

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



***DOCENTE DIRECTOR:***

ING. JOSÉ MÁRTIR DÍAZ GUEVARA

“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE  
MORTEROS PARA MAMPOSTERÍA UTILIZANDO ESPECÍMENES  
CILÍNDRICOS Y CUBOS, CON AGREGADOS DEL BANCO DE ARENA:  
LAGUNA DE ARAMUACA EN SAN MIGUEL”

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

*INGENIERO CIVIL*

***PRESENTAN:***

*ALAS QUINTEROS, JOSÉ ANTONIO*  
*CAÑAS CONTRERAS, JOSÉ JONÁS*  
*VÁSQUEZ REYES, VÍCTOR MANUEL*

**OCTUBRE DE 2012**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

**VICERECTOR ACADEMICO:**

Maestra Ana María Glower de Alvarado

**SECRETARÍA GENERAL:**

Dra. Ana Leticia De Amaya

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**DECANO:**

Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez

**VICEDECANO:**

Lic. Carlos Alexander Díaz

**JEFE DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA:**

Ing. Luis Clayton Martínez



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**TITULO:**

**“DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE  
MORTEROS PARA MAMPOSTERÍA UTILIZANDO ESPECÍMENES  
CILÍNDRICOS Y CUBOS, CON AGREGADOS DEL BANCO DE ARENA:  
LAGUNA DE ARAMUACA EN SAN MIGUEL”**

**PRESENTADO POR:  
ALAS QUINTEROS, JOSÉ ANTONIO  
CAÑAS CONTRERAS, JOSÉ JONÁS  
VÁSQUEZ REYES, VÍCTOR MANUEL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

**DOCENTE DIRECTOR:  
ING. JOSÉ MÁRTIR DÍAZ GUEVARA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2012**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

---

Ing. José Mártir Díaz Guevara  
DOCENTE DIRECTOR

---

Ing. Milagro de María Romero  
COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

## **DEDICATORIA**

"Si se siembra la semilla con fe y se cuida con perseverancia, solo será cuestión de recoger sus frutos."

Tomás Carlyle.

Así parto agradeciendo mucha humildad y alegría a mi Dios inspirador, por haberme permitido finalizar esta grandiosa carrera, culminándola con este proyecto de tesis , por haberme mostrado la luz y la sabiduría durante estos años, a la santísima Reina de la Paz por haber sido mi protectora e intercesora hoy y siempre.

A mis padres: José Antonio Alas y Miriam del Carmen Quinteros de Alas, por haberme apoyado en todo momento por haber sido capaces de guiarme, instruirme y aconsejarme para que este triunfo que he cosechado hoy sea parte de su gran esfuerzo, a MIS ABUELOS, TIOS, PRIMOS, AMIGOS Y demás FAMILIA por su apoyo incondicional. En especial a mi Tía Vilma por todo su apoyo a lo largo de mi vida, y dedicada especialmente a Isabel Quintero Solórzano (Q.D.E.P).

A mi Excelentísimo: docente director Ing. José Mártir Díaz Guevara por toda su dedicación y empeño en esta investigación.

Al ISCYC por su total apoyo durante el desarrollo de la investigación

A mis compañeros: José Jonás Cañas Contreras, quiero agradecerle por su sabiduría compartida en este proceso y porque su humildad se transformó en un ejemplo a seguir y su grandiosa personalidad. A Víctor Manuel Vásquez Reyes, por ser un ejemplo a seguir su inteligencia, dedicación y empeño nos llevó al éxito de esta investigación, gracias compañeros por haber sido parte de este triunfo. Y todas las personas especiales que son parte de mi vida por su apoyo, tolerancia y comprensión por siempre caminar conmigo y guiar mis pasos.

**“MUCHISIMAS GRACIAS”.**

**JOSE ANTONIO ALAS QUINTEROS**

## **DEDICATORIA**

Dios: Por haberme dado la vida y por la bendición de alcanzar este anhelado triunfo por darme la inteligencia, la fuerza y el entendimiento para poder alcanzar mis metas y salir adelante.

Mi primo: Dr. Manuel Antonio Reyes Mónico quien ha sido como un padre durante mi vida, es la persona a la que más admiro por todos los triunfos que ha cosechado y le agradezco infinitamente por haber depositado la confianza en mí y haberme dado la oportunidad de cosechar este bonito triunfo.

Mi madre: María Antonia Reyes por la dedicación, los consejos y el apoyo incondicional que siempre me ha dado durante mi vida, que sin su sacrificio no hubiese podido superar todas las dificultades que se han presentado mi vida.

Mi Hermana: María Eugenia Por el cariño y apoyo que me han brindado incondicionalmente.

A mis Tías y Abuela: Que siempre han estado conmigo y me han aconsejado a lo largo de mi camino el cual se lo agradezco desde el fondo de mi corazón.

Mi Tío: Dr. Carlos Humberto Reyes Mónico Por los consejos que me han servido a superar cada obstáculo que la vida le puede presentar.

Mi Tío: Presbítero Manuel Antonio Reyes Mónico quiero agradecerte porque sé que desde el cielo me has cuidado y orientado para poder lograr este triunfo en mi vida.

Mi padrino: Ing. Hernán Roque Vásquez a quien he admirado desde niño y él fue el modelo de persona y profesional que tuve el cual me motivaron a tomar la carrera de ingeniería.

Mis primos/as: Los cuales han estado conmigo brindándome su apoyo y sus consejos para que salga adelante en las metas propuestas como ellos lo han hecho.

Mi Novia: Lic. Zsary Keiny Díaz por haber estado conmigo brindándome su cariño y comprensión en los momentos que más ocupaba apoyo para salir adelante con este bonito triunfo.

A mi Docente Director: Ing. José Mártir Díaz Guevara por toda su dedicación y paciencia que mantuvo durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación. Al ISCYC por su total apoyo durante el desarrollo de nuestra investigación

Mis compañeros: Porque siempre estuvieron ahí luchando constantemente por salir adelante en esta meta que nos habíamos propuesto por conquistar, José Antonio Alas Quinteros por ser una persona con mucha capacidad y siempre estar ahí proponiendo metas para que saliéramos adelante en nuestra tesis, José Jonás Cañas Contreras porque es una persona humilde y a la vez con mucha entrega a su trabajo ya que tiene sus metas bien establecidas ,gracias por ser grandes amigos y demostrarme que son grandes personas y que serán grandes profesionales. Gracias por haberme permitido compartir este triunfo con ustedes.

**VÍCTOR MANUEL VÁSQUEZ REYES**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODO PODEROSO**, quien me ilumino y me dio fuerzas para culminar mi carrera y jamás me abandono en mis peores momentos.

**A MIS PADRES**, José Moisés Cañas Gómez y Martina de los Ángeles Contreras de Cañas por su amor, esfuerzo, sacrificios y consejos porque sin ellos jamás hubiera podido salir adelante.

**A MIS HERMANOS**, Abner Ulises Cañas Contreras quien ha sido como un segundo padre para mí, por apoyarme económicamente, moral y espiritual que DIOS lo Bendiga, José Noé Cañas Contreras, Josué Joel Cañas Contreras, María Dalmahu Cañas, gracias por su comprensión, apoyo moral y espiritual.

**A MIS SOBRINOS**, Benjamín Eliazar Martínez Cañas y Génesis Eunice Cañas.

**A MI CUÑADO**, Pedro Francisco Martínez Campos.

**A MI TIO**, José de Jesús Contreras por su apoyo, motivándome a seguir siempre adelante y por confiar en mí.

**A MIS PRIMOS**, por la ayuda y apoyo que me brindaron.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS**, por su comprensión en los momentos más difíciles que se presentaron durante el desarrollo del trabajo y que tengamos muchas bendiciones del triunfo obtenido.

**A MI DOCENTE DIRECTOR**, Ing. José Mártir Díaz por su dedicación y asesoría para la terminación de la tesis.

**A**, la UES y el ISCYC por todo su apoyo y motivación.

A todos los demás familiares y amigos gratitud y cariño. Que Dios Nuestro Señor les Bendiga Siempre.

**JOSE JONAS CAÑAS CONTRERAS**

## ÍNDICE

	PAG.
<b>CAPITULO I</b>	
<b>ANTEPROYECTO</b>	<b>17</b>
<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMÁTICA</b>	<b>19</b>
<b>1.1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b>	<b>19</b>
<b>1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA</b>	<b>20</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>1.4 OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
<b>1.4.1OBJETIVO GENERAL</b>	<b>22</b>
<b>1.4.2 OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>22</b>
<b>1.5 HIPÓTESIS</b>	<b>23</b>
<b>1.6 ALCANCES</b>	<b>23</b>
<b>1.7 LIMITACIONES</b>	<b>24</b>
<b>1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>1.8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>1.8.2 UNIDAD DE ANÁLISIS</b>	<b>25</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO REFERENCIAL Y NORMATIVO</b>	<b>27</b>
<b>2.1 MARCO REFERENCIAL</b>	<b>28</b>
<b>2.2 MARCO HISTÓRICO</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1 ORIGEN DE LAS ACTIVIDADES EXTRACTIVAS EN LA LAGUNA DE ARAMUACA</b>	<b>33</b>
<b>2.2.2 MATERIALES AGLOMERANTES UTILIZADOS EN MORTEROS DE CONSTRUCCIÓN.</b>	<b>35</b>
<b>2.3 MARCO NORMATIVO</b>	<b>37</b>
<b>2.3.1 NORMAS NACIONALES</b>	<b>37</b>
<b>2.3.2 NORMAS INTERNACIONALES</b>	<b>37</b>
<b>2.4 MORTERO PARA LEVANTADO DE BLOCK</b>	<b>39</b>
<b>2.5 MORTERO PARA ACABADO</b>	<b>41</b>
<b>2.6 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>41</b>
<b>2.6.1 MORTERO</b>	<b>41</b>
<b>2.6.2 TIPOS DE MORTEROS</b>	<b>42</b>

<b>2.6.3 TIPOS DE MORTEROS SEGÚN NORMA DE LA AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).</b>	<b>43</b>
<b>2.6.4 CORRELACIÓN ENTRE MORTEROS Y PIEZAS DE MAMPOSTERÍA</b>	<b>45</b>
<b>2.6.5 GRANULOMETRÍA RECOMENDADA PARA LAS ARENAS DE MORTEROS DE PEGA</b>	<b>46</b>
<b>2.6.6 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MORTEROS DE PEGA</b>	<b>46</b>
<b>2.6.7 ESPECIFICACIÓN POR PROPORCIÓN Y PROPIEDADES</b>	<b>48</b>
<b>2.6.8 COMO ESPECIFICAR UN MORTERO</b>	<b>50</b>
<b>2.6.9 PROPIEDADES DE LOS MORTEROS</b>	<b>52</b>
<b>2.6.10 COMPONENTES DEL MORTERO</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO III</b>	
<b>DIAGNOSTICO DEL BANCO DE ARENA: LAGUNA DE ARAMUACA, SAN MIGUEL</b>	<b>61</b>
<b>3.1 ORIGEN DE LA LAGUNA</b>	<b>62</b>
<b>3.2 LOCALIZACIÓN DEL BANCO</b>	<b>64</b>
<b>3.3 ACTIVIDAD DIAGNOSTICADA</b>	<b>66</b>
<b>3.3.1 ACTIVIDAD EJECUTADA</b>	<b>66</b>
<b>3.3.2 USOS</b>	<b>66</b>
<b>3.3.3 TÉCNICAS DE EXPLOTACIÓN ACTUAL</b>	<b>68</b>
<b>3.3.4 COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO</b>	<b>69</b>
<b>3.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y TECTÓNICOS</b>	<b>70</b>
<b>3.4.1 MARCO GEOLÓGICO</b>	<b>70</b>
<b>3.4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA</b>	<b>74</b>
<b>3.4.3 TECTÓNICA</b>	<b>77</b>
<b>3.4.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>	<b>78</b>
<b>3.5 ASPECTOS GEOMÓRFICOS Y GEOTÉCNICOS</b>	<b>80</b>
<b>3.5.1 PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA</b>	<b>80</b>
<b>3.6 ASPECTOS EDÁFICOS</b>	<b>81</b>
<b>3.6.1 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO</b>	<b>81</b>
<b>3.6.2 USO ACTUAL</b>	<b>81</b>
<b>3.6.3 USO POTENCIAL</b>	<b>81</b>
<b>3.6.4 EROSIÓN DE LOS SUELOS Y SUS CAUSAS</b>	<b>82</b>
<b>3.7 IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>83</b>
<b>3.7.1 IMPACTOS AMBIENTALES Y EFECTOS SOBRE EL MEDIO NATURAL DE LA LAGUNA DE ARAMUACA</b>	<b>83</b>
<b>3.7.2 IMPACTO VISUAL</b>	<b>83</b>
<b>3.7.3 IMPACTO BIOLÓGICO</b>	<b>83</b>

3.7.4 IMPACTO GEOLÓGICO	84
3.7.5 IMPACTO HIDROLÓGICO	84
3.7.6 IMPACTO GEOTECTÓNICO	84
3.7.7 IMPACTO EDÁFICO	84
3.7.8 IMPACTO ATMOSFÉRICO	84
3.7.9 IMPACTO ACÚSTICO	84
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO Y DE CAMPO</b>	<b>86</b>
<b>4.1 PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO</b>	<b>87</b>
4.1.1 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS DE TAMICES DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (ASTM C-136)	87
4.1.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (ASTM C-127 Y ASTM C-128)	96
4.1.3 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)	103
4.1.4 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRÁULICOS (USANDO ESPECÍMENES 2" O DE 50MM) (ASTM C-109)	111
<b>4.2 PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO</b>	<b>119</b>
4.2.1 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C-39)	119
4.2.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRÁULICOS (USANDO ESPECÍMENES 2" O DE 50MM) (ASTM C-109)	127
<b>CAPITULO V</b>	
<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>133</b>
5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	134
5.2 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MORTERO	135
5.2.1 ARENA	135
5.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO, DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3	138
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>142</b>
6.1 CONCLUSIONES	143
6.2 RECOMENDACIONES	144



<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>145</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>147</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>150</b>
<b>ANEXO A: PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO B: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS BANCOS DE LA ZONA ORIENTAL</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO C: GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO DEL BANCO DE LA LAGUNA DE ARAMUACA</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO D: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS EN LABORATORIO</b>	<b>159</b>
<b>ANEXO E: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS ELABORADOS EN LABORATORIO</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO F: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS EN CAMPO</b>	<b>164</b>
<b>ANEXO G: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS ELABORADOS EN CAMPO</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO H: ACI 318 CAP. 5 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA</b>	<b>178</b>
<b>ANEXO I: SECCIÓN 3.3 NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA. SECCIÓN 4.5 NORMA TÉCNICA PARA CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES ESTRUCTURALES</b>	<b>180</b>
<b>ANEXO J: TRADUCCIÓN LIBRE DE NORMAS ASTM</b>	<b>183</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG.	NOMBRE	PÁG.
2.2a	ARQUITRABE EN EL TEMPLO ROMANO DE MARTE, DEL FORO DE AUGUSTO, EN ROMA	31
2.2b	DETALLE DE SILLERÍA EN MURO DE VIVIENDA.	32
2.2c	EL DESARROLLO HISTÓRICO DE LOS MORTEROS Y CEMENTO RÁPIDO.	33
2.2.1	EVALUACIÓN DE ÁREA AFECTADA POR LA ACTIVIDAD MINERA DURANTE LOS ÚLTIMOS 25 AÑOS	34
3.1a	MODELO INTERPRETATIVO DE LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA DE LA LAGUNA DE ARAMUACA	63
3.1b	UBICACIÓN DE AFLORAMIENTOS QUE MUESTRAN EL CONTACTO DE MATERIALES PIROCLÁSTICOS Y LAVAS LAMINARES	63
3.2a	LOCALIZACIÓN DEL BANCO DE EXPLOTACIÓN.	64
3.2b	VISTA SATELITAL DEL BANCO DE EXPLOTACIÓN.	65
3.3.2a	VISTA AÉREA DEL PUERTO LA UNIÓN	67
3.3.2b	PUENTE "DON LUÍS DE MOSCOSO"	67
3.3.2c	CLÍNICA DE ESPECIALIDADES "NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ"	68
3.3.3	MÉTODO DE EXPLOTACIÓN A "CIELO ABIERTO". UTILIZADA EN PÉTREOS S.A. DE C.V.	69
3.4.1	MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR; SECCIÓN LAGUNA DE ARAMUACA, ESC. 1:100000	73
3.4.2a	MAPA DE ESPESOR DE LA CAPA DE RESISTIVIDAD SOMERA.	74
3.4.2b	MAPA DE ESPESOR DE LA CAPA DE CONDUCTIVIDAD INTERMEDIA	75
3.4.2c	MAPA DE CONTACTO CON LOS BASAMENTOS DE LA CAPA DE RESISTIVIDAD PROFUNDA.	76
3.4.3	UBICACIÓN DE AFLORAMIENTOS DE LAVAS LAMINARES DIACLASADAS Y METEORIZADAS, UBICADAS EN EL SECTOR NORESTE, SOBRE LA COTA 105 MSNM CON ESPESORES APROXIMADOS DE 30 CM	77
3.4.4a	UBICACIÓN BORDE ALZADO DE LA PORCIÓN NORESTE-SURESTE DE LA LAGUNA DONDE SE OBSERVAN MATERIALES BRECHADOS Y FLUJOS DE LAVAS.	78
3.4.4b	UBICACIÓN BORDE ALZADA DE LA PORCIÓN NORESTE-SURESTE DE LA LAGUNA DONDE SE OBSERVAN LAVAS DIACLASADAS.	79
3.5.1	SECUENCIA DE CORTES VERTICALES DE ENTRE 15 A 20 METROS EN LOS CUALES SE OBSERVA POCA COHESIÓN DE LAS PARTÍCULAS	80
3.6.4	ÁREA EROSIONADA DEBIDO A LA ESCORRENTÍA DE LAS AGUAS LLUVIAS	82

4.1.1a	EXTRAYENDO LAS MUESTRAS DE AGREGADO FINO.	90
4.1.1b	SECANDO LAS MUESTRAS A TEMPERATURA AMBIENTE.	90
4.1.1c	EXTRAYENDO UNA MUESTRA YA SECA.	90
4.1.1d	PESANDO LAS MUESTRAS.	91
4.1.1e	JUEGO DE TAMICES.	91
4.1.1f	COLOCANDO LA MUESTRA DESDE LA PARTE SUPERIOR	91
4.1.1g	AGITAR LOS TAMICES POR MEDIO MECÁNICO.	92
4.1.1h	PESANDO LOS PORCENTAJES RETENIDOS DE LA MUESTRA DE AGREGADO EN CADA MALLA.	92
4.1.2a	ESTADOS DE SATURACIÓN DE LOS AGREGADOS	96
4.1.2b	TOMANDO DOS MUESTRAS DE MATERIAL QUE PASEN LA MALLA # 4	100
4.1.2c	COLOCANDO UNA PORCIÓN DE AGREGADO FINO PARCIALMENTE SECO Y SUELTO DENTRO DEL MOLDE, LLENANDO LO HASTA QUE SE DESBORDE SOSTENIÉNDOLO CON LOS DEDOS	100
4.1.2d	PESANDO 500 GRAMOS DE ARENA Y LLENANDO PARCIALMENTE EL PICNÓMETRO CON AGUA	101
4.1.2e	AGITANDO EL PICNÓMETRO PARA ELIMINAR TODAS LAS BURBUJAS DE AIRE.	101
4.1.2f	PESANDO Y COLOCANDO EL CONTENIDO DEL PICNÓMETRO EN UNA TARA DE PESO CONOCIDO, SE COLOCA EN EL HORNO.	102
4.1.3a	MOLDES LIMPIOS Y DEBIDAMENTE ENGRASADOS.	106
4.1.3b	SECANDO LAS MUESTRAS A TEMPERATURA AMBIENTE.	106
4.1.3c	TAMIZANDO EL CEMENTO	106
4.1.3d	EXTRAYENDO UNA MUESTRA YA SECA	107
4.1.3e	PESANDO LAS MUESTRAS	107
4.1.3f	MEZCLANDO MECÁNICAMENTE LOS MATERIALES	107
4.1.3g	MESA DE FLUIDEZ	108
4.1.3h	LLENANDO LOS CILINDROS EN TRES CAPAS DE IGUAL ALTURA	109
4.1.3i	CURADO DE ESPECÍMENES.	109
4.1.3j	COLOCANDO LOS ESPECÍMENES EN LA MÁQUINA DE ENSAYOS	110
4.1.4a	MOLDES LIMPIOS Y DEBIDAMENTE ENGRASADOS	114
4.1.4b	SECANDO LAS MUESTRAS A TEMPERATURA AMBIENTE.	114
4.1.4c	TAMIZANDO EL CEMENTO	115
4.1.4d	EXTRAYENDO UNA MUESTRA YA SECA	115
4.1.4e	PESANDO LAS MUESTRAS	115
4.1.4f	MEZCLANDO MECÁNICAMENTE LOS MATERIALES	116

4.1.4g	MESA DE FLUIDEZ	116
4.1.4h	ACOMODANDO EL MORTERO EN LOS MOLDES CÚBICOS	117
4.1.4i	CURADO DE ESPECÍMENES.	118
4.1.4j	COLOCANDO LOS ESPECÍMENES EN LA MÁQUINA DE ENSAYOS	120
4.2.1a	MOLDES LIMPIOS Y DEBIDAMENTE ENGRASADOS	122
4.2.1b	COLOCACIÓN DE LOS AGREGADOS EN LA MEZCLADORA MECÁNICA	122
4.2.1c	CONSISTENCIA DE FLUJO EN MATERIAL DE RESISTENCIA BAJA CONTROLADA	123
4.2.1d	LLENANDO LOS CILINDROS EN TRES CAPAS DE IGUAL ALTURA	123
4.2.1e	CURADO DE ESPECÍMENES.	124
4.2.1f	COLOCANDO LOS ESPECÍMENES EN LA MÁQUINA DE ENSAYOS	124
4.2.2a	MOLDES LIMPIOS Y DEBIDAMENTE ENGRASADOS	129
4.2.2b	COLOCACIÓN DE LOS AGREGADOS EN LA MEZCLADORA MECÁNICA	129
4.2.2c	CONSISTENCIA DE FLUJO EN MATERIAL DE RESISTENCIA BAJA CONTROLADA	130
4.2.2d	ACOMODANDO EL MORTERO EN LOS MOLDES CÚBICOS	130
4.2.2e	CURADO DE ESPECÍMENES.	131
4.2.2f	COLOCANDO LOS ESPECÍMENES EN LA MÁQUINA DE ENSAYOS	131

## ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

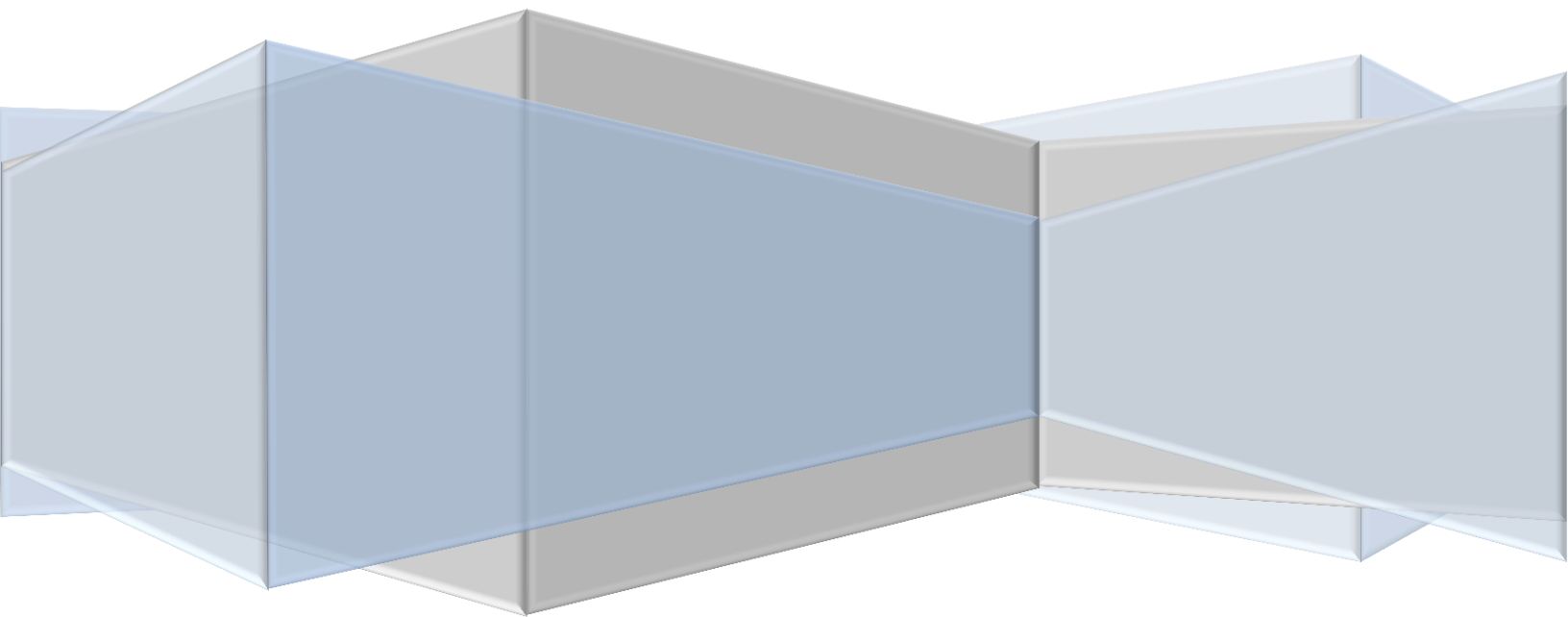
TABLA.	NOMBRE	PÁG.
2.6.5	ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICAS DE ARENAS PARA MORTEROS DE PEGA Y DE RELLENO	47
2.6.7a	PESO DE LOS MATERIALES DEL MORTERO	48
2.6.7b	ESPECIFICACIÓN DE MORTEROS POR PROPORCIONES	49
2.6.7c	ESPECIFICACIÓN DE MORTEROS POR PROPIEDADES	49
2.6.8	GUÍA PARA SELECCIONAR MORTEROS DE MAMPOSTERÍA	51
2.6.10	GRUPOS DE ADITIVOS	60
4.1.1a	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO	93
4.1.1b	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO PROVENIENTE DEL BANCO DE LA LAGUNA DE ARAMUACA	94
4.1.1c	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO PROVENIENTE DE LA CANTERA AGRESAL S.A. DE C.V.	94
4.1.1d	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO PROVENIENTE DE LA CANTERA LA PEDRERA.	95
4.1.2	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO DEL BANCO DE LA LAGUNA DE ARAMUACA	102
4.1.3a	MEDICIÓN DE FLUIDEZ DEL CEMENTO ASTM C-91 TIPO "M", ASTM C-109	108
4.1.3b	RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE 6 X 12 PULG.	110
4.1.3c	RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE LABORATORIO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE 4 X 8 PULG.	111
4.1.4a	MEDICIÓN DE FLUIDEZ DEL CEMENTO ASTM C-91 TIPO "M", ASTM C-109	117
4.1.4b	RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE LABORATORIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE 2 X 2 PULG	118
4.2.1a	RESUMEN DE RESULTADOS EN PRUEBA DE CAMPO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE 6 X 12 PULG	125
4.2.1b	RESUMEN DE RESULTADOS EN PRUEBA DE CAMPO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE 4 X 8 PULG	126
4.2.2	RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBA DE LABORATORIO	132

## RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE 2 X 2 PULG

5.1	GRADO DE REPRESENTATIVIDAD DE LA MEDIA SEGÚN EL VALOR DEL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	135
5.2.1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	136
5.3a	PROMEDIO POR EDADES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA EN LABORATORIO	139
5.3b	PROMEDIO POR EDADES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA EN CAMPO	140
5.3c	PROMEDIO POR EDADES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	141
GRAFICO	NOMBRE	PÁG.
5.2.1a	CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO PROCEDENTE DEL BANCO DE ARAMUACA	135
5.2.1b	CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO PROCEDENTE DE LA CANTERA AGRESAL S.A. DE C.V.	137
5.2.1c	CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO PROCEDENTE DE LA CANTERA LA PEDRERA	137
5.3a	PROMEDIO POR EDADES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA EN LABORATORIO	139
5.3b	PROMEDIO POR EDADES DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN OBTENIDA EN CAMPO	140

# CAPITULO I

## Anteproyecto



## 1.0- INTRODUCCIÓN

En El Salvador, el acceso a sistemas constructivos para vivienda ha aumentado, sin embargo, el que predomina es la mampostería. No existe un solo mortero que sea aplicable para todo trabajo, al variar las proporciones mejoran unas propiedades a costa de otras, en esto influye también la calidad y tipo de los agregados que se utilicen. Los albañiles y maestros de obra que participan en dichas construcciones, muchas veces no tienen el conocimiento adecuado para utilizar materiales premezclados como el mortero, realizando su preparación al tanteo o de forma empírica lo cual no es adecuado.

Para tener un concepto más claro de todo lo respectivo a mortero de mampostería se hace mención a todas las pruebas que sirven de base para la ejecución de los ensayos a los especímenes cilíndricos y cúbicos que servirá para determinar la resistencia basándose en las Normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, así como sus respectivas propiedades y componentes.

El presente trabajo pretende evaluar mediante ensayos normalizados; las características físicas y las propiedades mecánicas a morteros para levantado de mampostería, en proporciones definidas con agregados del banco que tiene un amplio uso en la zona Oriental (Aramuaca), y determinar si cumple con las especificaciones que se encuentran en las normas.



## **1.1- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1.1- Situación Problemática**

En los procesos constructivos el mortero es utilizado para unir mampostería, (ladrillo de barro, bloques), para reparar las fisuras e imperfecciones de las paredes proporcionando un acabado liso o áspero en las superficies al ser repelladas.

Por lo que es necesario conocer sus componentes, características y propiedades, además de realizar una adecuada dosificación para poder determinar a través de ensayos de cilindros y cubos, su resistencia a la compresión según sea su utilidad en la construcción.

En El Salvador las investigaciones relacionadas a los morteros de mampostería son muy escasas. Las pruebas en los laboratorios respecto a morteros se limitan solo a la compresión de cubos y cilindros cuya geometría y tamaño influyen en los resultados de los ensayos que demanda el mortero. El mortero forma solamente entre el 10 y 20% del volumen total de material de una pared de mampostería. Sin embargo, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor que lo que indica ese porcentaje. Funcionalmente, el mortero liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire y agua.

Este trabajo de investigación intenta despertar a los lectores la importancia que ejerce el mortero de mampostería en la construcción, con el propósito que se puedan hacer otras investigaciones relacionadas a los morteros de mampostería y se pueda mejorar sus propiedades.

## 1.2- ENUNCIADO DEL PROBLEMA

- ¿Verificar como es afectado el comportamiento de las características y propiedades del mortero, utilizando agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca en San Miguel, realizando ensayos de resistencia a compresión de cubos y cilindros, para el levantado de mampostería, siguiendo las especificaciones de las normas ASTM<sup>1</sup>?

<sup>1</sup>American Society for Testing and Materials

### 1.3- JUSTIFICACIÓN

La determinación de la resistencia a compresión de morteros es de gran importancia, ya que a través de las pruebas que se le realizan en el laboratorio se determina los esfuerzos que puede soportar según la utilidad que se le dé en la construcción, mejorando el sistema estructural de la mampostería que conforman las obras civiles en nuestro país.

Para la elaboración de este, es necesario que los componentes sean de buena calidad y de un costo económico accesible para la construcción, lo que beneficia a toda la sociedad. Por lo que a través de los procesos constructivos; de lo cual se encarga la ingeniería civil, es necesario que se realicen las investigaciones correspondientes según las normas ASTM, (American Society for Testing and Materials), para lograr un mortero de buena calidad y resistencia. Dicha investigación se facilitara siempre y cuando el laboratorio de la Universidad de El Salvador esté disponible, sin embargo la compañía Holcim, está dispuesta a apoyar dicha investigación y facilitar los recursos que estén a su alcance para lograr que la investigación se logre con el mayor éxito posible.

## **1.4- OBJETIVOS**

### **1.4.1- Objetivo General**

- Conocer la resistencia a compresión de morteros usados en la construcción; utilizando especímenes cilíndricos y cubos, con agregados del banco de Aramuaca (San Miguel), siguiendo las especificaciones de las normas de la American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales).

### **1.4.2- Objetivos Específicos**

- Analizar la calidad de los agregados obtenidos de los diferentes bancos de la zona oriental los cuales fueron:
  - Banco de Aramuaca
  - Cantera Agresal S.A. de C.V.
  - Cantera La Pedrera.
- Proveer de una metodología adecuada para las pruebas que se realizaran al mortero tanto en campo como en laboratorio.
- Describir el comportamiento del mortero a través de la resistencia a compresión, para unir mampostería, siguiendo los lineamientos de las normas, American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales), para realizar el número de ensayos necesario y obtener la resistencia especificada por dicha especificación técnica.

## 1.5- HIPOTESIS

- Comparar los cubos de mortero cuya dimensión es de 2x2 in, con los especímenes cilíndricos de 6x12 y 4x8 in, a través de la resistencia a compresión que establece la norma ASTM C-270.

## 1.6- ALCANCES

- Las pruebas de laboratorio que se realizarán son:
  - Método de prueba estándar para análisis de tamices de agregados finos y gruesos (ASTM C-136)
  - Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa, Gravedad específica (ASTM C-128)
  - Método de prueba estándar para resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C-39).
  - Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos (usando especímenes de 2" o de 50 mm) (ASTM C-109)
- El proporcionamiento de la mezcla para mortero se realizara en base a la establecida en la norma ASTM C-109, por lo que no se creara un nuevo diseño de mezcla.
- El presente estudio está enfocado a los morteros de pegamento de unidades de mampostería.
- El material a utilizar en la presente investigación será extraído del banco de arena que cumpla con los requisitos que establece la norma ASTM C-144.

## 1.7- LIMITACIONES.

- Se utilizaran las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials), y las normas de EL SALVADOR.
- La maquinaria del laboratorio de la Universidad de El salvador, está dañada lo cual dificulta realizar las pruebas a los especímenes de mortero perjudicando la investigación. Otros laboratorios particulares por prestar sus servicios cobran demasiado por dichas pruebas.
- Falta de conocimiento más profundo sobre el tema para realizarlo en el lineamiento correcto.
- En el presente estudio se desarrollara la investigación a los agregados de los diferentes bancos en la zona Oriental.

## 1.8- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.8.1 Tipo de Investigación

Se realizará la siguiente metodología en el proceso de evaluación.

#### 1. Recopilación de información sobre el tema.

Se recopilara información relacionada al tema incluyendo antecedentes e investigación existentes hasta la fecha sobre mortero de mampostería

Para obtener dicha información se hará uso de herramientas como:

- Internet (hojas técnicas de fabricantes de aditivos y morteros de mampostería
- Libros de texto acerca del tema.
- Revistas y publicaciones.
- Reglamentos.
- Biblioteca Instituto Salvadoreño del Cemento y Concreto.
- Asesoría de Ingenieros y Arquitectos conocedores del tema.

## **2. Usos de Laboratorio.**

Se hará uso del laboratorio con el fin de ensayar cada muestra a analizar.

## **3. Recolección de información en campo**

Se tomara como base condiciones técnicas tomadas de proyectos recientes de El Fondo de Conservación Vial (*FOVIAL*).

## **4. Trabajo de laboratorio**

De acuerdo a la investigación recopilada se procederá a realizar la mezcla de mortero, tomando como punto de partida características específicas como resistencia a la compresión y fluidez.

Para determinar las características y propiedades se procederá a realizar probetas (cubos y cilindros de prueba).

Es necesario analizar el agregado (ensayos de granulometría, módulos de finura), para la elaboración de los especímenes.

## **5. Análisis de resultados**

Obtenidos los resultados de la investigación y ensayos de laboratorio se procederá al análisis e interpretación de los datos obtenidos.

Dichos análisis proporcionarán los resultados en especímenes cilíndricos y cúbicos de mortero para mampostería, obteniendo las conclusiones y recomendaciones para el presente trabajo.

### **1.8.2 Unidad de Análisis**

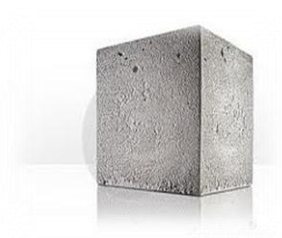
Se elaboraran 96 especímenes cilíndricos de 6x12 y 4x8 pulg. Utilizados en la construcción, para determinar la resistencia a compresión dando como valor mínimo de resistencia  $140\text{kg/cm}^2$ , y se analizaran 144 especímenes cúbicos de 2x2 pulg. Ensayándose a los 3, 7 y 28 días de edad. Para realizar una comparación resistencia/tiempo para verificar que ambos especímenes alcanzan el mismo valor mínimo de resistencia.



---

<i>UNIDAD DE ANALISIS</i>	<i>DIAS</i>			<i>TOTAL DE ESPECIMENES</i>
---------------------------	-------------	--	--	-----------------------------

<b>CILINDRO</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	
<b>6X12 PULG.</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>96</b>
<b>4X8 PULG.</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>96</b>



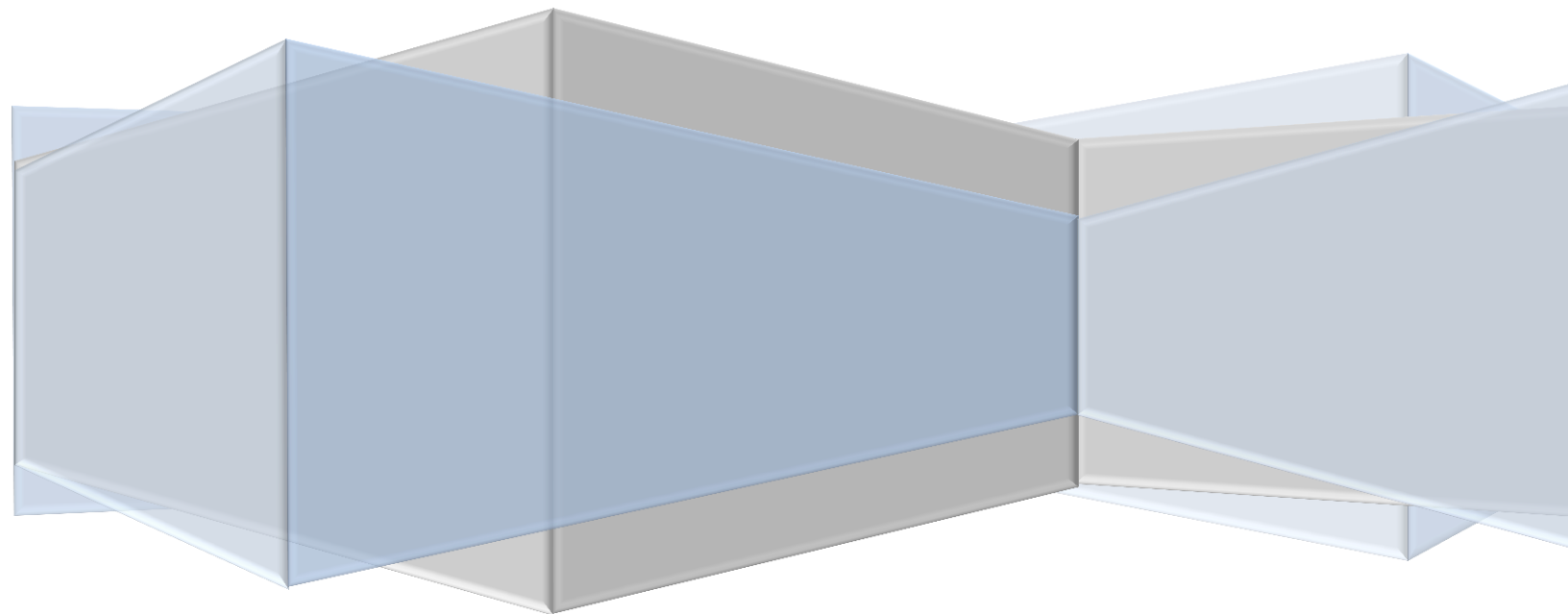
<b>CUBO</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	
<b>2X2 PULG.</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>144</b>

---



# CAPITULO II

## Marco Referencial y Normativo



## 2.1 MARCO REFERENCIAL

### 2.2 MARCO HISTÓRICO

Hace algunos siglos se utilizaban morteros de cal y arena, los cuales tardaban meses, y a veces años, en fraguar, a medida que la cal reaccionaba lentamente con el dióxido de carbono del aire, para formar carbonato de calcio. Como tales morteros tardaban mucho tiempo en fraguar y alcanzar su resistencia, se necesitaban juntas muy delgadas. En muchos casos las juntas eran tan delgadas que las piezas adyacentes de la mampostería se apoyaban directamente unas con otras. Además, este tipo de construcción exigía una gran cantidad de mano de obra para adaptar y colocar cada pieza; sin embargo, los morteros de cal y arena eran adecuados para la construcción pesada y los lentos procedimientos constructivos de aquel entonces.

El desarrollo de morteros que fraguaban y alcanzaban su resistencia rápidamente hizo posible asentar en menos tiempo las piezas de los muros; asimismo, las juntas gruesas absorbían las variaciones dimensionales de los elementos. Los morteros más fuertes se obtuvieron primero mezclando cal con una pequeña cantidad de cemento Portland; más tarde se incrementó la proporción de cemento hasta que el proceso se invirtió: se mezclaba cemento con una pequeña cantidad de cal.

Las características de los morteros con fines estructurales y estéticos dependen de la naturaleza y dosificaciones de sus partes constitutivas, y de áridos, aglomerantes y aditivos. Dado que pueden fabricarse mezclas muy variadas entre todos estos materiales, sus características son también muy variadas. No obstante, éstas dependen esencialmente de la naturaleza del agente aglomerante. Por tanto.

El desarrollo histórico de los morteros está ligado al descubrimiento y perfeccionamiento de agentes aglomerantes naturales o artificiales.

El origen de los morteros hay que buscarlo en el origen de la arquitectura, esto es, de la civilización misma, resultantes del asentamiento en ciudades de grupos humanos dedicados a la agricultura y la artesanía durante el neolítico.

En este contexto, es interesante recurrir a las fuentes clásicas. Vitruvio<sup>1</sup>, en el primer capítulo de su segundo libro de Arquitectura, trata el origen de la arquitectura, y con toda lógica lo relaciona con el origen de la civilización misma.

<sup>1</sup> Marco Vitruvio Polión (en latín *Marcus Vitruvius Pollio*) fue un arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I a. C.

Estimando que, como resultado del descubrimiento del fuego por el hombre primitivo, se facilitó el desarrollo del lenguaje, Vitruvio indica que “habían surgido las asambleas y la convivencia, precisamente por el descubrimiento del fuego” (pg. 95, Alianza Editorial, Madrid, 1995; traducción de José Luís Oliver Domingo). Según Vitruvio, esto facilitó la agrupación de humanos en comunidades, y “dotados por la naturaleza de un gran privilegio respecto al resto de los animales, como es el que caminaran erectos y no inclinados hacia adelante, observaron las maravillas del universo y de todos los cuerpos celestes, e igualmente manipularon los objetos que querían con toda facilidad con sus manos y sus dedos y, así, unos construyeron techumbres con follaje, en aquellas primitivas agrupaciones humanas; otros excavaron cuevas al pie de la montaña, e incluso otros, fijándose en los nidos construidos por las golondrinas, imitándolos, prepararon habitáculos donde resguardarse, con barro y con ramitas” (óp. cit., pg. 95). Podemos deducir de estas palabras que Vitruvio considera pues, que los primeros materiales de construcción fueron, además de las maderas, los morteros. De hecho, la utilización de otros materiales como piedra o ladrillo es asignada por Vitruvio a una etapa ulterior en el desarrollo de la arquitectura: “En un primer momento, levantaron paredes entrelazando pequeñas ramas con barro...”, “Otros levantaban las paredes, después de secar terrones de tierra arcillosa, uniéndolos y asegurándolos con maderos atravesados”, y finalmente, “fueron potenciando su habilidad en sus obras y se consiguió que, quienes fueron más diligentes y constantes, profesaran ser artesanos. Por tanto, como realmente fue así en un primer momento y como la naturaleza ha concedido a los humanos no sólo los sentidos; como en cierto modo, al resto de los animales, sino también le ha proporcionado la facultad de pensar, de reflexionar, de deliberar. Fueron haciendo progresos paso a paso en la construcción de sus edificios;... construyendo viviendas cimentadas; levantaron paredes de ladrillo o bien, con piedra y con diversas clases de madera y cubrieron sus techumbres con tejas.

No le falta razón a Vitruvio, ya que parece claro que la utilización de los morteros se remonta a épocas prehistóricas, cuando mezclas de barro, áridos y materia vegetal se utilizaban como base en la construcción de viviendas o defensas. Este tipo de morteros presenta como aglomerante esencial material arcilloso más o menos refinado, además de componentes de Ca naturales (carbonatos, sulfatos) o artificiales (cal, yeso) y oxihidróxidos de Fe. En general, el aglomerante responde a una composición natural o débilmente modificada por la adición de otros componentes, si exceptuamos maderas, paja, etc.

No obstante, los morteros también se utilizaron desde un primer momento para cumplir otra de las necesidades constructivas básicas, consistente en conferir sentido estético a la obra al ser aplicado como revestimiento de paredes y otros

elementos constructivos. Este último aspecto no debe menospreciarse en lo que se refiere a su influencia sobre el origen y desarrollo de los morteros, dado la decoración de interiores de espacios habilitados para el cobijo, la religión y la magia es anterior a la arquitectura. Este origen lo encontramos en la decoración de murales prehistóricos de cavernas, en el Paleolítico, como respuesta a una necesidad artística, religiosa o social del Homo Sapiens. El escaso desarrollo tecnológico del momento, y el hecho de tener cubiertas las necesidades de vivienda en las cavernas, imponen una técnica pictórica directa, esto es, la pintura mural se obtiene al aplicar pigmentos directamente sobre la piedra de las cavernas. De hecho, en estas pinturas se encuentra cal como aglomerante de pigmentos y como pigmento mismo.

La necesidad humana de decorar y acondicionar interiores se mantiene una vez inventada la arquitectura. Así, la práctica de pavimentar suelos y enlucir muros con morteros es común a pueblos neolíticos del Mediterráneo Oriental y Europa. Por ejemplo, en las ciudades fortificadas neolíticas más antiguas excavadas, como las de Jericó (9000 al 8000 a.C.), Nevali Çori (Turquía, 10000 al 8000 a.C.) y Çatal Hüyük (Turquía, 6000 a.C.) se han encontrado muros revestidos y suelos pavimentados con arcillas y cal, llegándose incluso a pulir las superficies. Esto indica que la piedra no fue el primer material de construcción, al menos en la arquitectura doméstica, a pesar de la escasa robustez del barro no cocido, que no obstante cumplía la necesidad constructiva básica de conferir estabilidad estructural a las edificaciones públicas y privadas de estas culturas. Por tanto, puede decirse que, al menos en parte, el origen y desarrollo de los morteros es el resultado del sentido estético del hombre. De hecho, esta necesidad ha subsistido en todas las épocas históricas y culturas, lo que ha condicionado el desarrollo de tipos particulares de morteros adecuados a estas funciones estéticas.

