ Edad del espécimen,
- ✓ Diámetro (y longitud, si esta fuera del rango de 1.8D a 2.2D) en milímetros,
- ✓ Carga máxima, en newton,
- ✓ Área transversal, en centímetros cuadrados,
- ✓ Resistencia a la compresión con aproximación de 0.1 MPa, cuando el diámetro es medido con aproximación de 0.2 mm y con aproximación de 0.5 MPa, cuando el diámetro es medido con aproximación de 2.0 mm, y después de la corrección por la relación longitud-diámetro, cuando sea aplicable,
- ✓ Tipo de fractura, si es otra que el cono usual (Ver Figura N° 32),
- ✓ Defectos tanto en el espécimen o los refrentados
- ✓ Longitud del núcleo extraído, con aproximación de 5 mm,
- ✓ Longitud del espécimen de ensayo antes y después del refrentado o esmerilado con aproximación de 2 mm, y el diámetro promedio del núcleo con aproximación de 0.2 mm o 2 mm,
- ✓ Dirección de la aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal del concreto colocado,
- ✓ Fecha y hora en que se obtuvo el núcleo y su primera colocación en una bolsa plástica o recipiente no absorbente sellado,
- ✓ La fecha y hora cuando se ensayó,
- ✓ Si se utilizó agua durante la preparación final, la fecha y hora final en que se terminó la preparación y en que se colocó el núcleo dentro de la bolsa plástica o del recipiente no absorbente sellado,
- ✓ El tamaño máximo nominal del agregado del concreto,
- ✓ La densidad, si se determinó,
- ✓ Si es aplicable, una descripción de los defectos en los núcleos que no pueden ser ensayados, y
- ✓ Si se requirió alguna desviación de este método de ensayo, describa la desviación y explique el por qué fue necesaria.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA COMPRESIÓN DE NUCLEOS DE CONCRETO (Basado en ASTM C42/C42M-04).	Código:	FOR-005-026
		Versión:	0
		Página:	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de Informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____
 Fecha de Ensayo: _____
 Lugar de donde se extrajo el Espécimen: _____ Tipo de fractura



Número de Identificación			
Edad del espécimen			
Diámetro(mm)			
Longitud, si está fuera del rango de 1.8D a 2.2D (mm)			
Longitud del núcleo extraído, con aproximación de 5 mm			
Longitud del espécimen de ensayo antes del refrentado (mm)			
Longitud del espécimen de ensayo despues del refrentado (mm)			
Carga máxima, (N)			
Área transversal, (cm ²)			
Resistencia a compresión calculada al más cercano 0.1 Mpa			
Tipo de fractura			
Fecha en que se obtuvo el espécimen			
Hora en que se obtuvo el espécimen			
Fecha en que se colocó el espécimen en recipiente no absorbente			
La dirección de la aplicación de la carga sobre el espécimen con respecto al plano horizontal del concreto colocado			
Tamaño máximo nominal del agregado del concreto			
Densidad, si se determinó			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe de Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

**PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA EL
NÚMERO DE REBOTES DEL
CONCRETO ENDURECIDO POR
MEDIO DEL ESCLEROMETRO
(BASADO EN ASTM C805/C805M-
08)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)	Código: ME-005-027 Versión: 0 Página: 1/4 Fecha de aprobación:	

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del número de rebote del concreto endurecido utilizando un martillo de acero accionado por un resorte.

Definiciones

MARTILLO DE REBOTE: También conocido como "martillo Schmidt" o "martillo suizo", es un dispositivo para medir las propiedades elásticas o la resistencia del concreto.

NÚMERO DE REBOTE: Es el número indicado por el martillo de rebote, cuya relación con la resistencia del concreto es específica para cada fabricante del aparato.

Importancia y Aplicación del Método

Este método de ensayo es aplicable para evaluar la uniformidad del concreto en el lugar, para delimitar las regiones en una estructura de menor calidad o de concreto deteriorado, y estimar la resistencia en el lugar. Este método de ensayo puede ser complementado con la realización de ensayos de resistencia a compresión de núcleos de concreto extraídos de los lugares correspondientes.

Para una mezcla de concreto dada, el número de rebote se ve afectado por factores tales como el contenido de humedad de la superficie de ensayo, el método utilizado para obtener la superficie de ensayo (tipo de material del encofrado o tipo de acabado), la distancia vertical desde el fondo del concreto colocado, y la profundidad de carbonatación. Estos factores deben tenerse en cuenta en la interpretación del número de rebotes.

Diferentes martillos del mismo diseño nominal pueden dar un número de rebote diferente desde 1 a 3 unidades. Por lo tanto, los ensayos deben realizarse con el mismo martillo con el fin de comparar los resultados. Este método de ensayo no es adecuado como base para la aceptación o rechazo del concreto.

Equipo

Equipo Principal:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-027</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/4</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-027	Versión:	0	Página:	2/4
Código:	ME-005-027									
Versión:	0									
Página:	2/4									
Fecha de aprobación:										

✓ Martillo de Rebote²⁴⁰

Consiste de un martillo de acero accionado por un resorte, que cuando se libera golpea un émbolo de acero en contacto con la superficie de concreto. El resorte-cargado del martillo debe viajar con una velocidad constante y reproducible. La distancia del rebote del martillo de acero, desde el émbolo de acero, se mide en una escala lineal adjunta al cuerpo del instrumento.

Los martillos de rebote deberán ser revisados y verificados cada año y siempre que exista duda sobre su funcionamiento.

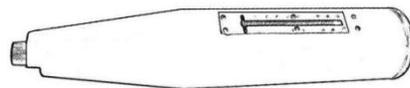


Figura N° 33. Esclerómetro

- ✓ Roca abrasiva, consistente en carburo de silicio con textura de medio grano o material equivalente.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Yunque de ensayo²⁴⁰

Un cilindro de aproximadamente 150 mm de diámetro por 150 mm de altura, hecho de acero para herramientas, con un área de impacto endurecida a 66 ± 2 HRC. Un instrumento de guía se proporciona para centrar el martillo de rebote sobre la zona de impacto y mantener el instrumento perpendicular a la superficie.

- ✓ Termómetro
- ✓ Guantes
- ✓ Franela

Procedimiento

1. Seleccione la superficie a ensayar.²⁴¹

²⁴⁰ Fuente: norma ASTM C805, "Método Ensayo Estándar para el Número de Rebotes del Concreto Endurecido".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-027</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/4</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-027	Versión:	0	Página:	3/4
Código:	ME-005-027									
Versión:	0									
Página:	3/4									
Fecha de aprobación:										

2. Con la piedra abrasiva, pula el área de ensayo en un diámetro de al menos 150 mm (6 pulg). Superficies encofradas lisas o superficies alisadas con llana no tienen que ser pulidas antes del ensayo.
3. Si la superficie contiene agua libre, remueva el agua antes del ensayo.
4. Coloque el martillo de rebote sobre la superficie a ensayar.
5. Sostenga el instrumento firmemente de modo que el émbolo sea perpendicular a la superficie a ensayar.
6. Empuje gradualmente el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo haga impacto.
7. Tras el impacto, mantenga la presión sobre el instrumento y, si es necesario, oprima el botón lateral del equipo para bloquear el émbolo en su posición retraída.
8. Lea el número de rebote en la escala al número entero más cercano.
9. Registre el número de rebote.
10. Repita los pasos del 4 al 9 hasta completar 10 lecturas en diferentes puntos dentro de la zona de ensayo. Cada punto deberá estar separado al menos 25 mm (1 pulg) entre sí.²⁴²
11. Repita el procedimiento anterior en cada zona de ensayo.

Cálculo

Calcule el promedio de las 10 lecturas.

Deseche las lecturas que difieran del promedio de las 10 lecturas en más de 6 unidades.

Determine el promedio de las lecturas restantes.

Si más de 2 lecturas difieren del promedio por 6 unidades, deseche todo el conjunto de lecturas y determine el número de rebote de 10 nuevas ubicaciones dentro de la zona de ensayo.

Reporte

El reporte deberá contener la siguiente información:

Información general:

²⁴¹ Los miembros de concreto a ser ensayados deberán tener al menos 100 mm [4 pulg] de espesor y fijado entre la estructura. Evite áreas que presenten colmenas, desincrustaciones o alta porosidad. ²⁴¹ No realice ensayos directamente sobre las barras de refuerzo con un recubrimiento inferior a 20 mm [0.75 pulg].

²⁴² Examine la impresión en la superficie después del impacto, y si el impacto aplasta o rompe un vacío de aire cerca de la superficie, haga caso omiso de la lectura y tome otra lectura.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-027</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/4</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-027	Versión:	0	Página:	4/4
Código:	ME-005-027									
Versión:	0									
Página:	4/4									
Fecha de aprobación:										

- ✓ Fecha del ensayo
- ✓ Temperatura del aire y hora del ensayo
- ✓ Edad del concreto
- ✓ Identificación del lugar del ensayo en la construcción de concreto y el tamaño del miembro ensayado.