A pesar del antiguo conocimiento de la cal aérea, las primeras grandes culturas de la edad antigua, en Mesopotamia y Egipto, desarrolladas en las riberas de los grandes ríos del Medio Oriente, no hacen un uso extensivo de este material para sus construcciones. La escasez de materiales pétreos en algunas de estas áreas, y la abundancia de limo en los lechos de los ríos Éufrates, Tigris y Nilo, condicionó una arquitectura inicial entroncada con las formas constructivas neolíticas, esto es, basada en el barro mezclado con productos naturales y/o artificiales variados, conformado en pasta fluida soportada o no por estructuras de ramas y juncos entrelazados ( tapial), o como piezas independientes, ladrillos, inicialmente no cocidos (sean secados al sol, adobe, o conformados en la propia obra, ladrillos crudos) y posteriormente cocidos y vitrificados. Las tendencias constructivas de Mesopotamia y Egipto se desvían entre sí desde un primer momento en lo referente a los materiales utilizados en las grandes construcciones

como templos, palacios y tumbas. Mientras en Egipto se construyeron con piedra, en Mesopotamia se siguió utilizando durante bastante tiempo el barro y ladrillo. Así, la utilización originariamente sumeria del ladrillo se transfirió a todo el área de influencia de las culturas mesopotámicas, llegando a su etapa más evolucionada durante los distintos períodos del imperio Persa, y de ahí al imperio islámico. La estabilidad estructural de estas construcciones de adobe y ladrillo se debe en gran parte a la utilización de morteros de unión a base de arcilla fluida mezclada con tierra o arena y otros materiales naturales como sustancias bituminosas de tipo asfáltico. Por tanto, puede excluirse al ladrillo de la calificación de mortero, al conformarse como elementos pétreos artificiales independientes, pero el barro mezclado con tierra o arena y otros componentes utilizado para tapias y para unir piezas sí debe considerarse como tal.

Las construcciones a base de sillería de piedra del antiguo Egipto se realizaban uniendo las piezas pétreas a hueso, esto es, sin material de unión, aunque sí mediante anclajes metálicos y encajes (entre rehundidos y partes sobresalientes) para generar una fábrica trabada. Los restos de yeso encontrados entre los sillares de estas grandes edificaciones no ejercen función alguna de unión entre los bloques, sino que más bien corresponden a las pastas de escayola que se adicionaban para lubricar las superficies y mejorar el deslizamiento y ajuste de los mismos. La ausencia de morteros de unión en estas construcciones se justifica, entre otras razones, por el hecho de que las estructuras son arquitrabadas<sup>2</sup>, esto es, los empujes son verticales, y las piezas son de gran envergadura. (Ver figura 2.2a).

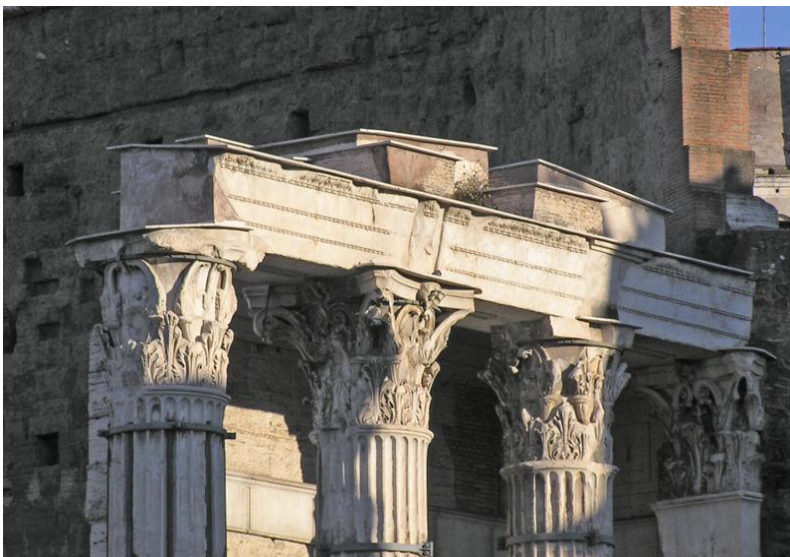


Figura 2.2a. Arquitrabe en el templo romano de Marte, del Foro de Augusto, en Roma.

Fuente: Al Isberner, "Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería", Revista The Aberdeen Group, 1994.

<sup>2</sup> Es un elemento fundamental en la arquitectura de cubierta plana, es la parte inferior del entablamento que apoya directamente sobre las columnas. Su función estructural es servir de dintel, para transmitir el peso de la cubierta a las columnas. (LAJO, Rosina. Léxico de arte. Editorial Akal, Madrid 1990)



No obstante, algunos edificios o algunas partes de edificios de sillería<sup>3</sup>, se construían con mampostería enripiada, que sí se aglomeraba con mezclas de barro, yeso y/o cal. De hecho, la “calidad de labra” de la sillería<sup>3</sup> se relaciona inversamente con la cantidad de mortero utilizado en su unión (Ver figura 2.2b)



Figura 2.2b. Detalle de sillería en muro de vivienda.

Fuente: Al Isberner, “Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería”, Revista The Aberdeen Group, 1994

Esta tradición de construcción a hueso se transmitió o influyó en las técnicas constructivas de otras culturas posteriores, como la persa, cretense, micénica y griega, que en su mayoría hacen uso de estructuras arquitrabadas y de falsa bóveda (los palacios persas de Persépolis, cretenses como el de Cnossos, de Micenas, y de la Grecia helenística).

Los griegos empleaban cal mezclándola con la arena lo que los llevo a descubrir que ciertas arenas de origen volcánico, molidas y mezclándolas con la cal producían morteros (mezclas firmes y resistentes a las aguas dulces o marinas), para esto empleaban una piedra volcánica que llamaban Tierra de Santorín en recuerdo a la isla en la cual fue descubierta).

Cuando los romanos conquistaron a los griegos, estos últimos les transmitieron el conocimiento que tenían sobre los morteros. Los romanos edificaron estructuras que aún permanecen en nuestros días como muestra de la durabilidad de sus construcciones y de sus morteros: este pueblo descubrió una arena volcánica de color rojo en un lugar llamado Pozzoli, cerca del volcán Vesubio; dicha arena, que llamaron puzolana, contiene compuestos de sílico – aluminatos que se combinan con la cal para formar un cementante que endurece bajo el agua, es decir cal hidratada.

<sup>3</sup> es una piedra labrada por varias de sus caras, generalmente en forma de paralelepípedo, siendo el modo de construir más común, sobre todo en periodos más perfeccionistas y constructivamente de más calidad. En el Renacimiento se usó mucho, por ejemplo, para los palacios pero también se usaba para las iglesias o para otros monumentos. (G Fatás y G M Borrás: *Diccionario de términos de arte*. Biblioteca temática Alianza. 1989)

Si la puzolana no estaba disponible o había que traerla de muy lejos, los romanos trituraban ladrillos y así proveían de sílice al mortero.

A principios del siglo XIX las investigaciones del ingeniero francés J.L Vicat y el constructor inglés J. Aspdin conducen al descubrimiento mejorado al que se le llamó “Cemento portland” porque se asemejaba a una piedra gris muy oscura que se encuentra en la Isla de Portland, Inglaterra; todo lo mencionado anteriormente se resume El desarrollo histórico de los morteros y Cemento Rápido (Ver figura 2.2c)

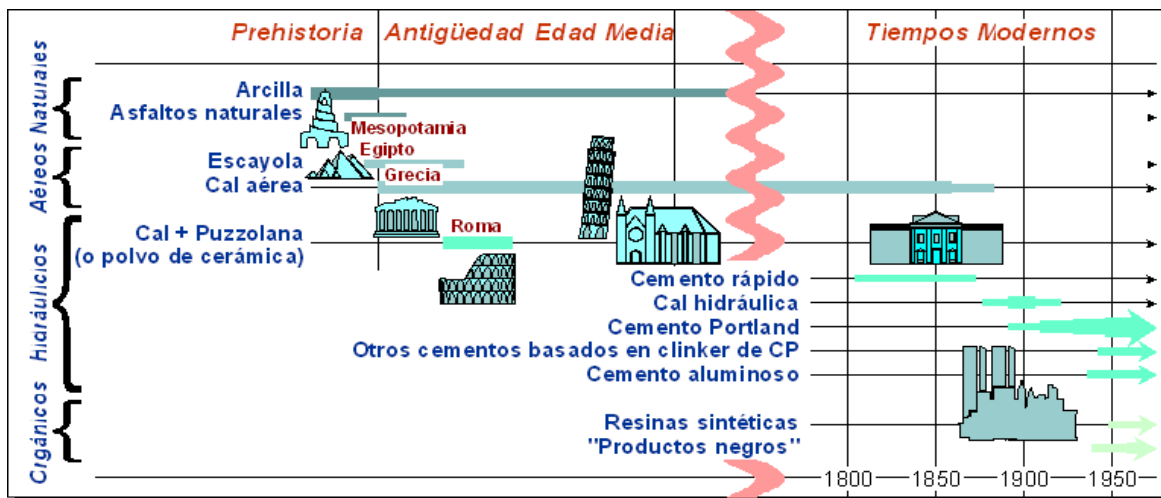


Figura 2.2c. El desarrollo histórico de los morteros y Cemento Rápido.

Fuente: Al Isberner, “Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería”, RevistaThe Aberdeen Group, 1994.

## 2.2.1 Origen de las Actividades Extractivas en la Laguna de Aramuaca

Al hablar del origen de las actividades extractivas en la Laguna de Aramuaca se hace necesario mencionar la historia y revisando en algunos de los pocos informes y documentos escritos sobre la misma se pudo conocer que en los alrededores de la fuente de agua vivieron asentamientos indígenas que a su vez se beneficiaban con las propiedades que esta les daba no obstante ellos utilizaban dichos recursos pero velaban porque la utilización no sobrepasara los niveles armónicos de la naturaleza además la cuidaban grandemente que hasta la veneraban.

Se vuelve necesario explicar que las actividades extractivas siempre han existido desde principios de siglos.

Pero estas se han ido intensificando debido a las necesidades económicas al crecimiento de la población, pues se deben construir: viviendas, escuelas, carreteras, puentes, etc. Todo a nombre del desarrollo que sostiene la base económica y social.

Por ello desde aproximadamente 25 años la realización de las actividades de sobre explotación de los materiales volcánicos asociados a la Laguna de Aramuaca como son arena grava y piedra, se inició en forma manual y ahora se ha intensificado debido a la demanda creciente de áridos para la industria de la construcción lo que ha generado una mecanización de los procesos de extracción en la zona. Por lo que es injusto que el desarrollo social sostenible se le recargue a la Laguna de Aramuaca, teniendo esta que pagar las consecuencias del desarrollo antes mencionados y no se le dé la importancia que se merece la protección y el cuidado necesario para su existencia (ver figura 2.2.1).

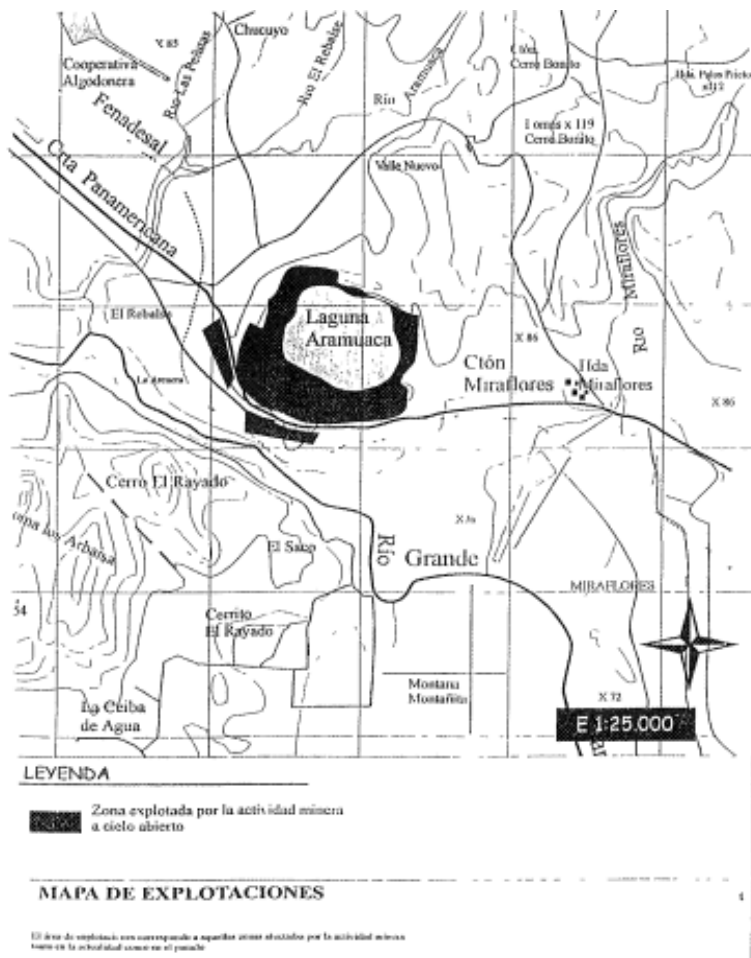


Figura 2.2.1. Evaluación de área afectada por la actividad minera durante los últimos 25 años.

Fuente: casusa y efectos jurídicos-ambientales de la actividad extractiva de minerales pétreos en la barrera natural de la laguna de Aramuaca, Departamento de San Miguel.



### **2.2.2 Materiales Aglomerantes Utilizados en Morteros de Construcción.**

Al desarrollarse de las técnicas constructivas en estas culturas de la antigüedad con el uso de tapial, ladrillo, sillería o mampostería de piedra, las técnicas de revestimiento también se van sofisticando. Las paredes de los edificios se recubren con capas de mortero, cuyo fin era proteger de la intemperie y, al mismo tiempo, embellecer la pared. En el caso de paredes exteriores, el trabajo de revestimiento era más vasto, aunque en paredes interiores las paredes se alisaban y nivelaban con capas finales de estuco más fino. Estos trabajos se realizaban con morteros de yeso (sobre todo en interiores) y de cal (particularmente en exteriores). La decoración de estas paredes con pigmentos es sólo cuestión de sensibilidad artística o religiosa o de disponibilidad de recursos financieros por parte del encargado de la obra. Aunque existen superficies decoradas directamente sobre los muros de piedra (algunas tumbas subterráneas del pueblo etrusco), estos ejemplos no dejan de ser en cierto modo anecdóticos. Así, la escayola, mezclada o no con arcilla y otros aditivos como pelo animal o paja molida, constituye la base de los estucos que sustentan las pinturas murales más antiguas, al templo, egipcias y de otras culturas de la antigüedad, mientras que la cal aérea constituye la base de las pinturas al fresco, que quizás pueda calificarse como la revolución más importante en el desarrollo de las técnicas de la pintura mural.

La utilización de los morteros como material de unión entre las piezas de piedra o ladrillo para garantizar la estabilidad del edificio se convirtió, con el paso del tiempo, en práctica más habitual. El aglomerante más utilizado era la cal aérea, que experimentó un importante desarrollo con la civilización romana. A esta última se debe, sino la invención del mortero de cal hidráulica o mortero puzolánico que posiblemente se deba a los griegos, si su desarrollo y utilización masiva en todo tipo de construcciones, tanto como para asegurar la unión o fijación de piezas en paredes y otros elementos constructivos como en revestimientos y como elemento de base para la fabricación de hormigones. Las características esenciales de este tipo de mortero, que consta de mezclas cal aérea y polvo de rocas volcánicas y de cerámica, es que su fraguado se verifica en contacto con agua y que presenta unas propiedades mecánicas más aptas que las de los morteros de cal aérea y/o yeso para funciones estructurales.

El resultado de esta extensa utilización es el desarrollo de una gran variedad de fábricas (“opus”) constructivas, que no impidieron, una gran uniformidad en la arquitectura romana, resultado, en gran parte, en la utilización de este material, de fácil obtención y manejo.

Sin embargo, el mortero de cal hidráulica, no fue utilizado con posterioridad a la civilización romana, hecho asignable al retroceso cultural y tecnológico general que acaeció a partir de su decadencia, particularmente en los restos del Imperio Romano de Occidente. Durante toda la Edad Media y el comienzo de la Edad Moderna, incluyendo el Renacimiento, los morteros son de mala calidad, constituidos esencialmente de cal aérea por mezclas de cal aérea y yeso (morteros bastardos). No fue hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando la cal aérea fue sustituida, poco a poco, como material de construcción, primero por cales hidráulicas y luego por cementos de tipo Portland y otros. El desarrollo de morteros que fraguaban y alcanzaban su resistencia rápidamente hizo posible asentar en menos tiempo las piezas de los muros; asimismo, las juntas gruesas absorbían las variaciones dimensionales de los elementos.

El desarrollo de morteros fuertes, a fines del siglo XIX, no constituyó el único avance experimentado por la construcción de muros: otro paso importante fue el uso de cementos de albañilería. Un cemento de albañilería es una combinación de materiales preparada en fábrica; tal combinación produce un mortero que posee las propiedades deseadas. El cemento de albañilería incluye: cemento Portland, materiales plastificantes (por ejemplo, piedra caliza finamente molida), cal hidratada (o bien, ciertas arcillas o pizarras), agentes de inclusión de aire y, algunas veces impermeabilizantes. El cemento de albañilería blanco y los cementos de albañilería coloreados que contienen pigmentos de óxidos minerales remolidos, también son útiles en muchos trabajos.

Desde su desarrollo, los morteros elaborados a base de cemento de albañilería han aumentado su popularidad, de manera que hoy día la mayor parte de los morteros se hacen con dicho cemento. Su composición incluye, además del cemento, arena limpia bien graduada y suficiente agua limpia para producir una mezcla plástica y manejable. Los cementos de albañilería se diseñan de tal modo que la operación de mezclado en la obra sea fácil y el control de calidad se mejore, al combinar materiales que han sido cuidadosamente seleccionados en fábrica. La correcta utilización de los mismos produce uniformidad en color y mezclado. Los cementos de albañilerías que satisfacen los requisitos de la American Society for Testing Materials (ASTM), designación C-91, aseguran la obtención de un mortero manejable sólido y de gran durabilidad.

A estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingeniería actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual, no debe olvidarse, redundará en nuestra actual calidad de vida.

## 2.3 MARCO NORMATIVO

A continuación se presentan las Normas aplicables a la investigación en estudio:

### 2.3.1 Normas Nacionales

- Norma Técnica para Diseño y Construcción Estructural de Mampostería

Esta norma técnica (Ministerio de Obras Públicas. 1,994.) establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería y forma parte del “Reglamento para la Seguridad Estructural de las construcciones”, según la sección 3.3, El mortero debe cumplir con lo que establece el Capítulo 4 de la "Norma Técnica para Control de Calidad de Materiales Estructurales" (VER ANEXO I).

- Norma Técnica para Control de Calidad de Materiales Estructurales

Esta norma técnica (Ministerio de obras públicas. 1,997) establece los requisitos mínimos de calidad y procedimientos de control, que deben de cumplir los principales materiales estructurales que se utilizan en la construcción y forma parte del Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones.

En el capítulo 4: Mampostería, se establecen los requerimientos mínimos de calidad que debe cumplir la mampostería y sus componentes, también los procedimientos de control que deben aplicarse para garantizar esa calidad. Su sección 4.3, establece los requerimientos específicos para el uso del mortero en mampostería (VER ANEXO I).

### 2.3.2 Normas Internacionales

- ASTM C-128 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate (Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa, Gravedad específica, y absorción de agregados finos).
- ASTM C-136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates (Método de prueba estándar para análisis granulométrico de agregados finos y gruesos).

- ASTM C-144 Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar (Especificación para agregados de morteros de mampostería).
- ASTM C-91 Specification for masonry cement (Especificación estándar para cemento de albañilería).
- ASTM C-270 Specification for mortar for unit masonry (Especificación estándar de mortero para unidades de mampostería).
- ASTM C-1437 Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar (Método de Prueba Estándar para la fluidez de mortero de cemento hidráulico).
- ASTM D-6103 Standard Test Method for Flow Consistency of Controlled Low Strength Material (Método de ensayo estándar para consistencia de flujo en material de resistencia baja controlada (MRBC))
- ASTM C-780 Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry (Método para la evaluación de morteros, antes y durante la construcción, para mampostería sola o reforzada).
- ASTM C-109 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens) (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos (usando especímenes de 2" o de 50 mm))
- ASTM C-39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>1</sup> (Método de prueba estándar para resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto)
- ASTM C-1586 Standard Guide for Quality Assurance of Mortars (Guía estándar para Aseguramiento de la Calidad de Morteros).

La traducción de estas normas se encontrara en el ANEXO J.

## **2.4 MORTERO PARA LEVANTADO DE BLOCK**

### **Estado plástico**

#### **Trabajabilidad, ASTM C-270 (Especificación para mortero de mampostería).**

Esta especificación cubre morteros para el uso en la construcción no reforzada y estructuras de unidades de mampostería. Cuatro tipos de morteros se cubren en las dos alternativas de esta especificación: a) Especificación por proporción; b) Especificación por propiedades. Las especificaciones por propiedades o proporciones regirán como se especifica en la norma.

#### **Retención de agua, ASTM C-91 (Especificación para cemento de mampostería).**

Esta especificación cubre tres tipos de cemento de albañilería para el uso de mortero de albañilería que se requiera. El ensayo de retención de agua en el laboratorio refleja la habilidad del mortero a retener su agua mezclada, al somérsele a un vacío de 2 pulgadas de mercurio, con relación al flujo original del mortero.

#### **Masa unitaria, ASTM C-138 (Método de prueba estándar para determinar la densidad (peso unitario), Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) del agregado)**

Este método determina la masa por pie cúbico o metro cúbico del concreto mezclado fresco, y muestra las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y el contenido de aire del concreto. El rendimiento se define como el volumen de concreto producido de una mezcla de cantidades y materiales conocidos.

#### **Contenido de aire, ASTM C-110 (Métodos de prueba estándar para las pruebas físicas de la cal viva, cal hidratada y piedra caliza).**

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de aire de un mortero preparado con cal hidratada, bajo las condiciones especificadas.

#### **Resistencia a la penetración, ASTM C-403 (Método de prueba estándar para el turno de la Configuración de Mezclas de Concreto por Resistencia a la penetración)**

Este método de prueba determina el tiempo de fraguado del concreto, por medio de la resistencia a la penetración del mortero cernido o de un concreto mezclado.

Este método es apropiado únicamente cuando la muestra de mortero proporciona la información requerida. Este método de prueba también se aplica a lechadas y morteros preparados. Este método de prueba es aplicable bajo condiciones de laboratorio, así como también bajo condiciones de supervisión.

### **Estado endurecido**

#### **Resistencia a compresión, ASTM C-109 (Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (usando cubos de 50mm.o 2 pulg.)**

Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulicos, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

#### **Resistencia a tensión, ASTM C-190 (Método de prueba para resistencia a la tracción de los morteros de cemento hidráulico)**

Este método de prueba determina la fuerza tensora de la resistencia de morteros, lechadas y revestimientos monolíticos. En este ensayo las probetas se colocan en unas mordazas para luego aplicar carga tensiva, por ser un material frágil solamente se determina su esfuerzo de ruptura el cual ocurre de manera repentina.

#### **Resistencia a flexión, ASTM C-348 (Método de prueba estándar para resistencia a la flexión de la hidráulica, mortero de cemento)**

Este método de prueba determina la fuerza flectora de morteros hidráulicos de cemento.

## **2.5 MORTERO PARA ACABADO**

### **Estado plástico**

Los ensayos realizados son los mismos del mortero para levantado, por esta razón solamente se mencionan.

- Trabajabilidad, ASTM C-270.
- Retención de Agua, ASTM C-91.
- Masa Unitaria, ASTM C-138.
- Contenido de Aire, ASTM C-110.
- Resistencia a la penetración, ASTM C-403.

### **Estado endurecido**

- Resistencia a la compresión, ASTM C-109.
- Permeabilidad, probeta karsten.

## **2.6 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.6.1 Mortero**

Es toda materia plástica que está compuesto por la mezcla de conglomerante inorgánicos como son: agua, arena, aglutinante (Cemento, cal, yeso), y en algunos casos aditivos.

Obtenemos un pétreo artificial cuya pasta adhesiva está constituida por compuestos resultantes de la combinación de un aglomerante con agua o con componentes de la atmósfera. La pasta adhesiva da cohesión al conjunto de materiales granulares llamados agregados, que en el caso de los morteros son agregados finos (tamaño menor a 3 mm).

El producto obtenido debe ser una masa plástica y trabajable capaz de unir mampuestos -ladrillos, ticholos, bloques de hormigón, baldosas) entre sí o con una base y también realizar revoques. Frecuentemente utilizamos un conjunto de materiales que se incorporan a los morteros para modificar o mejorar ciertas propiedades llamados aditivos.

## 2.6.2 Tipos de Morteros

### Mortero para el levantado de block

Son aquellos cuyo fin principal es unir unidades de mampostería (ladrillos de barro cocido, bloques de concreto, piedras o adobes) y formar muros resistentes a cargas de diseño previamente establecidas. Los morteros de levantado utilizados, generalmente se clasifican de acuerdo con la norma ASTM C270. (Especificación para mortero de mampostería).

Este está compuesto por cemento portland, arena cernida (agregado fino), cal hidratada, aditivos minerales y aditivos químicos. La designación de los morteros para levantado de block viene de la palabra en inglés “masón Works” (trabajo de albañilería).

En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total del material; no obstante su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje. Por esta razón se considera de fundamental importancia el capítulo de la mampostería dentro del tema de los morteros; sus funciones son:

- Función estética:
  - ✓ dar acabado al muro, colorido, textura, etc.
- Función estructural:
  - ✓ Liga las unidades de mampostería.
  - ✓ Sello para impedir penetración de aire y de agua.
  - ✓ Se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados, de modo que los hace actuar conjuntamente.
  - ✓ De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.



## **Morteros para acabados**

Los morteros para acabados tienen como finalidad principal, proteger el elemento estructural de las inclemencias del clima y la penetración del agua. Además brindan uniformidad, textura, color y belleza arquitectónica. Usan como aglomerante principal la cal hidratada, ya que deben tener una capacidad de adherencia y plasticidad más alta que los morteros de levantado. Deben ser capaces de soportar los esfuerzos de tensión (originados por los movimientos del muro), y esfuerzos de contracción (originados por los cambios de temperatura), sin mostrar fisuras o agrietamientos.

El repello está elaborado con cemento portland, agregados de granulometría controlada (mediana grande) y aditivos para evitar fisuras. Es utilizado para poder dejar un acabado rustico como para proporcionar una base para el cernido y/o blanqueado cuando en los muros existen muchas imperfecciones como desplomes o rajaduras

Esta clasificación abarca:

- Mezclas para repello, especiales para recubrimiento inicial o final de paredes y cielos.
- Cernidos, para acabado final de paredes, cielos y detalles. Blanqueado o alisado.
- Mezclas para repello, base de pisos y pañuelos en terrazas, etc.
- Escarchado, para acabados y detalles especiales en cenefas, sillares.

### **2.6.3 Tipos de Morteros Según Norma de la American Society for Testing and Materials (ASTM).**

Las letras de designación para los morteros son M, S, N, y O. Estos tipos de mortero pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambas cosas. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 (Especificación para mortero de mampostería) y no se menciona un método específico.

Una regla práctica es usar el mortero con la resistencia más baja que se ajuste a los requisitos del trabajo. Hay un tipo para cada aplicación o uso.

- Tipo M, es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, su uso es para mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes o temblores.

#### **CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO “M”:**

- ✓ Es una mezcla de alta resistencia.
- ✓ Ofrece más durabilidad que otros morteros.
- ✓ Se recomienda para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores.
- ✓ Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc.
- Tipo S, alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar, su uso es para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia.

#### **CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO “S”:**

- ✓ Es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar.
- ✓ Debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requieran a la vez de una alta característica de adherencia.
- ✓ Debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc.
- Tipo N, es un mortero de propósito general a ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones, este mortero de mediana

resistencia presenta la mejor combinación de resistencia, Trabajabilidad y economía.

### **CARACTERÍSTICAS DEL MORTEROTIPO “N”:**

- ✓ Es un *mortero de propósito general*, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo
- ✓ Es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones
- ✓ Representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía

Usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm<sup>2</sup> (1800 psi) de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio. Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado.

- Tipo O, es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se usa en paredes y divisiones sin carga, y para revestimiento exterior que no se congela cuándo está húmedo.

### **CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO TIPO “O”:**

- ✓ Es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal.
- ✓ Puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos.
- ✓ Son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos.
- ✓ Por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles.

#### **2.6.4 Correlación entre Morteros y Piezas de Mampostería**

El tipo de mortero usado en cada obra debe correlacionarse con las piezas de mampostería, bloques o ladrillos, a efecto de evaluar su compatibilidad, y garantizar una fuerte adherencia, que evite la entrada de agua al muro. Así, tratándose del uso de piezas de mampostería con gran tasa inicial de absorción, son de mejor compatibilidad los morteros de gran retención de agua (tipo O).

Esto significa que ladrillos de mucha absorción deben combinarse con morteros de alto contenido de cal. Por el contrario, para ladrillos de poca absorción los ensayos

indican que es más conveniente el uso de mortero con mayor contenido de cemento que de cal (Morteros tipo S o M).

La razón por la cual deben usarse morteros de cemento y cal es explicada por Walker y Gutschick, de la siguiente manera: la cal hidratada tipo S (hecha de cal viva dolomítica, que contiene cantidades iguales de hidróxido de Magnesio e hidróxido de Calcio, y cuyos tamaños de partículas son del orden de 500 veces menores que las de cemento), actúa de la siguiente manera:

- ✓ Mejora la plasticidad del mortero.
- ✓ Mejora notablemente la retención de agua.
- ✓ Incrementa la adherencia entre mortero y de mampostería.
- ✓ Incrementa la ductilidad y flexibilidad del mortero.
- ✓ Ayuda a evitar la eflorescencia.
- ✓ Cura fisuras pequeñas.
- ✓ Contribuye ligeramente a la adquisición de resistencias finales.

### **2.6.5 Granulometría Recomendada para las Arenas de Morteros de Pega**

Las normas recomiendan un uso granulométrico según se trate de arena natural o arena de trituración, que se presentan en la Tabla 2.7.5.

Recomendaciones adicionales respecto de la granulometría: no basta solamente con el cumplimiento de la granulometría, sino que además deben considerarse otros parámetros de importancia mencionados en la norma ASTM C-144 (Especificación para agregados de morteros de mampostería):

1. La arena no debe tener más del 50% retenido entre dos tamices consecutivos, ni más del 25% retenido en el tamiz de 0.15 mm (No. 100) Y que pase del tamiz de 0.30 mm (No. 50)
2. Si el módulo de finura varía en más de 0.20 del valor asumido para escoger las proporciones del mortero, el agregado será rechazado a menos que los ajustes adecuados se realicen en proporciones para compensar el cambio en la clasificación.
3. Cuando la junta tenga más de 10 mm de espesor, es conveniente usar arenas más gruesas.

4. Cuando las juntas sean muy delgadas se usan arenas que pasan totalmente el tamiz de 2.4 mm (No. 8) y 95% el tamiz de 1.2 mm (No. 16).

**TABLA 2.6.5. ESPECIFICACIÓN GRANULOMÉTRICAS DE ARENAS PARA MORTEROS DE PEGA Y DE RELLENO**

Tamaño de tamiz		Porcentaje que pasa	
		Arena Natural	Arena Mano facturada
4.75-mm	(No. 4)	100	100
2.36-mm	(No. 8)	95 a 100	95 a 100
1.18-mm	(No. 16)	70 a 100	70 a 100
600- $\mu$ m	(No. 30)	40 a 75	40 a 75
300- $\mu$ m	(No. 50)	10 a 35	20 a 40
150- $\mu$ m	(No. 100)	2 a 15	0 a 25
75- $\mu$ m	(No. 200)	0 a 5	0 a 10
<b>Módulo de finura</b>		2.83-1.75	2.65-1.60

Fuente: Norma ASTM C-144-02, página 1

### 2.6.6 Control de Calidad de los Morteros de Pega

Resistencia a la compresión:

Se controla mediante la elaboración de cubos de mortero de 5 cm de arista, o de cilindros de 7.5 cm (3") de diámetro y 15 cm (6") de altura; o de cilindros de 10 cm (4") de diámetro y 20 cm (8") de altura.

El uso de los cubos, siendo un procedimiento dispendioso y de cuidado, más apropiado para laboratorio, no es recomendable en obra. Es preferible el uso de cilindros, fundidos en tres capas, 25 golpes, varilla redondeada de 9.5 mm, mazo de caucho, etc.; los ensayos usuales son a 7 y 28 días de edad.

Ensayo de retención de agua:

Es un ensayo mediante el cual una muestra de mortero se somete a succión mediante un aparato que permite aplicar vacío de 50.8 mm de mercurio durante 60 segundos, de acuerdo con la Norma ASTM C-916 (Especificación estándar para Adhesivos para el aislamiento térmico de conductos). El valor del flujo obtenido después de este tratamiento, expresado como porcentaje del flujo medido antes de la succión, es la capacidad de retención de agua del mortero.

## 2.6.7 Especificación por Proporción y Propiedades

La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire. Estos requisitos son para especímenes de laboratorio solamente y no para morteros mezclados en obra. Las proporciones de cemento, cal y arena establecidas en el laboratorio para cumplir la norma ASTM C-270 (Especificación para mortero de mampostería) deben ser remplazadas al mezclar el mortero en obra. Se asume que las proporciones establecidas en el laboratorio darán un comportamiento satisfactorio en obra.

El mortero especificado por proporción debe cumplir con los requisitos de la tabla de proporciones basados en los pesos de los materiales establecidos en dicha norma. La relación entre la cantidad de material cementante y los agregados es generalmente menor usando la especificación por propiedades que usando la de proporción. Los diseñadores tienden a usar más la especificación por propiedades porque el mortero generalmente resulta ser más barato.

<b>TABLA 2.6.7a. PESO DE LOS MATERIALES DEL MORTERO</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>MASA (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Cemento portland</b>	<b>1505</b>
<b>Cemento mezclado</b>	<b>Peso impreso en el saco</b>
<b>Cemento de mampostería</b>	<b>Peso impreso en el saco</b>
<b>Cal hidratada</b>	<b>640</b>
<b>Cal plástica</b>	<b>1280</b>
<b>Arena, húmeda suelta</b>	<b>1280</b>

Fuente: Norma ASTM C-270-03

**Tabla 2.6.7b. ESPECIFICACIÓN DE MORTEROS POR PROPORCIONES**

ESPECIFICACION POR PROPORCIONES					
Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (Materiales cementantes)			Relacion de agregados (medidas en condicion humeda o suelta)
		Cemento Portland o mezcla de cemento	Cemento de mamposteria MSN	Cal hidratada o apagada	
Cemento y cal	M	1	---	1/4	Relacion de agregados (medida en condicion humeda y suelta)
	S	1	---	de 1/4 a 1/2	
	N	1	---	de 1/2 a 1- 1/4	
	O	1	---	de 1-1/4 a 2-1/2	
Cemento de mamposteria	M	1	--1	-	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separadas de materiales cementantes
	M	-	1--	-	
	S	1/2	--1	-	
	S	-	-1-	-	
	N	-	--1	-	
	O	-	--1	-	

Fuente: Norma ASTM C-270-03

**Tabla 2.6.7c. ESPECIFICACIÓN DE MORTEROS POR PROPIEDADES**

ESPECIFICACIÓN POR PROPIEDADES					
Mortero	Tipo	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm <sup>2</sup> y Mpa	Retención mínima de Agua (%)	Contenido máximo de Aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176(17.2)	75	12	No menor de 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	127(12.4)	75	12	
	N	53(5.2)	75	14b	
	O	25(2.4)	75	14b	
Cemento de mampostería	M	176(17.2)	75	c	
	S	127(12.4)	75	c	
	N	53(5.2)	75	c	
	O	25(2.4)	75	c	

Fuente: Norma ASTM C-270-03

### **2.6.8 Como Especificar un Mortero**

Muchos arquitectos e ingenieros solicitan que el mortero cumpla con las especificaciones de la norma ASTM C-270, esta no es suficiente, ya que solo presenta las propiedades y proporciones para cuatro tipos genéricos de mortero. Pueden usarse con cemento Portland o con cementos de mampostería.

Bajo estas especificaciones cada tipo de mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión, mínima retención de agua y máximo contenido de aire. Estas especificaciones se refieren solamente a los morteros hechos en laboratorio. La duda surge a la hora de escoger que tipo se necesita para cada caso en particular. Uno de los apéndices de la norma ASTM C-270 recomienda los tipos de mortero a usar según el tipo de materiales de la obra. La nota 4 de la norma ASTM C-270 da más consejos al respecto: “El tipo de mortero debe correlacionarse con las piezas de mampostería. Las piezas de mampostería de gran tasa inicial de absorción (IRA en inglés) son de mejor compatibilidad con morteros de gran retención de agua”. En otras palabras, especifica morteros de gran retención de agua para ladrillos de mucha absorción. Generalmente esto significa un mortero con alto contenido de cal.

La norma tiene limitaciones, no puede usarse para determinar las resistencias del mortero a través de ensayos de campo (la norma ASTM C-780 nos da procedimientos y especificaciones para el mortero en la obra antes y durante la construcción). Tampoco puede usarse para medir la composición y propiedades físicas del mortero endurecido removido de una estructura.

Se puede resumir que para conocer si el mortero cumplirá los requisitos de la obra se debe especificar en laboratorio aplicando la norma ASTM C-270 (Especificación para mortero de mampostería), controlando la calidad del mortero en obra utilizando la norma ASTM C-780 (Procedimientos y especificaciones para el mortero en la obra antes y durante la construcción).



<b>Tabla 2.6.8. GUÍA PARA SELECCIONAR MORTEROS DE MAMPOSTERIA</b>			
<b>Localización</b>	<b>Segmento constructivo</b>	<b>Tipo de mortero</b>	
		<b>Recomendado</b>	<b>alternativo</b>
<b>Exterior sobre el terreno</b>	<b>paredes con carga</b>	<b>N</b>	<b>S o M</b>
	<b>paredes sin carga</b>	<b>O(b)</b>	<b>N o S</b>
	<b>parapetos</b>	<b>N</b>	<b>S</b>
<b>Exterior bajo el terreno</b>	<b>muro de cimentación</b>	<b>S(c)</b>	<b>M o N</b>
	<b>muro de contención pozos, descargas de agua</b>		
	<b>negras, pavimentos, aceras y patios</b>		
<b>Interior</b>	<b>paredes de carga</b>	<b>N</b>	<b>S o M</b>
	<b>divisiones sin carga</b>	<b>O</b>	<b>N</b>

Fuente: Norma ASTM C-270-03

## **CARACTERÍSTICAS**

### **a) Plasticidad**

Propiedad del mortero fresco de la que depende la mayor o menor aptitud para poder tenderlos y rellenar completamente las juntas. De la plasticidad depende lograr buena unión entre los elementos constructivos cuando colocamos mampuestos así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados.

La determinación de la plasticidad se puede considerar haciendo medidas de consistencia en cono de Abrams y limitando el contenido de finos. Consistencia media de 17 a 18 cm. y un contenido de fino < 15% en peso o 10% si se usan plastificantes.

## **b) Resistencia a la compresión**

Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes contruidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir.

La NTE considera como resistencia optima de un mortero para muros una resistencia a la compresión a los 28 días de 40 kp/cm<sup>2</sup>.

## **c) Adherencia**

La adherencia puede entenderse debida a la penetración de la pasta del mortero en el elemento de albañilería, provocada por la succión capilar que este ejerce. Le proporciona la capacidad de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface mortero / elemento de albañilería.

Los mecanismos de la adherencia actúan en las fases del mortero fresco y del mortero endurecido, tienen que ver con la reología<sup>4</sup> de la pasta en la etapa fresco.

Influye la naturaleza de la base: porosidad, rugosidad y existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del cerramiento y la adherencia del mortero endurecido. En el resultado final intervienen factores internos: composición del mortero y afinidad con la base y externos curados y condiciones de humedad de las bases, espesores de las juntas.

## **2.6.9 Propiedades de los Morteros**

Son las características que presentan los morteros de acuerdo al estado en que se encuentren. Los morteros de mampostería presentan dos estados: plástico y endurecido.

Determinan la adaptabilidad de un mortero en la construcción, debe fluir bien, ser trabajable, contar con buena retención de agua y mantener dichas propiedades por largo tiempo. Además debe adherirse bien a las unidades de mampostería. El mortero en sí mismo debe ser cohesivo y homogéneo.

<sup>4</sup>estudia la relación entre el esfuerzo y la deformación en los materiales que son capaces de fluir

## **Trabajabilidad.**

Es la propiedad más importante de los morteros en estado plástico. Es una combinación de varias propiedades, incluyendo plasticidad, consistencia, cohesión y adherencia, las cuales pueden ser medidas mediante pruebas de laboratorio. Morteros trabajables pueden ser manejados fácilmente con una cuchara de albañilería.

La trabajabilidad ayuda a los morteros a soportar las unidades de mampostería y rápidamente sobresale de las juntas cuando el albañil necesita acomodar la unidad para ser alineada con las demás. También es afectada por la graduación de los agregados.

## **Retención de agua**

Es la medida de la habilidad de un mortero bajo condiciones de succión y evaporación, a retener el agua de la mezcla, ya que si esta se evapora o es absorbida por las unidades de mampostería la adherencia entre la pieza y el mortero se reduce. Esta propiedad provee al albañil tiempo para ajustar las unidades de mampostería sin que el mortero alcance su fraguado.

La retención de agua aumenta con altos contenidos de cal, contenidos de aire, adición de agregados finos (dentro de lo establecido según la granulometría), o el uso de sustancias retardantes del fraguado.

## **Contenido de aire**

Se define como los huecos o vacíos existentes en un mortero, y que pueden llenarse de un líquido que penetre por capilaridad o presión. Los morteros hechos con arena presentan alto contenido de aire.

## **Masa unitaria**

Es la masa de éste con respecto a su volumen. Este término es el usado en las especificaciones de la norma ASTM C-138 (Método de ensayo para el peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto). Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el pie cúbico o metro cúbico. Al determinar la masa unitaria se observa que está influenciado por el grado de compactación (vacíos) y por el contenido de humedad.

## **Resistencia a la penetración**

La relación de fraguado del mortero debida a la hidratación del cemento, es la velocidad a la que éste desarrolla su resistencia para soportar cargas. Un fraguado inicial muy rápido puede entorpecer el manejo del mortero por parte del albañil, mientras que un fraguado final muy lento dificultaría el progreso de la obra, puesto que en tal caso el mortero fluye de los muros recién terminados.

El fraguado se confunde a veces con la rigidez causada por la pérdida rápida de agua, la cual se presenta, por ejemplo, cuando se utiliza un mortero de baja retención de agua y piezas muy absorbentes.

## **Propiedades en estado endurecido**

Las propiedades del mortero endurecido ayudan a determinar el comportamiento del muro terminado, e incluyen características como la adherencia, durabilidad, elasticidad y resistencia a la compresión, a continuación se describen las propiedades del mortero, tanto en estado plástico como en estado endurecido.

### **Adherencia**

Es probablemente la propiedad más importante de los morteros. Especialmente porque su función primordial es adherir unidades de mampostería. Define el grado de contacto entre el mortero y la unidad de mampostería, y puede evaluarse con base en lo siguiente:

- a. La resistencia a tensión o la fuerza necesaria para separar las unidades.
- b. La resistencia a deslizamiento por corte entre mortero-unidades.
- c. La resistencia a separación mortero-unidad por flexión.

Las determinaciones usuales en las normas son las de adherencia por tensión y de adherencia por flexión. Los morteros deben desarrollar una buena adherencia para poder soportar los esfuerzos estructurales, por sismos, por viento, por cambios de temperatura o contracción de los materiales. Las mayores resistencias a la adherencia se logran con mezclas húmedas de buena trabajabilidad. El reacondicionamiento, o sea agregar más agua y mezclar nuevamente, es una práctica aceptable para compensar el agua perdida por el mortero. La norma ASTM C-270 (Especificación estándar para los morteros para albañilería) requiere que todo mortero sea usado antes de las dos horas y media, con opción a reacondicionarse tantas veces como sea necesario dentro de ese lapso.

## **Resistencia a compresión**

Algunas veces es usada como criterio para seleccionar el tipo de mortero, debido a su fácil medición. Depende en gran manera del contenido de cemento, la cantidad de agua utilizada y, en menor grado del tipo de agregado. La resistencia a compresión no debe ser el único criterio para seleccionar morteros.

## **Resistencia a tensión**

En varias situaciones los muros están sometidos a tensiones diagonales y combinaciones de esfuerzos, estos se producen por efectos sísmicos, hundimientos diferenciales o bajo la acción de cargas gravitacionales, y aunque la resistencia a la tensión es baja en el mortero es conveniente conocerla por las razones mencionadas.

Uno de los procedimientos para determinar la resistencia a la tensión de los morteros se encuentra descrito en la norma ASTM C-190 (Método de ensayo para fuerzas tensibles para morteros de cemento), en ella se especifican los materiales y equipo a utilizar. En este ensayo solamente se determina el esfuerzo de ruptura el cual ocurre de manera repentina.

## **Eflorescencia**

Es causada por el movimiento de agua dentro y hacia fuera del muro y la cristalización de las sales solubles, la cal en los morteros ha sido erróneamente culpada de causar eflorescencia solamente por ser de color blanco, sin embargo la solubilidad de la cal es muy baja y la mayor parte contienen muy pocas sales solubles. Además como la cal hace al mortero menos permeable, ayuda a mantener el agua fuera del muro y evita de esta manera la eflorescencia.

## **Estabilidad volumétrica**

Los morteros tienen un bajo módulo de elasticidad. Esto es conveniente para garantizar su extensibilidad, a efecto de soportar la mampostería expansiva (ladrillos de arcilla) o la contracción (como la de bloques de concreto). El módulo de elasticidad más común es de  $2.1 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>, pero varía de producto en producto, la edad del mortero así como su proceso y control de curado.

## **Resistencia a corte**

En los morteros evaluados la resistencia a corte es más representativa cuando se ensayan prismas de mampostería sujetos a carga de compresión diagonal, debido a que el mortero y la unidad de mampostería van a actuar como una pieza monolítica en el muro al ser sometidos a esfuerzos cortantes.

Las fallas características de este ensayo pueden ser: esfuerzo tangencial en las juntas, tensión diagonal y falla parcialmente definida, que atraviesa las juntas y los mampuestos. Es muy importante la relación que el ensayo de adherencia y fricción guarda con el ensayo de corte, ya que los resultados del primero sirven como parámetros referenciales para el segundo.

## **Resistencia a flexión**

El mortero es un material frágil, al comparar su resistencia a la flexión con su resistencia a compresión vemos que la primera es muy baja y poco representativa al momento de diseñar mampostería. Un mortero mantiene adheridas unidades de mampostería entre sí, tratando de que se comporten como una estructura monolítica, y juntos van a soportar combinaciones de esfuerzos, las cuales en su mayoría son de flexo compresión. Es importante conocer el módulo de ruptura ya que estos esfuerzos combinados provocaran grietas y fisuras en las juntas de los muros.

## **Permeabilidad**

Es la propiedad de dejarse atravesar o filtrar por el agua u otro fluido, a través de su estructura. En la práctica, en un mortero muy compacto el contenido de aire es mínimo, y se busca la impermeabilidad aumentando la compacidad, y aunque teóricamente ningún mortero o concreto es rigurosamente impermeable, se puede comprobar en los ensayos de filtración con el tiempo que lo son, explicándose porque la pasta de cemento se comporta como un coloide, hinchándose con la humedad, disminuyendo el volumen de los poros y de las fisuras.

## 2.6.10 Componentes del Mortero

### Materiales aglomerantes

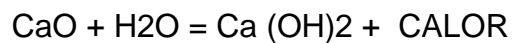
#### a) Cales

Pueden ser aéreas o hidráulicas según las características de su fraguado. Las cales empleadas en el país son de naturaleza aérea

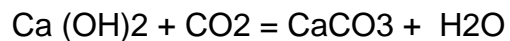
Proceso de producción y utilización de las cales aéreas



CALCINACIÓN



HIDRATACIÓN O APAGADO



RE CARBONATACIÓN

Origen: la materia prima para la fabricación de la cal es la piedra caliza que cuando es pura está constituida enteramente por carbonato de calcio y al ser calcinada da origen a las cales aéreas. Cuando presenta impurezas arcillosas es la roca adecuada para la obtención de las cales hidráulicas.

La piedra sufre un proceso de preparación para la cocción. Se tritura cociéndose luego hasta una temperatura del orden de los 1.000 °C (calcinación) que es la temperatura a la que se produce la disociación del óxido cálcico y el anhídrido carbónico.

La etapa posterior para su utilización es el apagado de la cal mediante el que se combina el óxido cálcico con el agua dando lugar al hidróxido cálcico, desprendimiento de vapor y aumento de volumen. El agua añadida es indispensable para la formación del hidróxido se obtiene un producto pulverulento que recibe el nombre de cal en polvo. Si se sigue agregando agua se obtiene la cal en pasta.

## Formas de suministro

### Cal en piedra

Debe ser apagada y se utiliza para la pasta restante. Según su destino tiene un periodo de asentamiento en el pozo para completar su proceso de hidratación: 7 días para muros, 30 días para revoques (estos plazos son variables según las distintas publicaciones y memorias, pero el concepto de no utilizarla inmediatamente al apagado es lo importante)

### Cal en polvo

Es una cal aérea hidratada. Debe comprobarse la homogeneidad de las partículas, sin presencia de gránulos de mayor tamaño, ya que estos al completar la hidratación y al ser su tamaño mayor provoca en revoques y muros procesos de disgregación en las terminaciones. Para evitar en parte esto la mezcla debe utilizarse con al menos siete días de asentamiento de las mezclas.

### Cal en pasta

Cal hasta un 5% de óxido magnésico mayor cal árida o magra.

**Cal hidráulica** es igualmente un material pulverulento e hidratado que al provenir de la calcinación de piedras calizas que contienen sílice y alúmina, para formar el óxido cálcico produce silicatos y aluminatos de calcio deshidratados que le proporcionan sus propiedades hidráulicas y una mayor resistencia

El mortero producido por mezclas de cal y arena es lo que en nuestro país se denominan **mezcla** diferenciándose dos tipos la gruesa y la fina.

Los morteros producidos con cales se distinguen por su buena plasticidad que lleva en algunos países donde la cal es poco usada a agregarla aun en pequeñas cantidades. La alta retención de agua de la cal mejora la organización de los muros. Son de menor resistencia que los morteros de cemento y no tienen características hidrófugas. Es importante tener en cuenta que ataca los metales provocando corrosión.

### b) Cemento portland

Es el que utilizamos para la producción del hormigón armado. Permite obtener morteros más resistentes, con adherencia y protección de elementos metálicos en el caso del hierro y acero y tiene resistencia hidrófuga.



### **c) Cemento de albañilería**

En nuestro país no tuvo hasta el momento mucha utilización al haber solamente un proveedor hoy día en cambio hay varios. No es un cemento para producir hormigones. Se utiliza fundamentalmente en morteros de toma de muros y pisos. y en revoques .

Es un aglomerante hidráulico cuyo fraguado comienza alrededor de las tres horas de agregada el agua y debe utilizarse antes de las cuatro horas de preparado. Contiene alrededor de un 50 % de óxido de calcio, además de sílice, su segundo componente, alúmina, óxidos de hierro y magnesio. Los morteros obtenidos son morteros plásticos parecidos en esa característica a los obtenidos con cal como aglomerante.

Se usa fundamental y casi exclusivamente con arena terciada. Da morteros de una coloración más oscura que los de cal, por sus componentes. Muy pocas memorias lo especifican con cualidades hidrófugas.

### **Áridos**

Se puede utilizar arenas de forma redondeada o poliédrica que provengan de trituración o minas. En nuestro país son de origen costero o de orillas de ríos y arroyos siempre de formas redondeadas.

El tamaño máximo debe ser inferior a la mitad de juntas de mampuesto pero en la actualidad se tiende a no sobrepasar los 2,5 mm. No deben contener impurezas, sales ni tierra. Aunque los que sean de zonas del litoral habrán visto arenas en uso muy oscuras que contienen tierra.

Ensayo de contenido:

Las gruesas no deben sobrepasar los 3 mm

Las medianas los 2 mm.

Los finos 1 mm.

Se debe limitar el contenido de finos a porcentajes inferiores al 15 % de peso total (Tamiz de 0,08 mm).

### **Agua**

Las condiciones son similares que para la producción de hormigón. Las aguas potables son la calidad necesaria para utilizarse.

## Aditivos

Los aditivos se agregan para conferir determinadas propiedades o para mejorar las prestaciones de los morteros. Pueden ser: hidrófugos, plastificantes, aireadores, colorantes, anticongelantes, aceleradores o retardadores de fraguado, endurecedores de superficie. Ver tabla N°6

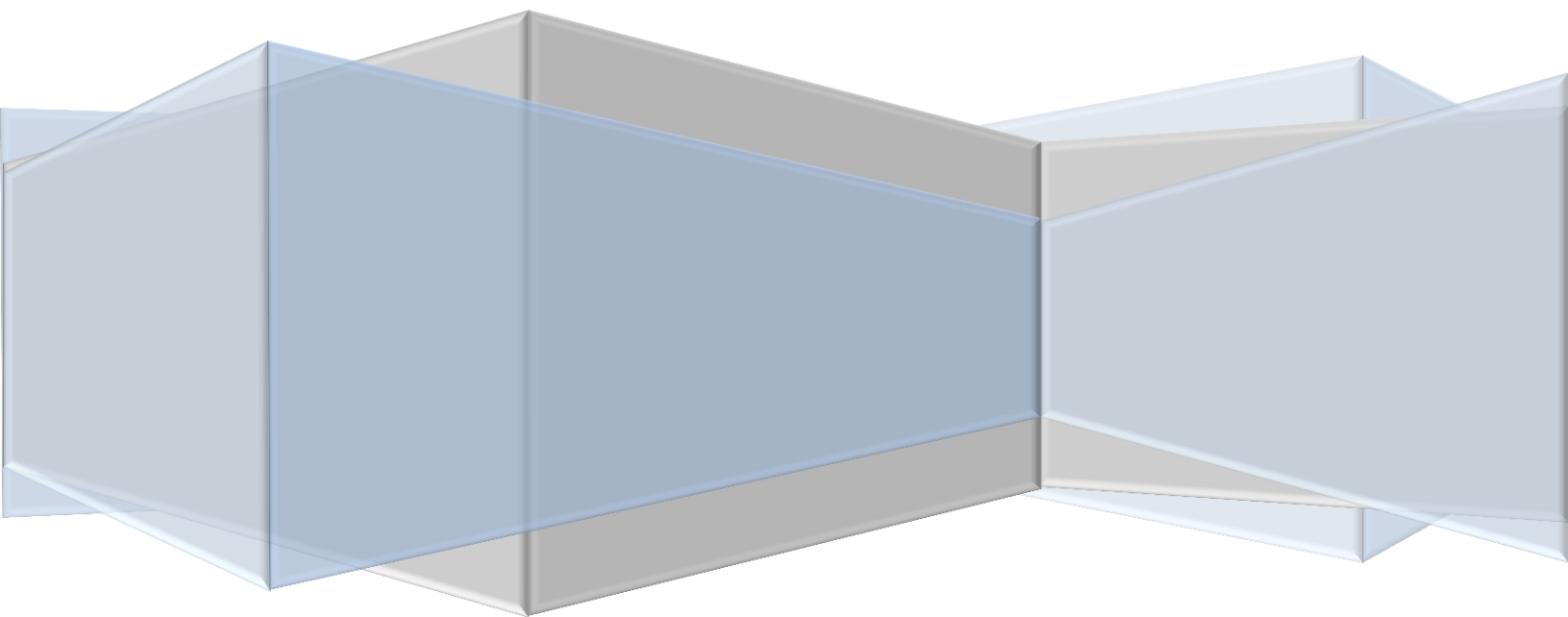
**Tabla 2.6.10: Grupos de aditivos**

Aditivos de EL Salvador, SA de CV			Tipos de Morteros
Grupos	regulación de fraguado	aceleradores o retardadores	M,S,N,O
	modificación de la impermeabilidad	hidrófugos	O,N
	adecuación de la trabajabilidad	plastificante o aireadores	S,N,O
	protección de agentes climáticos	contra la desecación, heladicidad	O,N
	aumentar su capacidad mecánica	endurecedores de superficie	O,N
	proporcionar color	pigmentos	S,N,O

Los plastificantes mejoran la plasticidad y maleabilidad permitiendo una reducción del contenido de agua de la pasta. Lo que produce disminuciones de la retracción de secado, mejorando el monolitismo del aparejo. Los plastificantes disuelven en el seno de la mezcla un número considerable de microscópicas burbujas de aire aisladas que actúan como un árido sin rozamiento. Otro efecto es sobre el trabajo en tiempo frío al congelarse el agua el aire ocluido absorbe el movimiento evitando la desintegración del mortero. El hecho que las burbujas no estén interconectadas aumenta la resistencia a la penetración del agua de lluvia al no haber o reducirse los canales capilares.

# CAPITULO III

Diagnóstico del Banco de Arena: Laguna de Aramuaca. San Miguel



### 3.1 ORIGEN DE LA LAGUNA

La Laguna de Aramuaca, constituye un cráter volcánico originado por una actividad eruptiva freatomagmática y magmática. Esta actividad eruptiva ha creado una depresión cerrada por materiales piroclásticos dispuestos en capas y estratificados con buzamientos hacia la periferia de entre 15° y 30° dando al terreno una pendiente suave y formándose una estructura de anillo de tobas de lapilli, brechas y bombas incrustadas en las capas emplazándose alrededor de la laguna. Este anillo tiene un diámetro de aproximadamente 0.85 kms. Esta estructura volcánica presenta escarpes verticales constituidos por flujos de lavas en contacto con los materiales piroclásticos.

Esta estructura volcánica geográficamente está controlada por la distribución de volcanes de diferentes tipos (Volcán de San Miguel) alineados en dirección Este-Oeste, en el tiempo por la contemporaneidad de sus materiales respecto a su composición, y determinado esencialmente por factores hidrogeológicos (Cuenca del río Grande de San Miguel).

Cronológicamente, el evento que dio origen a Aramuaca tuvo lugar a finales del terciario (Holoceno) mediante diferentes etapas efusivas que dieron lugar a la deposición de los materiales en capas de diferentes espesores de entre 5 a 35 cms. Conformando en conjunto una toba de lapilli.

El origen de esta estructura tuvo lugar a partir de un foco magmático que interactuó con los niveles acuíferos superficiales y subterráneos, originando altas presiones debido a la formación de vapores de agua lo que provocó una erupción que dio lugar a un cráter en cuyas paredes se emplazó al material piroclástico en capas delgadas y estratificadas.

La magnitud de este evento no fue violenta ya que la distribución estratigráfica local de los materiales, tales como: piroclastos, bombas y materiales encajantes, son de pequeños diámetros y no se encuentran alejados del foco de emisión.

De todas estas características, se puede deducir que la estructura volcánica de Aramuaca responde a un Maar<sup>1</sup> (Ver Figura 3.1a), y que posterior a su formación se encuentre influenciado por períodos de distención que favorecieron al ascenso de flujos de lavas basálticos-andesíticos los cuales afloran en el área de influencia (Ver Figura 3.1b).

<sup>1</sup> Un maar es un cráter volcánico ancho y bajo, producido por una erupción freático-magmática, es decir, una explosión causada por agua subterránea que entra en contacto con lava caliente o magma. Los mares suelen llenarse de agua, formando un lago de cráter o laguna cratérica de poca profundidad.

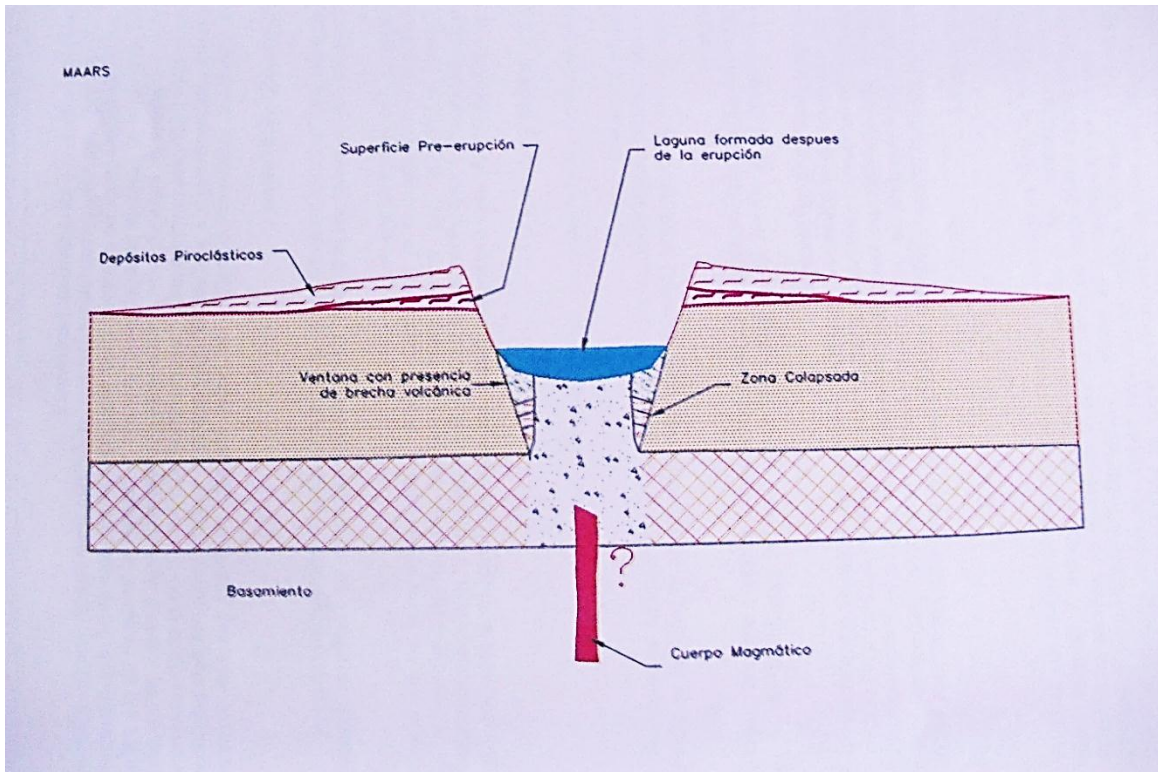


Figura 3.1a. Modelo interpretativo de la estructura geológica de la laguna de Aramuaca, Fuente: *Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011*



Figura 3.1b. Ubicación de afloramientos que muestran el contacto de materiales piroclásticos y lavas laminares, Fuente: *Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011*



### 3.2 LOCALIZACIÓN DEL BANCO

Aramuaca es una laguna de origen volcánico, ubicada a 10 kms. Al este de la ciudad de San Miguel, con un espejo de agua de 0.85 km<sup>2</sup>. Desde hace más de 30 años se dio inicio a la explotación de materiales pétreos en sus alrededores principalmente para ser usados en la construcción de viviendas, carreteras y accesorios de cemento en toda la zona oriental del país: San Miguel, Morazán y La Unión. (Ver Figura 3.2a).

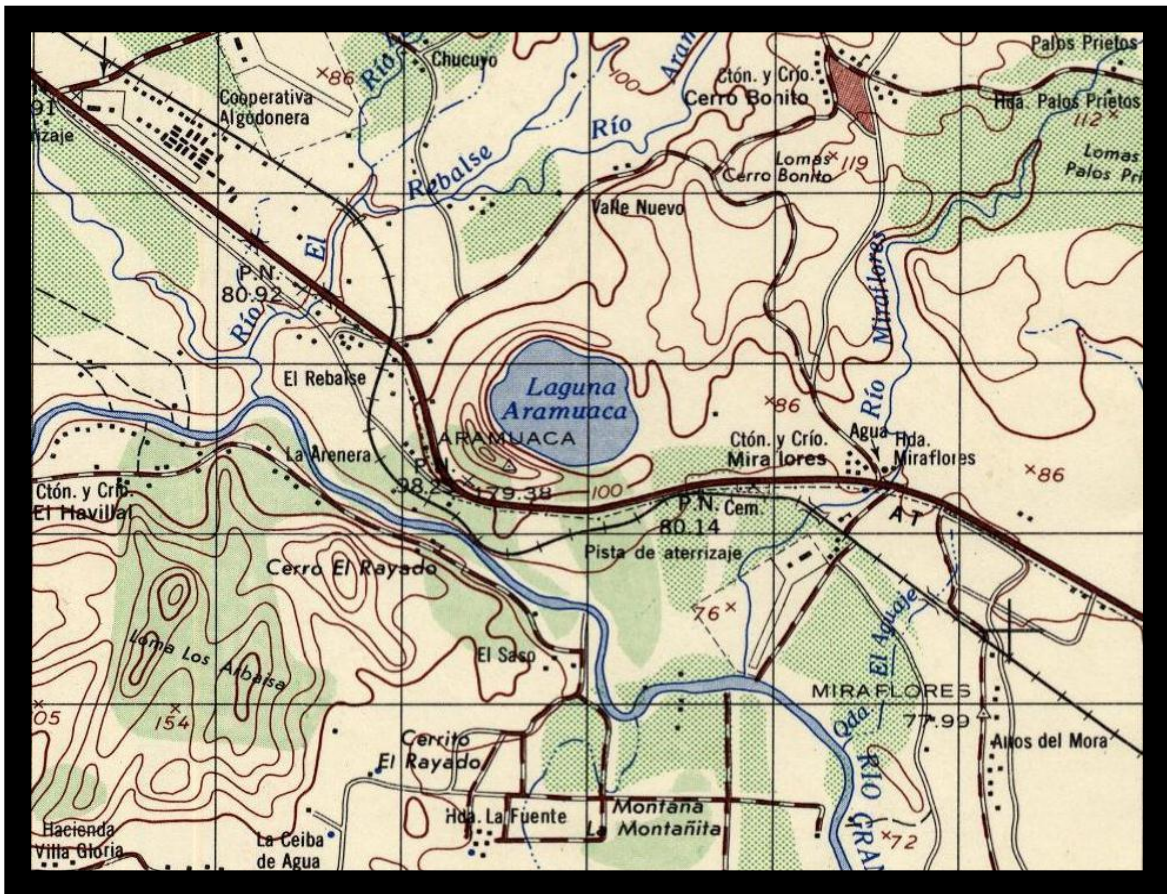


Figura 3.2a. Localización del Banco de explotación.

Fuente: cuadrante topográfico N° 51 de San Miguel a escala 1:50000, Instituto Geográfico Nacional (IGN -1985)

La muestra específica del material que se extrajo para realizar este estudio, pertenece al Banco Pétreos S.A. DE C.V. Ubicado en el cantón Miraflores Municipio de San Miguel Departamento de San Miguel a un kilómetro al este de la carretera Panamericana C-1 que desde San Miguel conduce a la Unión y viceversa. Con una área 115500 m<sup>2</sup> (Ver Figura 3.2b).



Figura 3.2b. Vista Satelital del Banco de explotación.  
Fuente: Google Earth.

A pesar de que mucho del desarrollo socio-económico de la zona oriental del país ha dependido de esta industria, esta ha sido la principal causa del deterioro de los recursos existentes en Aramuaca: Suelo, manto freático y paisaje. Por lo cual, ante la vigencia de la nueva Legislación Ambiental de El Salvador, se hace prioritario diagnosticar la situación en que se encuentra la laguna y sus alrededores ante la intensificación de la extracción de materiales pétreos en la zona.

Por tanto, se ha tomado como referencia del estudio un Área de influencia no mayor a los 2 km cuadrados alrededor de la laguna, principalmente; Para efectos de estudio geofísico, geotécnico, topográfico e hidrogeológico. Para los estudios complementarios, como el geológico, el área de influencia se extendió a los cantones circundantes: El papalón, El Jute, El Havillal, Cerro Bonito y Miraflores



### 3.3 ACTIVIDAD DIAGNOSTICADA

#### 3.3.1 Actividad Ejecutada

La actividad de extracción de materiales pétreos en la Laguna de Aramuaca se originó hace aproximadamente 40 años en el sector donde actualmente se ubica el club, de una forma manual/artesanal. Hasta 1978, según registro e interpretación de fotografías aéreas, aun se conservaba el 90% de la estructura del cráter de la laguna y su paisaje natural. En 1985 el Dr. Bosse, del Instituto Geológico Alemán reporta reservas de material pétreo en Aramuaca del orden de los 10,000,000 m<sup>3</sup>.

Durante los últimos 14 años, la actividad se ha visto incrementada debido a la alta demanda de productos pétreos para el desarrollo de la infraestructura en toda la zona oriental del país, principalmente San Miguel, Morazán y La Unión.

Actualmente, el sector de la Laguna de Aramuaca constituye la principal fuente de materiales pétreos para el sector de la construcción como viviendas, carreteras, puentes, bóvedas y la elaboración de productos de concreto tales como: bloques, tubos, adoquines, mojones, ladrillos, etc. Y hasta el momento no se ha encontrado ni propuesto nuevas zonas alternativas de extracción de materiales pétreos que cumplan o llenen los requisitos físico-mecánicos de los que se encuentran en Aramuaca.

#### 3.3.2 Usos

Los agregados de este banco han sido utilizados en varias obras civiles realizadas a través de los años, de amplia relevancia para la región Oriental del país, tales como:

- El puerto de La Unión. (Ver Figura 3.3.2a)
- Proyectos de Construcción de vivienda en la Zona Oriental.
- Construcción del puente "Don *Luís de Moscoso*". (Ver Figura 3.3.2b)
- Obras de paso tales como: Calle antigua a la Unión y otras más.
- Construcción de la clínica de especialidades "Nuestra Señora de la Paz". (Ver Figura 3.3.2c).
- Así como otras construcciones generales realizadas en la región Oriental.





Figura 3.3.2a. Vista aérea del Puerto La Unión. Fuente: Google Maps.



Figura 3.3.2b. Puente "Don Luis de Moscoso". Fuente: Selfmade photo.



Figura 3.3.2c. Clínica de especialidades "Nuestra Señora de la Paz". Fuente: Selfmade photo.

### 3.3.3 Técnicas de Explotación Actual

Las canteras que operan en el entorno de la laguna son explotadas por sus propietarios, y están diversificadas las actividades de extracción, desde aquellas totalmente manuales o artesanales hasta las mecanizadas.

El método de explotación actual, según las características del yacimiento, responde al método "Cielo Abierto" (Ver Figura 3.3.3), que comprende la remoción de la cubierta vegetal y los perfiles superficiales de suelo para extraer el material de valor económico. El método comprende además, la conformación de terrazas y taludes, con pendientes adecuadas al relieve del terreno a considerar en la explotación.

Debido a la implementación de un adecuado método de explotación, existe en la zona una heterogénea distribución de cortes, terrazas, niveles y por consiguiente un aprovechamiento irracional del recurso pétreo.



En el arranque del material se hace uso de maquinaria pesada, tales como tractores, motoniveladoras, retroexcavadoras y además de herramientas manuales tales como: barras, piochas, palas, y almádanas. Para la obtención del producto, se hace uso de máquinas clasificadoras y trituradoras, así como de tamices manuales.



Figura 3.3.3. Método de explotación a “Cielo Abierto”. Utilizada en Pétreos S.A. de C.V.  
Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011

### 3.3.4 Comercialización del Producto

En la zona en que operan las canteras existen un proceso de clasificación del material pétreo: arena, grava, piedras en bruto, chispa de piedras, etc. Así como la elaboración de productos destinados a la construcción.

El primer producto comercializable, por su demanda, lo constituye la arena, la cual es vendida en el lugar de extracción a diferentes constructores e intermediarios en metros cúbicos, a razón de \$15 el m<sup>3</sup>.

La arena es la base principal para la preparación del mortero utilizado en todo tipo de construcción de infraestructura por lo que el desarrollo económico de la zona oriental del país, depende en buena manera de los materiales comercializados en esta zona; de ella se benefician los propietarios y sus empleados, los constructores, los transportistas, las ferreterías o distribuidores y todos los sectores que hacen uso de la infraestructura vial del oriente del país, por lo que la industria se reviste de gran importancia para el desarrollo socio-económico de todo el país.

Por ser yacimiento único de esta naturaleza, que se explota actualmente; Aramuaca constituye la oferta más económica para cumplir con la demanda de productos pétreos en la zona oriental, así mismo por la posición geográfica en que se ubica, el acceso favorece la comercialización de sus productos, minimizando costos y favoreciendo gran parte del mercado.

### **3.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS Y TECTÓNICOS**

#### **3.4.1 Marco Geológico**

Geológicamente el área está influenciada por una secuencia volcanosedimentaria que data del plio-pleistoceno.

Regionalmente la sección volcánica comprende tobas ácidas en la base, posteriormente lavas ácidas intermedias y andesíticas basálticas en la parte superior, así mismo la secuencia sedimentaria está limitada a cuencas intermontanas, que comprenden horizontes de diatomitas, epidastritas y areniscas intercaladas localmente por capas carbonosas, tobas, etc.

Es decir, la clasificación geológica de los materiales que circundan la laguna de Aramuaca, es la siguiente:

- ❖ Cuaternario Reciente: Material volcánico redepositado con capas intercaladas de arcillas y diatomita.
- ❖ Cuaternario Subreciente: capas estratificadas de cenizas, pómez, lapilli y escorias volcánicas, observándose en algunos sitios bloques subredondeados y capas de basalto.
- ❖ Cuaternario – Terciario: Flujos o coladas de andesitas basálticas y de tobas aglomeráticas.

Las características geológicas de la zona analizada han sido delimitadas por la influencia de la actividad del volcán de San Miguel o Chaparrastique, así como por el arrastre y depósito de sedimentos del Río Grande de San Miguel.

Mientras que el emplazamiento geológico y estructural de la laguna de Aramuaca, está comprendido dentro de los límites de la Fosa Central Salvadoreña, la cual se extiende de Oeste a Este y está influenciada por un sistema de fallas normales de rumbo Este-Oeste y Noroeste-Sureste, así mismo está asociada al vulcanismo reciente regional.

En la zona comprendida dentro de la Fosa Central, se observan depósitos de materiales volcánicos Terciarios (Pleistoceno-Holoceno) y sedimentos fluvio-lacustres del Cuaternario.

Geomorfológicamente la laguna está localizada dentro de los márgenes de la cuenca media del río Grande de San Miguel, la cual está caracterizada por una morfología de relieves llanos de la planicie que comprende desde el volcán San Miguel (2130 msnm) y la cadena de montañas Jucuaran.

La Laguna y su área de influencia están determinadas por la presencia de una litología poco compleja, que comprende desde depósitos volcánicos básicos-intermedios (Formación Cuscatlán) y sedimentarios (Formación San Salvador).

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el entorno de la laguna y en la zona de influencia responden a materiales volcánicos y sedimentarios.

Se distinguen en el área cuatro unidades litológicas (Ver Figura. 3.4.1):

1. El miembro inferior C1 de la formación Cuscatlán, constituido por una alternancia de capas de gravas y arenas tobáceas de origen fluvio-lacustre en los cuales se intercala algunos niveles de andesitas y cenizas volcánicas, estos depósitos son característicos de una cuenta intermontana, asimismo se observan afloramientos de lavas basaltoandesíticas. En el área, estos depósitos afloran en el parte Norte y Este de la Laguna, observándose también, afloramientos tipos en el sector de Miraflores al Sureste de la laguna.
2. Una secuencia de materiales volcánicos de composición básica-intermedia, que comprenden coladas de lava (basaltos-andesitas) identificados en la zona de estudio como miembro C3 de la Formación Cuscatlán subyace a los materiales del miembro C1 y en contacto superior con depósitos escoriáceos de edad reciente. En el área de estudio estos afloramientos de lava se observan al Noreste, sobre el camino que conduce a Cerro Bonito a 500 mts. De la laguna. La loma Cerro Bonito, loma de Los Arbaisa y Cerro El Havillal, El Manguito, cerró Muncinga, constituyen cuerpos basálticos.

Los basaltos presentan una estructura laminar (lajas), meteroizada, fracturados y diaclasados, con textura porfídica y macroscópicamente se observa la presencia de fenocristales.

En la base de la laguna, en el sector Noreste y Noroeste, estos basaltos afloran y conforman las zonas de escarpes de la estructura volcánica interna y se tienen potencias de hasta 35 mts.

3. Subyace a estas lavas del miembro C3, una secuencia bien estratificada de escoria, lapilli y cenizas. Estos materiales están dispuestos sobre las laderas del cráter de la laguna y son el resultado del evento eruptivo que dio lugar a su formación .Weisseman et. al (1978) describe el miembro como un conjunto de escorias, lapilli y cenizas y lo asocia el miembro S5b de la Formación san Salvador.

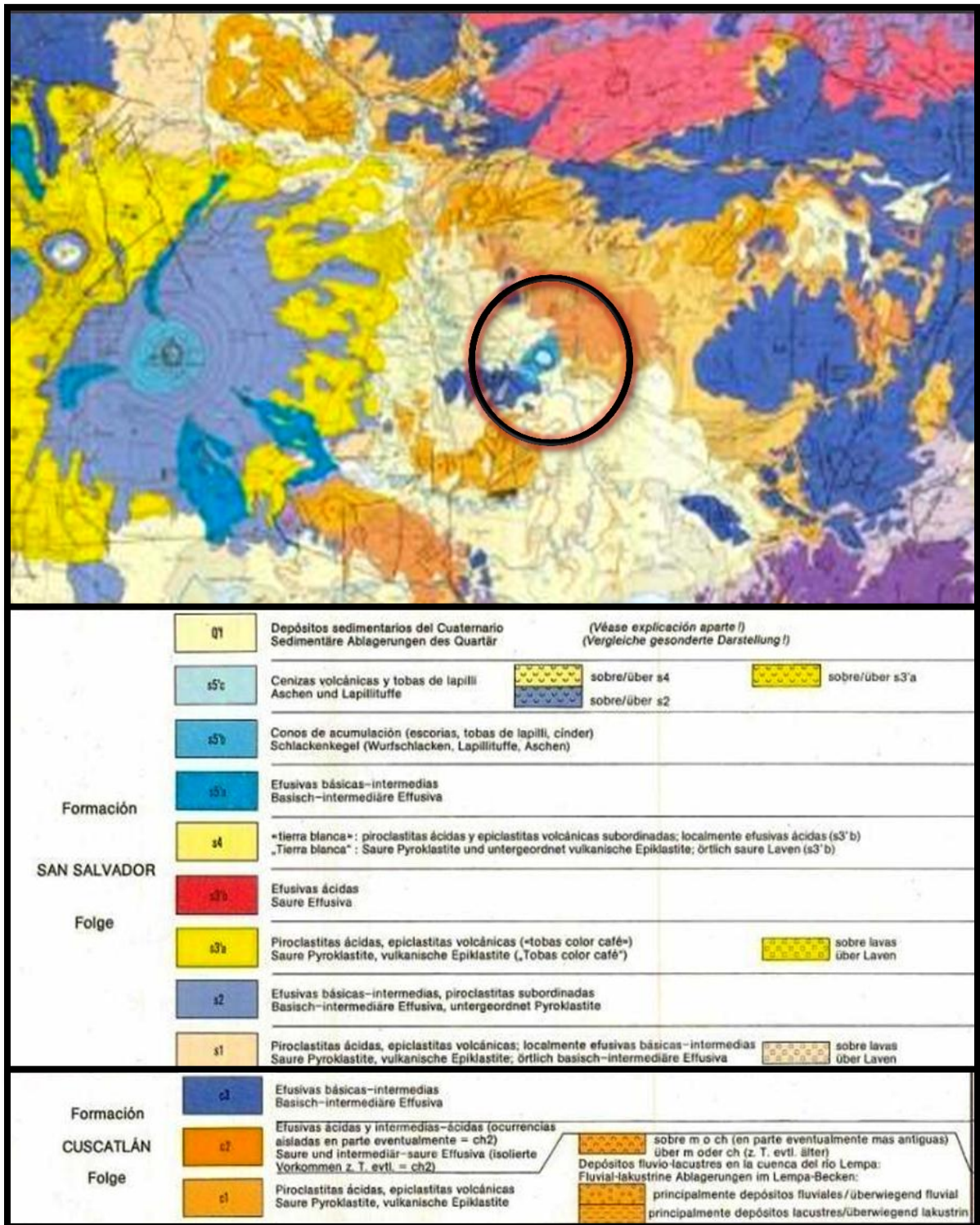
Esta secuencia de materiales lo constituye una toba de lapilli compuesta por brechas piroclásticas, lapilli y cenizas de composición andesítica, estratificada con varias capas de espesores de 5 cms. Hasta 30 cms, buzando con ángulos entre 10° y 30° con direcciones radiales de acuerdo con la estructura del cono. Estos depósitos cubren un área radial de aproximadamente de 2.5 km<sup>2</sup>.

4. Consecuentemente, sobre la formación S5b, yacen discordantemente los materiales sedimentarios recientes de edad Cuaternaria, que los constituyen principalmente:
  - limos
  - arenas
  - gravas de origen coluvial, fluvial
  - conos de eyección del miembro Qf.

Observándose principalmente en los cauces fluviales de la zona y que conforman el sistema actual de drenaje de las aguas pluviales principalmente el río Grande de San Miguel.



Figura 3.4.1. Mapa geológico de La Republica de El salvador; sección Laguna de Aramuaca, Esc. 1:100000  
 Fuente: Servicio Geológico Nacional. Área de Sismología.



### 3.4.2 Análisis e Interpretación Geológica y Geofísica

En base a los sondeos geofísicos y la correlación de perfiles geoelectricos, en conjunto con el levantamiento geológico y la interpretación de fotografías aéreas, ha sido posible establecer las unidades litológicas y el patrón estructural de la laguna de Aramuaca y su entorno.

A partir del levantamiento geofísico, se han elaborados mapas de espesores de las tres principales unidades litológicas identificadas a diferentes profundidades y elevación del basamento, donde se ha determinado que:

- La capa superficial o somera, conformada por estratos de arenas gruesas o escorias volcánicas, su espesor varia en un rango entre 8 a 25 metros, y a que mayor profundidad en dirección **Noroeste-Sureste** estas capas se encuentran saturadas de agua, distribuyendo en la zona **Suroeste-Norte** de la laguna el máximo espesor de las capas sin saturación con espesor de 18 metros, mientras que su mínimo espesor se identifica al **Este** de la laguna. En el contacto inferior de esta capa la saturación de agua está asociada al nivel estático. El color azul representa los sectores con mayores espesores de la capa somera, los rojos indican los menores (Ver figura 3.4.2a).

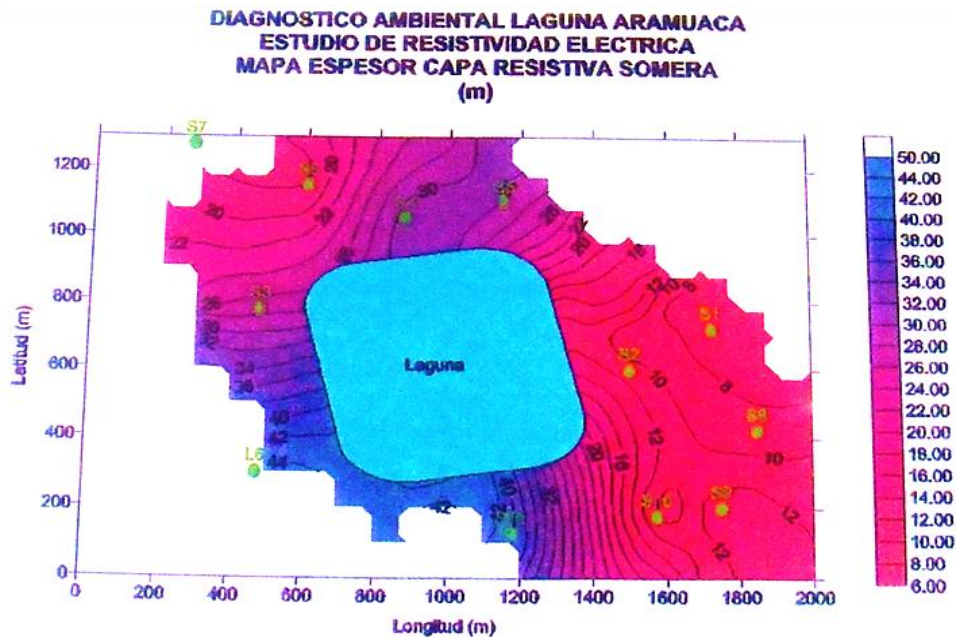


Figura 3.4.2a. Mapa de espesor de la capa de resistividad somera.

Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011



- Una segunda capa se identifica como lavas basálticas-andesíticas alteradas y saturadas, su espesor varía entre 25 y 30 metros en la zona **Noreste** se encuentra en contacto superior con las capas de arena y escoria saturadas. Presenta su máximo espesor al **Sureste** y mínimo en la mayor área de estudio respectivamente. Esta capa constituye la base impermeable por donde circula el acuífero somero que alimenta la parte interna de la laguna y su distribución radial hace la parte externa de la laguna. El color azul representa los sectores con mayores espesores de la capa de conductividad intermedia, los rojos indican los menores. (Ver figura 3.4.2b).

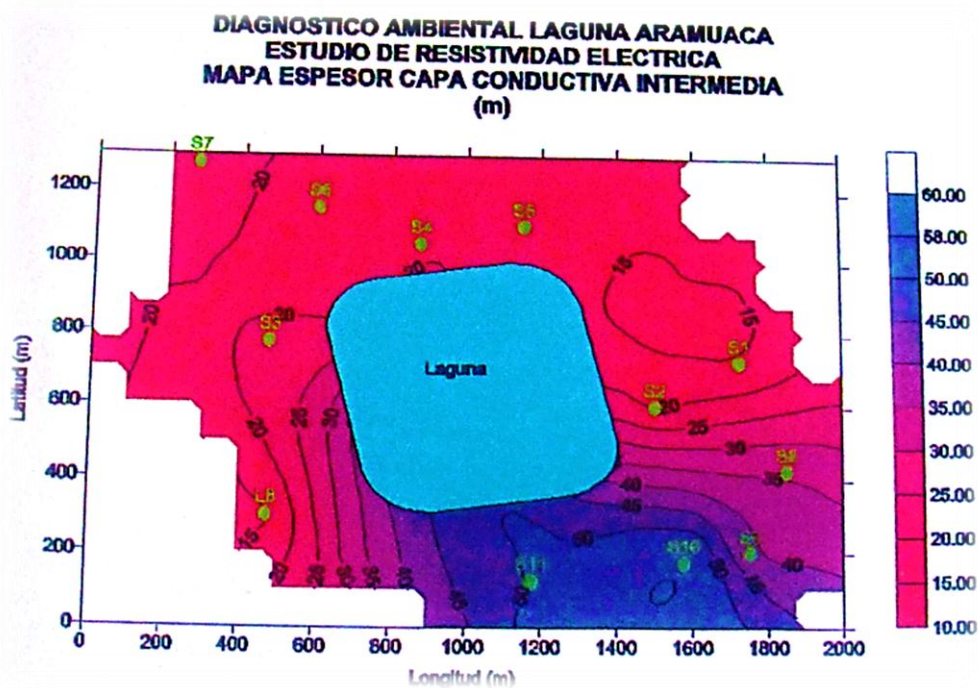


Figura 3.4.2b. Mapa de espesor de la capa de conductividad intermedia

Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011

- La tercera capa identificada corresponde a lavas alteradas, fracturadas y saturadas, cuyos espesores varían entre 50 y 125 metros. Estas capas probablemente corresponden al acuífero subterráneo que tiene una conexión interna con la laguna y sirve de descarga de la laguna. La mayor profundidad se delinea en dirección Noroeste-Sureste, a lo largo de la laguna, mientras que aparece menos profunda en los costados Noreste y Suroeste. (Ver Figura 3.4.2c).

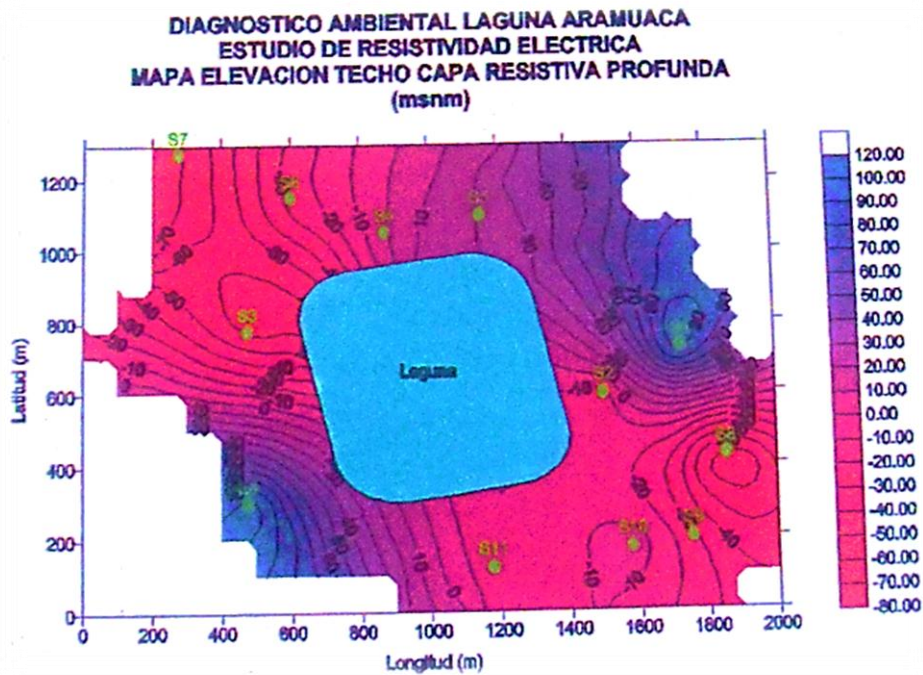


Figura 3.4.2c. Mapa de contacto con los basamentos de la capa de resistividad profunda.  
Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011

Los registros eléctricos delimitaron el techo de un basamento geoelectrónico, que posiblemente corresponda al techo de las lavas sanas, con alguna fracturación y que pueden permitir la transmisibilidad de fluidos a escala regional. Estas lavas basálticas-andesíticas afloran a una altura de hasta 25 mts. Del espejo de agua en los sectores **Noreste** y **Suroeste** de la laguna y en dirección **Noroeste** y **Sureste** estos afloramientos de las lavas se observan en pequeñas dimensiones, generando una zona de depresión.

### 3.4.3 Tectónica

Dentro del contexto tectónico regional, estructuralmente la zona está influenciada por un sistema de fallas normales de dirección Suroeste-Noreste y Norte-Sur, que corresponden posiblemente a episodios de distensión y acomodamiento posteriores al vulcanismo reciente de la región, que afectó principalmente a las unidades de los miembros de la formación Cuscatlán, reflejados en el intenso diaclasamiento y zonas de fallamiento en los basaltos.

En el contorno de la laguna, en el sector SE, a 150 metros del club Aramuaca se ha establecido una falla con rumbo Nor-Noroeste, posiblemente dextral, y otra con dirección Noreste.

Igualmente, los flujos de lavas (basaltos-andesitas) ubicados en la base de la laguna, presentan fuertes diaclasamientos con pocas aberturas y buzamientos subverticales y múltiples direcciones. (Ver Figura 3.4.3. Secuencia Fotográfica: Ubicación de Afloramientos de Lavas Laminares).



Figura 3.4.3. Ubicación de afloramientos de lavas laminares diaclasadas y meteorizadas, ubicadas en el sector noreste, sobre la cota 105 msnm con espesores aproximados de 30 cm.

Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011



### 3.4.4 Análisis Estructural

El análisis estructural está enmarcado dentro del contexto geológico y tectónico local. Fueron identificados dos fallas en la parte Este de la laguna, con direcciones Nor-Noreste y Noreste. Una tercera falla, fue inferida mediante la interpretación de fotografías aéreas, ubicadas al Sur, sobre la cual posiblemente trazó su curso el río Grande de san Miguel en ese sector.

Es posible que el sector de la laguna, constituya una estructura de *graben*<sup>2</sup> en dirección Noroeste-Sureste, cuyo borde alzado de la porción Noreste es evidente en superficie. (Ver Figura 3.4.4a y 3.4.4b.)



Figura 3.4.4a. Ubicación borde alzado de la porción noreste-sureste de la laguna donde se observan materiales brechados y flujos de lavas.

Fuente: *Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011*

<sup>2</sup>Una fosa tectónica o graben es una larga depresión limitada en ambos lados por fallas paralelas levantadas (horst) entre las cuales el terreno se ha hundido por efecto de fuerzas internas.



**Figura 3.4.4b.** Ubicación borde alzado de la porción noreste-sureste de la laguna donde se observan lavas diaclasadas.  
*Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011.*

### 3.5 ASPECTOS GEOMÓRFICOS Y GEOTÉCNICOS

#### 3.5.1 Planimetría Y Altimetría

Morfológicamente el relieve actual es irregular, se presentan variaciones bruscas de las curvas de nivel y en los perfiles longitudinales o altimétricos se pueden ver los saltos pronunciados del relieve desde la cota 130 msnm hasta la cota 82 msnm. La irregularidad de los cortes ha degenerado la uniformidad del perfil original, lo que es fácilmente apreciable en el sector Noroeste y Sur.

Tras que la explotación irregular en el Banco de donde se extrajeron las muestras para este estudio, han originado una serie de taludes inestables que por acción de esfuerzos y capacidad de los materiales para soportar estos esfuerzos, es probable que produzca una desestabilización total de los taludes, pudiendo estos colapsar y poner en riesgo la vida de los que operan cerca del frente de trabajo. (Ver Figura 3.5.1)



Figura 3.5.1. Secuencia de cortes verticales de entre 15 a 20 metros en los cuales se observa poca cohesión de las partículas  
Fuente: Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011



La evaluación de los perfiles longitudinales (Ver ANEXO A. Plano topográfico) Refleja que sobre los márgenes de la carretera Panamericana se midieron cortes verticales de 20 a 15 metros; observándose en la base de los taludes el efecto de la erosión sobre ellos debido a la baja consistencia de estos materiales y la poca capacidad de soportar esfuerzos, los cuales están en función de los agentes externos.

### **3.6 ASPECTOS EDÁFICOS**

#### **3.6.1 Caracterización Del Suelo**

En el entorno de Aramuaca, aún existen zonas que conservan la cobertura edáfica original aunque muy erosionada; en la parte externa de la laguna, son suelos descubiertos, quemados durante la época seca; se ha identificado suelo en la zona Norte, Noroeste y Sureste de la laguna, la parte interna, existe suelo en un 80% de su superficie, no obstante, en muchos lugares hay afloramientos rocosos de tipo magmático laminar que evidencia su erosión.

Los suelos de Aramuaca y sus alrededores, como en todo el país, son suelos jóvenes, agrícolamente hablando de clase V, clasificados como Latosoles, es decir de baja fertilidad, con textura que oscila entre arcillosa y franco-arenosa; pendientes alomadas suaves en la parte externa y muy pronunciadas en la parte interna del cono del cráter, por lo general el suelo original tiene un espesor de 50 cms. En promedio, baja pedregosidad superficial en la que se encuentran un 100% expuesto a la erosión.

#### **3.6.2 Uso Actual**

En la parte interna de la laguna el suelo tiene uso forestal, conservando varias especies florísticas autóctonas; en toda esta parte existen senderos peatonales donde circulan humanos con fines turísticos y para conseguir leña o caza /pesca, también los vecinos del lugar introducen ganados para su pastaje.

En la parte externa de la laguna, el suelo no está siendo útil para la producción vegetativa, los dueños de las parcelas donde se extraen los materiales pétreos lo que actualmente hacen es retirar la capa del suelo (descapotear) y venderla, luego inicia la extracción de la arena.

#### **3.6.3 Uso Potencial**

Los suelos aún existentes tienen una vocación forestal, aunque agrícolamente pudiese producirse algunos cultivos en combinación con obras de conservación de suelos tales como frutales: mango, marañón, anona, aguacate, nance, papaturro, cocoteros, aceituno.

En cuanto a forestales se recomienda especies autóctonas como las presentadas en el inventario florísticos del presente diagnóstico: Conacaste, carrito, tambor, amate, cabo de hacha, mangollano, etc. En especies anuales los suelos se pueden utilizar para cultivos como el henequén, piña, pitahaya, etc.

Siempre que se implementen obras de conservación de suelos como: barreras vivas y acequias de laderas.

Es importante mencionar que bajo las condiciones actuales de los terrenos externos de Aramuaca es prioritaria la recuperación del suelo mediante la reforestación de las áreas abandonadas o que van quedando en abandono y una protección total (vigilancia) al cráter de la laguna para que ya no se siga talando ni cazando, con el tiempo la vegetación originaria y la fauna silvestre se regeneraría.