Información sobre el concreto:

- ✓ Identificación de la mezcla y tipo de agregado grueso
- ✓ Especificación de la resistencia del concreto

Descripción del área de ensayo:

- ✓ Características superficiales (fratasado, maestreado, moldeado)
- ✓ Si procede, el tipo de material del encofrado utilizado en el área de ensayo
- ✓ Si la superficie era granulada y la profundidad del grano
- ✓ Si procede, condiciones de curado
- ✓ Condición de humedad de la superficie (seca o mojada)

Información del martillo:

- ✓ Identificación del martillo o número de serie
- ✓ Fecha de verificación del martillo.

Datos del número de rebote:

- ✓ Orientación del martillo durante el ensayo
- ✓ En las superficies verticales (paredes, columnas, vigas de fundación), elevación relativa de la zona de ensayo
- ✓ Números de rebote individuales
- ✓ Comentarios sobre lecturas descartadas
- ✓ Número promedio de rebotes
- ✓ Si procede, descripción de las condiciones inusuales que podrían afectar las lecturas del ensayo.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"



Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)	Código:	FOR-005-027
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____ No. de Martillo _____
 Fecha de Ensayo: _____ Fecha de Verificación _____

Ubicación del elemento											
Temperatura											
Edad del Concreto											
Resistencia Especificada											
Orientación del Martillo											
Altura relativa											
Lecturas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; height: 20px;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>										
Promedio de Lecturas											

Observaciones: _____

" LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 " EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 " MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADADO"
 " EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA ENSAYO CON ESCLERÓMETRO (Basado en ASTM C805/C805M-08)	Código: ME-005-027	
		Versión: 0	
		Página: 1A/1A	
		Fecha de aprobación:	

ANEXO

Verificación de las Lecturas del Martillo de Rebote

1. Coloque el yunque de ensayo sobre una losa o piso de concreto.
2. Coloque el esclerómetro sobre el yunque de ensayo, auxiliándose con el dispositivo guía.
3. Sostenga el instrumento firmemente de modo que el émbolo sea perpendicular a la superficie del yunque de ensayo.
4. Empuje gradualmente el instrumento hacia la superficie de ensayo hasta que el martillo haga impacto.
5. Tras el impacto, mantenga la presión sobre el instrumento y, si es necesario, oprima el botón lateral del equipo para bloquear el émbolo en su posición retraída.
6. Lea el número de rebote en la escala al número entero más cercano.
7. Registre el número de rebote. (Se recomienda realizar nueve lecturas adicionales en el yunque de ensayo, con el fin de obtener un promedio de número de rebote).
8. Compare el valor promedio obtenido con el valor del número de rebote especificado por el fabricante cuando se utiliza el yunque de ensayo.

PROCEDIMIENTO:
REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA
GRUMOS DE ARCILLA Y
PARTICULAS DESMENUZABLES
EN AGREGADOS PARA EL
CONCRETO
(BASADO EN ASTM C142-97(R04))

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:		ME-005-028
Versión:		0	
Página:		1/7	
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación aproximada de los grumos de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados.

Definiciones

ARCILLA: material mineral natural que tiene propiedades plásticas y que está compuesto por partículas muy finas; la fracción mineral de la arcilla de un suelo es generalmente considerado como la parte que consiste en partículas de menos de 2 μm ; los minerales de arcilla son esencialmente silicatos hidratados de aluminio o en algunas ocasiones silicatos hidratados de magnesio.

Importancia y aplicación del método

Este método de ensayo es de primordial importancia para determinar la aceptabilidad del agregado con respecto a los requisitos de la "Especificación Estándar para Agregados del Concreto" bajo la norma ASTM C 33.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Muestra de Agregado Grueso
- ✓ Muestra de Agregado Fino
- ✓ Agua destilada

Equipo Principal:

- ✓ Balanza²⁴³

Una balanza o bascula con una precisión dentro del 0.1% de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso.

²⁴³ Fuente: norma ASTM C142-97 (R04), "Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:		ME-005-028
Versión:		0	
Página:		2/7	
Fecha de aprobación:			

✓ Recipiente²⁴⁴

Recipientes resistentes a la corrosión, del tamaño y forma adecuados que permitan extender la muestra en el fondo en una delgada capa.

✓ Tamices²⁴⁵

Las telas metálicas utilizadas en EE.UU. para los tamices de ensayos estándar deben satisfacer las especificaciones indicadas en la Tabla N° 34 que se deberán designar como "ensayo de grado". El ensayo del grado de la tela del tamiz deberá tejerse de acero inoxidable, latón, bronce, o de otro cable adecuado, con un tejido sencillo, excepto con la tela con aperturas de 63 µm (No 230) y más finos que podrán ser tejidos con un tejido de sarga.

Tabla N° 34. Dimensiones Nominales, Variaciones Permisibles para la Tela del Alambre de los Tamices de Ensayo Estándar (EE.UU.) de la Serie Estándar²⁴⁵

Designación del Tamiz		Abertura del Tamiz Nominal, pulg ^A	Variación Permisible de la Abertura Promedio de Tamiz Estándar Designado	Dimensión de Abertura Excedida pero no Mayor que el 5% de la Abertura	Máxima Abertura Individual	Diámetro Nominal del Alambre de la Malla, mm ^B
Estándar ^C	Alternativo					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
37.5 mm	1 ½ pulg	1.5	± 1.10 mm	39.1 mm	39.5 mm	4.50
31.5 mm	1 ¼ pulg	1.25	± 1.00 mm	32.9 mm	33.2 mm	4.00
26.5 mm	1.06 pulg	1.06	± 0.80 mm	27.7 mm	28.0 mm	3.55
25.0 mm ^D	1.00 pulg ^D	1	± 0.80 mm	26.1 mm	26.4 mm	3.55
22.4 mm	⅞ pulg	0.875	± 0.70 mm	23.4 mm	23.7 mm	3.55
19.0 mm	¾ pulg	0.750	± 0.60 mm	19.9 mm	20.1 mm	3.15
16.0 mm	⅝ pulg	0.625	± 0.50 mm	16.7 mm	17.0 mm	3.15
13.2 mm	0.530 pulg	0.530	± 0.41 mm	13.83 mm	14.05 mm	2.80
12.5 mm ^D	½ pulg ^D	0.500	± 0.39 mm	13.10 mm	13.31 mm	2.50

Sigue...

²⁴⁴ Fuente: norma ASTM C142-97 (R04), "Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados".

²⁴⁵ Fuente: norma ASTM E11-01, "Especificación Estándar para Tamices y Tela Metálica para Propósitos de Ensayo".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:		ME-005-028
Versión:		0	
Página:		2/7	
Fecha de aprobación:			

11.2 mm	$\frac{7}{16}$ pulg	0.438	± 0.35 mm	11.75 mm	11.94 mm	2.50
9.5 mm	$\frac{3}{8}$ pulg	0.375	± 0.30 mm	9.97 mm	10.16 mm	2.24
8.0 mm	$\frac{5}{16}$ pulg	0.312	± 0.25 mm	8.41 mm	8.58 mm	2.00
6.7 mm	0.265 pulg	0.265	± 0.21 mm	7.05 mm	7.20 mm	1.80
6.3 mm ^D	$\frac{1}{4}$ pulg ^D	0.250	± 0.20 mm	6.64 mm	6.78 mm	1.80
5.6 mm	No. 3 $\frac{1}{2}$ ^E	0.223	± 0.18 mm	5.90 mm	6.04 mm	1.60
4.75 mm	No. 4	0.187	± 0.15 mm	5.02 mm	5.14 mm	1.60
2.36 mm	No. 8	0.0937	± 0.080 mm	2.515 mm	2.600 mm	1.00
1.18 mm	No. 16	0.0469	± 0.045 mm	1.270 mm	1.330 mm	0.630
850 μm ^F	No. 20	0.0331	± 35 μm	925 μm	970 μm	0.500
75 μm	No. 200	0.0029	± 5 μm	91 μm	103 μm	0.050

^A Sólo aproximadamente el equivalente a los valores de medición en la Columna 1.

^B El diámetro promedio del alambre en dirección X y Y, medidos por separado, para cualquier tela metálica no deberá desviarse de los valores nominales por más de $\pm 15\%$.

^C Estas designaciones estándar corresponden a los valores de las aberturas del tamiz de ensayo recomendados por la Organización Internacional de Normalización, Ginebra, Suiza, salvo excepciones que se indique.

^D Estos tamices no están en la serie estándar, pero se han incluido porque son de uso común.

^E Estos números (3 $\frac{1}{2}$ a 635) son de los números aproximados de aberturas por pulgada lineal, pero es preferido el tamiz que se identifica por medio de la designación estándar en milímetros o micrómetros.

^F 1000 μm - 1 mm.

✓ Horno de secado²⁴⁶

Un horno que provea circulación libre de aire y capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Equipo Misceláneo:

✓ Cronometro

²⁴⁶ Fuente: norma ASTM C142-97(R04), "Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))		Código:	ME-005-028
Versión:			0
Página:			5/7
Fecha de aprobación:			

Muestreo

1. Los agregados para este método de ensayo deberán de consistir en material remanente después de completar el *Método de Ensayo Estándar para los Materiales más Finos que el tamiz 75 μm (No. 200) en Agregados Minerales por Lavado (ASTM C 117)*. Para proporcionar las cantidades designadas en los puntos 3 y 4.²⁴⁷
2. Seque los agregados hasta una masa sustancialmente constante a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. En el caso de mezclas de agregado fino y grueso, separe el material en el tamiz 4.75-mm (No. 4), y prepare la muestra de agregado fino y grueso de acuerdo con el punto 4 y 5.

Agregado Fino

4. La muestra de ensayo de los agregados finos deberá estar formada por partículas más gruesas que el tamiz de 1.18 mm (No. 16) y deberá tener una masa no menor de 25 g.

Agregado Grueso

5. Separe las muestras de ensayo de agregados gruesos en diferentes tamaños, usando los siguientes tamices: 4.75-mm (No. 4), 9.5-mm (3/8 pulg), 19.0-mm (3/4-pulg) y 37.5-mm (1½-pulg). La muestra de ensayo deberá tener una masa no inferior a la señalada en la tabla N° 35:

Tabla N° 35. Masa de la Muestra de Ensayo²⁴⁸

Tamaño de Partículas que Conforman la Muestra de Ensayo	Masa de la Muestra de Ensayo, min, g
4.75 a 9.5-mm (No. 4 a 3/8-pulg)	1000
9.5 a 19-mm (3/8 a 3/4-pulg)	2000
19.0 a 37.5-mm (3/4 a 1 ½-pulg)	3000
Sobre 37.5-mm (1 ½-pulg)	5000

²⁴⁷ Puede ser necesario combinar el material de más de un ensayo mediante el Método de Ensayo Estándar para los Materiales más Finos que el tamiz 75 μm (No. 200) en Agregados Minerales por Lavado (norma ASTM C 117, "Método de Ensayo Estándar para los Materiales más Finos que el Tamiz 75- μm (No. 200) en Agregado Mineral por Lavado").

²⁴⁸ Fuente: Norma ASTM C142-97(R04), "Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:		ME-005-028
Versión:		0	
Página:		6/7	
Fecha de aprobación:			

Procedimiento

6. Determine la masa de la muestra de ensayo con una precisión dentro del 0.1 % de la masa de la muestra de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso.
7. Extienda una capa delgada sobre el fondo del contenedor.
8. Cúbrela con agua destilada y déjela sumergida por un periodo de 24 ± 4 horas.
9. Luego apriete y ruede las partículas individualmente entre el pulgar y el índice tratando de desmenuzar las partículas en tamaños más pequeños. No use las uñas para deshacer las partículas, ni las presione contra una superficie dura, ni entre ellas.
10. Clasifique cualquier partícula que pueda ser quebrada con los dedos, en finos removibles mediante tamizado húmedo, como los grumos de arcilla o partículas desmenuzables.
11. Después de desmenuzar todos los grumos de arcilla palpables y partículas desmenuzables, separe los residuos del resto de la muestra por tamizado húmedo sobre el tamiz prescrito en la tabla N° 36:

Tabla N° 36. Tamaño del Tamiz para Remover los Residuos de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables

Tamaño de Partículas que Conforman la Muestra	Tamaño del Tamiz para Remover los Residuos de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables
Agregado fino (retenido en el tamiz de 1.18-mm (No. 16))	850- μ m (No 20)
4.75 a 9.5-mm (No. 4 a 3/8-pulg)	2.36-mm (No 8)
9.5 a 19-mm (3/8 a 3/4-pulg)	4.75-mm (No 4)
19 a 37.5-mm (3/4 a 1 ½-pulg)	4.75-mm (No 4)
Sobre 37.5-mm (1 ½-pulg)	475-mm (No 4)

12. Realice el tamizado húmedo pasando agua sobre la muestra a través del tamiz, agitando manualmente el tamiz, hasta que todo el material de menor tamaño haya sido removido.
13. Remueva cuidadosamente las partículas retenidas en el tamiz.
14. Seque hasta una masa sustancialmente constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C.
15. Deje que se enfríe y determine la masa aproximándola al 0.1 % de la masa de la muestra de ensayo definida en el punto 4 y 5.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:		ME-005-028
Versión:		0	
Página:		7/7	
Fecha de aprobación:			

Cálculos

- ✓ Calcule el porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables de los agregados finos o de los tamaños individuales de los agregados gruesos, de la siguiente manera:

$$P = \left[\frac{(M - R)}{M} \right] \times 100$$

Dónde:

P = porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables,

M = masa de la muestra de ensayo (para agregado fino es la masa de la porción más gruesa que el tamiz de 1.18-mm (No. 16), como se describe en el punto 4), y

R = masa de las partículas retenidas en un tamiz designado como se determina en conformidad con el punto 15.

- ✓ Para los agregados gruesos, el porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables deberá ser un promedio basado en el porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables para cada tamaño de tamiz por fracción de peso, de acuerdo con la graduación de la muestra original antes de la separación o, preferiblemente, la graduación promedio del suministro representado por la muestra. Si el agregado contiene menos del 5% de cualquiera de los tamaños especificados en el punto 6, este tamaño no deberá ser ensayado pero, para propósitos de cálculo del promedio pesado deberá ser considerado que contiene el mismo porcentaje de grumos de arcilla y partículas desmenuzables como el tamaño próximo superior o próximo inferior, cualquier caso que se presente.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"																																																				
Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA GRUMOS DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS (Basado en ASTM C 142-97 (Reaprobada 2004))	Código:	FOR-005-028																																																		
		Versión:	0																																																		
		Página:	1/1																																																		
		Fecha de Aprobación:																																																			
<p>Cliete: _____ N° de Informe: _____</p> <p>Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____</p> <p>Proyecto: _____</p> <p>Fecha de Solicitud: _____</p> <p>Fecha de Recepción: _____</p> <p>Fecha de Ensayo: _____</p> <p>Tipo de Agregado: <input type="checkbox"/> fino <input type="checkbox"/> grueso</p>																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 12.5%;">Rango de Mallas</th> <th style="width: 12.5%;">Masa de la Muestra de Ensayo (M)</th> <th style="width: 12.5%;">% Retenido Original</th> <th style="width: 12.5%;">Masa de las Partículas Retenidas (R)</th> <th style="width: 12.5%;">% Parcial de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables</th> <th style="width: 12.5%;">% de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables, Referente a Granulometría Original</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="6">Sumatoria</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota: Se deberá realizar la granulometría a la muestra de agregado original.</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VALIDAS SIN LA AUTORIZACION DEL LABORATORIO"</p> <p>"EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"</p> <p>"MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"</p> <p>"EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio</p>						Rango de Mallas	Masa de la Muestra de Ensayo (M)	% Retenido Original	Masa de las Partículas Retenidas (R)	% Parcial de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables	% de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables, Referente a Granulometría Original	-						-						-						-						-						-						Sumatoria					
Rango de Mallas	Masa de la Muestra de Ensayo (M)	% Retenido Original	Masa de las Partículas Retenidas (R)	% Parcial de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables	% de Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables, Referente a Granulometría Original																																																
-																																																					
-																																																					
-																																																					
-																																																					
-																																																					
-																																																					
Sumatoria																																																					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:																																																	

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA LA
DENSIDAD DEL CEMENTO
(BASADO EN ASTM C42/C42M-04)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	1/5
Código:	ME-005-029								
Versión:	0								
Página:	1/5								
Fecha de aprobación:									

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad del cemento hidráulico.

Definiciones

CEMENTO HIDRÁULICO: Es un tipo de cemento que fragua y se endurece por la reacción química con el agua.

DENSIDAD DEL CEMENTO: La densidad del cemento hidráulico se define como la masa por unidad de volumen de los sólidos.

GRAVEDAD ESPECÍFICA: La gravedad específica del cemento hidráulico se define como la relación entre densidad del cemento y la densidad del agua.

Importancia y aplicación del método

La utilidad particular de este método de ensayo está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto.

Materiales y equipo

Materiales:

- ✓ Cemento
- ✓ Kerosén o Nafta, con una densidad mayor que 0.73 g/mL a una temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$
- ✓ Agua

Equipo Principal:

- ✓ Matraz Le Chatelier²⁴⁹

El matraz estándar deberá tener sección transversal circular, con forma y dimensiones de acuerdo a la Figura N° 34. Los requerimientos en lo que respecta a tolerancia, inscripción y longitud, espaciamiento, y uniformidad de la graduación deberá ser rígidamente observada. Habrá un espacio de al menos 10 mm entre la marca superior de la graduación y el punto más

²⁴⁹Fuente: norma ASTM C188, "Método de Ensayo Estándar para la Densidad del Cemento Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	2/5
Código:	ME-005-029								
Versión:	0								
Página:	2/5								
Fecha de aprobación:									

bajo de esmerilado para el tapón de vidrio.