### **3.6.4 Erosión de los Suelos y sus Causas**

La causa principal de la erosión de los suelos que aún existen en los alrededores de Aramuaca es la escorrentía de las aguas lluvias, dado que el suelo se encuentra totalmente desprovisto de vegetación (Ver Figura 3.6.4). El descapoteado y la extracción mecanizada en las canteras ha producido aluviones de tierra hacia dentro del cráter , que muchas veces llega hasta el agua de la laguna, por el momento en ninguna cantera se ha tomado medidas para contrarrestar este tipo de erosión como tampoco para evitarla.



Figura 3.6.4. Área erosionada debido a la escorrentía de las aguas lluvias.

Fuente: *Diagnóstico ambiental de la laguna de Aramuaca y su entorno. Año de estudio 2011*



## **3.7 IMPACTOS AMBIENTALES**

### **3.7.1 Impactos Ambientales y Efectos Sobre El Medio Natural De La Laguna De Aramuaca**

Toda actividad minera implica una modificación del entorno en el cual se desarrolla provocando un conjunto de impactos sobre el medio ambiente a menudo de carácter irreversible. Estos impactos son inevitables, no obstante se pueden minimizarse y evitarse una destrucción total del medio.

Las explotaciones a cielo abierto de la laguna de Aramuaca como toda actividad minera van asociada a una serie de impactos que deben analizarse, para ello es necesario realizar un estudio de evaluación de impacto ambiental ya que este implica el uso de una metodología específica y un tiempo mínimo para obtener datos válidos. Debido a la escasez de tiempo y de falta de algunos medios necesarios, así que a continuación se presenta una descripción y evaluación de los impactos producidos en la Laguna de Aramuaca a partir de las observaciones realizadas en campo.

#### **3.7.2 Impacto Visual**

La modificación de la topografía original tanto como la destrucción de la vegetación, así como la construcción de infraestructura auxiliar para la explotación, entre otros aspectos ha provocado una discontinuidad en el paisaje lo que conlleva una evidente disminución de la calidad visual del mismo. Por otro lado no se han desarrollado medidas para una extracción ordenada de los desechos industriales que han producido un deterioro puntual y panorámico del paisaje.

#### **3.7.3 Impacto Biológico**

Debido a la continua actividad minera, tanto como el aumento del saqueo y tala de árboles; se ha producido una pérdida de la vegetación natural tales como: Ceiba, conacaste, laurel de la india, etc.

En las laderas inmediatas se puede observar las diversas especies de Leguminosas y Moráceas (Amates) y dominancia de Capulín comestible. Esta diversidad vegetal reviste de gran importancia como capa protectora del suelo y de la zona de recarga, así mismo este sirve de hábitat para la fauna como: Mariposas, libélulas y en la zona litoral en áreas inundadas gran cantidad de mosquitos y fauna acuática (mojarra, chimbolo, anguilas, etc.).

Toda esta disminución ha dado lugar a efectos en cadena perdiendo la biodiversidad, así como la variación en las condiciones y características microclimáticas.

#### **3.7.4 Impacto Geológico**

Se ha producido una destrucción del patrimonio geológico. Los pequeños lugares de explosión cratérica son estructuras volcánicas de gran interés geológico, científico y educativo que permiten conocer un poco más los dinamismos eruptivos.

#### **3.7.5 Impacto Hidrológico**

La alteración de los sistemas acuíferos aún deben establecerse así como la afección a los niveles piezométricos no obstante sí parece claro que se ha provocado una disminución del área de recarga de los acuíferos superficiales que alimentan en parte la laguna, rompiéndose el equilibrio hidrogeológico original, disminuyendo así los canales de alimentación hídrica de la laguna. Por otro lado la acumulación de desechos industriales como aceites que en algunas explotaciones constituye un foco potencial de contaminación de los acuíferos.

#### **3.7.6 Impacto Geotécnico**

En algún sector de la explotación se ha llegado hasta la carretera Panamericana creándose por debajo de esta; taludes de 10 metros de profundidad lo que ha podido provocar una variación en la capacidad y la resistencia del terreno, tanto como una modificación de los ángulos de estabilidad de los taludes aumentando el riesgo de un colapso.

#### **3.7.7 Impacto Edáfico**

Desaparición del suelo edáfico al aumentar los procesos de erosión eólica e hídrica debido a la pérdida de capa vegetal y a la formación de un relieve de grandes taludes.

#### **3.7.8 Impacto Atmosférico**

Aumento de la polución atmosférica debido al movimiento de materiales, al transporte y al polvo de las extracciones.

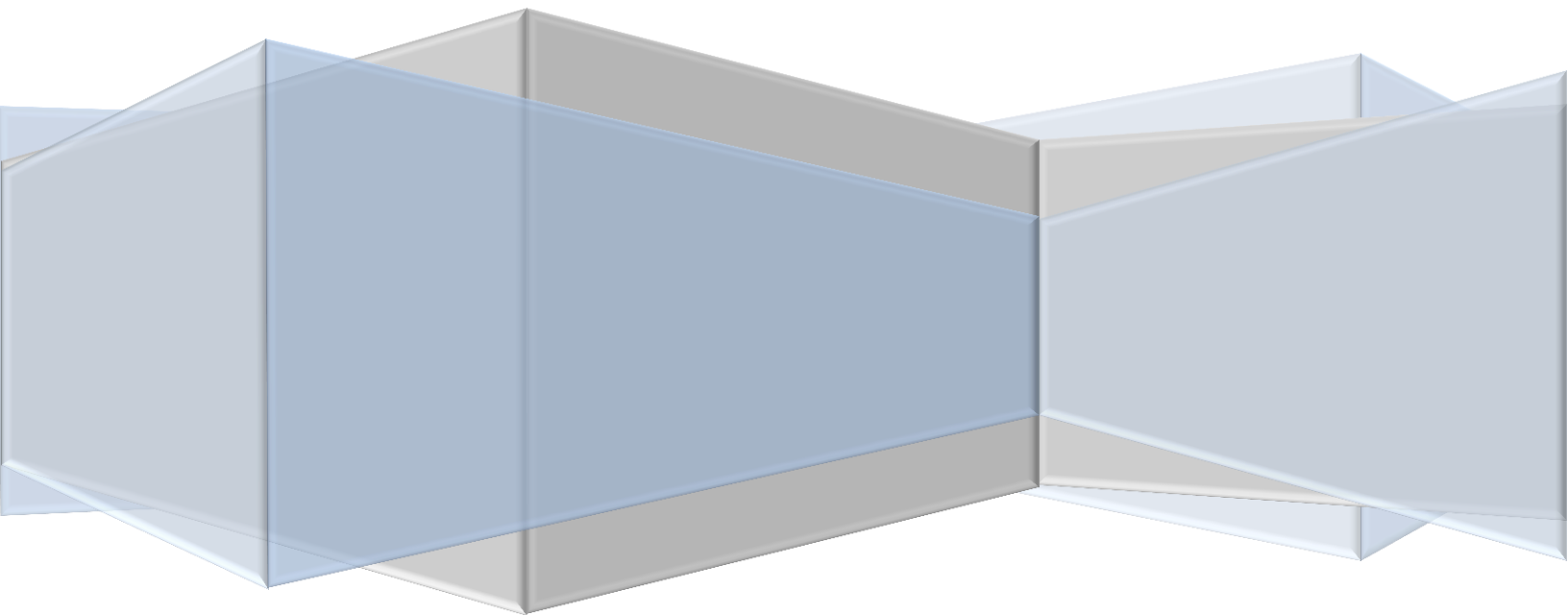
#### **3.7.9 Impacto Acústico**

Aumento en la contaminación acústica a consecuencia de la explotación continua con maquinaria y al aumento de tráfico pesado.

Estos impactos pueden aumentarse con la continuación de las actividades mineras y producir unos efectos en el medio natural irreversibles. En su mayor parte las consecuencias podían haberse reducido si se hubieran ejecutado acciones de manejo ambiental durante el desarrollo de las actividades. La falta de estas acciones paralelas a las actividades ha aumentado en gran medida los efectos sobre la laguna.

# CAPITULO IV

Descripción Técnica del Procedimiento de las Pruebas de Laboratorio y de Campo



## **4.1 PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO**

### **4.1.1 Método de Prueba Estándar Para Análisis de Tamices de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C-136)**

La granulometría es la distribución del tamaño de las partículas de los agregados, donde la graduación de los mismos se define a partir de curvas granulométricas, que junto con el módulo de finura determinan las características granulométricas de los mismos.

El análisis de granulometría, se realiza con tamices, los cuales son marcos circulares que sostienen alambres estirados, formando un agujero cuadrado ya establecido, estos deberán cumplir con lo que establece la norma ASTM C-144 (Especificación para agregados de morteros de mampostería)


Por medio de la granulometría de los agregados, se determina la distribución de los tamaños de partículas de los agregados, tanto finos como gruesos.

Por lo tanto se deberá estudiar la respectiva granulometría de cada uno de los diferentes bancos o canteras de la zona oriental para determinar el agregado fino que cumple con los parámetros especificados en la norma ASTM C-144 (Especificación para agregados de morteros de mampostería), a partir de los resultados observados se determinara la cantera de estudio.

A continuación se describe el procedimientos para la realización del tamizado del agregado fino para mortero que se realizó en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, así como también los materiales y equipo que se emplearán y el análisis de resultados.

## OBJETIVOS:

- Conocer el procedimiento para realizar el ensayo granulométrico de gravas y arenas.
- Comparar los resultados del ensayo con los parámetros que establece la norma ASTM C-144.
- Calcular el módulo de finura de la arena.

<b>MATERIAL Y EQUIPO:</b>	
	<b>Arena:</b> La arena a utilizar ha sido extraída de los diferentes bancos a analizar.
	<b>Balanza.</b>
	<b>Juego de mallas para agregado fino.</b> No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 y No.200, fondo y tapa.

	<p><b>Brocha.</b> La brocha se utiliza para limpiar las mallas y el depósito utilizado en la balanza, así se toma el peso de la más mínima partícula del agregado, siendo más precisos.</p>
	<p><b>Recipiente de aluminio.</b> Para colocar la muestra en el horno.</p>
	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado.</p>
	<p><b>Ro-Tap.</b> Vibrador mecánico que facilita el tamizado.</p>

## PROCEDIMIENTO:

**Figura 4.1.1a:** Extrayendo las muestras de agregado fino de los diferentes bancos a analizar.



Figura 4.1.1a Extrayendo las muestras de agregado fino.

**Figura 4.1.1b:** Secando las muestras a temperatura ambiente



Figura 4.1.1b Secando las muestras a temperatura ambiente.

**Figura 4.1.1c:** Extrayendo una muestra ya seca.



Figura 4.1.1c Extrayendo una muestra ya seca.



**Figura 4.1.1d:** Pesando las muestras ya secas (1000gr).



**Figura 4.1.1d** Pesando las muestras.

**Figura 4.1.1e:** Colocar ordenadamente los tamices en orden decreciente de tamaños.



**Figura 4.1.1e** Juego de tamices

**Figura 4.1.1f:** Colocar la muestra desde la parte superior de los tamices



**Figura 4.1.1f** Colocando la muestra desde la parte superior

**Figura 4.1.1g:** Agitar los tamices por medio mecánico durante un tiempo de 10 a 15 minutos, posteriormente se deja reposar de 3 a 5 minutos para que el polvo se asiente



Figura 4.1.1g Agitar los tamices por medio mecánico.

**Figura 4.1.1h:** Luego se remueve los tamices y se ve la cantidad retenida en cada tamiz, pesando los porcentajes retenidos de la muestra de agregado en cada malla



Figura 4.1.1h Pesando los porcentajes retenidos de la muestra de agregado en cada malla.

Seguidamente se toman los pesos retenidos por cada malla, fondo y tapa, llenando la tabla de granulometría, sumando la cantidad de material retenida en cada malla, lo que nos permitirá detectar cualquier pérdida durante el proceso de tamizado, si se tiene una pérdida de más de 0.5%, con respecto al inicial se considera que el ensayo no es satisfactorio, si es menor se considera válido y se procederá a compensar sumando o restando la diferencia entre el peso total de la muestra antes del tamizado y el peso total de la muestra después del tamizado, al mayor peso retenido, con el fin de obtener el peso inicial de la muestra. Se calculan los porcentajes de material retenido en cada tamiz, dividiendo el peso retenido en cada uno de ellos entre el peso total seco. Con los porcentajes retenidos parciales, calcular los porcentajes retenidos acumulados y los porcentajes pasando. Este llenado de tabla se hace tanto para agregado grueso y fino tal y como se muestra a continuación, donde el significado de la simbología es la siguiente:

**t** = Peso de cada tamiz

**T** = Peso total de la muestra ensayada

**f** = Porcentaje retenido

**S** = Porcentaje retenido acumulado.

**Tabla 4.1.1a. Análisis granulométrico para agregado fino**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)
N° 4	$t_1$	$f_1 = (t_1/T) \times 100\%$	$f_1$	$100 - f_1$
N° 8	$t_2$	$f_2 = (t_2/T) \times 100\%$	$f_1 + f_2 = S_1$	$100 - S_1$
N° 16	$t_3$	$f_3 = (t_3/T) \times 100\%$	$S_1 + f_3 = S_2$	$100 - S_2$
N° 30	$t_4$	$f_4 = (t_4/T) \times 100\%$	$S_2 + f_4 = S_3$	$100 - S_3$
N° 50	$t_5$	$f_5 = (t_5/T) \times 100\%$	$S_3 + f_5 = S_4$	$100 - S_4$
N° 100	$t_6$	$f_6 = (t_6/T) \times 100\%$	$S_4 + f_6 = S_5$	$100 - S_5$
N° 200	$t_7$	$f_7 = (t_7/T) \times 100\%$	$S_5 + f_7 = 100\%$	$100 - 100 = 0\%$
$\Sigma$	T	100%		

Los resultados del análisis granulométrico se resumen en el dato de Módulo de Finura, que se define como la suma de los porcentajes acumulados en cada una de las mallas dividido entre 100.

Los bancos que se sometieron al análisis granulométrico fueron:

Banco de Aramuaca

Cantera Agresal S.A. de C.V.

Cantera La Pedrera.

Los resultados de esta prueba se presentan a continuación en las siguientes tablas, presentando en el ANEXO B. Las hojas de laboratorio y las curvas granulométricas de los diferentes agregados analizados.

**Tabla 4.1.1b. Análisis granulométrico para agregado fino proveniente del Banco de la laguna de Aramuaca**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					Rangos ASTM C-144
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	127.60	12.90	12.90	87.10	95 – 100
N° 16	205.90	20.80	33.70	66.30	70 – 100
N° 30	212.75	21.50	55.10	44.80	40 – 75
N° 50	174.20	17.50	72.70	27.30	10 – 35
N° 100	141.70	14.30	87.00	13.00	2 – 15
N° 200	129.45	13.00	100.00	0.00	0 – 5

$$\text{MODULO DE FINURA} = \frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{261.30}{100} \quad \text{M.F.} = 2.61$$

**Tabla 4.1.1c. Análisis granulométrico para agregado fino proveniente de la Cantera Agresal S.A. de C.V.**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					Rangos ASTM C-144
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	189.90	18.99	18.99	81.01	95 – 100
N° 16	249.41	24.94	43.93	56.07	70 – 100
N° 30	183.79	18.38	62.31	37.69	40 – 75
N° 50	128.45	12.84	75.15	24.85	10 – 35
N° 100	104.10	10.41	85.56	14.44	2 – 15
N° 200	144.35	14.44	100.00	0.00	0 – 5

$$\text{MODULO DE FINURA} = \frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{285.96}{100} \quad \text{M.F.} = 2.86$$

**Tabla 4.1.1d. Análisis granulométrico para agregado fino proveniente de la Cantera La Pedrera.**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					Rangos ASTM C-144
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	194.16	19.40	19.40	80.60	95 – 100
N° 16	239.60	24.00	43.40	56.60	70 – 100
N° 30	213.75	21.40	64.80	35.20	40 – 75
N° 50	130.04	13.00	77.80	22.20	10 – 35
N° 100	92.40	9.20	87.00	13.00	2 – 15
N° 200	130.05	13.00	100	0.00	0 – 5

$$\text{MODULO DE FINURA} = \frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{292.30}{100} \text{ M.F.} = 2.92$$

#### 4.1.2 Método de Prueba Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción de Agregado Fino (ASTM C-127 y ASTM C-128)

La **Gravedad Específica** es la relación entre la densidad del agregado y la del agua ( $1000 \text{ kg/cm}^3$ ). Sin embargo, todos los agregados son porosos hasta cierto punto, lo que permite la entrada de agua en los espacios de los poros o capilares cuando se colocan en la mezcla de mortero, o bien, ya están húmedos cuando entran al mortero. Por lo tanto, la definición cuidadosa de la gravedad específica debe tomar en cuenta tanto el peso como el volumen de la porción de agua contenida dentro de las partículas. El agua libre que se encuentra sobre las superficies exteriores del agregado húmedo no entra en el cálculo de la gravedad específica, pero contribuye a la relación A/C del mortero.

Se presentan cuatro estados en el agregado ilustrados en la figura 4.1.2a, dependiendo del contenido de agua en sus poros y superficie:

1. Seco (Secado al horno)
2. Parcialmente Saturado
3. Saturado con la superficie seca (SSD, por sus siglas en ingles); poros llenos de agua y seco en la superficie.
4. Saturado húmedo en la superficie; poros llenos de agua y húmedo en la superficie.



Figura 4.1.2a. Estados de saturación de los agregados

Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/05/caracteristicas-de-los-agregados.html>, consultado en sept.2012

La **Absorción** se define como el incremento de peso de un árido poroso seco, hasta lograr su condición de saturación con la superficie seca, debido a la penetración de agua a sus poros permeables.

Hay que diferenciar entre absorción y contenido de humedad ya que la absorción es un valor constante del agregado y el contenido de humedad es variable en función de la exposición del agregado al interperismo (sol, lluvia, viento, etc.)

Siendo la absorción el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca. En esta condición se hacen los cálculos de dosificación para elaborar el mortero.

Sin embargo el agregado en los acopios puede tener cualquier contenido de humedad (estados 2 a 4). Si la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al mortero para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que disminuir la cantidad de agua que se pondrá a la mezcla ya que los agregados estarán aportando agua.

El valor de la absorción es un concepto necesario para el ingeniero en obra, en el cálculo de la relación A/C de la mezcla de mortero, pero, en algunos casos, puede ser que también refleje una estructura porosa que afecte la resistencia a la congelación y deshielo del mortero.

No se suelen fijar límites de aceptación para la absorción debido a que ésta no solo depende de la porosidad de la roca, sino también de otros aspectos tales como la distribución granulométrica, contenido de finos, tamaño máximo de los agregados, forma de las partículas. Sin embargo se puede considerar como rocas de buena calidad aquellas que presentan una absorción menor 3% para agregado grueso, y menores a 5% para el caso de agregado fino.

A continuación se describe el procedimiento para la realización y determinación del grado de absorción y su respectiva gravedad específica del agregado fino para mortero que se realizó en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, así como también los materiales y equipo que se emplearán y el análisis de resultados.

## **OBJETIVOS:**

- Enseñar los procedimientos empleados para la obtención de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de los agregados finos.
- Distinguir entre los conceptos de densidad, densidad aparente, densidad relativa y densidad relativa aparente.
- Reforzar el concepto de cuarteo de una muestra e indicar la importancia que tiene éste en los diferentes tipos de ensayo realizados en el laboratorio.



**MATERIAL Y EQUIPO:**



**Arena:** La arena a utilizar ha sido extraída del banco de arena de Aramuaca, San Miguel.



**Balanza de precisión.** Con una capacidad de 1 kg o más, sensibilidad a 0.1 gr. o menos y precisión de 0.1% de la carga de ensayo en algún punto con el rango de uso para este método de ensayo.



**Horno de convección.**



**Recipiente de aluminio.** Para colocar la muestra en el horno.

	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado.</p>
	<p><b>Picnómetro</b> (para usar con el procedimiento gravimétrico), un frasco u otro recipiente compatible en el cual la muestra de ensayo de agregado fino puede ser fácilmente introducida y en el cual el volumen contenido puede ser reproducido con 0.1 cm<sup>3</sup>.</p>
	<p><b>Molde para ensayo de humedad superficial.</b> El molde deberá ser metálico, con la forma de un cono truncado, con las dimensiones siguientes: 40.3 mm de diámetro interno en el borde superior, 90.3 mm de diámetro interno en la base y 75.3 mm de altura, con un espesor mínimo del metal de 0.8 mm.</p>
	<p><b>Pisón para ensayo de humedad superficial.</b> El pisón deberá ser metálico con una masa de 340.15 g y una cara plana y circular de 25.3 mm de diámetro.</p>

## PROCEDIMIENTO:

**Figura 4.1.2b:** Tomar dos muestras de material que pasen la malla # 4, y colocarlas en taras con pesos conocidos, para luego sumergirlas en agua hasta cubrir por completo la muestra, dejándolas reposar por 24 horas. Pasado este período, se quita el exceso de agua, teniendo cuidado de que la muestra no se pierda; luego se dejan secar al sol, moviendo regularmente hasta que se alcance la condición saturada superficialmente seca.



Figura 4.1.2b Tomando dos muestras de material que pasen la malla # 4

**Figura 4.1.2c:** Pesar por separado el picnómetro vacío en la balanza de precisión, y luego colocando agua en el mismo recipiente se pesa el conjunto. A continuación se coloca una porción de agregado fino parcialmente seco y suelto dentro del molde, llenándolo hasta que se desborde sosteniéndolo con los dedos. Ligeramente apisona el agregado fino dentro del molde con 25 golpes ligeros del pisón. Inicie cada caída 5 mm arriba de la superficie del agregado fino. Permita al pisón caer libremente bajo la atracción gravitacional en cada caída. Remueva la arena suelta de la base y levante el molde verticalmente. Si la humedad superficial está aún presente, el agregado fino retendrá la forma del molde. Un desplome ligero del agregado moldeado indica que este ha alcanzado una condición de superficialmente seco.



Figura 4.1.2c Colocando una porción de agregado fino parcialmente seco y suelto dentro del molde, llenando lo hasta que se desborde sosteniéndolo con los dedos.

**Figura 4.1.2d:** Pesar 500 gramos de arena y llene parcialmente el picnómetro con agua. Introduzca en el picnómetro los 500 gr. de agregado fino saturado superficialmente seco, y llene con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de la capacidad.



Figura 4.1.2d Pesando 500 gramos de arena y llenando parcialmente el picnómetro con agua

**Figura 4.1.2e:** Ruede, invierta y agite el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire. Normalmente se requiere de 15 a 20 minutos para eliminar las burbujas de aire por métodos manuales. Se ha encontrado que sumergir la esquina de una toalla de papel dentro del picnómetro es útil para dispersar la espuma que a veces se forma cuando se eliminan las burbujas de aire.



Figura 4.1.2e Agitando el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire

**Figura 4.1.2f:** Se pesa el conjunto y luego se coloca el contenido del picnómetro en una tara de peso conocido, y se coloca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$  durante 24 horas.

Se sacan las taras con las muestras de agregado, y se pesan en la balanza, y con estos datos se calculan la Gravedad Específica y la Absorción de la arena.



Figura 4.1.2f Pesando y colocando el contenido del picnómetro en una tara de peso conocido, se coloca en el horno.

A continuación en la tabla 4.1.2, se presenta un resumen de los datos obtenidos de esta prueba, los cuales se detallan en la hoja de laboratorio en ANEXO C.

**Tabla 4.1.2. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino del Banco de La Laguna de Aramuaca**

GRAVEDAD ESPECÍFICA SSS:	2.53	GRAVEDAD ESPECÍFICA SSS:	2.50
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA PROMEDIO:	2.44	GRAVEDAD ESPECÍFICA SSS PROMEDIO:	2.52
ABSORCIÓN PROMEDIO (%): 3.20			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 3.0			



### **4.1.3 Método de Prueba Estándar Para Resistencia a Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto (ASTM C-39)**

La influencia de la edad sobre las propiedades del mortero, es diferente según la clase y calidad del cemento, el tipo de curado y la dosificación y proporcionamiento de sus componentes.

El aumento en la resistencia con la edad es consecuencia de la progresiva combinación del agua, es decir, de la progresiva reducción del volumen de poros de la pasta solidificada.

Para controlar la resistencia del concreto endurecido se puede estudiar bajo dos condiciones de carga: tensión y compresión.

La resistencia a la compresión se determina en cilindros ensayados por compresión axial, este representa el ensayo tradicional, según el cual se mide la resistencia a la compresión del concreto abarcando también mortero en la práctica local habiendo un método determinado para saber su respectiva resistencia ya que la geometría es variable en los procesos de cada norma y esta es más representativa para ensayos de concreto; de tal suerte que, cuando se dice que un concreto es para determinada resistencia de proyecto  $f'_c$ , se considera que es la que debe alcanzar cilindros representativos de dicho concreto al ensayarlos a la compresión axial después de permanecer por 28 días en condición estándar de curado.

A continuación se describe el procedimiento para la realización y determinación de la resistencia a compresión para especímenes de mortero de 4x8 pulg. y 6x12 pulg. Realizándose respectivos ensayos en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, así como también los materiales y equipo que se emplearán y el análisis de resultados.

#### **OBJETIVOS:**

- Conocer la resistencia promedio a la compresión de cilindros ensayados a los 3, 7 y 28 días de edad.
- Verificar si los especímenes cumplen con el porcentaje de resistencia para las edades de 3, 7 y 28 días.
- Conocer la resistencia a la compresión y el tipo de falla del espécimen

**MATERIAL Y EQUIPO:**



**Arena:** La arena a utilizar ha sido extraída del banco de arena de Aramuaca, San Miguel.



**Balanza de precisión.** Con una capacidad de 30 kg.



**Moldes cilíndricos de 4x8 pulg. y de 6x12 pulg.**



**Cemento.** Para esta investigación se ocupó el cemento para albañilería ASTM C-91 Tipo M.



	<p><b>Mezclador electromecánico.</b></p>
	<p><b>Mazo con cabeza de goma o cuero crudo.</b> Se utiliza para el golpeo exterior de los moldes en el momento de llenado para evitar el contenido de aire.</p>
	<p><b>Brocha y aceite.</b> Se utiliza para la aplicación de aceite en las paredes internas de los moldes y evitar que el mortero se adhiera a éstas.</p>
	<p><b>Cinta métrica.</b></p>
	<p><b>Depósito de almacenamiento.</b> Este debe ser capaz de mantener a los especímenes en total humedad.</p>
	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado fino y cemento.</p>

## PROCEDIMIENTO:

**Figura 4.1.3a:** Todos los moldes deben estar limpios y debidamente engrasados ya que al no estarlo, el mortero endurecido se adhiere a las paredes interiores de éstos.



Figura 4.1.3a Moldes limpios y debidamente engrasados.

**Figura 4.1.3b:** Secando las muestras a temperatura ambiente



Figura 4.1.3b Secando las muestras a temperatura ambiente.

**Figura 4.1.3c:** Tamizando el cemento ASTM C - 91 para eliminación de grumos.



Figura 4.1.3c Tamizando el cemento.

**Figura 4.1.3d:** Extrayendo una muestra ya seca de arena.



Figura 4.1.3d Extrayendo una muestra ya seca.

**Figura 4.1.3e:** Pesando las muestras: arena (1545 gr), Cemento (500gr), Agua (300ml), para luego realizar la mezcla.



Figura 4.1.3e Pesando las muestras

**Figura 4.1.3f:** Luego se pasa a mezclar mecánicamente los materiales, en el siguiente orden: Colocamos el agua en el tazón de la mezcladora, agregando el cemento en 30 segundos, a una velocidad baja de la mezcladora. A continuación, agregar la arena combinada en un lapso de 30 segundos, manteniendo la misma velocidad. Parar y limpiar los excesos de las paredes del tazón en 15 segundos, y dejar reposar 75 segundos, tapándolo con la franela húmeda.



Figura 4.1.3f Mezclando mecánicamente los materiales.

**Figura 4.1.3g:** Inmediatamente después de mezclado el mortero, se procede a calcularla fluidez del mismo, sobre la mesa de flujo colocar el molde cónico el cual se llena en dos capas con la mezcla elaborada y con el pisón se compactan cada una, dando 20 golpes.

Enrasar el nivel superior del molde y limpiar el mortero en su exterior, luego quitar el cono levantándolo verticalmente de manera continua, luego se acciona la maquina dando 25 golpes y se miden las lecturas, teniendo que cumplir, que la sumatoria de éstas dé como resultado  $110 \pm 5$  (Con base en la sección 3.1 de la Norma ASTM C-109).



Figura 4.1.3g Mesa de fluidez

A continuación se presentan los resultados, variando la cantidad de agua, y haciendo la mezcla varias veces, hasta obtener la fluidez deseada:

**Tabla 4.1.3a. Medición de Fluidez del Cemento ASTM C-91 TIPO "M", ASTM C-109**

Prueba N°	Cantidad de Agua(ml)	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Sumatoria de Lecturas
1	350 ml	31	31	34	31	127
2	300 ml	28.5	29.5	31	29	118
3	340 ml	31	33	34	34	130

**Figura 4.1.3h:** Se llenan en tres capas de igual altura, cada capa es varillada 25 veces de forma uniforme, de tal manera que el varillado toque un tercio de la capa anterior. Después de varillar cada capa, es necesario golpear el molde con el mazo de hule, 15 golpes distribuyéndolos alrededor del molde, estos golpes sirven para evitar el contenido de aire. Al finalizar el golpe de la tercera capa se procede a alisar la superficie, de tal manera que coincida con el borde superior del molde cilíndrico.



Figura 4.1.3h Llenando los cilindros en tres capas de igual altura.

**Figura 4.1.3i:** Después se remueven los moldes y se sumergen los especímenes en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (3, 7 y 28 días),



Figura 4.1.3i Curado de especímenes.



**Figura 4.1.3j:** Al sacar del tanque con agua los especímenes inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo. Para aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar las cargas, para luego calcular el esfuerzo a compresión.



Figura 4.1.3j Colocando los especímenes en la máquina de ensayos.

A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en esta prueba y en los ANEXO D se mostraran las respectivas hojas de laboratorio de los especímenes ensayados.

**Tabla 4.1.3b. Resumen de resultados de prueba de laboratorio  
Resistencia a la Compresión de Cilindros de 6 x 12 pulg.**

CILIND. N°	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3	15800	87.05
2	3	15410	84.90
3	7	26150	144.00
4	7	22550	125.90
5	28	28000	154.27
6	28	29500	162.53

**Tabla 4.1.3c. Resumen de resultados de prueba de laboratorio  
Resistencia a la Compresión de Cilindros de 4 x 8 pulg.**

CILIND. N°	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3	8130	101.5
2	3	8130	101.5
3	3	7830	97.73
4	7	10600	135.03
5	7	10890	138.73
6	7	11350	144.58
7	28	13250	165.38
8	28	13550	169.12
9	28	13550	169.12

**4.1.4 Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Especímenes de 2 pulgadas o de [50 mm]) (ASTM C-109)**

Este método de prueba provee un medio de determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico y otros morteros, usando especímenes cúbicos de 2 pulgadas o de [50 mm].


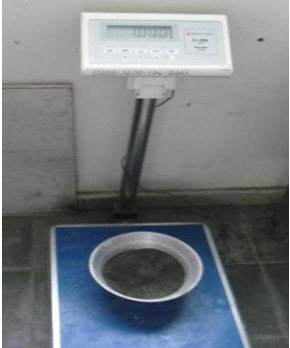
Los resultados pueden ser usados para la determinación del cumplimiento con las especificaciones. Además, este método de prueba está referenciado por otras numerosas especificaciones y métodos de prueba. El uso de los resultados de este método de prueba es para predecir la resistencia del mortero, deberá hacerse con precaución.

A continuación se describe el procedimiento para la realización y determinación de la resistencia a compresión para especímenes de mortero de 2 pulg. Realizándose respectivos ensayos en el laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, así como también los materiales y equipo que se emplearán y el análisis de resultados.






## OBJETIVOS:

- La determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos, usando cubos de 50mm (2").
- Este método de prueba cubre la aplicación de la prueba usando las unidades libra-pulgada o unidades SI. Los valores establecidos en ambos sistemas serán considerados separadamente como estándar. Dentro del texto, las unidades SI son mostradas entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema no son exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en inconformidad con la especificación.

<b>MATERIAL Y EQUIPO:</b>	
	<b>Arena:</b> La arena a utilizar ha sido extraída del banco de arena de Aramuaca, San Miguel.
	<b>Balanza de precisión.</b> Con una capacidad de 30 kg.

	<p><b>Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm.</b></p>
	<p><b>Cemento.</b> Para esta investigación se ocupó el cemento para albañilería ASTM C-91 Tipo M.</p>
	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado fino y cemento.</p>
	<p><b>Mezclador electromecánico.</b></p>
	<p><b>Brocha y aceite.</b> Se utiliza para la aplicación de aceite en las paredes internas de los moldes y evitar que el mortero se adhiera a éstas.</p>

	<p><b>Cinta métrica.</b></p>
	<p><b>Depósito de almacenamiento.</b> Este debe ser capaz de mantener a los especímenes en total humedad.</p>
	<p><b>Mesa de Fluidez.</b></p>

**PROCEDIMIENTO:**

**Figura 4.1.4a:** Todos los moldes deben estar limpios y debidamente engrasados ya que al no estarlo, el mortero endurecido se adhiere a las paredes interiores de éstos.



Figura 4.1.4a Moldes limpios y debidamente engrasados.

**Figura 4.1.4b:** Secando las muestras a temperatura ambiente.



Figura 4.1.4b Secando las muestras a temperatura ambiente.

**Figura 4.1.4c:** Tamizando el cemento ASTM C - 91 para eliminación de grumos.



Figura 4.1.4c Tamizando el cemento.

**Figura 4.1.4d:** Extrayendo una muestra ya seca de arena.



Figura 4.1.4d Extrayendo una muestra ya seca.

**Figura 4.1.4e:** Pesando las muestras: arena (1545 gr), Cemento (500gr), Agua (300ml), para luego realizar la mezcla.



Figura 4.1.4e Pesando las muestras

**Figura 4.1.4f:** Luego se pasa a mezclar mecánicamente los materiales, en el siguiente orden: Colocamos el agua en el tazón de la mezcladora, agregando el cemento en 30 segundos, a una velocidad baja de la mezcladora. A continuación, agregar la arena combinada en un lapso de 30 segundos, manteniendo la misma velocidad. Parar y limpiar los excesos de las paredes del tazón en 15 segundos, y dejar reposar 75 segundos, tapándolo con la franela húmeda.



Figura 4.1.4f Mezclando mecánicamente los materiales

**Figura 4.1.4g:** Inmediatamente después de mezclado el mortero, se procede a calcularla fluidez del mismo, sobre la mesa de flujo colocar el molde cónico el cual se llena en dos capas con la mezcla elaborada y con el pisón se compactan cada una, dando 20 golpes.

Enrasar el nivel superior del molde y limpiar el mortero en su exterior, luego quitar el cono levantándolo verticalmente de manera continua, luego se acciona la maquina dando 25 golpes y se miden las lecturas, teniendo que cumplir, que la sumatoria de éstas dé como resultado  $110 \pm 5$  (Con base en la sección 3.1 de la Norma ASTM C-109).



Figura 4.1.4g Mesa de fluidez.

A continuación se presentan los resultados, variando la cantidad de agua, y haciendo la mezcla varias veces, hasta obtener la fluidez deseada:

**Tabla 4.1.4a. Medición de Fluidez del Cemento ASTMC-91 TIPO “M”, ASTM C-109**

Prueba N°	Cantidad de Agua(ml)	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Sumatoria de Lecturas
1	350 ml	31	31	34	31	127
2	300 ml	28.5	29.5	31	29	118
3	340 ml	31	33	34	34	130

**Figura 4.1.4h:** Acomodar el mortero en los moldes cúbicos engrasados, hasta llenar la mitad de su altura (En todos los compartimientos). Y apisonar la capa de mortero dando 16 golpes en toda la superficie de cada molde. Cuando el apisonado de la primera capa en todos los moldes es completado, llenar los compartimientos con el mortero restante y apisonar como lo especificado para la primera capa, procurando que el pisón no penetre más del espesor de la última capa. Por ultimo enrasar los moldes y dejar en un cuarto de curado entre 20 y 24 horas.



**Figura 4.1.4h** Acomodando el mortero en los moldes cúbicos

**Figura 4.1.4i:** Después se remueven los moldes y se sumergen los especímenes en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (3, 7 y 28 días).



**Figura 4.1.4i** Curado de especímenes.

**Figura 4.1.4j:** Al sacar del tanque con agua los especímenes inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo. Para aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar las cargas, para luego calcular el esfuerzo a compresión.



Figura 4.1.4j Colocando los especímenes en la máquina de ensayos

A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en esta prueba y en el ANEXO E se mostrara la respectiva hoja de laboratorio.

**Tabla 4.1.4b. Resumen de resultados de prueba de laboratorio  
Resistencia a la Compresión de Cubos de 2 x 2 pulg.**

Cubo #	Fecha de ruptura	Edad días	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo psi.	Esfuerzo Mpa.
1	15-06-12	3	119.72	1703.07	12.20
2			114.68	1631.42	11.69
3			119.72	1703.07	12.20
4	19-06-12	7	156.53	2226.67	15.96
5			167.76	2386.50	17.10
6			149.55	2127.46	15.24
7	10-07-12	28	265.40	3775.42	27.05
8			269.27	3830.53	27.45
9			267.34	3802.97	27.25



## 4.2 PROCEDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE CAMPO

### 4.2.1 Método de Prueba Estándar Para Resistencia a Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto (ASTM C-39)

#### OBJETIVOS:

- Conocer la resistencia promedio a la compresión de cilindros ensayados a los 3, 7 y 28 días de edad.
- Verificar si los especímenes cumplen con el porcentaje de resistencia para las edades de 3, 7 y 28 días.
- Conocer la resistencia a la compresión y el tipo de falla del espécimen

#### MATERIAL Y EQUIPO:



**Arena.** La arena a utilizar ha sido extraída del banco de arena de Aramuaca, San Miguel.



**Agua.** El agua debe ser potable y libre de contaminantes para un buen mortero.



**Moldes cilíndricos de 4x8 pulg. y de 6x12 pulg.**






**Cemento.** Para esta investigación se ocupó el cemento para albañilería ASTM C-91 Tipo M.



**Mezclador mecánico.** Para el mezclado de los agregados.



**Mazo con cabeza de goma o cuero crudo.** Se utiliza para el golpeo exterior de los moldes en el momento de llenado para evitar el contenido de aire.

	<p><b>Brocha y aceite.</b> Se utiliza para la aplicación de aceite en las paredes internas de los moldes y evitar que el mortero se adhiera a éstas.</p>
	<p><b>Cinta métrica.</b></p>
	<p><b>Depósito de almacenamiento.</b> Este debe ser capaz de mantener a los especímenes en total humedad.</p>
	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado fino y cemento.</p>
	<p><b>Varilla de apisonamiento.</b> Es una varilla recta, redonda para usar con los moldes de cilindro para mortero.</p>

## PROCEDIMIENTO:

**Figura 4.2.1a:** Todos los moldes deben estar limpios y debidamente engrasados ya que al no estarlo, el mortero endurecido se adhiere a las paredes interiores de éstos.



Figura 4.2.1a Moldes limpios y debidamente engrasados.

**Figura 4.2.1b:** Para la colocación de los agregados en la mezcladora mecánica, se utilizaron cubetas. Una vez colocados todos los agregados, se procede a introducir el agua, estos se dejan mezclando un tiempo estimado para la buena adherencia y uniformidad de los mismos, hasta lograr la consistencia y trabajabilidad deseada.



Figura 4.2.1b Colocación de los agregados en la mezcladora mecánica.

**Figura 4.2.1c:** Después de haber mezclado los agregados, se procede a realizar el ensayo “Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada, ASTM C- 6103” (VER ANEXO J), el cual utiliza un cilindro abierto en los extremos, el cual es colocado en una superficie plana y nivelada, el cilindro es llenado, enrasado y levantado, el MRBC fluirá formando un círculo. El diámetro promedio del círculo típicamente es de 6 a 12 pulgadas



Figura 4.2.1c Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada.

**Figura 4.2.1d:** Después se procede a llenar en tres capas de igual altura, cada capa es varillada 25 veces de forma uniforme, de tal manera que el varillado toque un tercio de la capa anterior. Después de varillar cada capa, es necesario golpear el molde con el mazo de hule, 15 golpes distribuyéndolos alrededor del molde, estos golpes sirven para evitar el contenido de aire. Al finalizar el golpe de la tercera capa se procede a alisar la superficie, de tal manera que coincida con el borde superior del molde cilíndrico.



Figura 4.2.1d Llenando los cilindros en tres capas de igual altura



**Figura 4.2.1e:** Después se remueven los moldes y se sumergen los especímenes en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (3, 7 y 28 días),



Figura 4.2.1e Curado de especímenes.

**Figura 4.2.1f:** Al sacar del tanque con agua los especímenes inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo. Para aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar las cargas, para luego calcular el esfuerzo a compresión.



Figura 4.2.1f Colocando los especímenes en la máquina de ensayos

A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en esta prueba y en los ANEXO F se mostraran las respectivas hojas de laboratorio de los especímenes ensayados.

**Tabla 4.2.1a. Resumen de resultados en prueba de campo  
Resistencia a la Comprensión de Cilindros de 6 x 12 pulg.**

N°	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3	10600	59.20	7	12000	67.00	28	22600	127.90
2	3	7000	39.10	7	14800	84.10	28	23000	130.16
3	3	10800	60.30	7	15000	83.72	28	22500	127.33
4	3	12000	67.00	7	15000	85.20	28	25000	141.50
5	3	8000	44.66	7	15000	85.20	28	24800	140.35
6	3	12000	67.00	7	14800	84.10	28	22600	127.90
7	3	11000	61.42	7	15400	87.50	28	23500	133.00
8	3	8000	44.66	7	13000	73.80	28	24300	137.52
9	3	8400	46.90	7	13200	74.95	28	22800	130.00
10	3	7000	39.10	7	12800	72.70	28	24500	138.65
11	3	11000	61.42	7	13000	73.82	28	25000	141.50
12	3	9000	50.25	7	11000	62.50	28	22500	127.33
13	3	11000	61.42	7	11000	62.50	28	22600	127.90
14	3	8000	44.66	7	11000	62.50	28	24300	137.52
15	3	8000	45.42	7	10000	56.78	28	25000	141.50
16	3	11000	62.46	7	14000	79.50	28	22800	130.00
17	3	9000	51.10	7	10000	56.78	28	25200	142.15
18	3	11000	62.46	7	12000	68.15	28	25300	143.20
19	3	7000	39.75	7	14800	84.05	28	22600	127.90
20	3	8400	47.70	7	15000	85.20	28	23500	133.00
21	3	8000	45.42	7	15000	85.20	28	23800	134.70
22	3	11000	62.46	7	14800	84.05	28	24500	138.65
23	3	12000	66.11	7	15400	87.45	28	22800	130.00
24	3	8000	44.10	7	13000	73.82	28	24800	140.35
25	3	12000	66.11	7	13200	74.95	28	25000	141.50
26	3	10800	59.50	7	12800	72.68	28	25200	142.15
27	3	7000	38.56	7	13000	73.82	28	24800	140.35
28	3	10600	58.40	7	12800	72.68	28	22500	127.33
29	3	11000	60.60	7	15000	85.20	28	22600	127.90
30	3	12000	66.11	7	15000	85.20	28	24300	137.52
31	3	10600	58.40	7	14800	84.05	28	25200	142.15
32	3	11000	60.60	7	14000	79.50	28	24800	140.35



**Tabla 4.2.1b. Resumen de resultados en prueba de campo  
Resistencia a la Compresión de Cilindros de 4 x 8 pulg.**

N°	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	EDAD (días)	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	3	5000	62.40	7	7000	87.37	28	11500	143.53
2	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	11000	137.29
3	3	5000	62.40	7	9000	112.33	28	11300	141.04
4	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	10500	131.05
5	3	6000	74.88	7	9000	112.33	28	10000	124.82
6	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	10800	134.79
7	3	5800	72.40	7	8000	99.85	28	11500	143.53
8	3	6400	79.88	7	9000	112.33	28	10000	124.82
9	3	6400	79.88	7	9000	112.33	28	10500	131.05
10	3	4000	49.93	7	8000	99.85	28	9800	122.32
11	3	6000	74.88	7	6600	82.37	28	10500	131.05
12	3	6400	79.88	7	6400	79.88	28	10800	134.79
13	3	4000	49.93	7	7000	87.37	28	9500	118.57
14	3	5400	67.40	7	9000	112.33	28	10000	124.82
15	3	6000	74.88	7	6000	74.88	28	11500	143.53
16	3	5800	72.40	7	8000	99.85	28	11300	141.04
17	3	5000	62.40	7	7000	87.37	28	11500	143.53
18	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	11000	137.29
19	3	5000	62.40	7	9000	112.33	28	11300	141.04
20	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	10500	131.05
21	3	6000	74.88	7	9000	112.33	28	10000	124.82
22	3	6000	74.88	7	7000	87.37	28	10800	134.79
23	3	5800	72.40	7	8000	99.85	28	11500	143.53
24	3	6400	79.88	7	9000	112.33	28	10000	124.82
25	3	6400	79.88	7	9000	112.33	28	10500	131.05
26	3	4000	49.93	7	8000	99.85	28	9800	122.32
27	3	6000	74.88	7	6600	82.37	28	10500	131.05
28	3	6400	79.88	7	6400	79.88	28	10800	134.79
29	3	4000	49.93	7	7000	87.37	28	9500	118.57
30	3	5400	67.40	7	9000	112.33	28	10000	124.82
31	3	6000	74.88	7	6000	74.88	28	11500	143.53
32	3	5800	72.40	7	8000	99.85	28	11300	141.04


#### 4.2.2 Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Especímenes de 2 pulgadas o de [50 mm]) (ASTM C-109)

##### OBJETIVOS:

- La determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos, usando cubos de 50mm (2").
- Este método de prueba cubre la aplicación de la prueba usando las unidades libra-pulgada o unidades SI. Los valores establecidos en ambos sistemas serán considerados separadamente como estándar. Dentro del texto, las unidades SI son mostradas entre paréntesis .Los valores establecidos en cada sistema no son exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema debe ser usado independientemente uno del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en inconformidad con la especificación.

<b>MATERIAL Y EQUIPO:</b>	
	<b>Arena:</b> La arena a utilizar ha sido extraída del banco de arena de Aramuaca, San Miguel.
	<b>Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulg o 50 mm.</b>

	<p><b>Cemento.</b> Para esta investigación se ocupó el cemento para albañilería ASTM C-91 Tipo M.</p>
	<p><b>Cucharón de aluminio.</b> Para el manejo del agregado fino y cemento.</p>
	<p><b>Mezclador mecánico.</b> Para el mezclado de los agregados.</p>
	<p><b>Brocha y aceite.</b> Se utiliza para la aplicación de aceite en las paredes internas de los moldes y evitar que el mortero se adhiera a éstas.</p>
	<p><b>Cinta métrica.</b></p>
	<p><b>Depósito de almacenamiento.</b> Este debe ser capaz de mantener a los especímenes en total humedad.</p>

	<p><b>Agua.</b> El agua debe ser potable y libre de contaminantes para un buen mortero.</p>
---	---

**PROCEDIMIENTO:**

**Figura 4.2.2a:** Todos los moldes deben estar limpios y debidamente engrasados ya que al no estarlo, el mortero endurecido se adhiere a las paredes interiores de éstos.



Figura 4.2.2a Moldes limpios y debidamente engrasados.

**Figura 4.2.2b:** Para la colocación de los agregados en la mezcladora mecánica, se utilizaron cubetas. Una vez colocados todos los agregados, se procede a introducir el agua, estos se dejan mezclando un tiempo estimado para la buena adherencia y uniformidad de los mismos, hasta lograr la consistencia y trabajabilidad deseada.



Figura 4.2.2b Colocación de los agregados en la mezcladora mecánica.