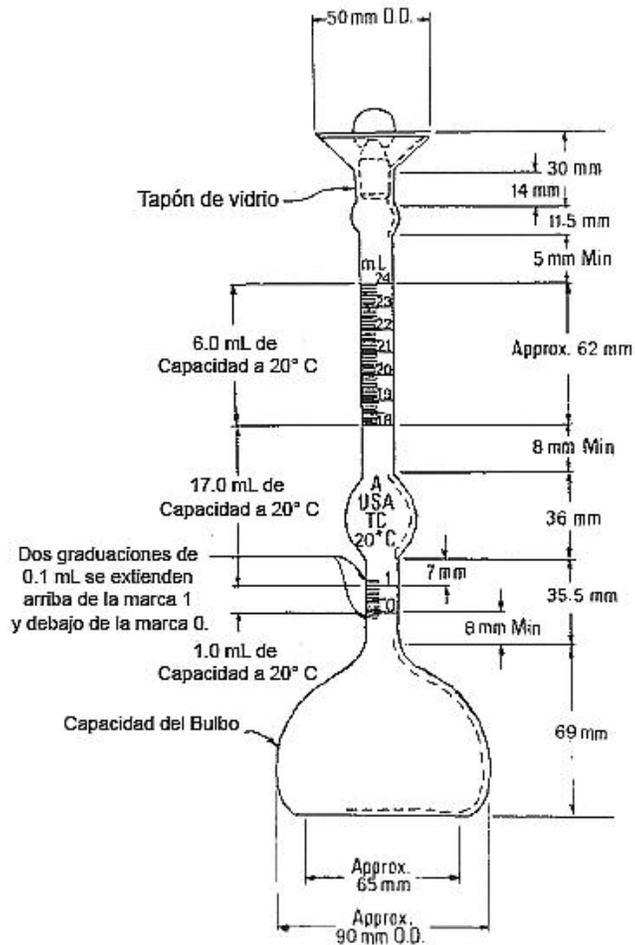


Figura N° 34. Matraz Le Chatelier para Ensayo de Densidad

Nota - Variaciones de unos pocos milímetros en tales dimensiones como la altura total del matraz, diámetro de base, y así sucesivamente, deben esperarse y no se considera causa suficiente para el rechazo. Las dimensiones del matraz mostrado en la Figura N° 34 aplica solo a matraces nuevos y no a matraces en uso, los cuales reúnen los otros requerimientos de este método de ensayo.

El material de construcción deberá ser de vidrio de la mejor calidad, transparente y libre de estrías, y deberá ser de espesor suficiente para asegurar una resistencia razonable a la

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"								
	Sección PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))	<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>		Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	3/5
Código:	ME-005-029								
Versión:	0								
Página:	3/5								
Fecha de aprobación:									

rotura.²⁵⁰El cuello deberá estar graduado de 0 a 1 mL y desde 18 a 24 mL, en graduaciones de 0.1 mL. El error de alguna capacidad indicada no deberá ser mayor que 0.05 mL.

Cada matraz y el tapón, deberán tener un número de identificación permanente, si no es intercambiable, deberá tener el mismo número. La temperatura estándar deberá ser indicada y la unidad de capacidad deberá ser mostrada por las letras "mL" colocada sobre la mayor marca de graduación.

- ✓ Balanza con precisión de 0.05 g
- ✓ Recipiente para baño de María
- ✓ Termómetro con precisión de 0.1 °C

Equipo Misceláneo:

- ✓ Embudo
- ✓ Cuchara de albañil
- ✓ Probeta
- ✓ Piceta
- ✓ Almohadilla de caucho
- ✓ Guantes de goma
- ✓ Franela para limpieza
- ✓ Jabón

Condiciones del Ambiente de Ensayo

La temperatura de la habitación deberá mantenerse a 23.0 ± 3.0 °C. Mantenga la temperatura del agua de mezclado a 23.0 ± 2.0 °C.

Mantenga la humedad relativa del cuarto de mezclado, a no menos del 50%.

Procedimiento

1. Coloque la almohadilla de caucho sobre la mesa de trabajo.
2. Llene el matraz Le Chatelier con kerosene hasta cualquier punto entre las marcas de 0 y 1mL.

²⁵⁰ El matraz Le Chatelier es extremadamente delicado y de alto costo, se requiere que al utilizar el mismo se tenga el mayor cuidado posible.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	4/5
Código:	ME-005-029									
Versión:	0									
Página:	4/5									
Fecha de aprobación:										

3. Seque el interior del matraz sobre el nivel del líquido si es necesario, después del vertido.
4. Ingrese el matraz en el baño de María.
5. Mantenga sumergido el matraz en al baño de María por un período suficiente de tiempo, con el fin de evitar variaciones de temperatura del matraz mayores a 0.2 °C entre la primera lectura y la lectura final.
6. Registre la primera lectura del nivel del líquido en el matraz.
7. Extraiga el matraz del baño de María.
8. Pese en la balanza 64 g de cemento.
9. Tome el embudo y colóquelo en la boquilla del matraz.²⁵¹
10. Introduzca el cemento, cuidadosamente y en pequeños incrementos, dentro del embudo. Evite salpicaduras y observe que el cemento no se adhiera al interior del matraz sobre el nivel del líquido.
11. Luego de introducir todo el cemento, coloque el tapón al matraz.
12. Ruede el matraz en una posición inclinada sobre la almohadilla de caucho, o suavemente arremolínelo en un círculo horizontal, a fin de liberar todo el aire del cemento. Continúe con la operación hasta que no suban más burbujas de aire a la superficie del líquido.
13. Coloque nuevamente el matraz en el baño de María.
14. Mantenga sumergido el matraz en al baño de María por un período suficiente de tiempo, con el fin de evitar variaciones de temperatura del matraz mayores a 0.2 °C entre la primera lectura y la lectura final.
15. Registre la lectura final del nivel del líquido en el matraz.

Cálculo

La diferencia entre las lecturas inicial y final representa el volumen de líquido desplazado por la masa de cemento usado en el ensayo. Observe que el volumen desplazado en milímetros es numéricamente igual al volumen desplazado en centímetros cúbicos.

Calcule la densidad de cemento, ρ , como sigue:

$$\rho(\text{g/cm}^3) = \text{masa de cemento (g)}/\text{volumen desplazado (cm}^3)$$

²⁵¹ Antes que el cemento sea añadido al matraz, un anillo de plomo pesado, suelto, alrededor del cuello del matraz, será útil para sostener el matraz en una posición vertical en el baño de agua, o el matraz podrá ser sostenido en el agua por una abrazadera de bureta.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/5</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	5/5	Fecha de aprobación:	
Código:	ME-005-029									
Versión:	0									
Página:	5/5									
Fecha de aprobación:										

En relación con el proporcionamiento y control de mezclas de concreto, la densidad puede ser más útil expresada como gravedad específica, siendo esta última un número adimensional.

Calcule la gravedad específica como sigue:

$$S = \text{densidad de cemento} / \text{densidad de agua a } 4^{\circ}\text{C}$$

La densidad del agua a una temperatura de 4°C es de 1g/cm³.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003)) (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))	Código:	FOR-005-029
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____ Líquido utilizado:
 Fecha de Recepción: _____ Nafta
 Fecha de Ensayo: _____ Kerosene

Muestra N°			
No. de frasco			
Peso de cemento utilizado (g)			
Volumen Inicial (cm ³)			
Volumen Final (cm ³)			
Volumen Desplazado (cm ³)			
Densidad del Cemento (g/cm ³)			
Peso Específico Relativo del Cemento			
Temperatura del Ensayo (°C)			
Peso Específico Promedio del Cemento			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	ANEXO PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reaprobada en 2003))		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-029</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>1A/1A</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-029	Versión:	0	Página:	1A/1A
Código:	ME-005-029									
Versión:	0									
Página:	1A/1A									
Fecha de aprobación:										

ANEXO

Determinación de la Densidad del Líquido de Referencia

1. Coloque el picnómetro sobre la balanza y determine su peso.
2. Anote el valor determinado como w_1 .
3. Llene completamente el picnómetro con el líquido de referencia.
4. Anote el volumen del picnómetro v_1 .
5. Ingrese el picnómetro en el baño de María.
6. Mantenga sumergido el picnómetro en al baño de María por un período suficiente de tiempo, con el fin de que la temperatura del picnómetro se encuentre dentro del rango de $23 \pm 2^\circ\text{C}$.
7. Extraiga el picnómetro del baño de María.
8. Coloque el picnómetro lleno con el líquido de referencia sobre la balanza y determine su peso.
9. Anote el valor determinado como w_2 .
10. Calcule la densidad del líquido de referencia de la siguiente manera:

$$S_l = \frac{w_2 - w_1}{v_1}$$



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	ESTÁNDAR PARA DENSIDAD DE CEMENTO HIDRÁULICO (Basado en ASTM C188-95 (Reprobada en 2003)) (Basado en ASTM C188-95 (Reprobada en 2003))	Código:	FOR-005-029
		Versión	0
		Página	1A/1A
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____ Líquido utilizado:
 Fecha de Recepción: _____ Nafta
 Fecha de Ensayo: _____ Kerosene

DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL LÍQUIDO DE REFERENCIA

Ensayo N°			
No. de frasco			
Peso de picnómetro vacío (g)			
Volumen del picnómetro (ml)			
Peso de picnómetro lleno (g)			
Densidad del líquido de referencia (g/ml)			

Observaciones: _____

* LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO*

* EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO*

* MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO*

* EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA*

Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

PROCEDIMIENTO:
**REALIZACION DEL METODO DE
ENSAYO ESTANDAR PARA EL
TIEMPO DE FRAGUADO DEL
CEMENTO HIDRAULICO POR
MEDIO DE LAS AGUJAS DE
GILLMORE
(BASADO EN ASTM C266-08)**

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		Código:	ME-005-030
Versión:			0
Página:			1/9
Fecha de aprobación:			

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cemento hidráulico por medio de las agujas Gillmore.

Definiciones

AGUJAS GILLMORE: Agujas de acero utilizadas en la determinación del tiempo de fraguado de la pasta de cemento hidráulico. El aparato Gillmore posee dos agujas, una para la determinación del tiempo de fraguado inicial y otra para el tiempo de fraguado final.

TIEMPO DE FRAGUADO: Es el tiempo transcurrido para que la pasta de cemento presente una determinada resistencia a la penetración de una aguja.

Importancia y aplicación del método

El propósito de este método de ensayo es determinar si un cemento cumple con los límites de tiempo de fraguado Gillmore especificados.

Materiales y Equipo

Materiales:

- ✓ Cemento Hidráulico
- ✓ Agua Potable

Equipo Principal:

- ✓ Aparato Gillmore²⁵²

Las agujas del aparato Gillmore deberán ser conforme a los siguientes requisitos:

La aguja del tiempo inicial de fraguado deberá tener una masa de 113.4 ± 0.5 g (0.250 ± 0.001 lb) y un diámetro en la punta de 2.12 ± 0.05 mm (0.084 ± 0.002 pulg).

²⁵² Fuente: norma ASTM C266, "Método de Ensayo Estándar para el Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento Hidráulico por las Agujas de Gillmore".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>2/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	2/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	2/9									
Fecha de aprobación:										

La aguja del tiempo final de fraguado deberá tener una masa de 453.6 ± 0.5 g (1.000 ± 0.001 lb) y un diámetro en la punta de 1.06 ± 0.05 mm (0.042 ± 0.002 pulg).

Las puntas de las agujas deberán ser cilíndricas con una longitud de 4.8 ± 0.5 mm (0.189 ± 0.020 pulg). Los extremos de las agujas deberán ser planos y en ángulo recto con el eje de la varilla y deberán mantenerse en condición limpia.

Las agujas Gillmore preferentemente deben montarse como se muestra en la Figura N° 35. Las puntas de las agujas deberán ser cilíndricas con una longitud de 4.8 ± 0.5 mm (0.189 ± 0.020 pulg). Los extremos de las agujas deberán ser planos y en ángulo recto con el eje de la varilla y deberán mantenerse en condición limpia. Se recomienda que se inspeccione y documente el aparato por lo menos cada 2 ½ años, con el fin de verificar la conformidad con los requisitos de este método de ensayo.

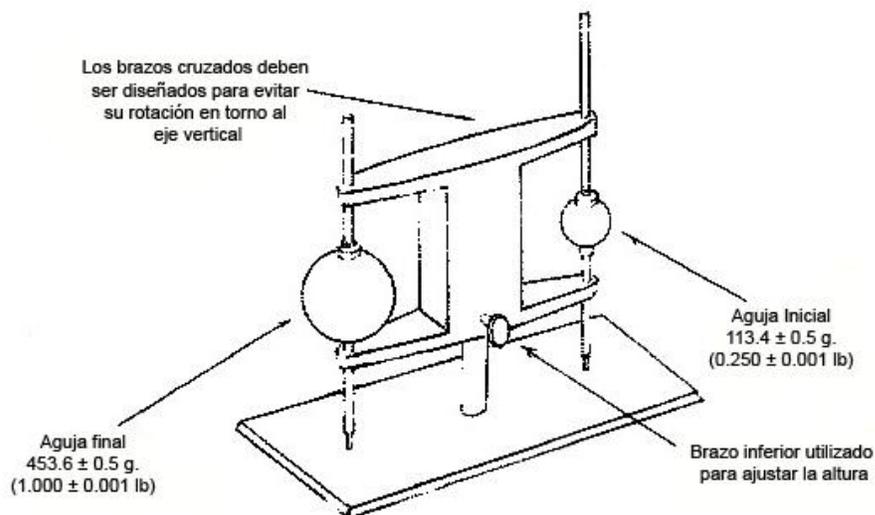


Figura N° 35. Equipo Gillmore

✓ Cuchara de albañil²⁵³

La cuchara deberá tener una hoja de acero afilada de borde recto de 100 a 150 mm de longitud. Cuando los bordes sean colocados sobre una superficie plana no deberán desviarse en rectitud en más de 1 mm.

²⁵³ Fuente: norma ASTM C266, "Método de Ensayo Estándar para el Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento Hidráulico por las Agujas de Gillmore".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	P PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>3/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	3/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	3/9									
Fecha de aprobación:										

✓ Mezclador²⁵⁴

El mezclador deberá ser un mezclador mecánico de accionamiento eléctrico del tipo epicicloidal, que imparta los movimientos del tipo orbital y rotatorio para el mezclado con la paleta. El mezclador deberá tener un mínimo de dos velocidades, controlada por medios mecánicos exactos. La primera, o velocidad baja, girará la paleta a una velocidad de 140 ± 5 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 62 r/min. La segunda velocidad girará la paleta a una velocidad de 285 ± 10 r/min, con un movimiento orbital de aproximadamente 125 r/min. El motor eléctrico será de al menos 124 W (1/6 hp). El mezclador deberá estar equipado con un tornillo de ajuste que será parte integrante del mezclador o una ménsula para el ajuste del espacio libre, que proveerá un espacio libre entre el extremo inferior de la paleta y el fondo del recipiente, y que no será superior a 2.5 mm ni inferior a 0.8 mm cuando el tazón se encuentre en la posición de mezclado.

✓ Tazón Mezclador²⁵⁴

El tazón de mezclado extraíble deberá tener una capacidad nominal de 4.73 L, deberá ser de la forma corriente y ajustarse a las dimensiones límite mostradas en la Figura N° 36 y deberá ser de acero inoxidable. El tazón deberá estar equipado de tal manera que se sujete al aparato de mezclado y se mantenga fijo durante el procedimiento de mezclado. Se deberá disponer de una tapa, hecha de un material no absorbente y que no sea atacada por el cemento.

²⁵⁴ Los requerimientos del mezclador, recipiente, paleta y raspador fueron tomados de la Norma ASTM C305: "Práctica para Mezcla de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>4/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	4/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	4/9									
Fecha de aprobación:										

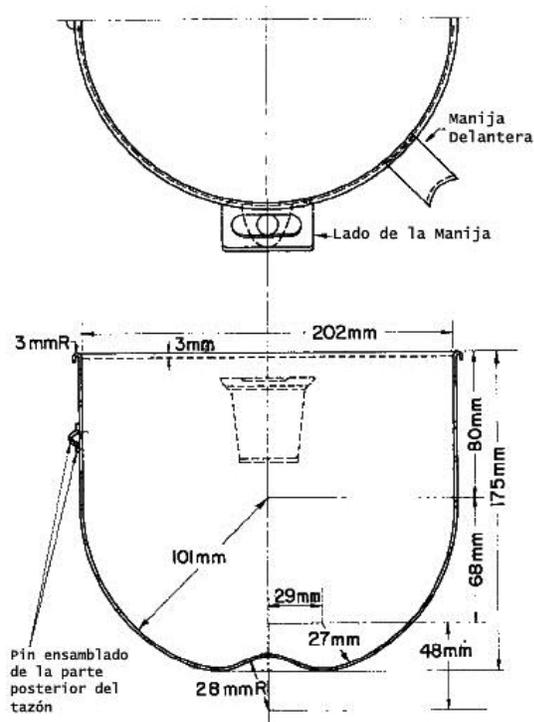


Figura N° 36. Tazón de Mezclado

✓ Paleta²⁵⁵

La paleta será fácilmente desmontable, de acero inoxidable, y se ajustarán al diseño básico de la Figura N° 37. Las dimensiones de la paleta deberán ser tal que en la posición de mezclado, el perfil de paleta se ajuste al contorno del tazón utilizado en la mezcla, y el espacio libre entre los puntos correspondientes del borde de la paleta y los lados del tazón en la posición más cercana, deberá ser de aproximadamente 4.0 mm pero no inferior a 0.8 mm.