**Figura 4.2.2c:** Después de haber mezclado los agregados, se procede a realizar el ensayo “Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada, ASTM C- 6103” (VER ANEXO J); el cual utiliza un cilindro abierto en los extremos, el cual es colocado en una superficie plana y nivelada, el cilindro es llenado, enrasado y levantado, el MRBC fluirá formando un círculo. El diámetro promedio del círculo típicamente es de 6 a 12 pulgadas.



Figura 4.2.2c Consistencia de Flujo en Material de Resistencia Baja Controlada.

**Figura 4.2.2d:** Acomodar el mortero en los moldes cúbicos engrasados, hasta llenar la mitad de su altura (En todos los compartimientos). Y apisonar la capa de mortero dando 16 golpes en toda la superficie de cada molde. Cuando el apisonado de la primera capa en todos los moldes es completado, llenar los compartimientos con el mortero restante y apisonar como lo especificado para la primera capa, procurando que el pisón no penetre más del espesor de la última capa. Por ultimo enrasar los moldes y dejar en un cuarto de curado entre 20 y 24 horas.



Figura 4.2.2d Acomodando el mortero en los moldes cúbicos.

**Figura 4.2.2e:** Después se remueven los moldes y se sumergen los especímenes en un tanque con agua, dejándolos en estas condiciones hasta el vencimiento de la edad de prueba (3, 7 y 28 días).



Figura 4.2.2e Curado de especímenes.

**Figura 4.2.2f:** Al sacar del tanque con agua los especímenes inmediatamente llevarlos a la máquina de ensayo. Para aplicar la carga hasta hacer fallar el espécimen en la máquina y anotar las cargas, para luego calcular el esfuerzo a compresión.



Figura 4.2.2f Colocando los especímenes en la máquina de ensayos

A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos en esta prueba y en el ANEXO G se mostraran las respectivas hojas de laboratorio.

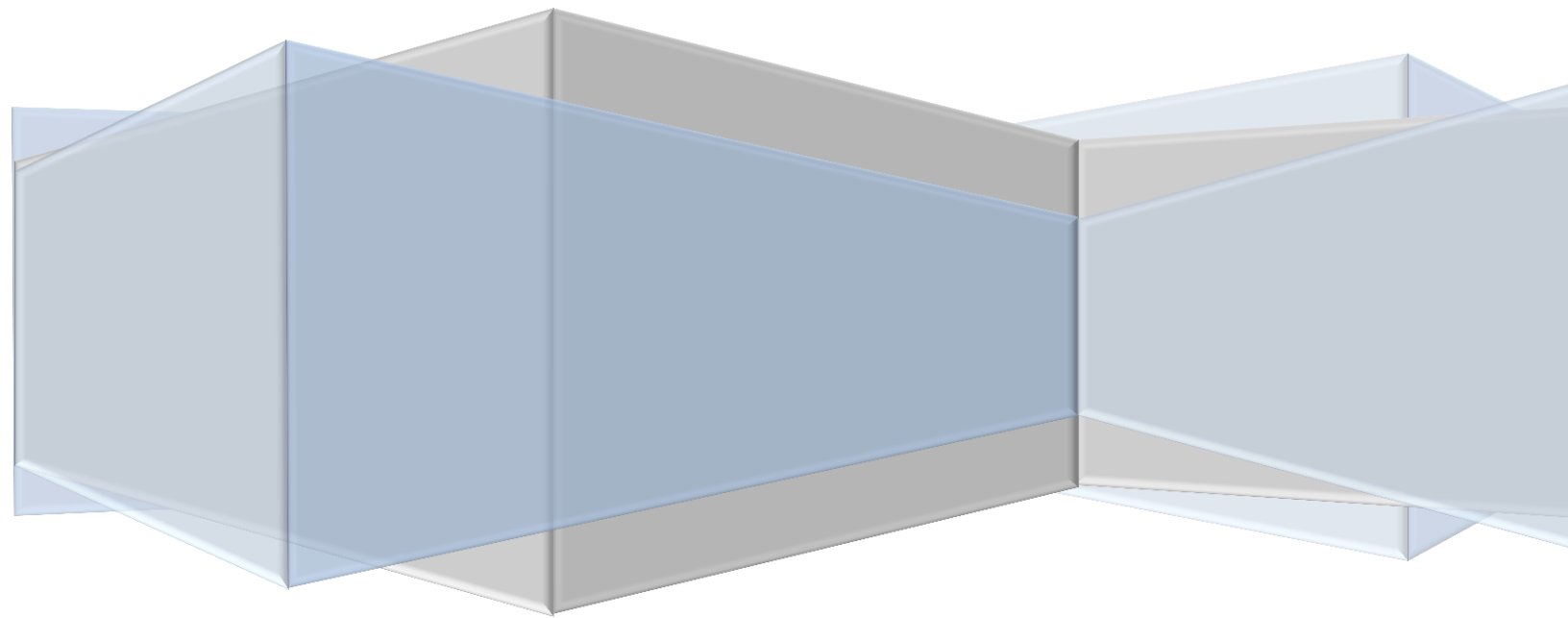
**Tabla 4.2.2. Resumen de resultados de prueba de campo  
Resistencia a la Compresión de Cubos de 2 x 2 pulg.**

Fecha de ruptura	Edad días	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup> (Promedio)	Esfuerzo psi. (Promedio)	Esfuerzo Mpa. (Promedio)
31/07/12	3	76.75	1091.97	7.82
03/08/12	7	112.84	1605.23	11.50
13/09/12	28	176.93	2516.94	18.04



# CAPITULO V

## Análisis e interpretación de Resultados



## 5.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se presentara un análisis de los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio, indicando el comportamiento de los diferentes especímenes (cilíndricos y cubos) en las pruebas de compresión.

Se utilizara el análisis estadístico de la desviación estándar, tal como se menciona en El Reglamento ACI 318S-05, en el capítulo 5 sección 3 (Este apartado se encuentra en el Anexo H). Así mismo, y con el propósito de verificar la validez y dispersión de los resultados obtenidos de las pruebas se realiza para la mayoría de éstas, una validación estadística que permita verificar la fiabilidad de los resultados, haciendo uso del concepto del coeficiente de variabilidad (CV). Tal como se indica en Chom Him et al [1999; p.89] el CV puede utilizarse en aquellos casos en los cuales se disponga de al menos tres resultados de una misma prueba.

El cálculo del coeficiente de variabilidad está en función de la media aritmética y la desviación estándar, de la siguiente manera:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100$$

Donde:

$$\bar{X} = \text{media aritmética} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$\sigma = \text{desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Dependiendo del valor del coeficiente de variabilidad así se determina que tanta representatividad tiene la media, tal como se muestra en la tabla 5.1.

En caso de obtenerse un valor de coeficiente de variabilidad menor que treinta, el valor de la media analizada es satisfactorio como para considerar confiables todos los resultados obtenidos, por tanto todos aquellos valores promedio ubicados en las categorías de “alta”, “bastante” o “tiene representatividad” se toman como válidos. En este trabajo sólo se han considerado aquellos resultados que lleven a la obtención de un valor de CV menor que 20.0, es decir, valores promedio ubicados en las categorías de “alta” y “bastante” representatividad.

<b>Coefficiente de variabilidad (%)</b>	<b>Representatividad de la media</b>
0.0 a menos de 10.0	Alta
10.0 a menos de 20.0	Bastante
20.0 a menos de 30.0	Tiene representatividad
30.0 a menos de 40.0	Baja o dudosa
40.0 o más	Carente o nula

**Tabla 5.1. Grado de Representatividad de la media según el valor del coeficiente de variabilidad.**

De igual forma, se presentan los requisitos establecidos en las normas ASTM que se usaron para realizar dicho estudio, de manera que se puedan fundamentar las conclusiones finales de esta investigación.

## **5.2 EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MORTERO**

### **5.2.1 Arena**

- **Análisis granulométrico.**

Esta prueba se realizó a los bancos de la zona oriental cuales fueron:

Banco de Aramuaca

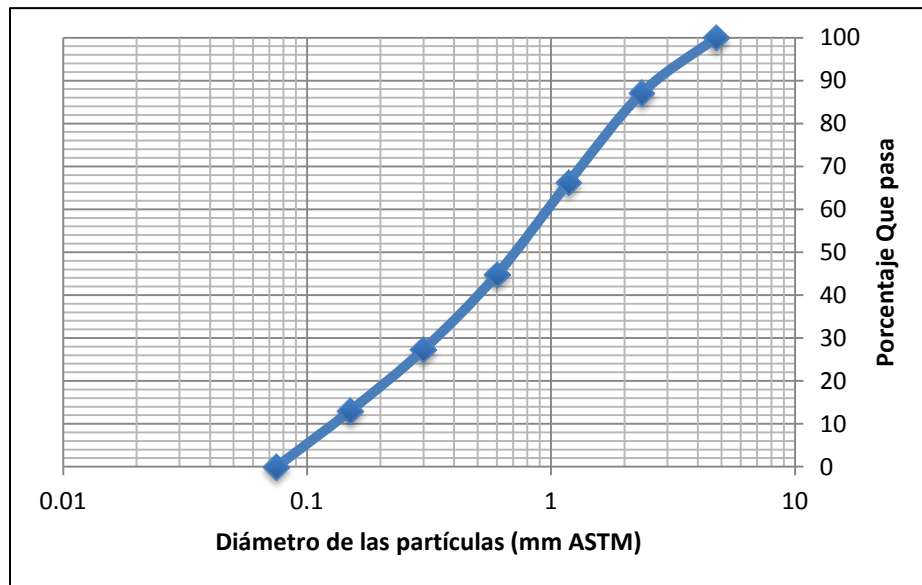
Cantera Agresal S.A. de C.V.

Cantera La Pedrera.

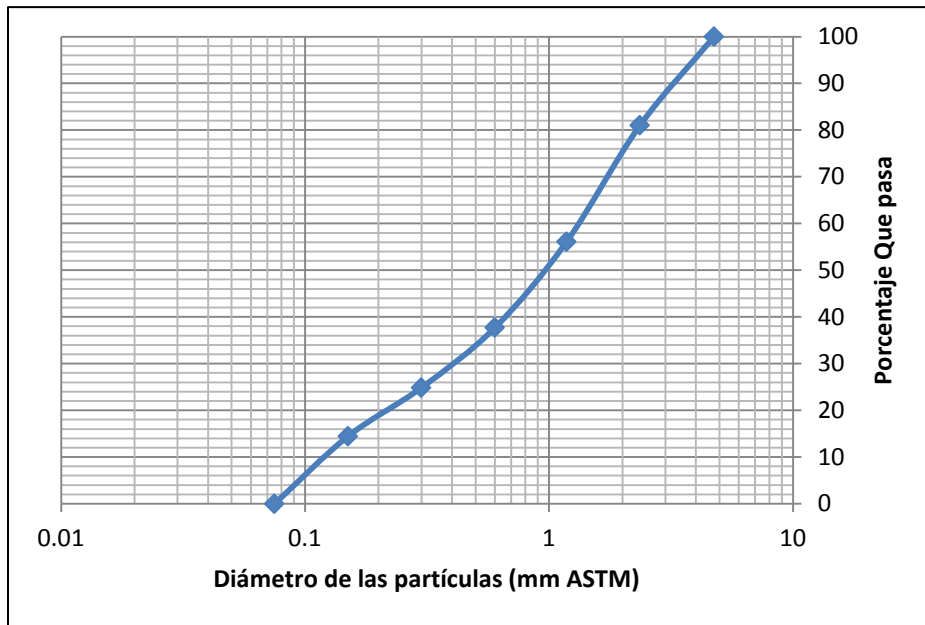
En la Tabla 5.2.1 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de granulometría a los diferentes bancos antes mencionados, así como el porcentaje que debe pasar según los valores requeridos por la norma ASTM C-144.

MALLA	QUE PASA LA MALLA (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	RANGOS ASTM C-144
	<b>Banco de Aramuaca</b>	<b>Cantera Agresal S.A. de C.V.</b>	<b>Cantera La Pedrera.</b>	
<b>N° 4</b>	100.00	100.00	100.00	100
<b>N° 8</b>	87.10	81.01	80.60	95 – 100
<b>N° 16</b>	66.30	56.07	56.60	70 – 100
<b>N° 30</b>	44.80	37.69	35.20	40 – 75
<b>N° 50</b>	27.30	24.85	22.20	10 – 35
<b>N° 100</b>	13.00	14.44	13.00	2 – 15
<b>N° 200</b>	0.00	0.00	0.00	0 – 5
<b>Módulo de finura</b>	<b>2.61</b>	<b>2.86</b>	<b>2.92</b>	<b>1.75 &lt; MF &lt; 2.83</b>

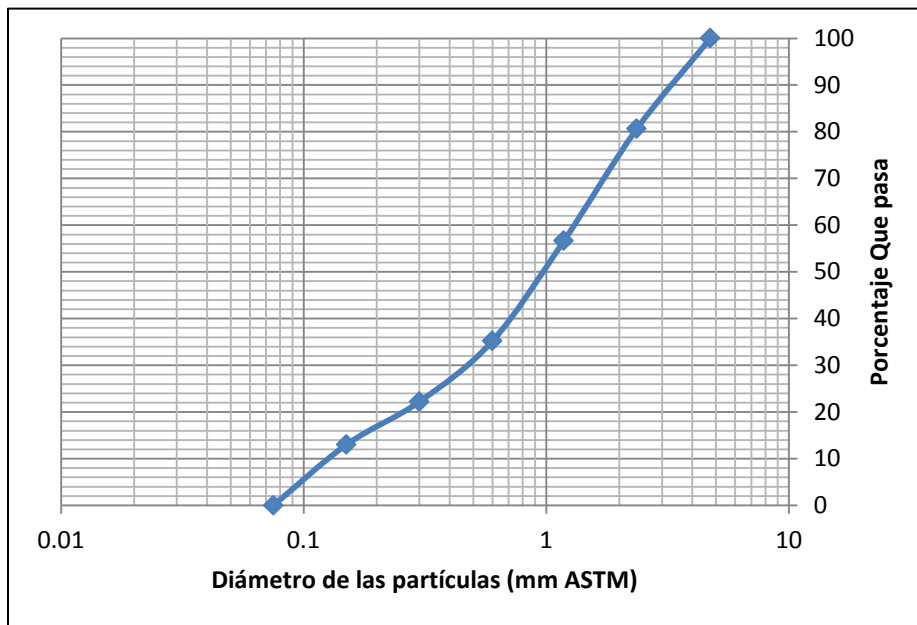
**Tabla 5.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino.**



**Gráfico 5.2.1a Curva Granulométrica del Agregado Fino procedente del Banco de Aramuaca**



**Grafico 5.2.1b Curva Granulométrica del Agregado Fino procedente de la Cantera Agresal S.A. de C.V.**



**Grafico 5.2.1c Curva Granulométrica de Agregado Fino procedente de la Cantera La Pedrera.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en las tablas, La granulometría obtenida en el análisis queda inscrita en un 80% dentro de los límites establecidos en la norma ASTM C-144, para los bancos de las canteras: Aramuaca, El Carmen (Agresal S.A de C.V.) y La Pedrera; por otra parte los Módulos de Finura que se registran en estas granulometrías son los que se muestran en la tabla 5.2.1a, siendo El banco de Aramuaca aceptado; por encontrarse dentro del rango establecido por la norma ASTM C-144:  $1.75 < MF < 2.83$ .

A partir de esto se realizarán las siguientes pruebas de compresión utilizando el agregado fino del banco antes mencionado.

- **Peso específico y absorción.**

Según lo especificado por la Norma ASTM C-128, de acuerdo a los valores encontrados en esta investigación se dice que: Debido a que el contenido de humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al mortero para compensar la que absorberá el agregado.

Este parámetro será de suma importancia para fijar la cantidad de agua para la dosificación de la mezcla de mortero.

### **5.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y CAMPO, DEL MORTERO CON PROPORCIÓN 1:3**

En este apartado se desarrolla el análisis de los resultados obtenidos de la prueba de compresión realizada a los especímenes cilíndricos y cúbicos de mortero.

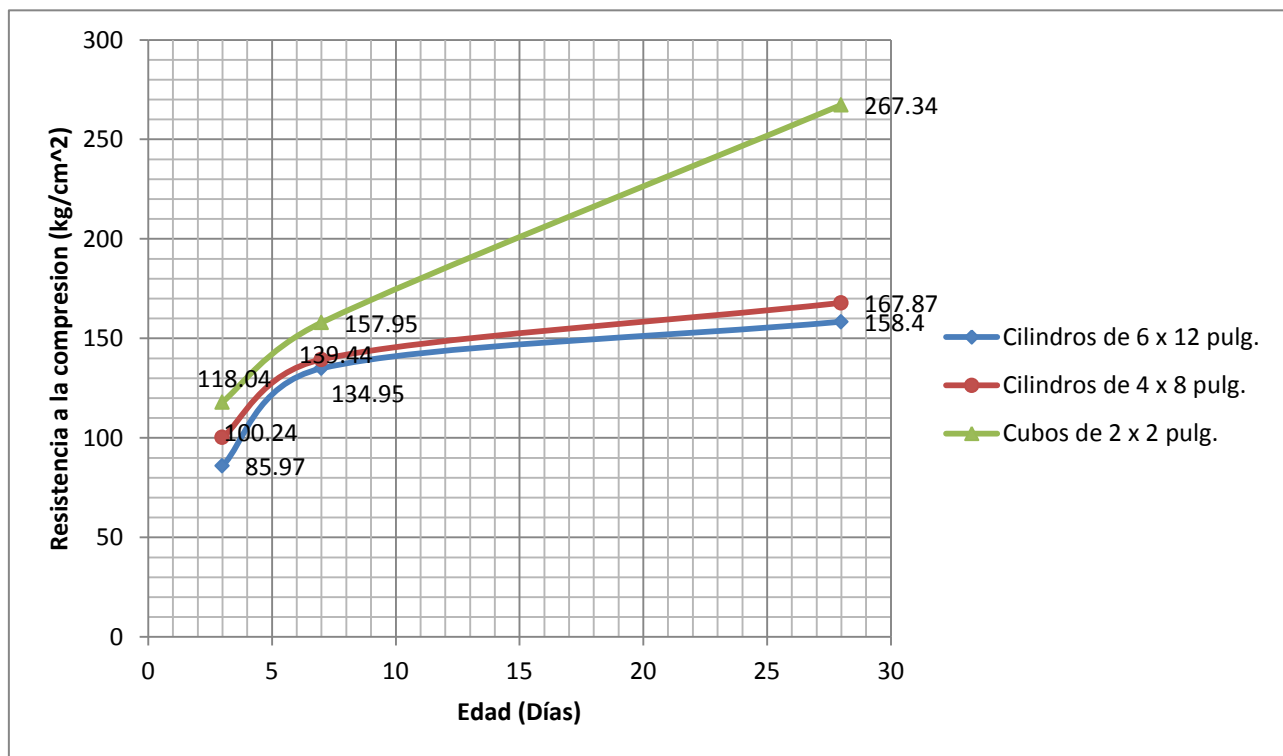
**Tipo de cemento:** Holcim Cessa Cuscatlán, Tipo M, bajo la norma ASTM C-91.

Estos promedios se obtuvieron **según condiciones de laboratorio**, la siguiente tabla muestra un resumen de las resistencias promedios, media aritmética, cálculo de la desviación estándar, coeficiente de variación para poder comparar y determinar la veracidad de los resultados de las pruebas de laboratorio:

**Tabla 5.3a. Promedio por edades de la resistencia a compresión obtenida en laboratorio.**

	Cilindros de 6 x 12 pulg.	Cilindros de 4 x 8 pulg.	Cubos de 2 x 2 pulg.
<b>EDAD DE RUPTURA</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
3	85.97	100.24	118.04
7	134.95	139.44	157.95
28	158.4	167.87	267.34
$\bar{\delta}$	36.95	33.95	77.29
Promedio	126.44	135.85	181.11
CV	29.22	24.99	42.67
Coeficiente de Correlación	0.70	0.79	0.98
Representatividad	Tiene representatividad	Tiene representatividad	Carente o nula

**Grafico 5.3a. Promedio por edades de la resistencia a compresión obtenida en laboratorio.**



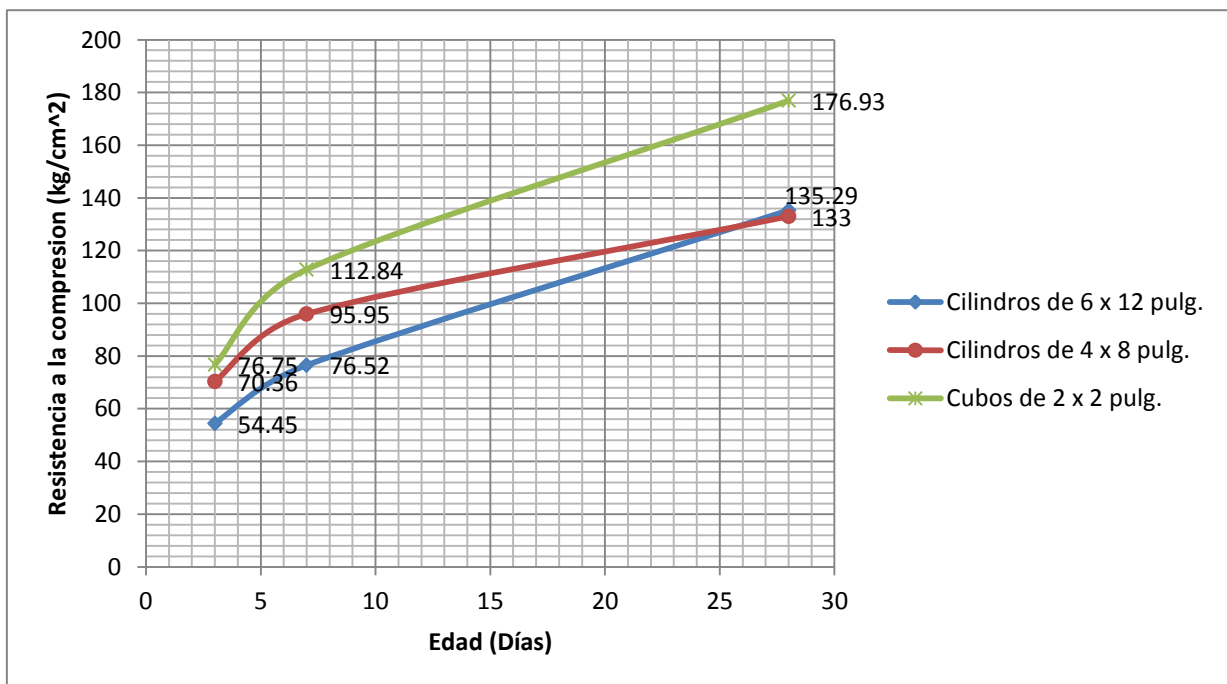


Estos promedios se obtuvieron **según condiciones de campo**, la siguiente tabla muestra un resumen de las resistencias promedios, media aritmética, cálculo de la desviación estándar, coeficiente de variación para poder comparar y determinar la veracidad de los resultados de las pruebas de campo:

**Tabla 5.3b. Promedio por edades de la resistencia a compresión obtenida en campo.**

	Cilindros de 6 x 12 pulg.	Cilindros de 4 x 8 pulg.	Cubos de 2 x 2 pulg.
<b>EDAD DE RUPTURA</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
3	54.45	70.36	76.75
7	76.52	95.95	112.84
28	135.29	133.00	176.93
$\bar{\sigma}$	10.61	8.00	12.90
Promedio	88.75	99.77	122.17
CV	11.96	8.02	10.54
Coeficiente de Correlación	0.98	0.92	0.95
Representatividad	Bastante	Alta	Bastante

**Grafico 5.3b. Promedio por edades de la resistencia a compresión obtenida en campo.**



**Tabla 5.3c. Promedio por edades de la resistencia a compresión**

	<b>Cilindros de 6 x 12 pulg.</b>	<b>Cilindros de 4 x 8 pulg.</b>	<b>Cubos de 2 x 2 pulg.</b>
<b>EDAD DE RUPTURA</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIST (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Laboratorio</b>			
28	158.4	167.87	267.34
<b>Campo</b>			
28	135.29	133.00	176.93

Ahora de acuerdo con la tabla N° 2 de la Norma ASTM C-270 indica que la resistencia requerida para un mortero tipo M realizado con Cemento de Mampostería (ASTM C-91) tiene un valor de resistencia promedio a los 28 días de 176 kg/cm<sup>2</sup> es decir 17.2 MPa.

Las tablas y las gráficas han mostrado que para el mortero convencional con la relación agua-cemento de 0.60, los resultados de laboratorio muestran que en especímenes cilíndricos han alcanzado un 92.5% de la resistencia requerida. Mientras tanto que los cubos han superado la resistencia requerida.

Los resultados de campo muestran que en especímenes cilíndricos han alcanzado un 76.21% de la resistencia requerida. Mientras tanto que los cubos han alcanzado la resistencia requerida.

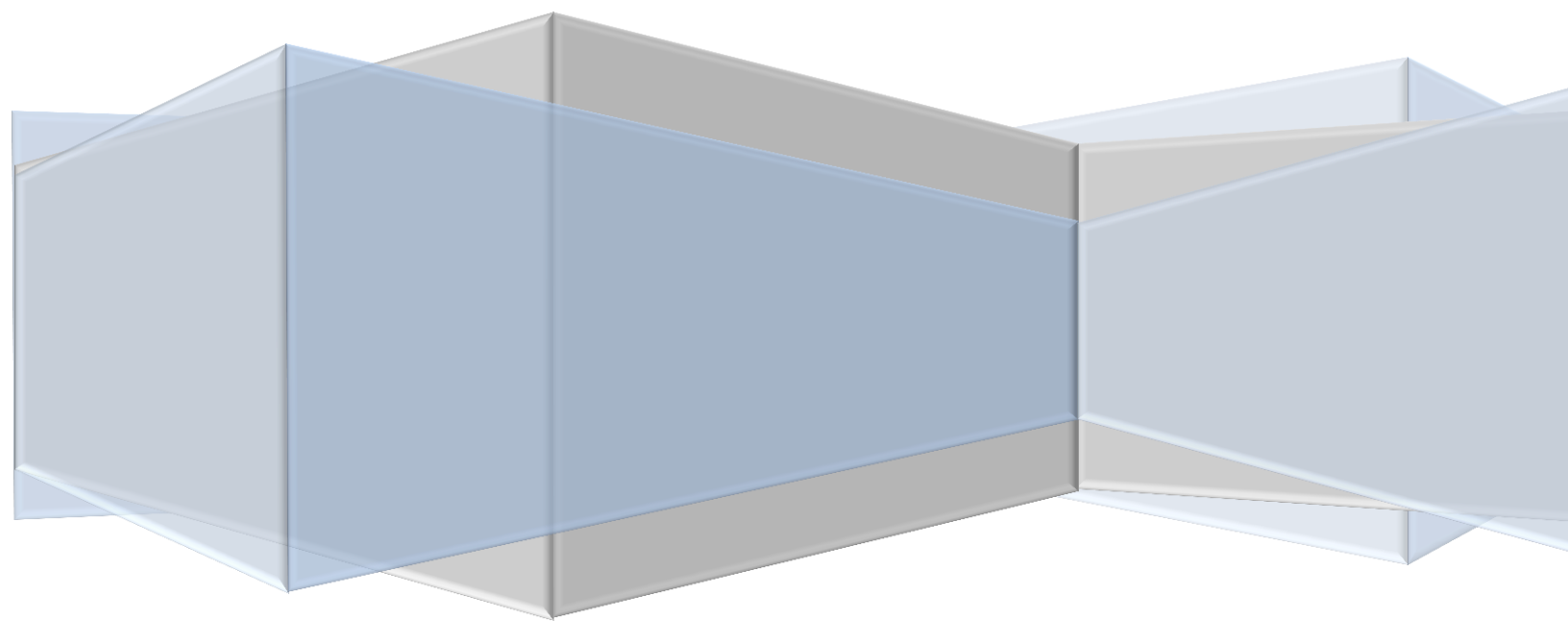
Los resultados de las resistencias en laboratorio son mayores que las de campo porque los controles de calidad que se establecen en laboratorio van rigurosamente supervisados y las condiciones que propone el ambiente de trabajo son las más indicadas para realizar dichas pruebas, mientras que los de campo el control de calidad lo rige el lugar donde se realizaran la obra civil, esto da a entender que no se tiene un control sobre la calidad del ambiente donde se realizaran los especímenes.

En la tabla 5.3c se muestra que los cubos alcanza la resistencia indicada en la norma ASTM C-127 y se optimiza los recursos para le realización de estos especímenes, tanto en mano de obra como en materiales a utilizar.

Esto quiere decir que los especímenes cilíndricos no son los indicados para realizar las pruebas de compresión al mortero de mampostería en obras civiles.

# CAPITULO VI

## Conclusiones y recomendaciones



## 6.1 CONCLUSIONES

- ✓ Del análisis granulométrico que se realizó al banco de arena: Laguna de Aramuaca, El Carmen, La Pedrera, de estos tres el único que cumple es la Laguna de Aramuaca debido a que se su módulo de finura se encuentra dentro de los rangos establecidos por la Norma ASTM C-144.
- ✓ Antes de colocar la mezcla del mortero en los moldes cilíndricos y cubos es necesario realizar la prueba de fluidez para obtener una buena trabajabilidad, manejabilidad, para lo cual es necesario que el diámetro de la mezcla se encuentre dentro del rango de 6" a 12", si este se sobrepasa se reduce la cantidad de agua según la Norma ASTM C-109, ASTM C-1437, ASTM C-6103.
- ✓ La arena utilizada en las pruebas de laboratorio y campo la obtuvimos del banco de arena de la empresa PÉTREOS S.A. DE C.V. Debido a que esta es lavada y está libre de impurezas tales como materia orgánica y tierra según los lineamientos de la Norma ASTM C-136.
- ✓ El Cemento para mortero debe de estar libre de grumos para obtener una mezcla homogénea de los materiales y una resistencia adecuada según la utilidad del mortero, cumpliendo con la Norma ASTM C- 91.
- ✓ El mortero para mampostería por su resistencia a compresión y contenido de aire, cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-270, para un mortero tipo M.
- ✓ La cantidad de agua utilizada y las condiciones ambientales durante la elaboración del mortero elaborado en campo, fueron determinantes para que dichos morteros sufrieran diferencia con los resultados obtenidos en el laboratorio.
- ✓ Se deben seguir las especificaciones técnicas que establecen las Normas ASTM referentes a mortero para evitar problemas en la construcción de Obras Civiles.
- ✓ El uso de mano de obra no capacitada y técnicas constructivas irregulares, contribuyen a la reducción de la resistencia a compresión del mortero elaborado en campo, de acuerdo a la investigación, el uso del contenido óptimo del agua, se considera como el más adecuado a partir de la

comparación de su comportamiento, que se asemeja a las condiciones de laboratorio, en el caso de la resistencia a compresión.

- ✓ De la hipótesis planteada que consiste en la comparación de los cubos de mortero con los especímenes cilíndricos, se establece que tanto la elaboración de estos en laboratorio y campo, el cubo es el que obtiene la mayor resistencia a compresión según las especificaciones técnicas que establece la Norma ASTM C-270.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe explorar el lugar por medio de un mapeo geológico detallado para confirmar las reservas de material.
- ✓ Considerar un plan de manejo de explotación racional del banco de Materiales.
- ✓ Realizar ensayos a los agregados, periódicamente, por parte del propietario, para controlar la calidad del agregado que se vende.
- ✓ Las empresas encargadas de la extracción de arena deben seguir los lineamientos que establece el Medio Ambiente para evitar la erosión del suelo y así evitar la destrucción de la flora y fauna.
- ✓ Realizar otros trabajos de investigación con respecto a la adherencia, utilizando prismas de mampostería.
- ✓ En general, para trabajos de investigación que se desarrollen posteriormente y relacionados al área de mampostería, se recomienda utilizar otros tipos diferentes de materiales, que podrían ser artesanales o industriales para observar sus distintas variaciones.
- ✓ Se sugiere al ISCYC ampliar la investigación, utilizando arena de diferentes bancos de materiales que sean representativos en el ámbito de la construcción en El Salvador
- ✓ Se sugiere a la Universidad de El Salvador mejorar las instalaciones del laboratorio de materiales y suelos; Así como actualizar la maquinaria y materiales para investigaciones futuras, tanto de concreto como de mortero.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.01, 04.02 Y 04.05 EEUU. 2002
2. Barahona Garrido, Rubén, Evaluación de Morteros Premezclados para levantado en Guatemala. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, marzo de 1999.
3. Al Isberner, “Como Especificar y utilizar Mortero para Mampostería”, Spanish language Edition, The Aberdeen Group, 1994.
4. Ecuté Bantes, Francisco Javier, Evaluación de Variabilidad de las Propiedades de los Agregados de dos Plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Uman. Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, julio de 2003.
5. Macal Domínguez, Jorge Francisco, Morteros de Levantado para Mampostería En Área Urbanas. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mayo de 1988.
6. Nitsch Pineda, Juan Estuardo, Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural de mampostería. Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, noviembre de 1985.
7. Pinto Alonzo, Carlos Enrique, Caracterización de Bancos para Agregados de Concreto y Morteros, Ubicados en los Municipios de Tactic y San Cristóbal Verapaz, En El Departamento de Alta Verapaz. Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, octubre de 2004.
8. Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5ª ed. Colombia: Bhandar editores Ltda., 2001.
9. Juan Estuardo Nitsch, Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural en mampostería. (Guatemala: tesis, 1985)
10. Carlos Wagner, “El Tubo Karsten”, Revista Bit, Septiembre 2000
11. Colin C. Munro, “Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería”, Revista The Aberdeen Group, 1994.
12. Christine Beall, “Mortero cómo especificar y utilizar mortero para mampostería”, Revista The Aberdeen Group, 1994.

13. Barahona Rubén, Evaluación de los Morteros Premezclados para Levantado en Guatemala. Revista The Aberdeen Group, 1998.

14. Macal Jorge, Morteros de Levantado para Mampostería en Áreas urbanas. (Guatemala: tesis, 1990).

15. Rubén Barahona Garrido. Evaluación de los morteros premezclados para levantado en Guatemala. (Guatemala: tesis, 1999).

16. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO I.N.V. E – 410 Hoja de pruebas realizadas por Barahona Rubén. Revista The Aberdeen Group, 1998.

17. Elaboración y curado en obra de especímenes de concreto. Editado por el instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C Noviembre, 2010.

18. CARACTERIZACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE MORTEROS UTILIZANDO AGREGADO DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL, ALTA VERAPAZ  
Sergio Gabriel Gómez Con Asesorado por el Ing. Civil Sergio Vinicio Castañeda Lemus Tesis de graduación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, marzo de 2006

19. Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. Guía de Construcciones a base de Cemento. El Salvador, 74 páginas, 2001.

20. Ministerio de Obras Públicas.  
Norma Técnica para Control de Calidad de los Materiales Estructurales. El Salvador, 56 páginas, 1997.

21. Ministerio de Obras Públicas.  
Norma Técnica para Diseño y Construcción Estructural de Mampostería. El Salvador, 34 páginas, 1997



## **GLOSARIO**

### **Aditivo:**

Es un producto químico que se dosifica en baja proporción en el concreto, para modificar alguna de sus propiedades y adecuarlo al fin que se destine.

### **Agregado**

Es el material inerte que, unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos se dividen según su tamaño en finos y gruesos, el límite es el tamiz de 4.75 mm de abertura.

### **Agregado Fino:**

Agregado que pasa por el tamiz 9.5mm (3/8 pulg.), pasa casi totalmente por el tamiz de 4.75mm (Nº4) y se retiene predominantemente en el tamiz de 75mm (Nº200).

### **Arena:**

Material granular que atraviesa el tamiz de 9.5 mm (3/8”), y es predominantemente retenido sobre el tamiz de 75 µm (No. 200); es el resultado de la desintegración y abrasión natural de las rocas o del procesamiento de areniscas totalmente desmenuzables.

### **ASTM**

Siglas en inglés que corresponden a la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - Sociedad americana para ensayos y materiales.

### **Banco de Materiales:**

Aquel lugar en la corteza terrestre constituido por roca o material granular (arena, grava, arcilla, etc.) susceptibles de ser utilizados en la construcción.

### **Brechas**

Son conglomerados que se forman en los tramos altos de los ríos a base de cantos grandes y angulosos, los cuales no se han visto sometidos al desgaste producido por un transporte prolongado.

### **Caliza**

Son rocas de origen sedimentario compuestas por calcitas en su mayor parte. El mármol, también, está muy relacionado con ella.

**Caliza dolomítica**

Calizas formadas por el carbonato doble de calcio y magnesio. Es más común que la verdadera caliza.

**Caliza silíceas**

Rocas calcáreas, que contienen cal, con cantidades variables de sílice amorfa.

**Cemento de Albañilería:**

Cementante hidráulico, muy trabajable, que se usa para pegar tabiques, ladrillo y rocas entre sí, para revestimientos, afinados, etc.

**Condición Saturada y Superficialmente Seca (SSS):**

Es la condición ideal del agregado, donde la humedad es equivalente a la absorción.

**Consistencia:**

Es la propiedad que define la trabajabilidad del mortero, y se consigue mediante la adición de cantidades óptimas de los componentes del mismo y bajo condiciones de colocación ya establecidas.

**Curado:**

Tratamiento que se da al mortero o concreto recién colado, para asegurar la disponibilidad permanente de agua que permita el progreso de las reacciones químicas entre el cemento y el agua.

**Dosificación:**

Proceso que consiste en pesar o medir volumétricamente los ingredientes del mortero (Cemento, arena y agua, y ocasionalmente aditivo), e introducirlos al mezclador.

**Ensayo:**

Son los pasos a seguir en laboratorios para comprobar la calidad de materiales.

**Fraguado:**

Cambio del estado fluido al estado rígido de una pasta de cemento, mortero o concreto. Implica pérdida de plasticidad.

**Granulometría:**

Es la distribución por tamaños de las partículas de los agregados, generalmente expresado en porcentaje.

**Gravedad Específica:**

Relación entre el peso en aire de una unidad de volumen de agregado, al peso de un volumen igual de agua destilada, en un mismo estado de temperatura.

**Mampostería:**

Obra de albañilería elaborada con piezas de construcción, como piedra, bloques, etc. unidas entre sí con algún adhesivo.

**Molde:**

Son las piezas que se utilizan para dar forma o cuerpo a una cosa.

**Picnómetro:**

Es un instrumento de vidrio utilizado para determinar la densidad de líquidos con mayor precisión. Su característica principal es la de mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior, lo cual sirve para comparar las densidades de dos líquidos pesando el picnómetro con cada líquido por separado y comparando sus masas.

**Relación Agua/Cemento (A/C):**

Relación que se obtiene de dividir el peso del agua, entre el peso del cemento de la mezcla. A mayor relación menor resistencia mecánica y menor durabilidad.

**Revolvedora:**

Equipo que se usa para mezclar los agregados, el cemento y el agua, para la producción de un mortero o concreto fresco.

**Tamiz:**

Instrumento similar a una coladera, que se usa para separar las partículas gruesas de las finas, que integran un conjunto o una mezcla.

**Volumen extraído**

Es aquella porción de recurso medido que ya ha sido extraído, de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero, derivado de un plan minero.

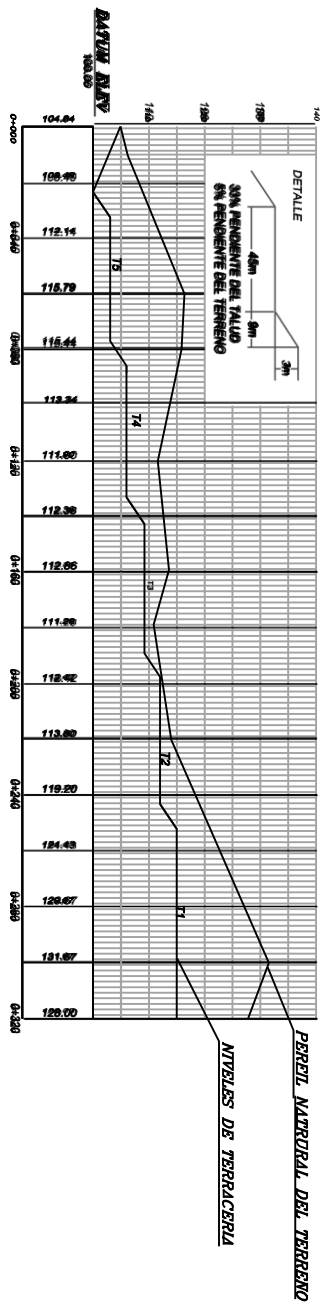
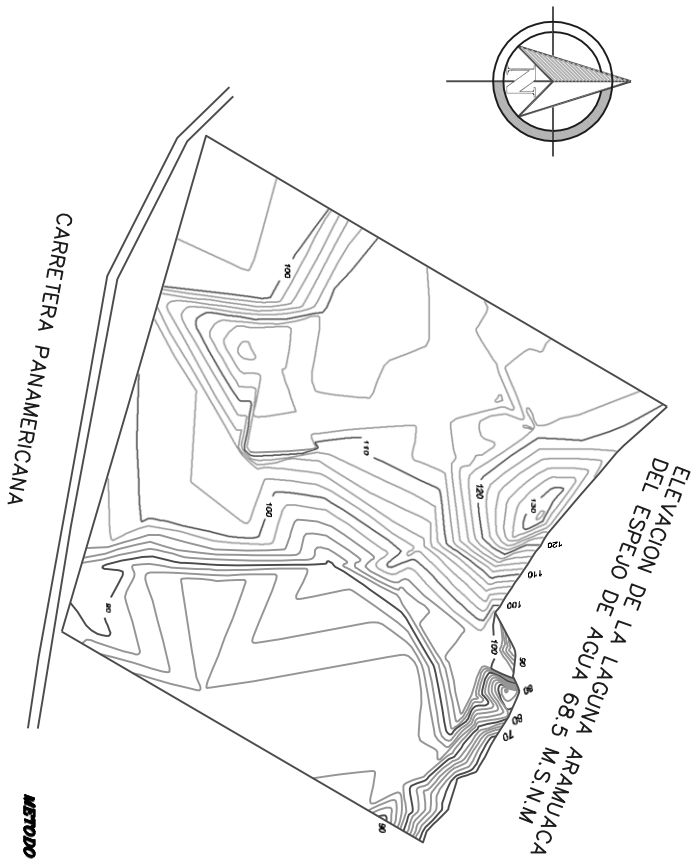
**Volumen de reserva**

Es aquella porción de recurso medido extraíble, de acuerdo a un escenario Productivo, medioambiental, económico y financiero, derivado de un plan minero.

# ANEXOS

---

**ANEXO A:**  
**PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO**



METODO DE EXPLORACION A CIELO ABIERTO. CANTERA DEL SR.ISRAEL DIAZ MONTANO N° 4

PROYECTO: PLANO DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	PROPIETARIO: ISRAEL DIAZ MONTANO	CONTENIDO: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA DEL DEL TERRENO	DIBUJO: JOSE ANTONIO ALAS QUINTEROS JOSE JONAS CANAS CONTRERAS VICTOR MANUEL VASQUEZ REYES	ESCALA: 1 : 750	AREA : 106100.65 M2 151811.21 V2	FIRMA Y SELLO	Nº DE HO. 1/1
UBICACION: CANTON MIRAFLORES MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, DEP. DE SAN MIGUEL	EMPESA: PETREOS. SA DE CV		FECHA: AGOSTO DE 2012				

**ANEXO B:**  
**ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS BANCOS**  
**DE LA ZONA ORIENTAL**





**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**  
**Laboratorio de Investigaciones del ISCC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
**ASTMC – 136**

Proyecto: Determinación de la resistencia a compresión de mortero para mampostería utilizando especímenes cilíndricos y cubos con agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca, San Miguel.

Ubicación: Cantón Miraflores, Municipio San Miguel, Departamento de San Miguel

Tipo de Muestra: Agregado fino

Fecha de ensayo: 11 de junio del 2012

Laboraristas: Ronald Pineda

Reviso: Ronald Pineda

Observaciones: \_\_\_\_\_

MODULO DE FINURA =  $\frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{261.30}{100}$  **M.F. = 2.61**

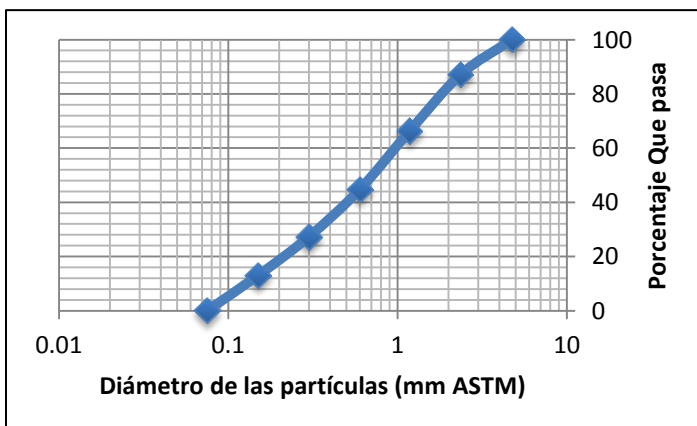
**HOJA DE LABORATORIO**

**MASA TARA g= 127.8**

**MASA TARA + MUESTRA, g= 1127.8**

**MASA MUESTRA, g= 1000**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					Rangos ASTM C-144
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	127.60	12.90	12.90	87.10	95 – 100
N° 16	205.90	20.80	33.70	66.30	70 – 100
N° 30	212.75	21.50	55.10	44.80	40 – 75
N° 50	174.20	17.50	72.70	27.30	10 – 35
N° 100	141.70	14.30	87.00	13.00	2 – 15
N° 200	129.45	13.00	100.00	0.00	0 – 5



**Gráfico para curva Granulométrica de Agregado Fino procedente del Banco de Aramuaca**



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**  
**Laboratorio de Investigaciones del ISCC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

**ASTMC – 136**

Proyecto: Determinación de la resistencia a compresión de mortero para mampostería utilizando especímenes cilíndricos y cubos con agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca, San Miguel.

Ubicación: Municipio El Carmen, Departamento La Unión

Tipo de Muestra: Agregado fino

Fecha de ensayo: 11 de junio del 2012

Laboratoristas: Ronald Pineda

Reviso: Ronald Pineda

Observaciones: \_\_\_\_\_

MODULO DE FINURA =  $\frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{285.96}{100}$  **M.F. = 2.86**

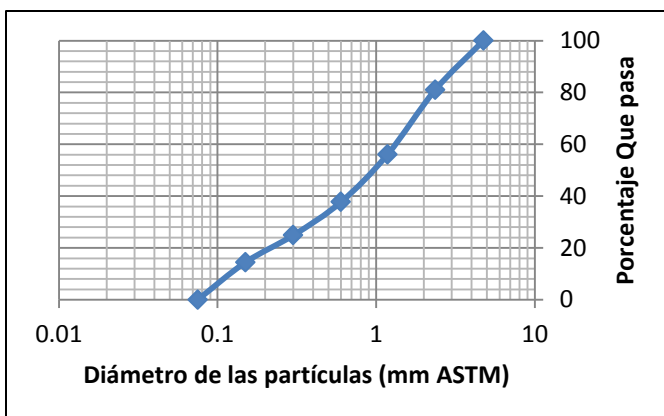
**HOJA DE LABORATORIO**

**MASA TARA g= 127.8**

**MASA TARA + MUESTRA, g= 1127.8**

**MASA MUESTRA, g= 1000**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					Rangos ASTM C-144
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 8	189.90	18.99	18.99	81.01	95 – 100
N° 16	249.41	24.94	43.93	56.07	70 – 100
N° 30	183.79	18.38	62.31	37.69	40 – 75
N° 50	128.45	12.84	75.15	24.85	10 – 35
N° 100	104.10	10.41	85.56	14.44	2 – 15
N° 200	144.35	14.44	100.00	0.00	0 – 5



**Gráfico para curva Granulométrica de Agregado Fino procedente de la Cantera AGRESAL S.A de C.V.**



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**  
**Laboratorio de Investigaciones del ISCC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel.  
 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**  
**ASTMC – 136**

Proyecto: Determinación de la resistencia a compresión de mortero para mampostería utilizando especímenes cilíndricos y cubos con agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca, San Miguel.