²⁵⁵ Los requerimientos del mezclador, recipiente, paleta y raspador fueron tomados de la Norma ASTM C305: "Práctica para Mezcla de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>5/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	5/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	5/9									
Fecha de aprobación:										

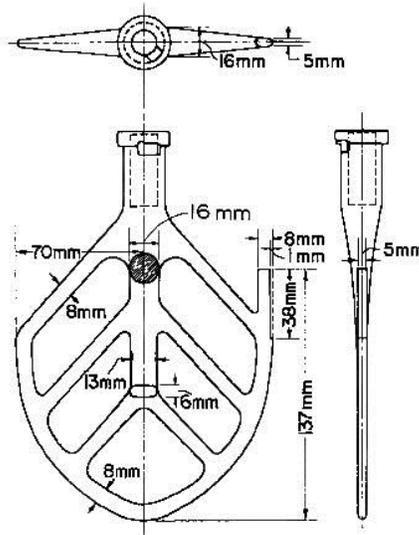


Figura N° 37. Paleta

- ✓ Espátula²⁵⁶

La espátula deberá consistir en una lámina de caucho semirrígida sujeta a un mango de unos 150 mm de largo. La hoja deberá ser de aproximadamente 75 mm de largo, 50 mm de ancho, y cónico con un borde delgado alrededor de 2 mm de espesor.

- ✓ Vasos graduados, de 200 o 250 ml de capacidad²⁵⁷

Los vasos deberán ser lo suficientemente grande como para medir el agua de mezcla en una sola operación, y con una precisión de ± 2.0 mL a una temperatura de 20 ° C (68 ° F).

- ✓ Balanza, con una variación permisible de ± 1.0 g para una carga de 1000 g.
- ✓ Placas No Absorbentes, de 100 mm \pm 5 mm cuadradas, o de similar planitud, corrosividad, y absorbtividad similar a la del vaso.

²⁵⁶ Los requerimientos del mezclador, recipiente, paleta y raspador fueron tomados de la Norma ASTM C305: "Práctica para Mezcla de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

²⁵⁷ Los requerimientos de los vasos graduados y la balanza fueron tomados de la Norma ASTM C1005: "Especificación para Masas de Referencia y Dispositivos para Determinar la Masa y el Volumen para Uso en las Pruebas Físicas de los Cementos Hidráulicos", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>6/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	6/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	6/9									
Fecha de aprobación:										

✓ Gabinete Húmedo o Cuarto Húmedo²⁵⁸

El ambiente de un gabinete húmedo o cuarto húmedo deberá tener una temperatura de 23.0 ± 2.0 °C y una humedad relativa no menor de un 95%. La humedad en la atmósfera deberá estar saturada en la medida necesaria para garantizar que las superficies expuestas de todos los especímenes en almacenamiento, tendrán un aspecto húmedo y sensación húmeda en todo momento. Todos los gabinetes húmedos y cuartos húmedos deberán estar equipados con termómetros registradores. El termómetro registrador deberá ser calibrado por lo menos cada seis meses o cada vez que exista alguna duda sobre su precisión. Realice la verificación del termómetro de registro mediante la comparación de la lectura de la temperatura del termómetro de registro con la lectura de la temperatura de un termómetro de referencia durante la operación normal del gabinete húmedo o cuarto húmedo. El termómetro utilizado como termómetro de referencia deberá ser preciso y legible a 0.5 °C.

Equipo Misceláneo:

- ✓ Cronómetro
- ✓ Franelas
- ✓ Papel Absorbente
- ✓ Charola
- ✓ Guantes
- ✓ Mascarilla
- ✓ Lentes Protectores

Condiciones del Ambiente de Ensayo

La temperatura de la habitación, materiales secos, paleta, tazón, y las placas planas no absorbentes deberá mantenerse a 23.0 ± 3.0 °C. Mantenga la temperatura del agua de mezclado a 23.0 ± 2.0 °C. Mantenga la humedad relativa del cuarto de mezclado, a no menos del 50%.

Procedimiento

1. Pese 650 g de cemento en la balanza.
2. Utilizando el vaso graduado, mida el agua necesaria para que la mezcla tenga la consistencia normal del cemento.²⁵⁹

²⁵⁸ Fuente: Norma ASTM C 511-03: "Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico".

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>7/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	7/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	7/9									
Fecha de aprobación:										

3. Ajuste la paleta y el tazón mezclador en la posición de mezclado.
4. Vierta el agua en el recipiente.
5. Utilizando la cuchara, añada el cemento al agua.²⁶⁰
6. Inicie el cronómetro en el momento en que el agua haga contacto con el cemento.
7. Deje transcurrir 30 segundos para que el cemento absorba el agua.
8. Active el mezclador a una velocidad de 140 ± 5 r/min.
9. Mantenga esta velocidad durante 30 segundos.
10. Detenga el mezclador.
11. Utilizando la espátula, desprenda rápidamente toda la pasta que se haya adherido a las paredes del recipiente. Esta operación deberá tomar no más de 15 segundos.
12. Active el mezclador a una velocidad de 285 ± 10 r/min.
13. Mantenga esta velocidad durante 1 min.
14. Detenga el funcionamiento del mezclador.
15. Coloque la placa no absorbente sobre la mesa de trabajo.
16. Extraiga una porción de la pasta de cemento del mezclador.
17. Coloque la porción de pasta de cemento sobre la placa no absorbente.
18. Haga una torta con la parte superior plana y los lados adelgazados hasta un borde fino, conforme a las dimensiones y tolerancias mostradas en la Figura N° 38.

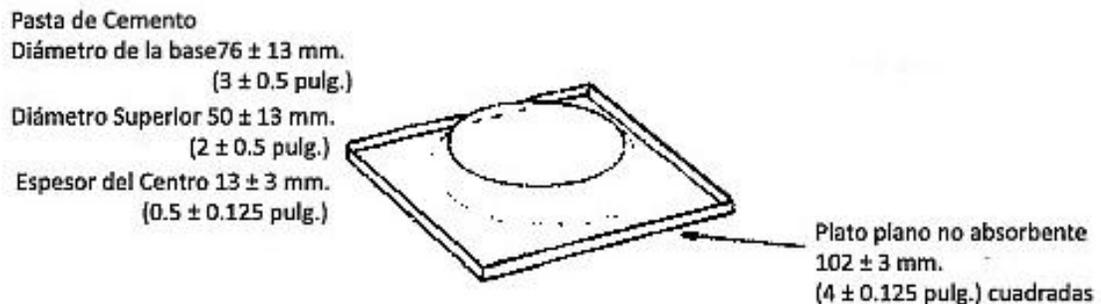


Figura N° 38. Dimensiones y Tolerancias del Moldeado de la Pasta de Cemento.

19. Utilizando la espátula, extienda la pasta desde la parte exterior hasta la parte central, y luego aplane la parte superior de la torta.

²⁵⁹ La cantidad de agua añadida al cemento corresponde a la determinada por el procedimiento de ensayo de Consistencia Normal del Cemento, contenido en la Norma ASTM C187: "Método de Ensayo para Consistencia Normal del Cemento Hidráulico", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

²⁶⁰ El procedimiento de mezclado de la pasta de cemento fue tomado de la Norma ASTM C305: "Práctica para Mezcla de Pastas de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica", tal como lo establece la Norma ASTM C266.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"									
	Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)		<table border="1"> <tr> <td>Código:</td> <td>ME-005-030</td> </tr> <tr> <td>Versión:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Página:</td> <td>8/9</td> </tr> <tr> <td>Fecha de aprobación:</td> <td></td> </tr> </table>	Código:	ME-005-030	Versión:	0	Página:	8/9
Código:	ME-005-030									
Versión:	0									
Página:	8/9									
Fecha de aprobación:										

20. Tome la muestra moldeada y trasládela al cuarto húmedo.²⁶¹
21. Para la determinación del tiempo inicial de fraguado de la pasta, extraiga la muestra del cuarto húmedo.
22. Coloque la muestra en el aparato Gillmore, bajo la aguja de tiempo inicial de fraguado.
23. Sostenga la aguja sobre la muestra en posición vertical.
24. Coloque la punta de la aguja ligeramente sobre la superficie de la muestra.
25. Suelte la aguja.
26. Verifique si la aguja penetra o no la superficie de la muestra.²⁶²
27. Repita los pasos del 20 al 26, hasta que la aguja de fraguado inicial no penetre la superficie de la muestra.
28. Verifique el fraguado inicial de la muestra por medio de dos determinaciones adicionales, realizadas en dos puntos distintos sobre la superficie de la muestra. Estas verificaciones deberán ser realizadas dentro de los 90 s posteriores a la determinación del fraguado inicial.
29. Anote la lectura del cronómetro como "Tiempo inicial de fraguado".
30. Tome la muestra y trasládela al cuarto húmedo.
31. Para la determinación del tiempo final de fraguado de la pasta, extraiga la muestra del cuarto húmedo.
32. Coloque la muestra en el aparato Gillmore, bajo la aguja final de fraguado.
33. Sostenga la aguja sobre la muestra en posición vertical.
34. Coloque la punta de la aguja ligeramente sobre la superficie de la muestra.
35. Suelte la aguja.
36. Verifique si la aguja penetra o no la superficie de la muestra.²⁶³
37. Repita los pasos del 30 al 36, hasta que la aguja final de fraguado no penetre la superficie de la muestra.
38. Verifique el fraguado final de la muestra por medio de dos determinaciones adicionales, realizadas en dos puntos distintos sobre la superficie de la muestra. Estas verificaciones deberán ser realizadas dentro de los 90 segundos posteriores a la determinación del fraguado final.
39. Anote la lectura del cronómetro como "Tiempo final de fraguado".

²⁶¹ Mantenga la muestra dentro del cuarto húmedo en todo momento, salvo cuando se realicen las determinaciones del tiempo de fraguado.

²⁶² El tiempo de fraguado inicial es el tiempo, en minutos, desde el momento de contacto del agua y el cemento y el momento en que la aguja de fraguado inicial no penetra la superficie de la muestra.

²⁶³ El tiempo de fraguado final es el tiempo, en minutos, desde el momento de contacto del agua y el cemento y el momento en que la aguja de fraguado final no penetra la superficie de la muestra.

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"		
Sección	PROCEDIMIENTO: REALIZACION DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)	Código:	ME-005-030
		Versión:	0
		Página:	9/9
		Fecha de aprobación:	

Reporte

El reporte deberá contener la siguiente información:

- ✓ Tipo de Cemento
- ✓ Tiempo inicial de fraguado Gillmore, en minutos.
- ✓ Tiempo final de fraguado Gillmore, en minutos.

Reporte el tiempo de fraguado con precisión de 5 minutos.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ÁNGEL GUZMÁN URBINA"

Sección	INFORME DE LA REALIZACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRÁULICO POR MEDIO DE LAS AGUJAS GILLMORE (Basado en ASTM C266-08)	Código:	FOR-005-030
		Versión	0
		Página	1/1
		Fecha de Aprobación:	

Cliente: _____ N° de informe: _____
 Dirección: _____ Correlativo Ítem: _____
 Proyecto: _____
 Fecha de Solicitud: _____
 Fecha de Recepción: _____ Relación A/C: _____
 Fecha de Ensayo: _____

Muestra N°			
Tipo de cemento			
Temperatura ambiente, °			
Humedad relativa, %			
Tiempo de fraguado inicial, min			
Tiempo de fraguado final, min			

Observaciones: _____

"LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO"
 "EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LAS INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO"
 "MUESTREO REALIZADO POR EL INTERESADO"
 "EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA"

 Jefe del Laboratorio

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Las barras de Acero al Carbono y barras de Acero de Baja Aleación deberán cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en las normas ASTM A615 y A706, respectivamente, en lo referente a:
 - ✓ Relación Peso/Longitud
 - ✓ Porcentaje de Elongación
 - ✓ Resistencia a Fluencia
 - ✓ Dobleces
2. Las barras de acero unidas por soldadura o acople mecánico deben resistir el 125 % del esfuerzo de fluencia de la barra, tal como lo establece la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto de El Salvador.
3. La clasificación de los ladrillos de barro presentada en la norma ASTM C62 está relacionada con la posibilidad de congelación o no congelación del material, lo cual es una condición ajena a la climatología de nuestro país. Debido a ello, las especificaciones de absorción y resistencia a compresión contenidas en la norma mencionada no deben ser aplicadas sin un criterio técnico que considere lo anteriormente expuesto.
4. En los ensayos de compresión, cuando los especímenes tengan un área de carga mayor al área de la placa superior o inferior de la máquina de ensayo, se debe usar una placa de acero colocada entre la pletina y el espécimen refrentado.
5. Al utilizar el método de ensayo del Esclerómetro para estimar la resistencia del concreto, es necesario establecer una relación entre la resistencia y el valor promedio de número de rebote para una mezcla de concreto dada y para el martillo utilizado.
6. Generalmente en los ensayos de laboratorio para la hechura y compresión de especímenes cilíndricos de suelo-cemento compactado se utiliza el método A. Sin embargo, es necesario obtener primero la granulometría del suelo que se utilizará en la mezcla, con el fin de determinar el método apropiado para la elaboración de especímenes de suelo-cemento compactado.
7. No se debe utilizar mortero de azufre para refrentar cilindros de MRBC porque la resistencia de la capa refrentada generalmente es significativamente mayor que la resistencia del cilindro de MRBC, lo cual conduce a resultados erróneos.
8. Para un adecuado control de calidad del concreto fresco, es necesario realizar al menos los siguientes ensayos:
 - ✓ *Medición de la Temperatura*
 - ✓ *Revenimiento*
 - ✓ *Densidad, Rendimiento y Contenido de Aire*

9. Para que los resultados de los ensayos realizados a los materiales estudiados sean representativos, se deben ensayar al menos el siguiente número de especímenes:
- ✓ *Ladrillo de Barro*: Cinco especímenes para el ensayo de compresión y cinco especímenes para el ensayo de absorción, según la Norma ASTM C67.
 - ✓ *Adoquines de Concreto*: Tres especímenes para el ensayo de compresión y tres especímenes para el ensayo de absorción de cada lote, según la Norma ASTM C140.
 - ✓ *Bloques de Concreto*: Tres especímenes para el ensayo de compresión y tres especímenes para el ensayo de absorción de cada lote, según la Norma ASTM C140.
 - ✓ *Prismas de Mampostería*: Tres especímenes para cada combinación de materiales y de cada edad de ensayo en el que la resistencia a la compresión se determinará, según la Norma ASTM C1314.
 - ✓ *Cilindros de Suelo Cemento Fluido*: Tres especímenes para cada edad de ensayo, según la Norma ASTM D4832.
 - ✓ *Cilindros de Suelo Cemento Compactado*: La norma ASTM D 1633 no menciona el número de especímenes necesarios para realizar el ensayo. Sin embargo, se recomienda ensayar tres especímenes, independientemente del método que se utilice para la elaboración de los mismos.
 - ✓ *Grout*: Tres especímenes para cada edad de ensayo especificada, según la Norma ASTM C1019.
 - ✓ *Cubos de Mortero*: Dos o tres especímenes de un lote de mortero deberán ser realizados para cada edad de ensayo, según la Norma ASTM C109.
 - ✓ *Núcleos de Concreto Endurecido*: El comité ACI 318 establece que se deben tomar tres núcleos por cada resultado de ensayo de resistencia que difiera del $f'c$ especificado.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Elaborar las guías de laboratorio de los ensayos correspondientes a las asignaturas “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto” que no fueron considerados en este documento, como una segunda etapa del presente trabajo de graduación.
2. Implementar un sistema de control de calidad para el Laboratorio de Suelos y Materiales “Ing. José Miguel Urbina”, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.
3. Realizar una actualización periódica de las guías de laboratorio contenidas en el presente documento, conforme a las normas ASTM correspondientes.
4. Verificar que los materiales y el equipo a utilizar en el desarrollo de los procedimientos de laboratorio coincidan con las características mostradas en la guía respectiva, lo que permitirá obtener datos confiables.
5. Realizar los ensayos de laboratorio conforme a los procedimientos descritos en las guías de laboratorio del presente documento.
6. Capacitar al personal técnico del laboratorio que realiza el ensayo, según los procedimientos establecidos en las guías correspondientes.
7. Los especímenes de ensayo que requieren algún tipo de refrentado deben cumplir con requisitos de planeidad, perpendicularidad y rugosidad en las capas refrentadas, ya que imperfecciones o deficiencias en estas puede alterar los resultados de los ensayos a compresión.
8. Para el refrentado de especímenes de suelo cemento fluido se recomienda utilizar una mezcla de yeso de alta resistencia.
9. Las muestras de concreto recién mezclado no deben ser tomadas antes del 10% o después del 90% de que la bachada haya sido descarga. Debido a la dificultad de determinar la cantidad real del concreto descargado, la intención es proporcionar muestras representativas de partes muy distantes entre sí, pero no del principio y del final de la descarga.
10. Los núcleos de concreto extraídos que contengan acero de refuerzo embebido no deberán emplearse para determinar la resistencia a la compresión, tensión indirecta o la resistencia a la flexión.
11. Con el fin de verificar la información contenida en el presente documento, se recomienda consultar la norma ASTM respectiva en su versión correspondiente más reciente.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi. (2004). *“Diseño y Control de Mezclas de Concreto”*. Mexico: Portland Cement Association.
- ✓ Louis A. Robb. 1996. *Diccionario para Ingenieros*. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- ✓ Nikolas Davies and Erkki Jokiniemi. 2008. *“Dictionary of Architecture and Building Construction”*. UK: Elsevier.
- ✓ Jhon Wiley and Sons. 1997. *The Wiley Dictionary of Civil Engineering and Construction*. Canada: L. F. Webster.
- ✓ George S. Brady, Henry R. Clauser, John A. Vaccari. 2002. *Materials HandBook*. MacGraw-Hill.
- ✓ Croissiert, J., Gallo, D., Gómez-Napier, L.; Suarez, M. 1980. *Fundamentos de la Normalización, Metrología y Control de la Calidad*. Cuba: CENEN, CEN.
- ✓ ASTM A 370 – 03a: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (*Métodos de Ensayo Estándar y Definiciones Para Ensayos Mecánicos a Productos de Acero*).
- ✓ ASTM A 615/A 615M – 04b: Standard Specification for Deformed and Plain Carbon Steel Bars for Concrete Reinforcement (*Especificación Normalizada para Barras de Acero al Carbono Lisas y Corrugadas para Refuerzo de Concreto*).
- ✓ ASTM A 706/A 706M –04b: Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement (*Especificación Normalizada para Barras de Acero Lisas y Corrugadas de Baja Aleación para Refuerzo de Concreto*).
- ✓ ASTM C 31/C 31M – 03a: Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field (*Practica Estándar para la Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Campo*).
- ✓ ASTM C33/C33M–08: Standard Specification for Concrete Aggregates (*Especificación Estándar de Agregados para Concreto*).
- ✓ ASTM C 39/C 39M – 05: Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (*Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto*).