Ubicación: Municipio de Nueva Guadalupe, Departamento de San Miguel

Tipo de Muestra: Agregado fino

Fecha de ensayo: 11 de junio del 2012

Laboratoristas: Ronald Pineda

Reviso: Ronald Pineda

Observaciones: \_\_\_\_\_

MODULO DE FINURA =  $\frac{\% \text{ acumulado retenido desde la malla N}^\circ 4 \text{ a N}^\circ 100}{100} = \frac{292.30}{100}$  **M.F. = 2.92**

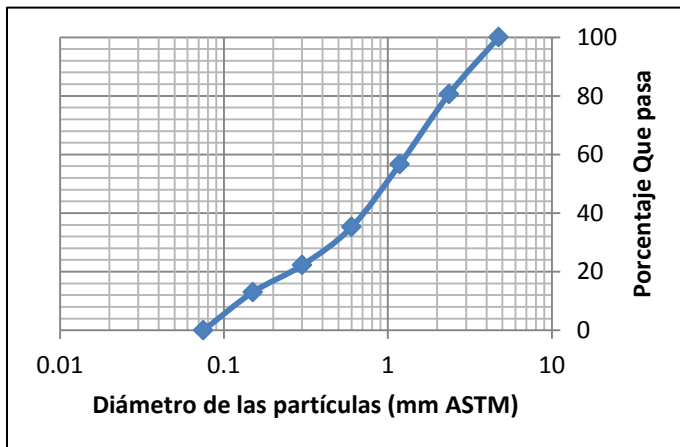
**HOJA DE LABORATORIO**

**MASA TARA g= 127.8**

**MASA TARA + MUESTRA, g= 1127.8**

**MASA MUESTRA, g= 1000**

MALLA	M.RETENIDO PARCIAL(g)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					<b>Rangos ASTM C-144</b>
<b>N° 4</b>	0.00	0.00	0.00	100.00	100
<b>N° 8</b>	194.16	19.40	19.40	80.60	95 – 100
<b>N° 16</b>	239.60	24.00	43.40	56.60	70 – 100
<b>N° 30</b>	213.75	21.40	64.80	35.20	40 – 75
<b>N° 50</b>	130.04	13.00	77.80	22.20	10 – 35
<b>N° 100</b>	92.40	9.20	87.00	13.00	2 – 15
<b>N° 200</b>	130.05	13.00	100	0.00	0 – 5



**Gráfico para curva Granulométrica de Agregado Fino procedente de la Cantera La Pedrera.**

**ANEXO C:**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL  
AGREGADO FINO DEL BANCO DE LA LAGUNA DE  
ARAMUACA.**



## INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

### Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

#### ASTM C – 128

Proyecto: Determinación de la resistencia a compresión de mortero para mampostería utilizando especímenes cilíndricos y cubos con agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca, San Miguel.

Ubicación: Cantón Miraflores, Municipio San Miguel, Departamento de San Miguel

Tipo de Muestra: Agregado fino

Fecha de ensayo: 12 de junio del 2012

Laboratoristas: Ronald Pineda

Revisó: Ronald Pineda

Observaciones: \_\_\_\_\_

### HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA N° 1		MUESTRA N° 2	
S MASA DE LA MUESTRA SSS(g):	500.00	S MASA DE LA MUESTRA SSS(g):	500.00
B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1443.10	B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1442.30
C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1745.50	C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1742.00
MASA SECA DE LA MUESTRA + TARA(g):	711.10	MASA SECA DE LA MUESTRA + TARA(g):	708.80
MASA TARA(g):	226.70	MASA TARA(g):	224.80
A MASA SECA DE LA MUESTRA (g):	485.10	A MASA SECA DE LA MUESTRA (g):	484.00
AGUA(gr)	15	AGUA(gr)	16
ABSORCIÓN (%)	3.10	ABSORCIÓN (%)	3.30
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.45	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.42
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.53	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.50
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2.44	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2.52
ABSORCIÓN PROMEDIO (%): <b>3.20</b>			

**ANEXO D:**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
CILINDROS ELABORADOS EN LABORATORIO**



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**

**Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

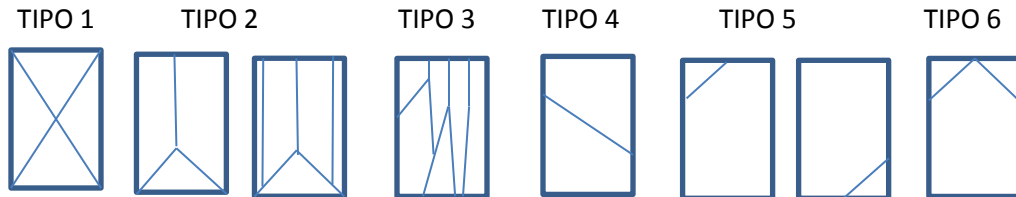
Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION**

**ASTM C – 39**

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros 6 x 12 pulg.												
1	12-06-12	15-06-12	3	118	15.2	30.5	181.5	12007	2168.99	15800	87.05	2
2	12-06-12	15-06-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11800	2131.60	15410	84.90	6
3	12-06-12	19-06-12	7	118	15.2	30.5	181.5	12040	2174.95	26150	144.00	6
4	12-06-12	19-06-12	7	118	15.1	30.5	179.1	11770	2154.67	22550	125.90	6
5	12-06-12	10-07-12	28	118	15.2	30.5	181.5	12061	2178.75	28000	154.27	5
6	12-06-12	10-07-12	28	118	15.2	30.5	181.5	11869	2144.06	29500	162.53	5

TIPO DE FALLA:



FORMULAS:

Peso Volumétrico:  $\text{Peso (g)} / \text{Alt (cm)} * \text{Área (cm}^2) * 1000 = \text{kg/m}^3$

Resistencia a la compresión:  $\text{Carga (Kg)} / \text{Área (cm}^2) = \text{kg/cm}^2$

1 MPa= 9.81 kg/cm<sup>2</sup>





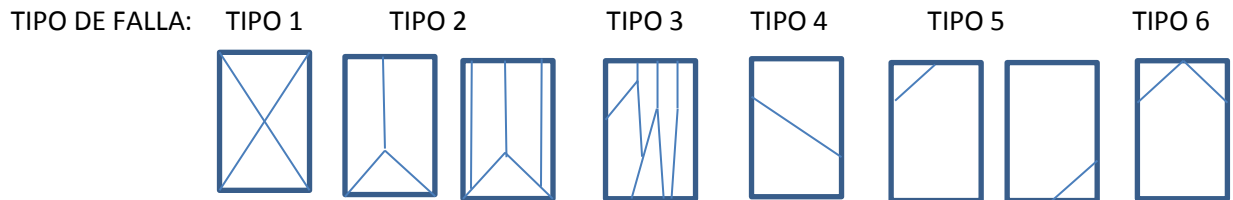
**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**

**Laboratorio de Investigaciones del ISCC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION  
ASTM C – 39**

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros 4 x 8 pulg.												
1	12-06-12	15-06-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3442	2105.91	8130	101.5	6
2	12-06-12	15-06-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3480	2129.16	8130	101.5	5
3	12-06-12	15-06-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3457	2115.09	7830	97.73	5
4	12-06-12	19-06-12	7	118	10	20.4	78.5	3480	2173.09	10600	135.03	6
5	12-06-12	19-06-12	7	118	10	20.4	78.5	3455	2157.49	10890	138.73	6
6	12-06-12	19-06-12	7	118	10	20.4	78.5	3457	2158.74	11350	144.58	4
7	12-06-12	10-07-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3465	2119.98	13250	165.38	2
8	12-06-12	10-07-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3456	2114.47	13550	169.12	2
9	12-06-12	10-07-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3467	2121.20	13550	169.12	5



**FORMULAS:**

Peso Volumétrico:  $\text{Peso (g)} / \text{Alt (cm)} * \text{Área (cm}^2) * 1000 = \text{kg/m}^3$

Resistencia a la compresión:  $\text{Carga (Kg)} / \text{Área (cm}^2) = \text{kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa} = 9.81 \text{ kg/cm}^2$

**ANEXO E:**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS**  
**ELABORADOS EN LABORATORIO.**



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**  
**Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ESFUERZO DE COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRAULICO (USANDO CUBOS DE 2")**  
**ASTM C – 109**

Proyecto: Determinación de la resistencia a compresión de mortero para mampostería utilizando especímenes cilíndricos y cubos con agregados del banco de arena: Laguna de Aramuaca, San Miguel.

Ubicación: Cantón Miraflores, Municipio San Miguel, Departamento de San Miguel

Cemento: Tipo CESSA Cuscatlán ASTM C- 91 Tipo M

Agregado: Agregado fino

Proporción: 1:3

Fecha de elaboración de cubos: 12 - 06 -12

Laboratoristas: Ronald Pineda

		Dosificación 1:3										
Cemento(gr.) 500		Arena(gr.) 1545						Agua(ml.)300				
		% fluidez: 118			A/C=0.6							
#	Fecha de ruptura	Edad días	Ancho pulg.	Largo pulg.	Área pulg <sup>2</sup> .	Carga lb	Esfuerzo psi.	Carga kg	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup> .	Promedio psi.	Esfuerzo Mpa.	Promedio Mpa.
1	15-06-12	3	2.00	2.00	4.00	6812,28	1703.07	3090	119.72	1679.19	12.20	12.03
2			2.00	2.00	4.00	6525,68	1631.42	2960	114.68		11.69	
3			2.00	2.00	4.00	6812,28	1703.07	3090	119.72		12.20	
4	19-06-12	7	2.00	2.00	4.00	8906,67	2226.67	4040	156.53	2246.87	15.96	16.1
5			2.00	2.00	4.00	9546,01	2386.50	4330	167.76		17.10	
6			2.00	2.00	4.00	8509,84	2127.46	3860	149.55		15.24	
7	10-07-12	28	2.00	2.00	4.00	15101,66	3775.42	6850	265.40	3802.97	27.05	27.25
8			2.00	2.00	4.00	15322,13	3830.53	6950	269.27		27.45	
9			2.00	2.00	4.00	15211,89	3802.97	6900	267.34		27.25	

FORMULAS: Área, pulg<sup>2</sup>= Ancho, pulg x Largo, pulg

Esfuerzo de compresión, psi=Carga, lb/Área, pulg<sup>2</sup>

**ANEXO F:**  
**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS**  
**ELABORADOS EN CAMPO.**



## INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

### Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

#### ASTM C – 39

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros 6 x 12 pulg.												
1	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.12	2.06	10600	59.20	6
2	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.06	2.15	7000	39.10	6
3	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.18	2.08	10800	60.30	6
4	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.18	2.08	12000	67.00	4
5	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.02	2.05	8000	44.66	6
6	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.14	2.07	12000	67.00	5
7	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.18	2.08	11000	61.42	2
8	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.08	2.06	8000	44.66	2
9	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.04	2.05	8400	46.90	2
10	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.08	2.06	7000	39.10	6
11	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.18	2.08	11000	61.42	5
12	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.08	2.06	9000	50.25	5
13	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.14	2.07	11000	61.42	4
14	22-08-12	24-08-12	3	118	15.1	30	179.1	11.08	2.06	8000	44.66	5
15	22-08-12	24-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.08	2.08	8000	45.42	5
16	22-08-12	24-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.14	2.10	11000	62.46	2
17	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.08	2.08	9000	51.10	4
18	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.18	2.10	11000	62.46	5
19	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.08	2.08	7000	39.75	6
20	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.04	2.07	8400	47.70	2
21	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.08	2.08	8000	45.42	6
22	23-08-12	25-08-12	3	118	15.0	30.1	176.7	11.18	2.10	11000	62.46	5
23	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.1	181.5	11.14	2.04	12000	66.11	5
24	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.02	2.00	8000	44.10	2
25	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.18	2.02	12000	66.11	5
26	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.18	2.02	10800	59.50	6
27	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.06	2.00	7000	38.56	6
28	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.12	2.00	10600	58.40	6
29	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.18	2.02	11000	60.60	5
30	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.18	2.02	12000	66.11	5
31	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.12	2.00	10600	58.40	6
32	23-08-12	25-08-12	3	118	15.2	30.5	181.5	11.14	2.01	11000	60.60	5



## INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

### Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612  
y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

#### ASTM C – 39

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES- VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros 6 x 12 pulg.												
1	8-08-12	14-08-12	7	118	15.1	30	179.1	11.08	2.06	12000	67.00	5
2	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30.1	176.7	11.22	2.11	14800	84.10	4
3	8-08-12	14-08-12	7	118	15.1	30.1	179.1	11.08	2.05	15000	83.72	5
4	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.04	2.08	15000	85.20	3
5	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.12	2.10	15000	85.20	5
6	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	14800	84.10	5
7	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.20	2.11	15400	87.50	6
8	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.30	2.13	13000	73.80	5
9	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.18	2.11	13200	74.95	5
10	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.14	2.10	12800	72.70	5
11	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.06	2.09	13000	73.82	6
12	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.22	2.12	11000	62.50	2
13	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.12	2.10	11000	62.50	5
14	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.06	2.09	11000	62.50	6
15	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.04	2.08	10000	56.78	5
16	8-08-12	14-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	14000	79.50	5
17	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	10000	56.78	5
18	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.22	2.12	12000	68.15	4
19	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	14800	84.05	5
20	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.04	2.08	15000	85.20	3
21	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.12	2.10	15000	85.20	5
22	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	14800	84.05	5
23	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.20	2.11	15400	87.45	6
24	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.30	2.13	13000	73.82	5
25	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.18	2.11	13200	74.95	5
26	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.14	2.10	12800	72.68	5
27	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.06	2.09	13000	73.82	6
28	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.22	2.12	12800	72.68	2
29	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.12	2.12	15000	85.20	5
30	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.06	2.09	15000	85.20	6
31	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.04	2.08	14800	84.05	5
32	9-08-12	15-08-12	7	118	15	30	176.7	11.08	2.09	14000	79.50	5



# INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO

## Laboratorio de Investigaciones del ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

#### ASTM C – 39

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros 6 x 12 pulg.												
1	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	22600	127.90	5
2	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30.1	176.7	11.22	2.11	23000	130.16	4
3	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30.1	176.7	11.08	2.08	22500	127.33	5
4	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.04	2.08	25000	141.50	3
5	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.12	2.10	24800	140.35	5
6	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	22600	127.90	5
7	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.20	2.11	23500	133.00	6
8	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.30	2.13	24300	137.52	5
9	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.18	2.11	22800	130.00	5
10	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.14	2.10	24500	138.65	5
11	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.06	2.09	25000	141.50	6
12	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.22	2.12	22500	127.33	2
13	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.12	2.10	22600	127.90	5
14	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.06	2.09	24300	137.52	6
15	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.04	2.08	25000	141.50	5
16	3-08-12	30-08-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	22800	130.00	5
17	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	25200	142.15	5
18	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.22	2.12	25300	143.20	4
19	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	22600	127.90	5
20	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.04	2.08	23500	133.00	3
21	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.12	2.10	23800	134.70	5
22	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	24500	138.65	5
23	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.20	2.11	22800	130.00	6
24	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.30	2.13	24800	140.35	5
25	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.18	2.11	25000	141.50	5
26	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.14	2.10	25200	142.15	5
27	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.06	2.09	24800	140.35	6
28	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.22	2.12	22500	127.33	2
29	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.12	2.10	22600	127.90	5
30	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.06	2.09	24300	137.52	6
31	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.04	2.08	25200	142.15	5
32	7-08-12	3-09-12	28	118	15	30	176.7	11.08	2.09	24800	140.35	5



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO****Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION****ASTM C – 39**

CILIND N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros de 4 x 8 pulg.												
1	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5000	62.40	5
2	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6000	74.88	5
3	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5000	62.40	5
4	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6000	74.88	6
5	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	6
6	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	6
7	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	5800	72.40	6
8	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6400	79.88	4
9	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6400	79.88	6
10	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	4000	49.93	6
11	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	5
12	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6400	79.88	5
13	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	4000	49.93	5
14	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5400	67.40	6
15	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	5
16	22-08-12	24-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	5800	72.40	6
17	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5000	62.40	5
18	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6000	74.88	5
19	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5000	62.40	5
20	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6000	74.88	6
21	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	6
22	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	6
23	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	5800	72.40	6
24	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	6400	79.88	4
25	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6400	79.88	6
26	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	4000	49.93	6
27	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	5
28	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6400	79.88	5
29	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	4000	49.93	5
30	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	5400	67.40	6
31	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	6000	74.88	5
32	23-08-12	25-08-12	3	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	5800	72.40	6

**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO****Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION****ASTM C – 39**

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros de 4 x 8 pulg.												
1	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	5
2	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	4
3	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	9000	112.33	3
4	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	5
5	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9000	112.33	5
6	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	7000	87.37	5
7	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	8000	99.85	5
8	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	9000	112.33	5
9	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9000	112.33	5
10	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	8000	99.85	5
11	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	6600	82.37	5
12	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	6400	79.88	4
13	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	7000	87.37	3
14	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	9000	112.33	5
15	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	6000	74.88	5
16	8-08-12	14-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	8000	99.85	5
17	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	5
18	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	4
19	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	9000	112.33	3
20	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	7000	87.37	5
21	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9000	112.33	5
22	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	7000	87.37	5
23	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	8000	99.85	5
24	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	9000	112.33	5
25	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9000	112.33	5
26	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	8000	99.85	5
27	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	6600	82.37	5
28	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.36	2.05	6400	79.88	4
29	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	7000	87.37	3
30	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	9000	112.33	5
31	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	6000	74.88	5
32	9-08-12	15-08-12	7	118	10.1	20.4	80.12	3.38	2.06	8000	99.85	5

**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO****Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**RESISTENCIA A LA COMPRESION****ASTM C – 39**

CILIND. N°	FECHA Colado	FECHA ruptura	EDAD (días)	FLUJO	DIAM (cm)	ALT (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (g)	PES-VOL (Kg/m <sup>3</sup> )	CARGA (Kg)	RESIST (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
Dosificación 1:3												
Cilindros de 4 x 8 pulg.												
1	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11500	143.53	5
2	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11000	137.29	5
3	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11300	141.04	5
4	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	10500	131.05	6
5	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10000	124.82	6
6	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10800	134.79	6
7	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11500	143.53	6
8	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	10000	124.82	4
9	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10500	131.05	6
10	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	9800	122.32	6
11	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10500	131.05	5
12	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10800	134.79	5
13	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9500	118.57	5
14	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10000	124.82	6
15	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11500	143.53	5
16	3-08-12	30-08-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11300	141.04	6
17	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11500	143.53	5
18	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11000	137.29	5
19	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11300	141.04	5
20	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	10500	131.05	6
21	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10000	124.82	6
22	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10800	134.79	6
23	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11500	143.53	6
24	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	10000	124.82	4
25	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10500	131.05	6
26	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.42	2.09	9800	122.32	6
27	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10500	131.05	5
28	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10800	134.79	5
29	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.40	2.08	9500	118.57	5
30	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	10000	124.82	6
31	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.44	2.10	11500	143.53	5
32	7-08-12	3-09-12	28	118	10.1	20.4	80.12	3.46	2.12	11300	141.04	6

**ANEXO G:**  
**RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN DE CUBOS**  
**ELABORADOS EN CAMPO.**



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**

**Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ESFUERZO DE COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRAULICO (USANDO CUBOS DE 2")**

**ASTM C – 109**

Dosificación 1:3												
% fluidez: 118						A/C=0.6						
#	Fecha de ruptura	Edad días	Ancho pulg.	Largo pulg.	Área pulg <sup>2</sup> .	Carga lb	Esfuerzo psi.	Carga kg	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup> .	Promedio psi.	Esfuerzo Mpa.	Promedio Mpa.
1	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48	1091.97	7.89	7.82
2	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
3	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
4	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
5	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
6	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
7	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
8	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
9	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
10	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
11	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
12	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
13	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
14	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
15	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
16	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
17	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
18	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
19	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
20	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
21	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
22	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
23	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
24	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
25	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
26	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
27	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
28	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
29	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
30	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	

31	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48	1091.97	7.89	7.82
32	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
33	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
34	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
35	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
36	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
37	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
38	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
39	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
40	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
41	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
42	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
43	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
44	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
45	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4188,78	1047.19	1900	73.61		7.50	
46	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
47	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	
48	31-07-12	3	2.00	2.00	4.00	4409,24	1102.31	2000	77.48		7.89	



**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**  
**Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ESFUERZO DE COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRAULICO (USANDO CUBOS DE 2")**  
**ASTM C – 109**

Dosificación 1:3												
% fluidez: 118						A/C=0.6						
#	Fecha de ruptura	Edad días	Ancho pulg.	Largo pulg.	Área pulg <sup>2</sup> .	Carga lb	Esfuerzo psi.	Carga kg	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup> .	Promedio psi.	Esfuerzo Mpa.	Promedio Mpa.
1	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48	1605.23	11.06	11.50
2	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
3	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
4	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
5	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
6	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
7	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
8	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
9	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
10	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
11	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
12	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
13	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
14	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
15	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
16	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
17	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
18	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
19	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
20	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
21	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
22	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
23	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
24	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
25	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
26	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
27	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
28	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	

29	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23	1605.23	11.85	11.50
30	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
31	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
32	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
33	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
34	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
35	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
36	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
37	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
38	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
39	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
40	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
41	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
42	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
43	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
44	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
45	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
46	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6172,94	1543.23	2800	108.48		11.06	
47	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	
48	03-08-12	7	2.00	2.00	4.00	6613,86	1653.46	3000	116.23		11.85	





**INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO**

**Laboratorio de Investigaciones del ISCYC**

Urb. Madre Selva, 3ª etapa, Av. El Espino y Boulevard Sur, Ant. Cuscatlán, La Libertad Tel. 2505-0612 y 2505-0163 Fax. 2505-0164.

**ESFUERZO DE COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTOS HIDRAULICO (USANDO CUBOS DE 2")**

**ASTM C – 109**

Dosificación 1:3												
% fluidez: 118						A/C=0.6						
#	Fecha de ruptura	Edad días	Ancho pulg.	Largo pulg.	Área pulg <sup>2</sup> .	Carga lb	Esfuerzo psi.	Carga kg	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup> .	Promedio psi.	Esfuerzo Mpa.	Promedio Mpa.
1	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22	2516.94	18.17	18.04
2	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
3	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
4	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
5	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
6	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
7	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
8	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
9	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
10	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
11	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
12	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
13	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
14	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
15	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
16	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
17	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
18	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
19	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
20	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
21	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
22	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
23	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
24	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
25	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
26	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
27	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
28	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
29	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
30	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	

31	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22	2516.94	18.17	18.04
32	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
33	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
34	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
35	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
36	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
37	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
38	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
39	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
40	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
41	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
42	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
43	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
44	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
45	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
46	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	
47	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	9920,80	2480.20	4500	174.35		17.77	
48	13-09-12	28	2.00	2.00	4.00	10141,26	2535.31	4600	178.22		18.17	

**ANEXO H:**  
**ACI 318 CAP.5 DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA**  
**MUESTRA.**

## REGLAMENTO

## COMENTARIO

## 5.3.1 — Desviación estándar de la muestra

5.3.1.1 — Cuando una planta de concreto tiene registros de ensayos de menos de 12 meses de antigüedad, debe establecerse una desviación estándar  $s_s$  de la muestra. Los registros de ensayos a partir de los cuales se calcula  $s_s$  deben cumplir las siguientes condiciones:

- (a) Representar materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones similares a las esperadas, y las variaciones de los materiales y de las proporciones dentro de la muestra no deben haber sido más restrictivas que las de la obra propuesta.
- (b) Representar un concreto producido para que cumpla con una resistencia o resistencias a la compresión especificadas, dentro de 7 MPa de  $f'_c$ .
- (c) Consistir al menos de 30 ensayos consecutivos, o de dos grupos de ensayos consecutivos totalizando al menos 30 ensayos como se define en 5.6.2.4, excepto por lo especificado en 5.3.1.2.

5.3.1.2 — Cuando la instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos que se ajusten a los requisitos de 5.3.1.1(c), pero si tenga un registros de ensayos de menos de 12 meses de antigüedad, basados en 15 a 29 ensayos consecutivos, se debe establecer la desviación estándar de la muestra  $s_s$  como el producto de la desviación estándar de la muestra calculada y el factor de modificación de la tabla 5.3.1.2. Para que sean aceptables, los registros de ensayos deben ajustarse a los requisitos (a) y (b) de 5.3.1.1, y deben representar un solo registro de ensayos consecutivos que abarque un período no menor de 45 días calendario consecutivos.

es la dosificación de la mezcla requerida para producir esa resistencia promedio, ya sea mediante mezclas de prueba o un adecuado registro de experiencias. La figura 5.3 es un diagrama de flujo que resume la selección de mezclas y el procedimiento de documentación. La mezcla seleccionada debe producir una resistencia promedio considerablemente más alta que la resistencia especificada  $f'_c$ . El nivel de sobre resistencia requerido depende de la variabilidad de los resultados de los ensayos.

## R5.3.1 — Desviación estándar de la muestra

Cuando una planta de concreto tenga un registro adecuado de 30 ensayos consecutivos con materiales y condiciones similares a las esperadas, la desviación estándar de la muestra,  $s_s$ , se calcula a partir de dichos resultados de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$s_s = \left[ \frac{\sum (x_j - \bar{x})^2}{(n-1)} \right]^{1/2}$$

donde:

- $s_s$  = desviación estándar de la muestra, MPa
- $x_j$  = ensayo individual de resistencia como se define en 5.6.2.4 del Reglamento
- $\bar{x}$  = promedio de  $n$  resultados de ensayos de resistencia
- $n$  = número de ensayos consecutivos de resistencia

La desviación estándar de la muestra se emplea para determinar la resistencia promedio requerida en 5.3.2.1.

Cuando se emplean dos registros de ensayos para obtener los 30 ensayos mínimos, la desviación estándar de la muestra empleada debe ser el promedio estadístico de los valores calculados de cada registro de ensayos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\bar{s}_s = \left[ \frac{(n_1-1)(s_{s1})^2 + (n_2-1)(s_{s2})^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \right]^{1/2}$$

donde:

- $\bar{s}_s$  = promedio estadístico de la desviación estándar cuando se emplean dos registros de ensayos para calcular la desviación estándar de la muestra.
- $s_{s1}, s_{s2}$  = desviaciones estándar de la muestra calculadas de dos registros de ensayos, 1 y 2, respectivamente.
- $n_1, n_2$  = número de ensayos en cada registro de ensayos, respectivamente.

Cuando se dispone de menos de 30 ensayos, pero con un mínimo de 15, la desviación estándar de la muestra calculada se incrementa por el factor indicado en la tabla 5.3.1.2. Este

**ANEXO I:**

**SECCION 3.3 NORMA TECNICA PARA DISEÑO  
ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERIA**

**SECCION 4.5 NORMA TECNICA PARA CONTROL DE  
CALIDAD DE MATERIALES ESTRUCTURALES.**

### 3.3 MORTERO

**3.3.1** El mortero debe cumplir con lo que establece el Capítulo 4 de la "Norma Técnica para Control de Calidad de Materiales Estructurales".

**3.3.2** Los tipos de mortero se designan con las letras **M** y **S**, según su uso, así:

El tipo **M** debe usarse en edificaciones de más de 2 plantas y estructuras bajo el nivel del terreno tales como fundaciones, muros, cisternas, piscinas y sótanos.

El tipo **S** puede usarse en viviendas de una y dos plantas.

En la TABLA 3.3 se especifican las dosificaciones por volumen de los materiales a usarse para los distintos tipos de mortero.

**3.3.3** La resistencia promedio a la compresión a los 28 días no debe ser menor de 175 kg/cm<sup>2</sup> para mortero tipo **M** y de 125 kg/cm<sup>2</sup> para mortero tipo **S**.

**TABLA 3.3**  
**PROPORCIONES POR VOLUMEN PARA MORTERO**

Mortero	Tipo	Cemento Portland	Cemento Mampostería		Cal	Agregado
			M	S		
Cemento Portland y Cal	M	1	---	---	1/4	≥2 1/4 y ≤3 veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.
	S	1	---	---	1/4 a 1/2	
Cemento de Mampostería	M	---	1	---	---	
	S	---	---	1	---	

#### 4.3 MORTERO

4.3.1 Los tipos de mortero se identifican con las letras M y S. La Tabla 4.1 indica los tipos de mortero a usarse en las diferentes clases de construcción.

4.3.2 Las proporciones de los ingredientes y cualquier aditivo, se basarán en la experiencia de campo o laboratorio en las que se hayan usado los mismos tipos de ingredientes del mortero e igual tipo de unidades de mampostería. Los contenidos de agua se ajustarán para proveer adecuada trabajabilidad, bajo las condiciones existentes en el campo.

En todo caso debe garantizarse una resistencia mínima a la compresión de 175kg/cm<sup>2</sup> para morteros M y de 125 kg/cm<sup>2</sup> para morteros S. Cuando las proporciones de los ingredientes no se hayan establecido en el laboratorio o con experiencias de campo, deberán usarse, según el tipo de mortero, las que se dan en la tabla 4.2.

4.3.3 La relación entre el volumen de arena y la suma de los volúmenes de los cementantes, en los morteros que se empleen para mampostería de piedra natural, no será menor de 2.25 ni mayor de 5.

## 2 NORMA TECNICA PARA CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES ESTRUCTURALES

**TABLA 4.1**  
**MORTEROS TIPO PARA DISTINTAS**  
**CLASES DE CONSTRUCCIONES**

Mortero Tipo	Clase de Construcción
M	Mampostería sujeta a altas cargas de compresión o altas cargas laterales por presiones de tierra viento o terremoto. Estructuras bajo el nivel del terreno, fundaciones, muros, cisternas, piscinas y sótanos.
S	Estructuras que requieran una resistencia alta al esfuerzo de adherencia, sujetas a cargas laterales y de compresión normales.

**TABLA 4.2**  
**PROPORCIONES POR VOLUMEN PARA MORTERO**

Mortero	Tipo	Cemento Portland	Cemento Mampostería		Cal	Agregado
			M	S		
Cemento y Cal	M	1	-	-	1/4	≥2¼ y ≤3 veces la suma de los volúmenes de los cementantes.
	S	1	-	-	¼ a ½	
Cemento de Mampostería	M	-	1	-	-	
	S	-	-	1	-	

**ANEXO J:**  
**TRADUCCION LIBRE DE NORMAS ASTM.**



## Método de Prueba Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción de Agregado Fino

### 1. Ámbito

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregado grueso. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad (kg/m<sup>3</sup> (lb/ft<sup>3</sup>)) es expresada como secada al horno (OD), saturada superficialmente seca (SSS), o como densidad aparente. Asimismo, densidad relativa (gravedad específica), una cantidad a dimensional, es expresada como OD, SSS, o densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad OD y densidad relativa OD son determinadas después de secar el agregado. La densidad SSS, densidad relativa SSS, y absorción son determinadas después de sumergir el agregado en agua por una duración prescrita.

1.2 Este método de prueba es usado para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y provee un valor promedio representando la muestra. Distinción es hecha entre la densidad de las partículas de agregado como se determina por este método de prueba, y la densidad de masa de agregados como se determina por el método de prueba C29/C29M, el cual incluye en volumen de vacíos entre las partículas de agregado.

1.3 Este método de prueba no es destinado a ser usado para ser usado con agregado ligero.

1.4 Los valores declarados en unidades SI son para ser considerados parte del estándar para conducir la prueba. Los resultados de la prueba para densidad tendrán que ser reportados en cualquier unidades SI o lb-in, como sea apropiado para el uso a ser hecho de los resultados,

1.5 El texto de las notas de referencia de este método de prueba y notas al pie las cuales proporcionan material explicatorio. Estas notas y notas al pie (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no tendrán que ser consideradas como requerimientos en este método de prueba.

1.6 *Este estándar no tiene propósito de direccionar en todo lo concerniente a seguridad, si alguna, asociada con su uso. Es la responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas apropiadas de seguridad y*

*salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previo al uso.*

### 2. Documentos de Referencia.

#### 2.1 Estándares de ASTM:

C 29/C 29M Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate<sup>2</sup>

C 70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate<sup>2</sup>

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates<sup>2</sup>

C 127 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate<sup>2</sup>

C 188 Test Method for Density of Hydraulic Cement<sup>3</sup>

C 566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying<sup>2</sup>

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials<sup>2</sup>

C 702 Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size<sup>2</sup>

D 75 Practice for Sampling Aggregates<sup>4</sup>

#### 2.2 Estándares de AASHTO:

AASHTO No. T 84 Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates<sup>5</sup>

### 3. Terminología

#### 3.1 Definiciones:

3.1.1 *Absorción, n* – El incremento en masa de agregado debido a la penetración de agua dentro de los poros de las partículas durante un periodo prescrito de tiempo, pero sin incluir agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresada como un porcentaje de la masa seca.

3.1.2 *Secado al horno (OD)*, adj – relacionado a las partículas de agregado, la condición en la cual los agregados han sido secados por calentamiento en un horno a 110±5°C por tiempo suficiente para alcanzar una masa constante.

3.1.4 *Densidad, n* – la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico).

3.1.4.1 *Densidad (OD), n* – la masa de agregado secado al horno por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros permeables e impermeables dentro de las

partículas, pero sin incluir los vacíos entre partículas.

3.1.4.2 *Densidad (SSS)*,  $n$  – la masa de agregado saturado superficialmente seco por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo el volumen de poros impermeables y vacíos llenos con agua dentro de las partículas, pero sin incluir los poros dentro de las partículas.

3.1.4.3 *Densidad Aparente*,  $n$  – la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de agregado.

3.1.5 *Densidad Relativa (Gravedad Específica)*,  $n$  – la relación de la densidad de un material a la densidad de agua destilada a una temperatura estipulada; los valores son adimensionales.

3.1.5.1 *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*,  $n$  – la relación de la densidad (OD) del agregado a la densidad de agua destilada a una temperatura estipulada.

3.1.5.2 *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*,  $n$  – la relación de la densidad (SSS) del agregado a la densidad de agua destilada a una temperatura estipulada.

3.1.6 Para definiciones de otros términos relacionados a agregados ver Terminología C125.

#### **4. Resumen del método de prueba.**

4.1 Una muestra de agregado es inmersa en agua por 24±4h hasta esencialmente llenar los poros. Después es removida del agua, el agua secada de la superficie de las partículas, y la masa determinada. Subsecuentemente, la muestra (o una porción de ella) es colocada en un contenedor graduado y el volumen de la muestra es determinado por el método gravimétrico o volumétrico. Finalmente, la muestra es secada al horno y la masa determinada. Usando los valores de masa así obtenidos y formulas en este método de prueba, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción.

#### **5. Significado y uso**

5.1 La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculos del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas conteniendo agregado, incluyendo concreto de cemento portland, concreto bituminoso, y otras muestras que son proporcionadas o analizadas en una base de volumen absoluto. Densidad relativa (gravedad específica) es también usada en los cálculos de vacío en los agregados en el método de prueba C29/C29M. Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) es usada en la determinación de

la humedad superficial del agregado fino por desplazamiento de agua en el método de prueba C70. Densidad relativa (gravedad específica) (SSS) es usada si el agregado está húmedo, que es, si la absorción ha sido satisfactoria. Viceversa, la densidad relativa (gravedad específica) (OD) es usada para cálculos cuando el agregado es seco o asumido a estar seco.

5.2 La densidad aparente y densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que compone las partículas constituyentes sin incluir el espacio de poros dentro de las partículas el cual es accesible al agua. Este valor no es ampliamente usado en la tecnología de agregados de construcción.

5.3 Valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en el espacio de los poros dentro de las partículas constituyentes, comparado a las condiciones secas, cuando es estimado que el agregado está en contacto con agua lo suficiente para satisfacer la mayoría de la absorción potencial. El estándar de laboratorio para absorción es ese obtenido después de sumergir el agregado seco por un periodo prescrito de tiempo. Agregados extraídos desde abajo del nivel freático comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método de prueba, si son usados sin oportunidad de secar previo al uso. Viceversa, algunos agregados que no han sido mantenidos continuamente en una condición húmeda hasta ser usados son probables a contener una cantidad de humedad absorbida menos que la condición sumergida 24h. Para un agregado que ha estado en contacto con el agua y que está libre de humedad en la superficie de las partículas, el porcentaje de humedad libre es determinado por deducir la absorción del contenido total de humedad determinado por el método de prueba C566.

5.4 Los procedimientos generales descritos en este método de prueba son adaptables para determinar la absorción de agregados que han sido acondicionados diferente del remojo de 24h, tal como agua hervida o saturación de vacío. Los valores obtenidos para absorción por otro método de prueba serán diferentes de los valores obtenidos por el remojo, al igual que la densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

5.5 Los poros en el agregado ligero no son necesariamente llenados con agua después de la inmersión por 24h. En efecto, la absorción potencial de muchos de tales agregados no es satisfecha después de varios días de inmersión en

agua. Por tanto, este método de prueba no es intencionado para uso con agregado ligero.

## 6. Aparatos.

6.1 *Balanza* – Una balanza o escala teniendo una capacidad de 1kg o más, sensitiva a 0.1g o menos, una exactitud dentro de 0.1% de la carga de prueba en algún punto dentro del rango de uso para este método de prueba. Dentro de algún rango de 100g de carga de prueba, una diferencia entre lecturas tendrá que ser exacta dentro de 0.1g.

6.2 *Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico)* – Un matraz u otro contenedor adaptable dentro del cual la muestra de prueba de agregado fino pueda ser fácilmente introducida y en la cual el volumen contenido pueda ser reproducido dentro de  $\pm 0.1\text{cm}^3$ . El volumen del contenedor lleno hasta la marca tendrá que ser al menos el 50% mayor que el espacio requerido para acomodar la mezcla de prueba. Un matraz volumétrico de 500cm<sup>3</sup> de capacidad o una jarra de frutas equipada con una tapa de picnómetro es satisfactoria para una muestra de prueba de 500g de la mayoría de agregados finos.

6.3 *Matraz (para uso con el método volumétrico)* – Un matraz de Lee Chatelier como es descrito en el método de prueba C188 es satisfactorio para una muestra de prueba de aproximadamente 55g.

6.4 *Molde y Apisonador para Prueba de Humedad Superficial* – El molde de metal tendrá que ser en forma de un tronco de un cono y sus dimensiones son como sigue:  $40\pm 3\text{mm}$  de diámetro interior en la tapa,  $90\pm 3\text{mm}$  de diámetro interior en el fondo, y  $75\pm 3\text{mm}$  en altura, con el metal teniendo una delgadez mínima de 0.8mm. El apisonador de metal tendrá que tener una masa de  $340\pm 15\text{g}$  y una cara apisonadora circular plana de  $25\pm 3\text{mm}$  en diámetro.

## 7. Muestra

7.1 Muestrea el agregado en concordancia con la práctica D75. Mezcla a fondo la muestra y redúcela para obtener un espécimen de prueba de aproximadamente 1kg usando el procedimiento aplicable descrito en la práctica C702.

## 8. Preparación del Especimen de Prueba.

8.1 Seca la muestra de prueba en una sartén o recipiente adaptable a una masa constante a la temperatura de  $110\pm 5^\circ\text{C}$ . Permítela enfriar a una temperatura para manipular confortablemente, cúbreala con agua, cualquiera por inmersión o adición de al menos 6% de humedad al agregado fino, y permítelo reposar por  $24\pm 4\text{h}$ .

8.2 Donde los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) son para ser usados en proporcionamiento de mezclas de concreto en la cual los agregados estarán en su condición natural de humedad, el requerimiento en 8.1 para secado inicial es opcional, y, si la superficie de las partículas en la muestra se ha mantenido continuamente húmeda hasta la prueba, los requerimientos en 8.1 para  $24\pm 4\text{h}$  de remojo es también opcional.

Nota 1 – Los valores para absorción y para densidad relativa (gravedad específica) (SSS) deben ser significativamente mayores para agregado no secado al horno antes del remojo que para el mismo agregado tratado en concordancia con 8.1.

8.2 Decanta el exceso de agua con cuidado de evitar la pérdida de fino, extiende la muestra en una superficie plana no absorbente expuesta a un suave movimiento de corriente de aire caliente, y revuelve frecuentemente para asegurar el secado homogéneo. Emplea ayudas mecánicas tales como un mezclador o agitador para ayudar a alcanzar la condición saturada superficialmente seca, si es deseado. Continúa esta operación hasta que el espécimen de prueba alcance una condición libre de fluidez. Sigue el procedimiento en 8.3 para determinarse la humedad superficial está todavía presente en las partículas de agregado fin constituyentes. Has la primera muestra para humedad superficial cuando todavía allá algo de agua superficial en el espécimen de prueba. Continúa secando con agitación constante y prueba a intervalos frecuentes hasta que la prueba indique que el espécimen ha alcanzado una condición superficialmente seca. Si la primera prueba de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, el secado ha pasado la condición saturada superficialmente seca. En este caso, mezcala a fondo unos pocos mililitros de agua con el agregado fino y permite al espécimen reposar en un contenedor cubierto por 30min. Después repite el proceso de secado y probado a intervalos frecuentes para el inicio de la condición saturada superficialmente seca.

8.3 *Prueba para Humedad Superficial* – Sostén el molde firmemente en una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo. Coloca una porción del agregado fino suelto parcialmente secado en el molde llenándolo hasta desbordar y amontonar material adicional en lo alto del molde sosteniéndolo con la copa de los dedos de la mano sosteniendo el molde. Ligeramente apisona el agregado dentro del molde con 25 caídas ligeras del apisonador. Inicia cada

caída aproximadamente 5mm sobre la superficie superior del agregado fino. Permite al apisonador caer libremente bajo la atracción gravitacional de cada caída. Ajusta la altura de inicio a la elevación de cada nivel de superficie después de cada caída y distribuye las caídas sobre la superficie. Remueve la arena suelta desde la base y levanta el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el agregado fino retendrá la forma del molde. Un ligero revenimiento del agregado fino moldeado indica que ha alcanzado una condición superficialmente seca.

8.3.1 Algunos agregados finos con partículas de forma angulosa predominantemente o con una alta proporción de finos que no presentan revenimiento hasta alcanzar la condición superficialmente seca. Prueba dejando caer un puñado de agregado fino desde el cono de prueba sobre una superficie desde una altura de 100 a 150mm, y observa por finos suspendiéndose en el aire; la presencia de finos suspendidos en aire indica este problema. Para estos materiales, considera la condición saturada superficialmente seca como el punto que un lado del agregado fino asienta ligeramente sobre remover el molde.

Nota 2 – Los siguientes criterios han sido también usados en materiales que no asientan fácilmente.

(1) *Cono de Prueba Provisional* – Llena el molde de cono como se describe en 8.3 excepto usando solo 10 caídas del apisonador. Añade más agregado fino y usa 10 caídas del apisonador otra vez. Después añade material dos veces más usando 3 y 2 caídas del apisonador, respectivamente. Nivelas el material con la tapa del molde, remueve el material perdido de la base; y levanta el molde verticalmente.

(2) *Prueba Superficial Provisional* – Si son notados finos disueltos en el aire cuando el agregado fino es tal que no asienta cuando está en condición húmeda, añade más humedad a la arena, y al inicio de la condición superficialmente seca, ligeramente palmea 100g del material sobre una superficie plana, seca, limpia, oscura u opaca no absorbente tal como una hoja de goma, una superficie desgastada oxidada, galvanizada o de acero, o una superficie de metal pintada de negro. Después de 1 o 3s, remueve el agregado fino. Si es mostrada humedad notable en la superficie de prueba por más de 1 a 2s después la humedad superficial es considerada a estar presente en el agregado fino.

(3) Procedimientos colorimétricos descritos por Kandhal & Lee, Highway Research Record No 307, P44.

(4) Para llegar a la condición saturada superficialmente seca en un material de un solo tamaño que asienta cuando esta mojado, pueden ser usadas toallas de papel ásperas para secar superficialmente el material hasta el punto es alcanzado donde el papel toalla no aparenta recoger humedad de la superficie de las partículas de agregado fino.

## 9. Procedimiento.

9.1 Prueba por cualquier procedimiento gravimétrico en 9.2 o volumétrico en 9.3. Has todas las determinaciones de masa a 0.1g.

9.2 *Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro):*

9.2.1 Llena parcialmente el picnómetro con agua. Introduce dentro del picnómetro 500±10g de agregado fino superficialmente seco preparado como se describe en la sección 8, y llena con agua adicional a aproximadamente 90% de la capacidad. Agita el picnómetro como se describe en 9.2.1.1 (manualmente) o 9.2.1.2 (mecánicamente).

9.2.1.1 Manualmente rota, invierte y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire.

Nota 3 – Alrededor de 15 a 20 minutos son requeridos normalmente para eliminar las burbujas de aire por el método manual, sumergir la punta de un papel toalla dentro del picnómetro a sido encontrado útil para dispersar la espuma que a veces sube cuando eliminan las burbujas de aire. Opcionalmente, una pequeña cantidad de alcohol isopropílico debe ser usada para dispersar la espuma.

9.2.1.2 Mecánicamente agita el picnómetro por vibración externa en una forma que no degrade la muestra. Un nivel de agitación ajustado para acabar de establecer partículas individuales en movimiento es suficiente para promover el desairado sin degradación. Un agitador mecánico tendrá que ser considerado aceptable para uso si pruebas comparativas para cada periodo de seis meses de uso muestra variaciones menores que el rango de dos resultados (d2s) indicado en la tabla 1 desde los resultados de agitación manual en el mismo material.

9.2.2 Después de eliminar todas las burbujas de aire, ajusta la temperatura del picnómetro y su contenido a 23.0±2.0°C si es necesario por inmersión parcial en agua circulando, y lleva el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad calibrada. Determina la masa total del picnómetro, espécimen y agua.

9.2.3 Remueve el agregado fino del picnómetro, seca a una masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , enfría en aire a la temperatura del cuarto por  $1 \pm 1/2\text{h}$ , y determina la masa.

9.2.4 Determina la masa del picnómetro lleno a su capacidad calibrada con agua a  $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ .

9.3 *Procedimiento Volumétrico (Matraz de le Chatelier):*

9.3.1 Llena el matraz inicialmente con agua a un punto en el cuello entre la marca de 0 y 1mL. Registra esta lectura inicial con matraz y contenido dentro del rango de temperatura de  $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ . Añade  $55 \pm 5\text{g}$  de agregado fino en la condición saturada superficialmente seca (u otra cantidad medida como sea necesario). Después que todo el agregado fino ha sido introducido, coloca el tapón en el matraz y gira el matraz en una posición inclinada, o suavemente arremólnalo en un círculo horizontal a fin de desalojar todo el aire atrapado, continúa hasta que no suban más burbujas a la superficie (Nota 4). Toma una lectura final con el matraz y contenido dentro de  $1^\circ\text{C}$  de la temperatura original.

Nota 4 – Una pequeña cantidad medida (no excediendo 1mL) de alcohol isopropílico debe ser usada para eliminar espuma apareciendo en la superficie del agua. El volumen de alcohol usado debe ser sustraído de la lectura final ( $R_2$ ).

9.3.2 Para determinación de la absorción, usa una porción separada de  $500 \pm 10\text{g}$  de agregado fino saturado superficialmente seco, seca a una masa constante, y determina la masa seca.

**TABLA 1 Precisión**

	Desviación Estándar (1s) <sup>A</sup>	Rango Aceptable de dos resultados (d2s) <sup>A</sup>
Precisión de un solo operador:		
Densidad (OD), kg/m <sup>3</sup>	11	13
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	9.5	27
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	9.5	27
Densidad Relativa (gravidad específica) (OD)	0.011	0.032
Densidad Relativa (gravidad específica) (SSS)	0.0095	0.027
Densidad Relativa Aparente (Gravidad específica aparente)	0.0095	0.027
Absorción <sup>B</sup> , %	0.11	0.31
Precisión de multilaboratorio:		
Densidad (OD), kg/m <sup>3</sup>	23	64
Densidad (SSS), kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad aparente, kg/m <sup>3</sup>	20	56
Densidad Relativa (gravidad específica) (OD)	0.023	0.066
Densidad Relativa (gravidad específica) (SSS)	0.020	0.056
Densidad Relativa Aparente (Gravidad específica aparente)	0.020	0.056
Absorción <sup>B</sup> , %	0.23	0.66

<sup>A</sup> Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) como se describe en la práctica C 670. La precisión estimada fue obtenida del análisis of combined AASHTO Materials Reference Laboratory proficiency sample data de laboratorios usando periodos de saturación de 15 a 19h y otros

laboratorios usando periodos de saturación de  $24 \pm 4\text{h}$ . Las pruebas fueron desempeñadas en agregados de peso normal, e iniciaron con agregados en condición secada al horno.