- ✓ ASTM C42/C42M–04: Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete (*Método de Ensayo Estándar para la Obtención y Ensayo de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto*).
- ✓ ASTM C 62 – 04: Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale) (*Especificación Estándar para Ladrillo de construcción (Unidades de mampostería macizas hechas de arcilla o pizarra)*).
- ✓ ASTM C 67 – 03a: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile (*Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Ladrillo y Baldosa Estructural de Arcilla*).
- ✓ ASTM C 76M – 03: Standard Specification for Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain, and Sewer Pipe (*Especificación normalizada para la Alcantarilla de Concreto Reforzado, Drenaje de Aguas Lluvia, y Tuberías de Alcantarillado*).
- ✓ ASTM C90–06: Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units (*Especificación Estándar para Unidades Portantes de Mampostería de Concreto*).
- ✓ ASTM C 94/C 94M – 09: Standard Specification for Ready-Mixed Concrete (*Especificación Estándar para el Concreto Pre-Mezclado*).
- ✓ ASTM C 109/C 109M – 08: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens) (*Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Especímenes Cúbicos de 2-pulg o [50-mm])*).
- ✓ ASTM C 138/C 138M – 09: Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete (*Método de Ensayo Estándar para la Densidad (Peso Unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto*).
- ✓ ASTM C 140 – 06: Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units (*Métodos de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayos a Bloques de Concreto y Unidades Relacionadas*).
- ✓ ASTM C 142 – 97 (Reapproved 2004): Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates (*Método de Ensayo Estándar para Grumos de Arcilla y Partículas Desmenuzables en los Agregados*).
- ✓ ASTM C 143/C 143M – 03: Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete (*Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico*).
- ✓ ASTM C150–07: Standard Specification for Portland Cement (*Especificación Estándar para el Cemento Portland*).

- ✓ ASTM C 172 – 04: Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete (*Práctica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado*).
- ✓ ASTM C188–95 (Reapproved 2003): Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement (*Método de Ensayo Estándar para la Densidad de Cemento Hidráulico*).
- ✓ ASTM C 192/C 192M – 02: Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (*Práctica Estándar para Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en el Laboratorio*).
- ✓ ASTM C 230/C 230M-03: Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement (*Especificación Estándar para la Mesa de Fluidez para el Uso en Ensayos de Cemento Hidráulico*).
- ✓ ASTM C 231 – 04: Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method (*Método de Ensayo Estándar para Contenido de Aire en una Mezcla de Concreto Fresco por el Método de Presión*).
- ✓ ASTM C 266 – 08: Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic-Cement Paste by Gillmore Needles (*Método de Ensayo Estándar para el Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento-Hidráulico por las Agujas de Gillmore*).
- ✓ ASTM C 270 – 07: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry (*Especificación Estándar del Mortero para Unidades de Mampostería*).
- ✓ ASTM C 305 - 99: Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency (*Práctica Estándar para la Mezcla Mecánica de Pasta de Cemento Hidráulico y Morteros de Consistencia Plástica*).
- ✓ ASTM C 470/C 470M – 02a: Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically (*Especificación Estándar para Moldes para Encofrado Vertical de Cilindros de Concreto*).
- ✓ ASTM C 476 – 02: Standard Specification for Grout for Masonry (*Especificación Estándar para Grout de Mampostería*).
- ✓ ASTM C 496/C 496M – 04: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens (*Método de Ensayo Estándar para Resistencia por Tensión Indirecta de Especímenes Cilíndricos de Concreto*).
- ✓ ASTM C 497M – 03a: Standard Test Methods for Concrete Pipe, Manhole Sections, or Tile [Metric] (*Método de Ensayo Normalizado para Tubería de Concreto, Secciones de Pozo de Inspección o Baldosas [Métrico]*).

- ✓ ASTM C 511 - 03: Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes (*Especificación Estándar para Cuartos de Mezclado, Gabinetes Húmedos, Cuartos Húmedos y Tanques de Agua Usados en los Ensayos de Cemento y Concreto Hidráulico*).
- ✓ ASTM C 559 - 03: Test Method for Bulk Density by Physical Measurements of Manufactured Carbon and Graphite Articles (*Método de Ensayo Estándar para Humedecimiento y Secado de Mezclas de Suelo Cemento Compactado*).
- ✓ ASTM C685/C685M-07: Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing (*Especificación Estándar para Concreto Elaborado con Dosificación Volumétrica y Mezclado Continuo*).
- ✓ ASTM C 617 - 98 (Reapproved 2003): Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens (*Práctica Estándar para Refrentado de Especímenes Cilíndricos de Concreto*).
- ✓ ASTM C 778 - 02: Specification for Standard Sand (*Especificación Estándar para la Arena Estándar*).
- ✓ ASTM C 805/C 805M – 08: Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete (*Método de Ensayo Estándar para el Número de Rebotes del Concreto Endurecido*).
- ✓ ASTM C 902 – 06: Standard Specification for Pedestrian and Light Traffic Paving Brick (*Especificación Estándar para los Peatones y el tráfico ligero sobre el pavimento de ladrillo*).
- ✓ ASTM C 936 – 01: Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units (*Especificación Estándar para las Unidades de Concreto Solidas Entrelazadas del Pavimento*).
- ✓ ASTM C 1019 – 03: Standard Test Method for Sampling and Testing Grout (*Método de Ensayo Estándar para el Muestreo y Ensayo del Grout*).
- ✓ ASTM C 1064/C 1064M – 08: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete (*Método de Ensayo Estándar para la Temperatura del Concreto de Cemento Hidráulico Recién Mezclado*).
- ✓ ASTM C 1314 – 03b: Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms (*Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Compresión de Prismas de Mampostería*).
- ✓ ASTM C1437-07: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar (*Método de Ensayo Estándar para la Fluidéz del Mortero de Cemento Hidráulico*).

- ✓ ASTM C 1552 – 03a: Standard Practice for Capping Concrete Masonry Units, Related Units and Masonry Prisms for Compression Testing (*Práctica Estándar para el Refrentado de Unidades de Mampostería de Concreto, Unidades Relacionadas y Prismas de Mampostería para Ensayo de Compresión*).
- ✓ ASTM D 558 - 03: Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures (*Método de Ensayo Estándar para la Relación Humedad-Densidad (Peso Específico) de Mezclas de Suelo-Cemento*).
- ✓ ASTM D 560-03: Test Methods for Freezing and Thawing Compacted Soil-Cement Mixtures (*Métodos de Ensayo para Congelación y Descongelación de Mezclas de Suelo-Cemento Compactado*).
- ✓ ASTM D 1632 – 96: Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory (*Práctica Estándar para Hechura y Curado en Laboratorio de Especímenes de Suelo Cemento para Compresión y Flexión*).
- ✓ ASTM D 1633 – 00: Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders (*Método de Ensayo Estándar para la Resistencia a la Compresión de Cilindros Moldeados de Suelo-Cemento*).
- ✓ ASTM D 4832 – 02: Standard Test Method for Preparation and Testing of Controlled Low Strength Material (CLSM) Test Cylinders (*Método de Ensayo Estándar para Preparación y Ensayo de Cilindros de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)*).
- ✓ ASTM D 5971 - 01: Practice for Sampling Freshly Mixed Controlled Low-Strength Material (*Práctica Estándar para Muestreo de una Mezcla Fresca de Material de Resistencia Baja Controlada*).
- ✓ ASTM E 11 - 01: Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes (*Especificación Estándar para Tamices y Tela Metálica para Propósitos de Ensayo*).