<sup>B</sup> Precisión estimada esta basada en agregados con absorción menor a 1% y deben diferir para agregados finos manufacturados y agregados teniendo valores de absorción mayores de 1 %.

## 10. Cálculos.

### 10.1 Símbolos:

A = masa del espécimen seco al horno, g

B = masa del picnómetro lleno con agua a la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua a la marca de calibración, g

$R_1$  = lectura inicial del nivel de agua en el matraz de Le Chatelier, mL

$R_2$  = lectura final de agua en el matraz de Le Chatelier, mL

S = masa del espécimen saturada superficialmente seca (usada en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravidad específica), o para absorción con ambos procedimientos), g

$S_1$  = masa del espécimen saturado superficialmente seco (usado en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravidad específica)), g

### 10.2 Densidad Relativa (gravidad específica):

10.2.1 *Densidad Relativa (gravidad específica) (OD)* – Calcula la densidad relativa (gravidad específica) en la base de agregado seco al horno como sigue:

#### 10.2.1.1 Procedimiento Gravimétrico:

Densidad Relativa (gravidad específica) (OD) =  $A/(B + S + C)$  (1)

#### 10.2.1.2 Procedimiento Volumétrico:

Densidad Relativa (gravidad específica) (OD) =  $[S_1(A/S)]/[0.9975(R_2 - R_1)]$  (2)

10.2.2 *Densidad Relativa (gravidad específica) (SSS)* – Calcula la densidad relativa (gravidad específica) en la base de agregado saturado superficialmente seco como sigue:

#### 10.2.2.1 Procedimiento Gravimétrico:

Densidad Relativa (gravidad Especifica) (SSS) =  $S/(B+S+C)$  (3)

#### 10.2.2.2 Procedimiento Volumétrico:

Densidad Relativa (Gravidad Especifica) (SSS) =  $S_1/[0.9975(R_2 - R_1)]$  (4)

10.2.3 *Densidad Relativa Aparente (Gravidad Especifica Aparente)* – Calcula la densidad relativa aparente (gravidad específica aparente) como sigue:



### 10.2.3.1 Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad Relativa Aparente (Gravedad Especifica Aparente)} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (5)$$

### 10.2.3.2 Procedimiento Volumétrico:

$$\text{Densidad Relativa Aparente (Gravedad Especifica Aparente)} = \frac{S_1 (A/S)}{0.9975 (R_2 - R_1) - [(S_1/S)(S - A)]} \quad (6)$$

## 10.3 Densidad:

10.3.1 *Densidad (OD)* – Calcula la densidad en la base de agregado secado al horno como sigue:

### 10.3.1.1 Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad (OD), kg/m}^3 = 997.5 A/(B+S-C) \quad (7)$$

$$\text{Densidad (OD), lb/ft}^3 = 62.27 A/(B+S-C) \quad (8)$$

### 10.3.1.2 Procedimiento Volumétrico:

$$\text{Densidad (OD), kg/m}^3 = 997.5 S_1(A/S)/[0.9975(R_2-R_1)] \quad (9)$$

$$\text{Densidad (OD), lb/ft}^3 = 62.27 S_1(A/S)/ [0.9975 (R_2-R_1)] \quad (10)$$

Nota 5 – los valores constantes usados en el cálculo en 10.3 – 10.3.3 (997.5 kg/m<sup>3</sup> y 62.27 lb/ft<sup>3</sup>) son la densidad del agua a 23°C, algunas autoridades recomiendan usar la densidad del agua a 4°C (1000 kg/m<sup>3</sup> o 1000 Mg/m<sup>3</sup> o 62.43 lb/ft<sup>3</sup>) siendo suficientemente exacto.

10.3.2 *Densidad (SSS)* – Calcula la densidad en la base de agregado saturado superficialmente seco como sigue:

### 10.3.2.1 Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = 997.5 S/(B+S-C) \quad (11)$$

$$\text{Densidad (SSS), lb/ft}^3 = 62.27 S/(B+s-C) \quad (12)$$

### 10.3.2.2 Procedimiento Volumétrico:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = 997.5 S_1/[0.9975(R_1-R_2)] \quad (13)$$

$$\text{Densidad (SSS), lb/ft}^3 = 62.27 S_1/[0.9975(R_1-R_2)] \quad (14)$$

10.3.3 *Densidad Aparente* – Calcula la densidad aparente como sigue:

### 10.3.3.1 Procedimiento Gravimétrico

$$\text{Densidad Aparente (SSS), kg/m}^3 = 997.5 A/(B + A-C) \quad (15)$$

$$\text{Densidad Aparente (SSS), lb/ft}^3 = 62.27 A/(B + A-C) \quad (16)$$

### 10.3.3.2 Procedimiento Volumétrico:

$$\text{Densidad Aparente (SSS), kg/m}^3 = \frac{997.5 S_1 (A/S)}{0.9975 (R_2 - R_1) - [(S_1/S)(S - A)]} \quad (17)$$

Densidad Aparente (SSS), lb/ft<sup>3</sup> =

$$\frac{62.27 S_1 (A/S)}{0.9975 (R_2 - R_1) - [(S_1/S)(S - A)]} \quad (18)$$

10.4 *Absorción* – Calcula el porcentaje de absorción como sigue:

$$\text{Absorción, \%} = 100[(s - A)/A] \quad (19)$$

## 11. Reporte

11.1 Reporte los resultados de densidad a la cercanía de 10kg/m<sup>3</sup>, o 0.5lb/ft<sup>3</sup>, Resultados de Densidad Relativa (Gravedad Especifica) a la cercanía de 0.01, e indica la base para densidad o densidad relativa (gravedad específica), como cualquiera (OD), Saturada Superficialmente Seca (SSS) o aparente.

11.2 Reporte los resultados de absorción a la cercanía de 0.1%.

11.3 Si los valores de densidad y densidad relativa (gravedad específica) fueron determinados sin secar primero el agregado, como permitido en 8.2, anota ese echo en el reporte.

## 12 Precisión y Parcialidad

12.1 *Precisión* – La estimación de precisión en este método de prueba (listada en tabla 1) son basados en resultados del Programa de Competencia de Muestras de Laboratorio para Referencia de Materiales de AASHTO, con pruebas conducidas por este método de prueba y el método AASHTO T84. La diferencia significativa entre ambos métodos es que el Método C128 requiere un periodo de saturación de 24±4 h, y el Método de Prueba AASHTO T84 requiere un periodo de saturación de 15 a 19 h. esta diferencia se ha encontrado tiene un efecto insignificante en los índices de precisión. Los datos están basados en el análisis de más de 100 pares de resultados de pruebas desde 40 a 100 laboratorios. La precisión estimada para densidad fue calculada de valores determinados para densidad relativa (gravedad específica), usando la densidad del agua a 23°C para la conversión.

12.2 *Parcialidad* – desde que ahí no es aceptado material de referencia adaptable para determinar la parcialidad de este método de

prueba, no son echas declaraciones en parcialidad.

### 13. Palabras Clave

13.1 Absorción; agregado; densidad aparente;  
Densidad relativa aparente; agregado fino;  
densidad relativa; gravedad específica.

## APENDICE

(Información no Obligatoria)

### X1. INTERRELACIONES ENTRE DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCION COMO ES DEFINIDO EN EL METODO DE PRUEBA C127 Y C128.

X1.1 Este apéndice da interrelaciones matemáticas entre los tres tipos de densidades relativas (gravedades específicas) y absorción. Estos deben ser útiles en verificar la consistencia de los datos del reporte o calcular un valor que no fue reportado mediante el uso de otros datos de reporte.

X1.2 Donde:

$S_d$  =densidad relativa (gravedad específica) (OD),  
 $S_s$  =densidad relativa (gravedad específica) (SSS),  
 $S_a$  =Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y  
A =absorción, en %.

Calcula los valores como sigue:

$$S_z = (1 + A/100)S_d \quad (\text{X1.1})$$

$$S_z = \frac{1}{\frac{S_d}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{X1.2})$$

$$\text{or } S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_z} - \frac{A}{100}} \quad (\text{X1.3})$$

$$= \frac{S_z}{1 - \frac{A}{100}(S_z - 1)}$$

$$A = \left( \frac{S_z}{S_d} - 1 \right) 100 \quad (\text{X1.4})$$

$$A = \left( \frac{S_a - S_z}{S_a(S_z - 1)} \right) 100 \quad (\text{X1.5})$$

### RESUMEN DE CAMBIOS

Esta sección identifica la localización de cambios a este método de prueba que han sido incorporados desde su último uso.

- (1) El estándar entero fue reescrito.

## Método de Prueba Estándar para Análisis de Tamices de Agregados Fino y Grueso

### 1. Ámbito

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la distribución de los tamaños de partículas de los agregados fino y grueso por tamizado.

1.2 Algunas especificaciones para agregados las cuales refieren este método contienen requerimientos de gradación incluyendo ambas fracciones fina y gruesa. Son incluidas instrucciones para análisis de tamices de tales agregados.

1.3 Los valores indicados en unidades SI son para ser considerados como parte del estándar. Los valores en patentes son siempre solo para propósitos de información. La especificación E11 designa los tamaños de marcos de tamices con las unidades en pulgadas como estándar, pero en este método de prueba el tamaño del marco es designado en unidades SI exactamente equivalentes a las unidades en pulgadas.

1.4 *Este estándar no tiene como propósito direccionar todo lo concerniente a la seguridad, si alguna, asociada con su uso. Es la responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas adecuadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previo al uso.*

### 2. Documentos de referencia

#### 2.1 Estándares de ASTM:

C 117 Test Method for Materials Finer Than 75- $\mu\text{m}$  (No.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing<sup>2</sup>

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates<sup>2</sup>

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials<sup>2</sup>

C 702 Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size<sup>2</sup>

D 75 Practice for Sampling Aggregates<sup>3</sup>

E 11 Specification for Wire-Cloth and Sieves for Testing Purposes<sup>4</sup>

#### 2.2 Estándares de AASHTO:

AASHTO No. T 27 Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates<sup>5</sup>

### 3. Terminología

3.1 Definiciones – Para definiciones de términos usados en este estándar, referirse a la Terminología C125.

### 4. Resumen de método de prueba.

4.1 Una muestra de agregado seco de masa conocida es separado a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para determinación de la distribución del tamaño de las partículas.

### 5. Significado y Uso

5.1 Este método de prueba es usado primeramente para determinar la gradación de los materiales propuestos para uso como agregados o que serán usados como agregados. El resultado es usado para determinar la conformidad de la distribución de tamaños de partículas con requerimientos de especificaciones aplicables y para proveer datos necesarios para control de la producción de diversos productos de agregados y mezclas conteniendo agregados. Los datos deben también ser útiles en desarrollar relaciones concernientes a porosidad y compactación.

5.2 La determinación exacta de material mas fino que el tamiz 75 $\mu\text{m}$  (No200) no puede ser alcanzada por el uso solo de este método. El método de prueba C117 para material mas fino que el tamiz 75 $\mu\text{m}$  por lavado debería ser empleado.

### 6. Aparatos

6.1 *Balanzas* – Balanzas o escalas usadas en probar agregados fino y grueso tendrán que ser legibles y precisas como sigue:

6.1.1 Para agregado fino, legible a 0.1g y precisa a 0.1g o 0.1% de la carga de prueba, que es mayor, a algún punto dentro del rango de uso.

6.1.2 Para agregado grueso, o mezclas de agregado fino y grueso, legible y precisa a 0.5g o 0.1% de la carga de prueba, que es mayor, a algún punto dentro del rango de uso.

6.2 *Tamices* – La tela de tamiz tendrá que ser montado en un marco sustancial durante el tamizado. Los marcos de tela de tamiz y tamiz estándar tendrán que conformar a los requerimientos de la especificación E11. Los marcos no estandarizados de tamices tendrán que



conformar a los requerimientos de la especificación E11 como sea aplicable.

Nota 1 – Es recomendado que los tamices montados en marcos mayores que el diámetro estándar 203.2mm (8in) sean usados para probar agregado grueso para deducir la posibilidad de sobrecargar los tamices. Ver 8.3.

**6.3 Agitador mecánico de tamices** – Un dispositivo mecánico de tamizado, si es usado, tendrá que crear movimiento para causar que las partículas reboten, caigan, o de otra forma giren a fin de presentar diferentes orientaciones a la superficie de tamizado. La acción de tamizado tendrá que ser tal que el criterio para la adecuación del tamizado descrito en 8.4 sea reunido en un periodo de tiempo razonable.

Nota 2 – El uso de un agitador mecánico de tamices es recomendado cuando el tamaño de la muestra es 20kg o mayor, y debe ser usado para muestras pequeñas, incluyendo agregado fino. El tiempo excesivo (mas de aproximadamente 10min) para alcanzar el tamizado adecuado deberá resultar en la degradación de la muestra. El mismo agitador mecánico de tamices no debe ser practico para todos los tamaños de muestras, desde que la mayor área de tamizado necesaria para el tamizado practico de una agregado grueso de tamaño máximo nominal grande muy probablemente podría resultar en la perdida de una porción de la muestra si es usado para una pequeña muestra de agregado grueso o agregado fino.

**6.4 Horno** – Un horno de tamaño adecuado capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230\pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

## 7. Muestra

**7.1 Muestra** el agregado en concordancia con la práctica D75. El tamaño de la muestra de campo tendrá que ser la cantidad mostrada en la práctica D75 o cuatro veces la cantidad requerida en 7.4 y 7.5 (excepto como modificada en 7.6), que es mayor.

**7.2 Mezcla** a fondo la muestra y redúcela a una cantidad adaptable para prueba usando el procedimiento aplicable descrito en la práctica C702. La muestra para prueba tendrá que ser el resultado final de la reducción. La reducción a una cantidad exacta predeterminada no tendrá que ser permitida.

Nota 3 – Donde el análisis de tamices, incluyendo la determinación de material más fino que el tamiz  $75\mu\text{m}$ , es la única prueba propuesta, el tamaño de la muestra debe ser reducido en el campo para evitar el transporte de cantidades excesivas de material extra al laboratorio.

**7.3 Agregado fino** – El tamaño de la mezcla de prueba, después del secado, tendrá que ser 300g mínimo.

**7.4 Agregado grueso** – El tamaño de la muestra de prueba de agregado grueso tendrá que conformar con los siguientes:

Tamaño Aberturas cuadradas, mm (in)	máximo nominal,	Tamaño de Muestra de Prueba, min, kg (lb)
9.5 (3/8)		1 (2)
12.5 (1/2)		2 (4)
19.0 (3/4)		5 (11)
25.0 (1)		10 (22)
37.5 (1 1/2)		15 (33)
50 (2)		20 (44)
63 (2 1/2)		35 (77)
75 (3)		60 (130)
90 (3 1/2)		100 (220)
100 (4)		150 (330)
125 (5)		300 (660)

**7.5 Mezclas de agregado grueso y fino** – El tamaño de la muestra de prueba de mezclas de agregado grueso y agregado fino tendrá que ser la misma como para agregado grueso en 7.4.

**7.6 Muestras de agregado grueso de gran tamaño** – El tamaño de la muestra requerida para agregado con 50mm de tamaño máximo nominal o mayor es tal en cuanto excluyen convenientes reducciones de muestra y probando como una unidad excepto con grandes separadores mecánicos y agitadores de tamices. Como una opción cuando tales equipamientos no estén disponibles, en lugar de combinar y mezclar muestras incrementa y después reduce la muestra de campo para probar tamaños, conduce el análisis de tamices en un numero de aproximadamente incrementos de muestra iguales tal que la masa total probada conforma a los requerimientos de 7.4.

**7.7** En el momento que la cantidad de material más fino que el tamiz  $75\mu\text{m}$  (No200) es para ser determinado pro el método de prueba C117, procediendo como sigue:

**7.7.1** Para agregados con un tamaño máximo nominal de 12.5mm (1 1/2in) o menos, usa la misma muestra de prueba para pruebas por el método de prueba C117 y este método. Primero prueba la muestra en concordancia con el método de prueba C117 a través de la operación de secado final, después tamizar en eco la muestra cómo se estipula en 8.2 – 8.7 de este método.

**7.7.2** Para agregados con un tamaño máximo nominal mayor que 12.5 mm (1/2in), una sola muestra de prueba debe ser usada como se describe en 7.7.1, o muestras de prueba separadas deben ser usadas para el método de prueba C117 y este método.

**7.7.3** Donde la especificación requiere la determinación de la cantidad total de material más fino que el tamiz  $75\mu\text{m}$  por lavado y tamizado seco, usa el procedimiento descrito en 7.7.1.

## 8. Procedimiento

8.1 Seca la muestra a una masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ).

Nota 4 – Para propósitos de control, particularmente donde son deseados resultados rápidos, generalmente no es necesario secar el agregado grueso para el análisis de tamices. Los resultados son poco afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño máximo nominal es menor que 12.5mm (1/2in); (2) el agregado grueso contiene material apreciable más fino que 4.75mm (No4); o (3) el agregado grueso es altamente absorbente (un agregado ligero por ejemplo). También, las muestras deben ser secadas a altas temperaturas asociadas con el uso de placas calientes sin afectar los resultados, siempre que el vapor escape sin generar suficiente presión para fracturar las partículas, y temperaturas no son tan grandes a fin de causar el desglose químico del agregado.

8.2 Selecciona los tamices con aberturas adaptables para proporcionar la información requerida por las especificaciones cubiertas por el material a ser probado. Usa tamices adicionales como sea deseado o necesario para proveer otra información, tal como módulo de finura, o para regular la cantidad de material en un tamiz. Anida los tamices en orden de tamaño descendente de abertura desde el superior hasta el inferior y coloca la muestra en el tamiz superior. Agita los tamices manualmente o mecánicamente por un periodo suficiente, establecido por prueba o verificado por medición en la muestra actual de prueba, para reunir los criterios para adecuación o tamizado descritos en 8.4.

8.3 Limita la cantidad de material en un tamiz dado a fin que todas las partículas tengan oportunidad para alcanzar las aberturas de tamices un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4.75mm (No4), la cantidad retenida en un tamiz al completar la operación de tamizado no tendrá que exceder  $7\text{kg/m}^2$  de área superficial de tamiz (Nota 5). Para tamices con aberturas 4.75mm (No4) y mayores, la cantidad retenida en kg no tendrá que exceder el producto de 2.5 X (abertura de tamiz, mm X (área de tamiz efectiva,  $\text{m}^2$ )). Esta cantidad es mostrada en la Tabla 1 para cinco dimensiones de tamices de marcos de uso común. En ningún caso tendrá la cantidad retenida ser tan grande como para causar deformación permanente en la tela de tamiz.

8.3.1 Previene una sobrecarga de material en un tamiz individual por uno de los siguientes métodos:

8.3.1.1 Inserta un tamiz adicional con tamaño de abertura intermedio entre el tamiz que debe ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente encima de ese tamiz en el juego original de tamices.

8.3.1.2 Separa la muestra en dos o más porciones, tamiza cada porción individualmente. Combina las masas de varias porciones retenidas en un tamiz específico antes calculando el porcentaje de la muestra en el tamiz.

8.3.1.3 Usa tamices teniendo un tamaño grande de tamiz y proveyendo grandes áreas de tamizado.

Nota 5 - los  $7\text{kg/m}^2$  cantidades para 200g para diámetro usual de tamiz 203.2mm (8in) (con superficie efectiva de tamizado diámetro de 109.5mm (7.5in)).

**TABLA 1 Cantidad Máxima Permisible de Material Retenido en un Tamiz, kg**

Tamaño de Abertura de Tamiz, mm	Dimensión nominal de tamiz <sup>A</sup>				
	203.2mm Dia <sup>B</sup>	254mm Dia <sup>B</sup>	304.8mm Dia <sup>B</sup>	350 por 305mm	372 por 580mm
	Área de Tamizado, $\text{m}^2$				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	C	C	C	C	67.4
100	C	C	C	C	53.9
90	C	C	15.1	27.6	48.5
75	C	8.6	12.6	23.0	40.5
63	C	7.2	10.6	19.3	34.0
50	3.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25.0	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19.0	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

<sup>A</sup> Dimensiones del marco del tamiz en pulgadas: 8.0-in. Diámetro; 10.0-in. diámetro, 12.0-in. diámetro; 13.8 por 13.8 in. (14 por 14 in. nominal); 14.6 por 22.8 in. (16 por 24 in. nominal).

<sup>B</sup> El área de tamiz para marcos de tamices redondos está basado en un diámetro efectivo 12.7mm (1/2 in.) menos que el diámetro nominal del marco, porque la especificación E11 permite el sellador entre la tela del tamiz y el marco extenderse 6.35 mm (1/4 in.) sobre la tela del tamiz. Así el diámetro efectivo del tamiz para un diámetro de 203.2-mm (8.0-in.) el marco del tamiz es 190.5 mm (7.5 in.). Algunos fabricantes de tamices no deben infringir en la tela del tamiz por los completos 6.35 mm (1/4 in.).

<sup>C</sup> tamices indicados tienen menos de cinco aberturas llenas y no deberían ser usados para pruebas de tamizado excepto como siempre en 8.6.

8.4 Continúa el tamizado por un periodo suficiente y en tal manera que, después de terminado, no más de 1% por masa del material retenido en algún tamiz individual pasara durante un minuto de tamizado manual continuo desempeñado como sigue: mantén los tamices individuales, siempre con un montaje ajustado sartén y cubierta, en una posición ligeramente inclinada en una mano. Golpea el lado del tamiz bruscamente y con un movimiento ascendente contra el talón de la otra mano a un ritmo de alrededor de 150 veces por minuto, gira el tamiz alrededor de un sexto de una revolución a intervalos de alrededor de 25 golpes. En determinando suficiente de tamizado para tamaños mayores que el tamiz 4.75mm (No4), limita el material en el tamiz a una sola capa de

partículas. Si el tamaño de los tamices montados hace el movimiento de tamizado descrito impráctico, usa tamices de 203mm (8in) de diámetro para verificar la suficiencia de tamizado.

8.5 En el caso de las mezclas de agregados fino y grueso, la porción de la muestra más fina que el tamiz 4.75mm (No4) debe ser distribuida sobre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales.

8.5.1 Alternativamente, la porción más fina que el tamiz 4.75mm (No4) debe ser reducida en tamaño usando un separador mecánico acorde a la práctica C702. Si este procedimiento es seguido, calcula la masa de cada incremento de tamiz de la muestra original como sigue:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (1)$$

Donde:

A = masa de incremento de tamiz en la base de la muestra total,

$W_1$  = masa de la fracción más fina que el tamiz 4.75mm (No4) en la muestra total.

$W_2$  = masa de la porción reducida de material más fino que el tamiz 4.75mm (No4) actualmente tamizado, y

B = masa de incremento de tamaño en la porción reducida tamizada,

8.6 A menos que un agitador mecánico de tamices sea usado, tamiza a mano partículas mayores que 75mm (3in) por determinando la más pequeña abertura de tamiz a través de la cual cada partícula pasara. Inicia la prueba en el tamiz más pequeño a ser usado. Rota las partículas, si es necesario, en orden para determinar si ellas pasaran a través de una abertura particular, sin embargo, no fuerces las partículas a pasar a través de una abertura.

8.7 Determina la masa de cada incremento de tamaño en una escala o balanza conforme a los requerimientos especificados en 5.1 a la cercanía de 0.1% de la masa total de la muestra seca original. La masa total del material después de tamizado debería verificarse estrechamente con la masa original de la muestra colocada en los tamices. Si las cantidades difieren por más de 0.3%, basado en la masa de la muestra seca original, el resultado no debería ser usado para propósitos de aceptación.

8.8 Si la muestra previamente ha sido probada por el método de prueba C117, añade la masa más fina que el tamiz 75 $\mu$ m (No200) determinado por ese método a la masa pasando el tamiz 75 $\mu$ m

(No200) por tamizado seco de la misma muestra en este método.

## 9. Cálculos

9.1 Calcula los porcentajes pasando, porcentajes totales retenidos, o porcentajes en varias fracciones de tamaños a la cercanía de 0.1% en la base de la masa total de la muestra seca inicial, si la misma muestra de prueba fue primero probada por el método de prueba C117, incluye la masa de material más fino que el tamiz 75 $\mu$ m (No200) por lavado en el cálculo de análisis de tamices; y usa la masa total de la muestra seca previo al lavado en el método de prueba C117 como la base para calcular todos los porcentajes.

9.1.1 Cuando los incrementos de muestra sean probados como es proveído en 7.6, las masas totales de la porción del incremento retenido en cada tamiz, y usa estas masas para calcular los porcentajes como en 9.1.

9.2 Calcula el módulo de finura, cuando sea requerido, por adición de los porcentajes totales de material en la muestra que es más gruesa que cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulativo retenido), y divide la suma por 100: 150 $\mu$ m (No100), 300 $\mu$ m (No50), 600 $\mu$ m (No30), 1.18mm (No16), 2.36mm (No8), 4.75mm (No4), 9.5mm (3/8in), 19.0mm (3/4in), 37.5mm (1 1/2 in), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

## 10. Reporte

10.1 Dependiendo sobre la forma de las especificaciones para uso del material bajo prueba, el reporte tendrá que incluir lo siguiente:

10.1.1 Porcentaje total de material pasando cada tamiz, o

10.1.2 Porcentaje total de material retenido en cada tamiz, o

10.1.3 Porcentaje de material retenido entre tamices consecutivos.

10.2 Reporta los porcentajes al número entero más cercano, excepto si el porcentaje pasando el tamiz 75 $\mu$ m (No200) es menor que 10%, tendrá que ser reportado a la cercanía de 0.1%.

10.3 Reporta el módulo de finura, cuando lo requiera, a la cercanía de 0.01.

## 11. Precisión y Parcialidad

11.1 *Precisión* – Las estimaciones de precisión para este método de prueba son listadas en la Tabla 2. Las estimaciones son basadas en los resultados desde el Programa de Capacidad de Muestras de Laboratorio para Referencia de Materiales de la AASHTO, con pruebas conducidas por los métodos de prueba C136 y AASHTO T27. Los datos son basados en el

análisis de los resultados de pruebas de 65 a 233 laboratorios que probaron 18 pares de muestras competentes de agregado grueso y resultados de prueba de 74 a 222 laboratorios que probaron 17 pares de muestras competentes de agregado fino (muestras NO21 a través de No90). Los valores en la tabla son dados para diferentes rangos de porcentaje total de agregado pasando un tamiz.

11.1.1 Los valores de precisión para agregado fino en la tabla 2 están basados muestras de prueba de 500g nominales. La revisión de este método de prueba en 1994 permite al tamaño de las muestras de prueba de agregado fino ser 300g mínimo. Análisis de resultados de muestras de prueba de 300g y 500g de Muestras de Prueba Competentes de Agregado 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron esencialmente idénticas) produjeron los valores de precisión en la tabla 3, la cual indica solo diferencias menores debido al tamaño de las muestras de prueba.

Nota 6 – Los valores para agregado fino en la Tabla 2 serán revisados para reflejar el tamaño de la muestra de prueba de 300g cuando un número suficiente de Agregado Competente de Prueba allá sido conducido usando ese tamaño de muestra para proveer datos fiables.

11.2 *Parcialidad* – Desde que ahí no es aceptado material de referencia adaptable para determinar la parcialidad en este método de prueba, no son echas declaraciones en parcialidad.

## 12. Palabras Clave

12.1 Agregado; Agregado Grueso; Agregado Fino; Gradación; Clasificación; Análisis de Tamices; Análisis de Tamaños.

**TABLA 2 Precisión**

	Porcentaje Total de Material Pasando		Desviación Estándar (1s), % <sup>A</sup>	Rango Aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>	
	<	≥			
Agregado grueso: <sup>B</sup> Precisión de un solo operador	<100	≥95	0.32	0.9	
	<95	≥85	0.81	2.3	
	<85	≥80	1.34	3.8	
	<80	≥60	2.25	6.44	
	<60	≥20	1.32	3.7	
	<20	≥15	0.96	2.7	
	<15	≥10	1.00	2.8	
	<10	≥5	0.75	2.1	
	<5	≥2	0.53	1.5	
	<2	>0	0.27	0.8	
Precisión de multilaboratorio	<100	≥95	0.35	1.0	
	<95	≥85	1.37	3.9	
	<85	≥80	1.92	5.4	
	<80	≥60	2.82	8.0	
	<60	≥20	1.97	5.6	
	<20	≥15	1.60	4.5	
	<15	≥10	1.48	4.2	
	<10	≥5	1.22	3.4	
	<5	≥2	1.04	3.0	
	<2	>0	0.45	1.3	
Agregado fino: Precisión de un solo operador	<100	≥95	0.26	0.7	
	<95	≥60	0.55	1.6	
	<60	≥20	0.83	2.4	
	<20	≥15	0.54	1.5	
	<15	≥10	0.36	1.0	
	<10	≥2	0.37	1.1	
	<2	>0	0.14	0.4	
	Precisión de multilaboratorio	<100	≥95	0.23	0.6
		<95	≥60	0.77	2.2
		<60	≥20	1.41	4.0
<20		≥15	1.10	3.1	
<15		≥10	0.73	2.1	
<10		≥2	0.65	1.8	
<2		>0	0.31	0.9	

<sup>A</sup> Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (2s) descritos en la práctica C670.

<sup>B</sup> La precisión estimada está basada en agregados con tamaño máximo nominal de 19.0mm (3/4in).

**TABLA 3 Datos de Precisión para Muestras de Prueba de 300-g y 500-g**

Resultado de prueba	Muestra competente de agregado fino			Dentro de laboratorio		Entre laboratorios	
	Tamaño de muestra	Numero de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
ASTM C136/AASHTO T27 Material Total Pasando el Tamiz No4 (%)	500g	285	99.992	0.027	0.066	0.037	0.104
	300g	276	99.990	0.021	0.060	0.042	0.117
Material Total Pasando el Tamiz No8 (%)	500g	281	84.10	0.43	1.21	0.63	1.76
	300g	274	84.32	0.39	1.09	0.69	1.92
Material Total Pasando el Tamiz No16 (%)	500g	286	70.11	0.53	1.49	0.75	2.10
	300g	272	70.00	0.62	1.74	0.76	2.12
Material Total Pasando el Tamiz No30 (%)	500g	287	48.54	0.75	2.10	1.33	3.73
	300g	276	48.44	0.87	2.44	1.36	3.79
Material Total Pasando el Tamiz No50 (%)	500g	286	13.52	0.42	1.17	0.98	2.73
	300g	275	13.51	0.45	1.25	0.99	2.76
Material Total Pasando el Tamiz No100 (%)	500g	287	2.55	0.15	0.42	0.37	1.03
	300g	270	2.52	0.18	0.52	0.32	0.89
Material Total Pasando el Tamiz No200 (%)	500g	278	1.32	0.11	0.32	0.31	0.85
	300g	266	1.30	0.14	0.39	0.31	0.85

Denominación: C 144 – 02

## Especificación estándar para Agregados de Mortero para Manpostería<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 144; el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. Un épsilon ( $\epsilon$ ) señala un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso por las agencias del Departamento de Defensa.

### 1. Ámbito de aplicación \*

1.1 Esta especificación cubre agregado para su uso en mortero de albañilería.

1.2 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. Los valores indicados entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.3 La siguiente advertencia de precaución se refiere sólo a la porción de los métodos de prueba, Sección 7, de esta norma. Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y

### 3. Materiales y Fabricación

3.1 Agregado para su uso en mortero de albañilería estará compuesto por arena natural o arena manufacturada. Fabricado en la arena es el producto obtenido de la trituración de piedras, grava, o refrigerado por aire, el hierro escoria de alto horno especialmente procesado para garantizar la graduación adecuada.

<sup>1</sup> Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité C12 de ASTM sobre morteros para unidades de mampostería y es responsabilidad directa del Subcomité C12.04 sobre Especificaciones para agregados para mortero. Edición actual aprobada en junio 10, 2002. Publicado de julio de 2002. Publicado originalmente como C 144 - 39T. Última edición anterior C 144 - 99.

prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

### 2. Documentos de referencia

#### 2.1 ASTM Normas:

C 40 Método de prueba para impurezas orgánicas en agregados finos para hormigón<sup>2</sup>

C 87 Método de prueba para efecto de las impurezas orgánicas en el agregado fino en la fuerza de mortero<sup>2</sup>

C 88 Método de prueba para la solidez de los agregados por el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio<sup>2</sup>

C 117 Método de prueba para los materiales más finos que los de 75- $\mu$ m (N ° 200) tamiz de agregados minerales por lavado

C 123 Método de prueba para piezas livianas en su conjunto

C 128 Método de prueba para la gravedad específica y la absorción de agregado fino<sup>2</sup>

C 136 Método de prueba para el análisis granulométrico de agregados finos y gruesos<sup>2</sup>

C 142 Método de prueba para terrones de arcilla y partículas deleznable en los agregados<sup>2</sup>

C 270 Especificación para los morteros para albañilería Unidad<sup>3</sup>

C 404 Especificación para Agregados para Morteros Albañilería<sup>3</sup>

D 75 Práctica para los agregados de muestreo<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,02.

<sup>3</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,05.

<sup>4</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,03.

\* Un resumen de la sección de Cambios aparece al final de esta norma.

**NOTA 1-** Se debe tener cuidado para asegurar una forma de la partícula adecuado, ya que las cantidades excesivas de partículas planas y alargadas históricamente han provocado problemas con trabajabilidad.

### 4. clasificación

4.1 Agregado para su uso en mortero de albañilería se clasificarán dentro de los



límites siguientes, dependiendo de si la arena natural o arena manufacturada se va a utilizar:

Tamaño de tamiz		Porcentaje que pasa Arena Natural	Arena Mano facturada
4.75-mm	(No. 4)	100	100
2.36-mm	(No. 8)	95 a 100	95 a 100
1.18-mm	(No. 16)	70 a 100	70 a 100
600- $\mu$ m	(No. 30)	40 a 75	40 a 75
300- $\mu$ m	(No. 50)	10 a 35	20 a 40
150- $\mu$ m	(No. 100)	2 a 15	0 a 25
75- $\mu$ m	(No. 200)	0 a 5	0 a 10
<b>Módulo de finura</b>		<b>2.83-1.75</b>	<b>2.65-1.60</b>

4.2 El agregado no podrá tener más del 50% retenido entre dos tamices consecutivos de los que se enumeran en el punto 4.1 ni mayor de 25% entre 300- $\mu$ m (núm. 50) y la de 150- $\mu$ m (núm. 100) tamiz.

4.3 Si el módulo de finura varía en más de 0,20 del valor asumido en la selección de las proporciones para el mortero, el agregado será rechazado a menos que los ajustes adecuados se realicen en proporciones para compensar el cambio en la clasificación.

**Nota 2-**Para las juntas de construcción pesados que emplean a más gruesa de 12,5 mm (1/2 pulgadas), un agregado grueso puede ser deseable; para dicho trabajo un agregado fino conforme a la Especificación 404 C es satisfactoria.

4.4 Cuando un agregado no la gradación de los límites especificados en 4.1 y 4.2, se puede utilizar siempre y cuando el mortero se puede estar preparado para cumplir con la proporción total, la retención de agua, y los requisitos de resistencia a la compresión de las especificaciones de las propiedades de la Especificación C 270 ..

## 5. Composición

5.1 Sustancias nocivas - cantidad de sustancias nocivas en el agregado para mortero de albañilería, cada uno determinado en muestras independientes que cumplan los requisitos de clasificación de la sección 4, no excederá de los siguientes:

Ítem	Máximo Permissible Porcentaje del Peso
Partículas desintegrables	1.0
Partículas ligeras y que flotan en líquido que tiene una gravedad específica de 2,0	5.0 <sup>A</sup>

<sup>A</sup> Este requisito no se aplica a agregados de escoria de alto horno.

## 5.2 Las impurezas orgánicas:

5.2.1 El agregado deberá estar libre de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. A excepción de lo aquí dispuesto, los agregados sometidos a la prueba de impurezas orgánicas y producir un color más oscuro que la norma debe ser rechazada.

5.2.2 agregado fallando en la prueba puede ser utilizado, siempre que la decoloración es debida principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito, o similares partículas discretas.

5.2.3 agregado en su defecto en el examen se puede utilizar siempre que, cuando se probó el efecto de las impurezas orgánicas en el mortero de la fuerza, la fuerza relativa de siete días calculados de conformidad con la Sección de Procedimiento del Método de Ensayo C 87, no sea inferior al 95 %.

## 6. solvencia

6.1 Con excepción de lo aquí dispuesto, se agregan sometido a cinco ciclos de la prueba de solidez se muestran una pérdida,

ponderados de acuerdo con la clasificación de una muestra que cumpla con las limitaciones establecidas en la Sección 4, no superior al 10% cuando el sulfato de sodio se utiliza o 15% cuando se utiliza sulfato de magnesio. 6.2 agregado no cumplir con los requisitos de 6,1 puede ser aceptada, siempre que el mortero de propiedades comparables hechos de agregados similares de la misma fuente ha sido expuesto a la intemperie, similar a la que se encuentra, por un período de más de cinco años sin apreciable desintegración.

#### 7. Métodos de prueba de muestreo y ensayo

7.1 Muestra y prueba de conjunto, de conformidad con las siguientes normas, salvo disposición en contrario en este pliego de condiciones:

7.1.1 Muestreo-Práctica D 75.

7.1.2 Análisis de tamiz y la finura Módulo-Método C 136.

7.1.3 La cantidad de material más fino que (75- $\mu\text{m}$ ) N ° 200-tamiz Método de Ensayo C 117.

7.1.4 Las impurezas orgánicas-Método de Ensayo C 40.

7.1.5 Efecto de las impurezas orgánicas en el método de resistencia-de Ensayo C 87.

7.1.6 Las partículas friables-Método de Ensayo C 142.

7.1.7 Los componentes ligeros-Método de Ensayo C 123.

7.1.8 Solidez-Método de Ensayo C 88.

7.1.9 Densidad-Determine la densidad del agregado fino, de conformidad con el Método de Ensayo C 128. En el cálculo del contenido de aire de los morteros, utiliza el método descrito en la Especificación C 270.

#### 8. Palabras clave

8.1 Agregado; agregado fino; albañilería; mortero, arena; solvencia.

### **RESUMEN DE CAMBIOS**

Esta sección contiene los principales cambios a la norma que se han incorporado desde la última publicación.

(1) El párrafo 7.1.9 se cambió para corresponder con el método con el contenido de aire utilizado en la Especificación C 270.

Denominación: C 91 – 03

## Especificación estándar para cemento para albañilería<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 91, el número inmediatamente posterior a la designación indica el año de la adopción original, o en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. Un exponente épsilon ( $\epsilon$ ) señala un cambio editorial desde la última revisión o aprobación. Esta norma ha sido aprobada para su uso por las agencias del Departamento de Defensa.

### 1. alcance

1.1 Esta especificación cubre tres tipos de cemento de albañilería para su uso en los morteros para albañilería se requiere.

1.2 Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. Los valores en unidades SI se obtiene por medición en unidades SI o por conversión apropiada de las mediciones realizadas en otras unidades, con las reglas para la conversión y redondeo dada en la norma IEEE / ASTM SI 10.

1.3 El texto de esta norma se refiere a las notas y notas al pie que proveen material explicativo. Estas notas y notas al pie (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no se considerarán como los requisitos de la norma.

1.4 La siguiente advertencia de seguridad los riesgos se refiere sólo a las secciones 17 y 18 de esta especificación. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de C 270 Especificación para los morteros para albañilería<sup>4</sup>

C 305 Práctica para la mezcla mecánica de pastas de cemento hidráulico y morteros de consistencia plástica<sup>3</sup>

C 430 Método de prueba para finura del cemento hidráulico por el 45- $\mu\text{m}$  (No. 325) Tamiz<sup>3</sup>

C 511 Especificación para Gabinetes húmedas, espacios húmedos y tanques de

seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su utilizar. (Advertencia-mezclas frescas cleméticas hidráulicas son cáusticas y pueden causar quemaduras químicas en la piel y tejidos en caso de una exposición prolongada.)<sup>2</sup>

### 2. Documentos de referencia

#### 2.1 ASTM Normas:

C 109 / C 109M Método de prueba para la resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico (uso muestras cubicas de 2 pulg. o 50 mm)<sup>3</sup>

C 151 Método de prueba para expansión en autoclave de Cemento Portland<sup>3</sup>

C 183 Práctica para el muestreo y la cantidad de pruebas de Cemento hidráulico<sup>3</sup>

C 185 Método de prueba para contenido de aire de mortero de cemento hidráulico

C 187 Método de prueba para una consistencia normal del cemento hidráulico<sup>3</sup>

C 188 Método de prueba para determinar la densidad del cemento hidráulico<sup>3</sup>

C 219 Terminología relacionada con cemento hidráulico<sup>3</sup>

C 230 / C 230M Especificaciones para el Cuadro de flujo para su uso en pruebas de cemento hidráulico<sup>3</sup>

C 266 Método de prueba para tiempo de fraguado del cemento hidráulico por Gillmore Needles<sup>3</sup>

almacenamiento de agua utilizados en el ensayo de cementos y hormigones hidráulicos<sup>3</sup>

C 778 Especificación para Arena Estándar<sup>3</sup>

C 1506 Método de prueba para la retención de agua de los hidráulicos a base de cemento morteros y yesos<sup>3</sup>

IEEE / ASTM SI 10 Norma para el uso del Sistema Internacional de Unidades (SI): EL Moderno Sistema Métrico<sup>5</sup>



<sup>1</sup> Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité ASTM C01 sobre Cemento y es responsabilidad directa del Subcomité C01.11 sobre Cemento de Albañilería.

Edición actualizada y aprobada, 10 de febrero 2003. Publicado en mayo de 2003. Originalmente aprobada en 1932. Última edición anterior aprobado en 2001 como C 91-01.

<sup>2</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,01. Vea la sección sobre Medidas de seguridad en el Manual de Pruebas de cemento.

<sup>3</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,01.

<sup>4</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 04,05.

<sup>5</sup> Libro Anual de Normas ASTM, vol 14,04.

### 3. terminología

#### 3.1 Definiciones:

3.1.1 mampostería de cemento - un cemento hidráulico, principalmente utilizados en mampostería y enlucido de construcción, que consta de una mezcla de Portland o cemento mezclado hidráulico y materiales plastificantes (tales como piedra caliza, cal hidratada o hidráulica) junto con otros materiales introducidos para mejorar una o más propiedades como el tiempo de fraguado, trabajabilidad, retención de agua, y durabilidad.

3.1.2 Otros términos utilizados en esta norma se definen en la terminología C 219.

#### 4. clasificación

4,1 Tipo N-Para uso en la preparación de la Especificación C 270 Tipo N mortero sin más adición de cementos o cal hidratada, y para su uso en la preparación de la Especificación C 270 Tipo S o Tipo mortero de cemento M cuando se añade de acuerdo con los requisitos de C 270.

4,2 Tipo S-Para uso en la preparación del mortero de la Especificación C 270 Tipo S sin más adición de cementos o cal hidratada.

4,3 Tipo M-Para uso en la preparación de la Especificación C 270 Tipo mortero M sin más adición de cementos o cal hidratada.

#### 5. Propiedades físicas

5.1 El cemento de mampostería se ajustarán a los requisitos aplicables establecidos en la Tabla 1 para su clasificación.

#### 6. muestreo

6.1 El cemento de albañilería, se tomarán muestras de acuerdo con la Práctica C 183.

#### 7. Temperatura y Humedad

7.1 La temperatura y la humedad relativa del aire en las cercanías de los materiales de mezcla de la losa y seco, moldes, placas base, y el recipiente para mezclar deberá ajustarse a los requisitos del Método de Ensayo C 109 / C 109M.

7.2 El gabinete húmedo o cuarto húmedo se ajustará a los requisitos de la Especificación C 511.

#### 8. finura

8.1 Determinar el residuo sobre el 45- $\mu\text{m}$  (N<sup>o</sup> 325) se hará de conformidad con el Método de Ensayo C 430.

#### 9. consistencia normal

9.1 Determinar consistencia normal por el aparato de Vicat de acuerdo con el Método de Ensayo C 187.

#### 10. autoclave de expansión

10.1 Determinar expansión en autoclave de acuerdo con el Método de Ensayo C 151. Después del moldeo, almacenar las barras en el armario o cuarto húmedo durante  $48 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$  antes de la extracción de los moldes para la medición y el ensayo en el autoclave. Calcular la diferencia en la longitud de la muestra de ensayo antes y después de tratamiento en autoclave con una precisión de 0,01% de la longitud de referencia eficaz e informe como la expansión en autoclave del cemento de albañilería.

#### 11. Tiempo de Ajuste

11.1 Determinar el momento de la creación por el método de la aguja de Gillmore, de conformidad con el Método de Ensayo C 266.

#### 12. densidad

12.1 Determinar la densidad del cemento de albañilería de acuerdo con el Método de Ensayo C 188, utilizando queroseno como el líquido. Utilice la densidad así determinada

en el cálculo del contenido de aire de los morteros.

### 13. Aparato para pruebas de mortero

13.1 Pesos y dispositivos para pesar, tamices, graduados de vidrio, moldes de muestras (cubo), Sabotaje, paleta, y máquina de ensayo, tal como se describe en el Método de Ensayo C 109 / C 109 M.

13.2 Tabla de flujo, conforme a los requisitos previstos en la Especificación C 230 / C 230M.

13,3 aparato de mezcla, conforme a los requisitos previstos en la Práctica C 305.

13.4 Medida, Manipulación, El Tapping Stick, y la cuchara, conforme a los requisitos que figuran en el Método de Ensayo C 185.

13.5 Moldes de muestra (cubo) – Los moldes se elaborarán de conformidad con el Método de Ensayo C 109 / C 109 M.

### 14. Arena Mezclado

14.1 La arena será una mezcla de partes iguales en peso de arena de granulometría estándar y arena estándar 20-30 conforme a la Especificación C 778.

### 15. Preparación de mortero

15.1 Proporciones para mortero-Mortero para la inclusión de aire, resistencia a la compresión, y las pruebas de retención de agua será proporcionado para contener 1,620 g de arena y una masa de cemento, en gramos, de acuerdo con la Tabla 2. La arena estará compuesto por 810 g de arena estándar graduada y 810 g de arena estándar 20-30 (Nota 1). La cantidad de agua, medido en mililitros deberá ser tal como para producir un flujo de  $110 \pm 5$  como se determina por el Método de Ensayo C 109 / C 109M.

NOTA 1-Históricamente, el mortero que ha sido mezclado en campo ha sido proporcionado por el volumen medido en incrementos o fracciones de pies<sup>3</sup>. El conjunto comparables SI-unidad de volumen

de 1 pies<sup>3</sup> es de 28 L. Las proporciones de mortero especificados aproximar las proporciones 1:3 en volumen nominales, comúnmente especificados para la construcción, sobre la base de la masa siguiente supone y las relaciones de volumen: La masa de arena seca en 28 litros de arena húmeda suelta es de 36 kg.

28 Tipo L N cemento de albañilería tiene una masa de 32 kg.

28 Tipo de cemento de albañilería L S tiene una masa de 34 kg.

28 Tipo L M cemento de albañilería tiene una masa de 36 kg.

Por ejemplo, la cantidad de cemento necesaria para proporcionar una proporción de volumen 1:3 de cemento a la arena usando un tipo N cemento de albañilería es como sigue:

$$A = 1620 \times (C/B) = 1620 \times (32/108) = 480 \text{ (1)}$$

Dónde:

A = número de gramos de cemento para ser utilizado en el mortero con 1620 g de arena,

B =  $3 \times 36 = 108$  kg, la masa de arena seca en 84 (o  $3 \times 28$ ) L de arena húmeda suelta, y

C = masa de cemento de albañilería tipo N por 28 L.

15.2 La mezcla de morteros -Mezcle el mortero, de acuerdo con la Práctica C 305.

### 16. la inclusión de aire

16.1 Procedimiento-Si el mortero tiene el flujo correcto, utilizar una porción separada del mortero para la determinación de aire arrastrado. Determinar la masa de 400 ml de mortero de acuerdo con el Método de Ensayo C 185.

16.2 Cálculo Se calcula el contenido de aire

del mortero e informar de ello con una precisión de 1% de la siguiente manera:

$$D = (W_1 + W_2 + V_w) / [(W_1/S_1) + (W_2/S_2) + V_w] \quad (2)$$
$$A = 100 - (W_m/4D)$$

Dónde:

D = densidad del aire libre de mortero, g/cm<sup>3</sup>,

W<sub>1</sub> = peso de cemento, g,

W<sub>2</sub> = masa de arena, g,

V<sub>w</sub> = mililitros de gramos de agua utilizados,

S<sub>1</sub> = densidad del cemento, g/cm<sup>3</sup>

S<sub>2</sub> = densidad de la arena estándar, 2,65 g/cm<sup>3</sup>,

A = volumen de aire atrapado, y

W<sub>m</sub> = masa de 400 ml de mortero, g.

## 17. Resistencia a la Compresión

### 17.1 Las muestras de prueba:

17.1.1 Moldeado-Inmediatamente después de la determinación del flujo y la masa de 400 ml de mortero, devolver todo el mortero en el recipiente de mezcla y re mezclarla por 15 seg. A velocidad media. Entonces moldear los especímenes de ensayo de acuerdo con el Método de Ensayo C 109 / C 109 M, excepto que el tiempo transcurrido para el mortero de mezcla, la determinación de flujo, la determinación de la inclusión de aire, e iniciar el moldeo de los cubos deberá estar dentro de 8 min.

17.1.2 Almacenamiento-Inmediatamente después del moldeo, almacenar todas las muestras de ensayo en los moldes en placas planas en un armario húmedo o cuarto húmedo durante 48 a 52 h de tal manera que las superficies superiores se expone al aire húmedo. A continuación, retire los cubos de los moldes, y colocarlas en el gabinete húmedo o cuarto húmedo durante 5 días, de tal manera que permita la libre circulación de

aire alrededor de al menos cinco caras de los ejemplares. A la edad de 7 días, sumerja los cubos para las pruebas de 28 días en el agua saturada de cal en los tanques de almacenamiento de materiales.

### 17.2 Procedimiento:

17.2.1 Prueba de los ejemplares del cubo inmediatamente después de su salida del gabinete húmedo o cuarto húmedo para los especímenes de 7 días, e inmediatamente después de su retirada de almacenamiento de agua para todos los demás especímenes. Si hay más de un espécimen en un momento se retira de la cámara de humedad o cuarto húmedo para las pruebas de 7-día, cubrir estos cubos con un paño húmedo hasta el momento de la prueba.

17.2.2 El resto del procedimiento de prueba se ajustará al Método de Ensayo C 109 / C 109 M.

## 18. Retención de agua

18.1 La retención de agua se determinará de conformidad con los procedimientos del Método de Ensayo C 1506.

## 19. almacenamiento

19.1 El cemento debe ser almacenado de tal modo que permita un fácil acceso para la inspección y la identificación de cada envío, y en una adecuada construcción de la intemperie que protegerá el cemento de la humedad y reducir al mínimo conjunto de almacenes.

## 20. inspección

20.1 Todas las instalaciones se facilitará al comprador para la inspección y toma de muestras necesarias.

20.2 Todos los envases deberán estar en buenas condiciones en el momento de la inspección

## 21. rechazo

21.1 A la opción del comprador, el cemento debe ser rechazado si no cumple con alguno de los requisitos de esta especificación.

21.2 A la opción del comprador, los paquetes de más de un 2% por debajo de la masa marcada en ellas, se rechazó. En la opción del comprador, todo el envío representado será rechazada si la masa media de los paquetes de cualquier envío, como se muestra por el peso de los paquetes de cincuenta tomados al azar es menor que la indicada en los envases.

21.3 A la opción del comprador, el cemento que queda en el almacenamiento antes de su envío por un período superior a seis meses después de la prueba será sometido a prueba y, a opción del comprador será rechazada si no cumple con alguno de los requisitos de esta especificación.

## 22. Certificación del fabricante

22.1 A petición del comprador en el contrato o pedido, el informe de un fabricante se entregará en el momento del envío indicando los resultados de las pruebas realizadas en muestras de material tomadas durante la producción o la transferencia y la certificación de los requisitos aplicables de

esta especificación tienen han cumplido.

## 23. Embalaje y Marcado del Empaque

23.1 Cuando el cemento de albañilería se entrega en paquetes, la marca, nombre del fabricante, el tipo de cemento de albañilería, y la masa neta del conjunto de medidas en kilogramos (véase Nota 2) se indicará claramente al respecto. Similar información debe ser proporcionada en los documentos de embarque que acompañan el envío de cemento de albañilería a granel.

NOTA 2-A fin de facilitar el cambio a unidades del SI, un tamaño estándar SI paquete de 32 kg para el tipo N, 34 kg para el tipo S y 36 kg para las de tipo M proporcionará incrementos convenientes de comunicación razonablemente similares a los tradicionales 70 -, 75 - y paquetes de 80 libras.

## 24. Palabras clave

24.1 mampostería, cemento de albañilería, morteros

TABLA 1 Requisitos Físicos			
Albañilería Cemento Tipo	N	M	S
Finura, los residuos en un 45 -µm (N ° 325) tamiz, máx,%	24	24	24
Expansión en autoclave, máx,%			
Tiempo de fraguado, el método de Gillmore:			
La configuración inicial, minutos, no menor a:	120	90	90
Conjunto final, minutos, no más de:	1440	1440	1440
Resistencia a la compresión (promedio de 3 cubos):			
La resistencia a la compresión de los cubos de mortero, compuesto de cemento de la parte 1 y 3 partes de arena mezclada (medio arena escalonada estándar, y un medio arena normal 20-30) por volumen, preparado y ensayado de acuerdo con esta especificación será igual o mayor que el valores indicados para las edades indicadas a continuación:			
7 días, MPa (psi)	3.4(500)	9.0(1300)	12.4(1800)
28 días, MPa (psi)	6.2(900)	14.5(2100)	20.0(2900)
Contenido de aire del mortero, preparados y probados de			

conformidad con los requisitos de esta especificación:			
Min,% en volumen	8	8	8
Max,% en volumen	21	19	19
Valor de retención de agua, min,% del flujo original	70	70	70

<b>TABLA 2 lotes de cemento en Laboratorio de mortero</b>	
<b>Albañilería Cemento Tipo</b>	<b>Masa de cemento, g</b>
<b>N</b>	<b>480</b>
<b>S</b>	<b>510</b>
<b>M</b>	<b>540</b>

## Especificación Estándar para Mortero para Unidad de Mampostería.

### 1. Ámbito

1.1 Esta especificación cubre morteros para uso en la construcción de estructuras de unidades de mampostería reforzadas y no reforzadas. Cuatro tipos de mortero son cubiertos en cada una de dos especificaciones alternativas: (1) especificaciones de proporción y (2) especificaciones de propiedad.

1.2 Las especificaciones de proporción o propiedad tendrán que gobernar como especificada.

Nota 1 – Cuando la especificación de propiedad es usada para calificar morteros de mampostería, el laboratorio de pruebas desempeñando los métodos de prueba debería ser acreditado en conformidad con la Practica C1093.

1.3 Cuando ninguna especificación de proporción o propiedad es especificada, la especificaciones de proporción tendrán que gobernar, a menos que los datos sean presentado a y aceptados por el especificador para mostrar esos morteros que reúnen los requerimientos de las especificaciones de propiedad.

1.4 El texto de las notas de referencia de este estándar y notas al pie que proveen material explicatorio. Estas notas y nota al pie (excluyendo aquellas en tablas y figuras) no tendrán que ser consideradas como requerimientos de este estándar.

1.5 Las siguientes advertencias de seguridad y peligro pertinentes solo a la sección de método de prueba de esta especificación: *Este estándar no tiene como propósito direccionar en todo lo concerniente a seguridad, si alguna, asociada con su uso. Es la responsabilidad del usuario de este estándar a establecer prácticas adecuadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previo al uso.*

### 2. Documentos de Referencia.

2.1 Estándares de ASTM:

- C 5 Specification for Quicklime for Structural Purposes<sup>2</sup>
- C 91 Specification for Masonry Cement<sup>2</sup>
- C 109 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)<sup>2</sup>
- C 110 Test Methods for Physical Testing of Quicklime, Hydrated Lime, and Limestone<sup>2</sup>
- C 128 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregates<sup>3</sup>

- C 144 Specification for Aggregate for Masonry Mortar<sup>4</sup>
- C 150 Specification for Portland Cement<sup>2</sup>
- C 188 Test Method for Density of Hydraulic Cement<sup>2</sup>
- C 207 Specification for Hydrated Lime for Masonry Purposes<sup>2</sup>
- C 305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency<sup>2</sup>
- C 511 Specification for Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes<sup>2</sup>
- C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements<sup>2</sup>
- C 780 Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry<sup>4</sup>
- C 979 Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete<sup>3</sup>
- C 1093 Standard Practice for Accreditation of Testing Agencies for Unit Masonry<sup>4</sup>
- C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement<sup>2</sup>
- C 1324 Test Method for Examination and Analysis of Hardened Masonry Mortar<sup>4</sup>
- C 1329 Specification for Mortar Cement<sup>2</sup>
- C 1489 Specification for Lime Putty<sup>2</sup>
- E 514 Test Method for Water Penetration and Leakage Through Masonry<sup>4</sup>
- E 518 Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry<sup>4</sup>

2.2 *Concilio de la industria de Manposteria*:<sup>5</sup> Hot and Cold Weather Masonry Construction Manual, January 1999

### 3. Limitaciones de la Especificación.

3.1 La especificación C270 no es una especificación para determinar resistencia de mortero a través de pruebas de campo.

3.2 Pruebas de laboratorio de morteros para asegurar concordancia con los requerimientos de especificaciones de propiedad de esta especificación tendrán que ser desempeñados en conformidad con 5.3. La especificación de propiedad de este estándar aplica a morteros mezclados a un flujo específico en el laboratorio.



3.3 Los valores de resistencia a compresión resultantes desde morteros probados en campo no representan la resistencia a compresión del mortero como es probado en laboratorio ni de ese mortero en la pared. Las propiedades físicas de muestras de mortero en campo no tendrán que ser usadas para determinar conformidad a esta especificación y no son intencionadas como criterios para determinar la aceptación o rechazo del mortero (ver Sección 8).

#### 4. Materiales.

4.1 Materiales usados como ingredientes en el mortero tendrán que conformar a los requerimientos especificados en 4.1.1 a 4.1.4.

4.1.1 *Materiales Cementantes* – Los materiales cementantes tendrán que conformar a las siguientes especificaciones ASTM:

4.1.1.1 *Cemento Portland* – Tipos I, IA, II, IIA, III, o IIIA de Especificación C150.

4.1.1.2 *Cementos Hidráulicos Licuados* – Tipos IS, IS-A, IP, IP-A, I(PM), I(PM)-A, I(SM), o I(SM)-A de Especificación C595.

4.1.1.3 *Cemento Hidráulico* - Tipos GU, HE, MS, HS, MH, y LH de Especificación C1157.

4.1.1.4 *Escoria de Cemento (para uso solo en las Especificación de Propiedad)* – Tipos S o SA de Especificación C595.

4.1.1.5 *Cemento de Mampostería* – Ver Especificación C91.

4.1.1.6 *Cemento para Mortero* – Ver Especificación C1329.

4.1.1.7 *Cal Viva* – Ver Especificación C5.

4.1.1.8 *Cal Hidratada* – Especificación C207, Tipos S o SA. Cales Tipos N o NA son permitidas si mostrando por pruebas o registros de desempeño a no ser dañinas para la solidez del mortero.

4.1.1.9 *Masilla de Cal* – Ver Especificación C1489.

4.1.2 *Agregados* – Ver Especificación C144.

4.1.3 *Agua* – El agua tendrá que ser limpia y libre de cantidades de aceite, ácidos, alcalinos, sales, materiales orgánicos, u otras sustancias que son deletéreas para el mortero o algún metal en la pared.

4.1.4 *Aditivos* – Aditivos tales como pigmentos colorantes, agentes inclusores de aire, aceleradores, retardantes, agentes repelentes de agua, compuestos anticongelantes, y otros aditivos no tendrán que ser añadidos al mortero al menos que sea especificado. Pigmentos colorantes tendrán que conformar a la Especificación C979. Calcium chloride, cuando es explícitamente provisto para en los documentos contractuales, es permitido a ser usado como un acelerante en

cantidades no excediendo 2% por peso de contenido de cemento portland o 1% por peso del contenido de cemento de mampostería, o ambos, del mortero.

Nota 2 – Si el **calcium chloride** es permitido, debería ser usado con precaución como pueda tener un efecto perjudicial en metales y algunos acabados de paredes.

#### 5. Requerimientos.

5.1 A menos que se estipule de otra forma, un mortero de limo/cemento, un mortero de cemento de mortero, o mortero de cemento de mampostería es permitido. Un tipo de mortero de alta resistencia conocida no tendrá que ser indiscriminadamente sustituido donde un tipo de mortero de baja resistencia anticipada es especificado.

5.2 *Especificaciones de Proporción* – Mortero conformando a las especificaciones de proporción tendrá que consistir de una mezcla de materiales cementantes, agregado, y agua, todo conformando a los requerimientos de la Sección 4 y los requerimientos de especificaciones de proporción de la Tabla 1. Ver Apéndice X1 o Apéndice X3 para una guía para seleccionar morteros de mampostería.

5.3 *Especificaciones de Propiedad* – Morteros conformando a las especificaciones de propiedad tendrán que ser establecidos por pruebas de mortero preparado en laboratorio en conformidad con la Sección 6 y 7.2. El mortero preparado en laboratorio tendrá que consistir de una mezcla de materiales cementantes, agregado y agua, todo conformando a los requerimientos de la Sección 4 y las propiedades del mortero preparado en laboratorio tendrá que conformar a los requerimientos de la Tabla 2. Ver Apéndice X1 para una guía para seleccionar morteros de albañilería.

5.3.1 Ningún cambio tendrá que ser echo en las proporciones establecidas en laboratorio para morteros aceptados bajo las especificaciones de propiedad, excepto para las cantidad de agua de mezclado. Materiales con diferentes características físicas no tendrán que ser utilizados en el mortero usado en el trabajo a menos que la conformidad con los requerimientos de las especificaciones de propiedad es restablecida.

**TABLA 1 Requerimientos de Especificaciones de Proporción**

Nota – Dos materiales inclusores de aire no tendrán que ser combinados en mortero.

Mortero	Tipo	Proporciones por volumen (Materiales Cementantes)								Relación de Agregados (Medidos en condiciones húmeda, suelta)
		Cemento de mortero			Cemento de Mampostería			Cal hidratada o masilla de cal		
		M	S	N	M	S	N			
Cal-Cemento	M	1	-	-	-	-	-	-	¼	No menos de 2¼ y no mas de 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1	-	-	-	-	-	-	sobre ¼ a ½	
	N	1	-	-	-	-	-	-	sobre ½ a 1 ¼	
	O	1	-	-	-	-	-	-	sobre 1 ¼ a 2½	
Cemento de Mortero	M	1	-	-	1	-	-	-	-	
	M	-	1	-	-	-	-	-	-	
	S	½	-	-	1	-	-	-	-	
	S	-	-	1	-	-	-	-	-	
	N	-	-	-	1	-	-	-	-	
	O	-	-	-	1	-	-	-	-	
Cemento de Mampostería	M	1	-	-	-	-	-	1	-	
	M	-	-	-	-	1	-	-	-	
	S	½	-	-	-	-	-	1	-	
	S	-	-	-	-	-	1	-	-	
	N	-	-	-	-	-	-	1	-	
	O	-	-	-	-	-	-	1	-	

**TABLA 2 Requerimientos de Especificaciones de Propiedad<sup>A</sup>**

Mortero	Tipo	Resistencia Promedio a la Compresión a los 28 días, min, psi (MPa)	Retención de Agua, min, %	Contenido de Aire, Max, % <sup>B</sup>	Relación de Agregados (Medidos en condiciones húmeda, suelta)
Cal-Cemento	M	2500 (17.2)	75	12	No menos de 2¼ y no mas de 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	1800 (12.4)	75	12	
	N	750 (5.2)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	350 (2.4)	75	14 <sup>C</sup>	
Cemento de Mortero	M	2500 (17.2)	75	12	
	S	1800 (12.4)	75	12	
	N	750 (5.2)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	350 (2.4)	75	14 <sup>C</sup>	
Cemento de Mampostería	M	2500 (17.2)	75	18	
	S	1800 (12.4)	75	18	
	N	750 (5.2)	75	20 <sup>D</sup>	
	O	350 (2.4)	75	20 <sup>D</sup>	

<sup>A</sup> Mortero preparado en laboratorio solamente (ver Nota 4).

<sup>B</sup> ver nota 5.

<sup>C</sup> Cuando refuerzo estructural es incorporado en cal-cemento o mortero de cemento para mortero, el máximo contenido de aire tendrá que ser 12%.

<sup>D</sup> Cuando es incorporado refuerzo estructural en morteros de cemento de mampostería, el máximo contenido de aire tendrá que ser 18%.

Nota 3 – Las propiedades físicas de mortero plástico y endurecido cumpliendo con la especificación de proporción (5.1) deben diferir desde las propiedades físicas de morteros del mismo tipo cumpliendo con las especificaciones de propiedad (5.3). Por ejemplo, mezclas de mortero preparadas en laboratorio a las proporciones listadas en la Tabla 1 llevarán, en muchos casos, a exceder considerablemente los requerimientos de resistencia a compresión de la Tabla 2.

Nota 4 – Las propiedades requeridas del mortero en Tabla 2 son para mezclas de mortero preparadas en laboratorio mezcladas con una cantidad de agua para producir un flujo de 110±5%. Esta cantidad de agua no es suficiente para producir un mortero con una consistencia trabajable adaptable para colocar unidades de mampostería en el campo. Mortero para uso en el campo debe ser mezclado con la máxima cantidad de agua, consistente con trabajabilidad, en orden para proveer suficiente agua para satisfacer el ritmo inicial de absorción (succión) de las unidades de mampostería. Las propiedades de morteros preparados en laboratorio a un flujo de 110±5%, como es requerido por esta especificación, son entendidos a aproximar el flujo y propiedades de morteros preparados en campo después que a sido colocado en uso y la succión de la unidad de mampostería a sido satisfecha. Las propiedades de

morteros preparados en campo mezclados con la mayor cantidad de agua, previo a ser puestos en contacto con las unidades de mampostería, diferirá de los requerimientos de propiedad en la Tabla 2. Por tanto, los requerimientos de propiedad en la Tabla 2 no pueden ser usados como requerimientos para control de calidad de morteros preparados en campo. El Método de Prueba C780 debe ser usado para este propósito.

Nota 5 – El contenido de aire de mortero de cal-cemento portland sin inclusión de aire es generalmente menos del 8%.



## 6. Pruebas de Laboratorio.

6.1 *Proporciones de Materiales de Especímenes de Prueba* – Mortero mezclado en laboratorio usado para determinar conformidad a especificación adecuada tendrá que contener materiales de construcción en las proporciones indicadas en las especificaciones del proyecto. Medir los materiales por peso para mezclas revueltas en laboratorio. Convertir proporciones, por volumen, a proporciones, por peso, usando un factor de revoltura calculado como sigue:

$$\text{Factor de Revoltura} = 1440 / (80 \text{ veces el volumen total de la proporción de arena}) \quad (1)$$

Nota 6 – Ver Apéndice X4 para ejemplos de proporcionamiento de material.

6.1.1 Cuando convirtiendo proporciones de volumen a pesos de mezcla, usa las siguientes densidades de masa de materiales:

Material	Densidad de Masa
Cemento Portland	94 pcf (1505 Kg/m <sup>3</sup> )
Cemento Licuado	Obtener de la bolsa o suministrador
Cemento de Mampostería	Obtener de la bolsa o suministrador
Cemento para Mortero	Obtener de la bolsa o suministrador
Masilla de cal	80 pcf (1280 Kg/m <sup>3</sup> )
Cal Hidratada	40 pcf (640 Kg/m <sup>3</sup> )
Arena	80 pcf (1280 Kg/m <sup>3</sup> )

Nota 7 – Toda la cal viva debería ser aliviada en conformidad con las instrucciones del fabricante. Toda la masilla de cal viva, excepto masilla de cal viva pulverizada, debería ser tamizada a través de un tamiz No20 (850µm) y permitida enfriar asta que alcance una temperatura de 80°F (26.7°C). Masilla que pese menos de esto debe ser usada en las especificaciones de proporción, si la cantidad requerida de masilla extra es añadida a reunir los requerimientos mínimos de peso.

Nota 8 – La arena es secada al horno para pruebas de laboratorio para reducir el potencial de variabilidad debió al contenido de humedad de la arena y para permitir contabilidad de los materiales usados para propósitos de cálculos de contenido de aire. Esto no es necesario para los propósitos de esta especificación para medir el peso unitario de la arena seca. Aunque el peso unitario de la arena seca será típicamente 85 – 100 pcf (1360 – 1760 Kg/m<sup>3</sup>), experiencia a mostrado que el uso de un peso unitario asumido de 80 pcf (1280 Kg/m<sup>3</sup>) para arena seca resultara en una relación de mortero de laboratorio de agregado a material cementante que es similar a esa del correspondiente mortero en campo hecho usando arena húmeda suelta. Un peso de 80lb (36 Kg) de arena seca es, en muchos casos, equivalente al peso de la arena en 1ft<sup>3</sup> (0.03m<sup>3</sup>) de se suelto, arena seca.

6.1.2 Secar al horno y enfriar a la temperatura del cuarto toda la arena para morteros mezclados en laboratorio. El peso de la arena tendrá que ser 1440g para cada mezcla individual de mortero preparada. Añadir agua para obtener un flujo de 110±5%. Una revoltura de prueba provee suficiente mortero para completar la prueba de retención de agua y fabricar tres cubos de 2in para la resistencia a compresión.

6.2 *Mezclado de Morteros* – Mezcla el mortero en conformidad con la Practica C305.

6.3 *Retención de Agua* – Determina la retención de agua en conformidad con la Especificación C91, excepto esos morteros mezclados en laboratorio tendrán que ser de los materiales y proporciones a ser usados en la construcción.

6.4 *Resistencia a Compresión* – Determina la resistencia a compresión en conformidad con el Método de Prueba C109. El mortero tendrá que ser compuesto de materiales y proporciones que son para ser usadas en la construcción con agua de mezclado para producir un flujo de 110±5%.

6.4.1 *Almacenamiento del espécimen* – Mantén el mortero en cubos para resistencia a compresión en los moldes en placas planas en un cuarto húmedo o un gabinete reuniendo los requerimientos de la Especificación C511, desde 48 a 52h en tal forma que las superficies superiores tendrán que ser expuestas al aire húmedo. Remueve especímenes de mortero desde los moldes y coloca en un gabinete húmedo o cuarto húmedo hasta ser probado.

6.5 *Contenido de Aire* – Determina el contenido de aire en conformidad con la Especificación C91 *excepto* que el mortero mezclado en laboratorio es a ser de los materiales y proporciones a ser usadas en la construcción. Calcula el contenido de aire a la cercanía de 0.1% como sigue:

$$D = \frac{(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + V_w)}{\frac{W_1}{P_1} + \frac{W_2}{P_2} + \frac{W_3}{P_3} + \frac{W_4}{P_4} + V_w}$$

$$A = 100 - \frac{W_m}{4D} \quad (2)$$

Dónde:

D = densidad de mortero libre de aire, g/cm<sup>3</sup>,

W<sub>1</sub> = peso de cemento portland, g,

W<sub>2</sub> = peso de cal hidratada, g,

W<sub>3</sub> = peso de Cemento de mortero o Cemento de Mampostería, g,

W<sub>4</sub> = peso de arena secada al horno, g,

V<sub>w</sub> = mililitros de agua usada,

P<sub>1</sub> = densidad de cemento portland, g/cm<sup>3</sup>,

P<sub>2</sub> = densidad de cal hidratada, g/cm<sup>3</sup>,

P<sub>3</sub> = densidad de cemento de mortero o cemento de mampostería, g/cm<sup>3</sup>,

P<sub>4</sub> = densidad de arena secada al horno, g/cm<sup>3</sup>,

A = volumen de aire, %, y

W<sub>m</sub> = peso de 400mL de mortero, g.

6.5.1 Determina la densidad de la arena secada al horno,  $P_4$ , en conformidad con el Método de Prueba C128, excepto que un espécimen secado al horno tendrá que ser evaluado más que un espécimen superficialmente seco. Si un picnómetro es usado, calcula la densidad secada al horno de arena como sigue:

$$P_4 = X_1/(Y+X_1-Z) \quad (3)$$

Donde:

$X_1$  = peso del espécimen secado al horno (usado en picnómetro) en aire, g,

$Y$  = peso del picnómetro llenado con agua, g, y

$Z$  = peso del picnómetro con espécimen y agua para la calibración, g.

6.5.2 Determina la densidad de cemento portland, cemento de mortero, y cemento de mampostería en conformidad con el Método de Prueba C188. Determina la densidad de limo hidratado en conformidad con el Método de Prueba C110.

## 7. Prácticas de Construcción.

7.1 *Almacenamiento de Materiales* – Materiales cementantes y agregados tendrán que ser almacenados en tal forma en cuanto a prevenir deteriora miento o intrusión de materiales extraños.

7.2 *Medición de Materiales* – El método de medición de materiales para el mortero usado en construcción tendrá que ser tal que las proporciones especificadas de los materiales de mortero son controladas y precisamente mantenidas.

7.3 *Mezclando Morteros* – Todos los materiales cementantes y agregados tendrán que ser mezclados entre 3 y 5 minutos en una mezcladora mecánica con la máxima cantidad de agua para producir una consistencia trabajable. El mezclado a mano del mortero es permitido con la aprobación por escrito de los esbozos de procedimientos de mezclado a mano del especificador.

Nota 9 – Estos requerimientos de agua de mezclado difieren de esos en los métodos de prueba en la Sección 6.

7.4 *Morteros Templados* – Morteros que tienen suficiente rigidez tendrán que ser retemplados por la adición de agua como frecuentemente sea necesario para restaurar la consistencia requerida. Ningún mortero tendrá que ser usado más allá de 2 ½ h después de mezclado.

7.5 *Condiciones Climáticas* – A menos que sea sustituida por otras relaciones contractuales o los requerimientos de códigos de edificaciones locales, construcciones de mampostería relacionadas a mortero en climas caliente y frio tendrán que cumplir con el “Manual de Construcción de Mampostería en Clima Caliente y Frio” del Concilio de la Industria de Mampostería.

Nota 10 – *Limitaciones* – El tipo de mortero debería ser correlacionado con la unidad particular de mampostería a ser usada porque ciertos morteros son mas compatibles con ciertas unidades de mampostería.

El especificador debería evaluar la iteración entre el tipo de mortero y la unidad de mampostería especificada, que es, unidades de mampostería teniendo una relación de absorción alta tendrán mayor compatibilidad con morteros de alta retención de agua.

## 8. Garantía de Calidad.

8.1 El Método de Prueba C780 es aceptable para evaluación de morteros de pre construcción y construcción para unidades de mampostería planas y reforzadas.

8.2 Concordancia con la Especificación C270 es obtenida en el campo verificando que las proporciones requeridas de los materiales especificados son añadidas a la mezcladora.

8.3 *Pruebas de Morteros Endurecidos* – El Método de Prueba C1324 es disponible para determinación de las proporciones de componentes en morteros de mampostería endurecidos. Ahí no ay un método ASTM para determinar la conformidad o no conformidad de un mortero a las especificaciones adecuadas de la Especificación C270 por pruebas en muestras de morteros endurecidos tomadas de una estructura.

Nota 11 – Los resultados de pruebas echas usando el Método de Prueba C1324 pueden ser comparadas con la Especificación C270 requerimientos de proporción, sin embargo, la precisión y parcialidad no puede ser determinada por este método de prueba.

Nota 12 – Donde sea necesario, pruebas de una pared o un prisma de mampostería de la pared es generalmente más deseable que intentar probar componentes individuales.

Nota 13 – Los costos de las pruebas para mostrar conformidad inicial son típicamente cargados por el vendedor. La parte iniciando un cambio de materiales típicamente carga el costo para el re cumplimiento.

A menos que se especifique de otra forma, el costo de otras pruebas es típicamente cargado como sigue:

Si los resultados de las pruebas muestran que el mortero no conforma a los requerimientos de la especificación, el costo es típicamente cargado por el vendedor.

Si los resultados de las pruebas muestran que el mortero conforma a los requerimientos de la especificación, los costos son típicamente cargados por el comprador.

## 9. Palabras Clave.

9.1 Contenido de aire; resistencia a compresión; mampostería; cemento de mampostería; cal-cemento portland; retención de agua.

## APENDICES

(Información no Mandatoria)

### X1 SELECCIÓN Y USO DE MORTERO PARA UNIDAD DE MAMPOSTERÍA

X1.1 *Ámbito* – Esta especificación provee información para permitir una decisión de mayor conocimiento en la selección de mortero para un uso específico.

X1.2 *Significado y Uso* – El mortero de mampostería es un material versátil capaz de satisfacer una variedad de diversos requerimientos. La porción relativamente pequeña de mortero en mampostería influye significativamente el desempeño total. No hay una sola mezcla de mortero que satisfaga todas las situaciones. Solamente y entendiendo de materiales de mortero y sus propiedades, individual y colectivamente, habilitará la selección de un mortero que desempeñara satisfactoriamente para cada esfuerzo específico.

#### X1.3 *Función:*

X1.3.1 El propósito primario del mortero en mampostería es unir unidades de mampostería en un ensamblaje que actúa como en un elemento integral teniendo las características de desempeño funcionales deseadas. El mortero influye en las propiedades estructurales del ensamblaje mientras añadiendo a su resistencia al agua.

X1.3.2 Porque los cementos de concreto portland y morteros de mampostería contienen algunos de los mismos ingredientes principales, es a veces erróneamente asumida las buenas prácticas de concreto son buenas prácticas de mortero. Realísticamente, los morteros difieren del concreto en consistencias de trabajo, en métodos de colocación y en el ambiente de curado. El mortero de mampostería es comúnmente usado para atar unidades de mampostería en un solo elemento estructural, mientras el concreto es usualmente un elemento estructural por sí mismo.

X1.3.3 Una mayor distinción entre los dos materiales es ilustrada por la manera en la cual ellos son manipulados durante la construcción. El concreto es colocado usualmente en metal no absorbente o encofrados de madera o de otra manera tratados de tal forma que la mayoría del agua sea retenida. El mortero es usualmente

colocado entre unidades de mampostería absorbentes, y tan pronto como el contacto es hecho el mortero pierde agua a las unidades. La resistencia a compresión es una consideración primaria en el concreto, pero es solo una de varios factores importantes en el mortero.

#### X1.4 *Propiedades:*

X1.4.1 Los morteros de mampostería tienen dos distintos, importantes conjuntos de propiedades, aquellas de los morteros plásticos y aquellas de los morteros endurecidos. Las propiedades plásticas determinan una adaptabilidad a la construcción con mortero, la cual en su vez relaciona a las propiedades del mortero endurecido y, por lo tanto, de elementos estructurales acabados. Las propiedades de morteros plásticos que ayudan a determinar su adaptabilidad a la construcción incluyen trabajabilidad y retentividad de agua. Las propiedades del mortero endurecido que ayudan a determinar el desempeño de la mampostería acabada incluyen unión, durabilidad, elasticidad, y resistencia a la compresión.

X1.4.2 Muchas propiedades del mortero no son cuantitativamente definibles en términos precisos porque de una fuga de estándares de medición. Para esta y otras razones no hay estándares de morteros enteramente basados en el desempeño, así el uso continuo de las Prescripciones tradicionales de las especificaciones en la mayoría de situaciones.

X1.4.3 Es recomendado que el Método de Prueba C780 y pruebas de ensamblaje sean consideradas con la adecuada interpretación para ayudar en determinar la adaptabilidad en campo de un mortero de mampostería dada para un uso intencionado.

#### X1.5 *Morteros Plásticos:*

X1.5.1 *Trabajabilidad* – Trabajabilidad es la propiedad más importante de los morteros plásticos. El mortero trabajable puede ser extendido fácilmente con una paleta dentro de la separación y grietas de la unidad de mampostería. Los morteros trabajables también soportan el peso

de las unidades de mampostería cuando es colocado y facilita la alineación. Se adhiere a superficies verticales de mampostería y fácilmente extruye desde las juntas de mortero cuando el albañil aplica presión para llevar la unidad dentro de la alineación. Trabajabilidad es una combinación de varias propiedades, incluyendo plasticidad, consistencia, cohesión, y adhesión, las cuales han desafiado mediciones exactas de laboratorio. El albañil puede evaluar mejor la trabajabilidad observando la respuesta del mortero a la paleta.

X1.5.2 Trabajabilidad es el resultado de una bola de carga afectada de partículas agregadas lubricadas por la pasta de cemento. Aunque en gran medida determinada por la gradación del agregado, proporción de materiales y contenido de aire, el ajuste final a la trabajabilidad depende en el contenido de agua. Este puede ser, y usualmente es, regulado en la tabla de mortero cerca de la cara de trabajo de la mampostería. La capacidad de un mortero de mampostería para retener una trabajabilidad satisfactoria bajo la influencia del ritmo de succión y evaporación de las unidades de mampostería depende en la retentividad de agua y características de fraguado del mortero. Buena trabajabilidad es esencial para máxima unión con unidades de mampostería.

X1.5.3 *Flujo* – El flujo inicial es una propiedad del mortero medida en el laboratorio que indica el porcentaje de incremento en diámetro de la base de un cono truncado de mortero cuando es colocado en una meza de flujo y mecánicamente enrazado  $\frac{1}{2}$ in (12.7mm) y soltada 25 veces en 15s. Flujo después de la succión es otra propiedad de laboratorio la cual es determinada por la misma prueba, pero desempeñada en una muestra de mortero la cual tiene algo de agua removida por un vacío específico aplicado. La retentividad de agua es la relación de flujo después de la succión al flujo inicial, expresado en porcentaje.

X1.5.3.1 El mortero de construcción normalmente requiere un mayor valor de flujo que el mortero de laboratorio, y consecuentemente posee un mayor contenido de agua. El mortero estándar comúnmente requiere una mínima retención de agua de 75%, basada en un flujo inicial de solo 105 a 115%. Los morteros de construcción normalmente tienen flujo inicial, aunque infrecuentemente medido, en el rango de 130 a 150% (50 – 60mm por penetración del cono, como es esbozado en el anexo del Método de Prueba C780) en orden de producir una trabajabilidad satisfactoria al albañil. Los bajos

requerimientos de flujo inicial para morteros de laboratorio fueron arbitrariamente fijados porque los morteros de bajo flujo cercanamente indican la resistencia a compresión en la mampostería. Esto es porque la mayoría de unidades de mampostería removerán algo de agua desde el mortero una vez el contacto sea echo. Mientras ahí ay algunas relaciones discernibles entre unión y resistencia a compresión del mortero, las relaciones entre flujo de mortero y resistencia a unión por tensión es aparente. Para muchos morteros, y con menores excepciones para todos excepto unidades de mampostería de muy baja absorción, la resistencia a unión incrementa como el flujo incrementa a donde el sangrado detectable comienza. El sangrado es definido como la migración de agua libre a través del mortero a su superficie.

X1.5.4 *Retentividad del Agua* – La retentividad del agua es una medición de la habilidad de un mortero bajo succión a retener su agua de mezclado. Esta propiedad del mortero da al albañil tiempo para colocar y ajustar una unidad de mampostería sin la rigidización del mortero. La retentividad del agua es incrementada a través de altos contenidos de cal o aire, adición de arena fina dentro de límites permisibles de gradación, o uso de materiales retenedores de agua.

X1.5.5 *Características de Rigidez* – Endurecimiento de morteros plásticos relacionado a las características de fraguado del mortero, como es indicado por la resistencia a la deformación. El fraguado inicial como es medido en el laboratorio para materiales cementantes indica extensión de la hidratación o características de fraguado de pastas de cemento limpias. Rigidización muy rápida del mortero antes del uso es nociva. Mortero en mampostería resiste a través de pérdida de agua y endurecimiento a través del fraguado normal del cemento. Esta transformación debe ser acelerada por calor o retardada por frio. Un ritmo consistente de rigidización ayuda al albañil en estampar las juntas.

#### X1.6 *Morteros Endurecidos:*

X1.6.1 *Unión* – Unión es probablemente sola la propiedad física más importante del mortero endurecido. Esta es también la más inconstante e impredecible. La unión actualmente tiene tres facetas; resistencia, extensión y durabilidad. Porque muchas variables afectan la unión, es difícil idear una sola prueba de laboratorio para cada uno de estas categorías que consistentemente cederán resultados reproducibles y las cuales se aproximarán a resultados de construcción. Estas variables incluyen contenido de aire y cohesividad

del mortero, tiempo transcurrido entre esparcir el mortero y colocar las unidades de mampostería, succión de la unidad de mampostería, retentividad de agua del mortero, presión aplicada a la junta de mampostería durante la colocación y estampado, textura de las superficies de apoyo de la unidad de mampostería, y condiciones de curado.

X1.6.1.1 El método de prueba para resistencia a la unión por flexión de mampostería como es prescrito en el Método de Prueba E518 es actualmente el método más común para evaluar esta propiedad de mortero. El Método de Prueba E518 consiste de cargar a la falla una pila de unión, prisma de mortero y unidades de mampostería, probadas como una sola viga. El Método de Prueba E518 reemplaza una prueba de pareja de ladrillos cruzados. Investigaciones en nuevos métodos de prueba están actualmente en marcha. Presentemente el método de prueba de llave inglesa está bajo escrutinio como una alternativa al Método de Prueba E518.

X1.6.1.2 La extensión de la unión debe ser observada bajo el microscopio. Falta de extensión de unión, donde varios, debe ser medida indirectamente por pruebas para movimientos relativos de agua a través de la mampostería como la interface de la unidad de mortero, tal como es prescrito en el Método de Prueba E514. Este Método de Prueba de laboratorio consiste de sujetar una pared de muestra contra un diferencial de presión a través de la pared y aplicando agua al lado de alta presión. Tiempo, localización y ritmo de fuga deben ser observados e interpretados.

X1.6.1.3 La resistencia a compresión y tensión del mortero lejos excederá la resistencia a unión entre el mortero y la unidad de mampostería. Juntas de mortero, por tanto, son sujetas a fallas de unión a bajos niveles de esfuerzos de tensión o cortante. Una falta de unión a la interface del mortero y unidades de mampostería debe llevar a penetración de humedad a través de esas áreas. Completo e íntimo contacto entre el mortero y unidades de mampostería es esencial para la buena unión. Esto puede ser mejor alcanzado a través del uso de mortero teniendo la adecuada composición y buena trabajabilidad, y siendo adecuadamente colocado.

X1.6.1.4 En general, la resistencia a unión por tensión de morteros de laboratorio incrementa con un incremento en contenido de cemento. Porque de la trabajabilidad del mortero, se ha encontrado que el mortero Tipo S generalmente resulta con la máxima resistencia a tensión que prácticamente puede ser alcanzada en el campo.

X1.6.2 *Extensibilidad y Flujo Plástico* – Extensibilidad es la máxima unidad de esfuerzo a tensión a ruptura. Refleja la máxima elongación posible bajo fuerzas de tensión. Morteros de baja resistencia, que tienen bajos módulos de elasticidad, exhiben mayores flujos plásticos que sus contrapartes con alto modulo a iguales pastas para relaciones de agregados. Por esta razón, morteros con mayores resistencias que las necesarias no deberían ser usados. Flujo plástico o fluencia impartirá flexibilidad a la mampostería, permitiendo ligeros movimientos sin aparentes aberturas de juntas.

X1.6.3 *Resistencia a Compresión* – La resistencia a compresión de morteros es a veces usada como criterio principal para seleccionar el tipo de mortero, desde que la resistencia a compresión es relativamente fácil de medir, y es comúnmente relacionada a algunas otras propiedades, tales como resistencia a tensión y absorción del mortero.

X1.6.3.1 La resistencia a compresión del mortero depende en gran medida sobre el contenido de cemento y la relación agua-cemento. Los medios aceptados de laboratorio para medir la resistencia a compresión es probar cubos de mortero de 2in (50.8mm). Porque la prueba de referencia en esta especificación es relativamente simple, y porque le da consistencia, resultados reproducibles, la resistencia a compresión es considerada una base para evaluar la compatibilidad de ingredientes del mortero. Pruebas de resistencia a compresión en campo de morteros es lograda con el Método de Prueba C780 usando cualquiera cubos de 2in (50.8mm) o pequeños especímenes cilíndricos de mortero.

X1.6.3.2 Tal vez porque de pequeñas confusiones previamente notadas en cuanto al mortero y concreto, la importancia de la resistencia a compresión de mortero esta sobre enfatizada. La resistencia a compresión no debería ser el único criterio para selección de mortero. La resistencia la unión es generalmente mas importante, como es buena trabajabilidad y retentividad de agua, ambos de los cuales son requeridos para máxima unión. La resistencia a flexión es también importante porque mide la habilidad de un mortero para resistir agrietado. A veces pasado por alto es el tamaño/forma de las juntas de mortero en que la capacidad de acarrear carga a compresión ultima de una típica cama de junta de mortero de 3/8in (9.5mm) es probada como un cubo de 2in (50.8mm). Los morteros deberían ser típicamente más débiles que las unidades de mampostería, de modo que alguna



grieta ocurra en una junta de mortero donde ellas pueden ser más fáciles de reparar.

X1.6.3.3 La resistencia a compresión del mortero incrementa con un incremento en el contenido de cemento y decrementa con un incremento en cal, arena, agua, o contenido de aire. Retemplado es asociado con un decremento a la resistencia a compresión del mortero. La cantidad de la reducción incrementa con la adición de agua y el tiempo entre mezclado y retemplado. Esto es frecuentemente deseable sacrificar algo de la resistencia a compresión del mortero a favor de mejorar la unión, consecuentemente retemplar dentro de razonables límites de tiempo es recomendado para mejorar la unión.

X1.6.4 *Durabilidad* – La durabilidad de mampostería relativamente seca que resiste penetración de agua no es un problema serio. La unión de morteros con ciertas unidades de mampostería, y diseño sin consideraciones de exposición, puede llevar a unidad o problemas de durabilidad de mortero. Es generalmente concedido que las paredes de mampostería, calentadas en un lado, se mantendrán muchos años antes de requerir mantenimiento, una indicación de la longevidad potencial del mortero. Parapetos, pavimentos de mampostería, paredes de retención, y otras mamposterías expuestas a congelamiento mientras saturadas representan extremas exposiciones y así requiere un mortero más durable.

X1.6.4.1 Mortero, cuando es probado en el laboratorio para durabilidad, es sujeto a ciclos repetidos de congelamiento y deshielo. A menos que un montaje de mampostería es permitido para volverse cercanamente saturado, esto es un pequeño peligro de daño sustancial debido al congelamiento. El aire adecuadamente incluido en el mortero incrementa la resistencia a daño congelamiento-deshielo donde la exposición extrema existe (tales como ciclos repetidos de congelamiento y deshielo mientras está saturado con agua). Contenidos de aire dentro de los límites de las especificaciones para mortero, sin embargo, deben estar sobre la cantidad requerida para resistencia a daño por congelamiento y deshielo. La durabilidad es adversamente afectada por morteros sobre arenados o sobre templados como bien con el uso de unidades de mampostería altamente absorbentes.

X1.7 *Composición y sus Efectos en la Propiedades:*

X1.7.1 Esencialmente, morteros conteniendo materiales cementantes, agregado y agua. A veces los aditivos también son usados.

X1.7.2 Cada uno de los principales constituyentes del mortero hace una contribución definitiva a su desempeño. El cemento portland contribuye a sus resistencia y durabilidad. Cal en su estado de hidróxido provee trabajabilidad, retentividad de agua, y elasticidad. Ambos cal y cemento portland contribuyen a resistencia a unión. En lugar de combinaciones de cemento portland-cal, cemento de mampostería o cemento para mortero es usado. La arena actúa como un relleno y activa el mortero no fraguado para retener su forma y espesor bajo el peso de subsecuentes hiladas de mampostería. El agua es el agente de mezclado el cual da fluidez y causa que la hidratación del cemento tome lugar.

X1.7.3 El mortero debería estar compuesto de materiales los cuales producirán la mejor combinación de propiedades del mortero para las condiciones intencionadas de servicio.

X1.7.4 *Materiales Cementantes Basados en Hidratación* – Cemento portland, un cemento hidráulico, es el principal ingrediente cementante en la mayoría de morteros de mampostería. El cemento portland contribuye resistencia al mortero de mampostería, particularmente resistencias tempranas, lo cual es esencial para la velocidad de construcción. Los morteros directamente hechos de cemento portland no son usados porque ellos carecen de plasticidad, tienen baja retentividad de agua, y son duros y menos trabajables que los morteros de cemento portland-cal o cemento de mampostería.

X1.7.4.1 Cemento de mampostería es una propiedad producto usualmente conteniendo cemento portland y finos, tales como roca triturada u otros materiales en varias proporciones, mas aditivos tales como inclusores de aire y agentes repelentes de agua.

X1.7.4.2 Cemento de mortero es un cemento hidráulico similar al cemento de mampostería, pero la especificación para cemento de mortero requiere bajos contenidos de aire e incluye un requerimiento de resistencia a unión por flexión.

X1.7.5 *Materiales Cementantes Basados en Carbonatación* – La cal hidratada contribuye a la trabajabilidad, retentividad de agua, y elasticidad. Morteros de cal carbonatada gradualmente bajo la influencia de dióxido de carbono en el aire, un proceso retrasado por enfriamiento, clima húmedo. A causa de esto, el endurecimiento

completo ocurre muy lentamente sobre un largo periodo de tiempo. Esto permite curación, el re cementado de pequeñas líneas de grietas.

X1.7.5.1 La cal va en la solución cuando el agua está presente y migra a través de la mampostería donde puede ser depositada en fisura y grietas como el agua se evapora. Esto puede causar también alguna lixiviación, especialmente a edades tempranas. Depósitos sucesivos deben eventualmente llenar las grietas. Tal curado autógeno tendera a reducir la penetración de agua.

X1.7.6 *Agregados* – Agregados para morteros consisten de arena natural o manufacturada y son los constituyentes de más peso y volumen del mortero.

X1.6.1 Los agregados bien graduados reducen la separación de materiales en morteros plásticos, lo cual reduce el sangrado y mejora la trabajabilidad. Arena deficiente en finos produce morteros duros, mientras la arena con exceso de finos produce morteros débiles e incrementa el agrietamiento. Morteros con altos contenidos de cal o aire pueden acarrear más arena, aun con agregados pobremente graduados, y aun proveer la trabajabilidad adecuada.

X1.7.6.2 Arenas en campo deficiente en finos pueden resultar en que el material cementante actué como fino. Exceso de finos en la arena, sin embargo, es más común y puede resultar en sobre arenoso,

desde que la trabajabilidad no es sustancialmente afectada por tal exceso.

X1.7.6.3 Desafortunadamente, los agregados son frecuentemente seleccionados en la base de disponibilidad y costo más que de gradación. Las propiedades del mortero no son seriamente afectadas por alguna variación en gradación, pero la calidad es mejorada por más atención a la selección de agregado. Usualmente la gradación puede ser fácilmente y a veces económicamente alterada por adición de arenas finas o gruesas. Frecuentemente el método más factible requiere proporcionar la mezcla de mortero para adaptar la arena disponible dentro de tolerancias de relaciones de agregado permisibles, más que requiriendo arena para reunir una gradación particular.

X1.7.7 *Agua* – El agua desempeña tres funciones. Contribuye a la trabajabilidad, hidrata el cemento, y facilita la carbonatación de la cal. La cantidad de agua necesaria depende primariamente de los ingredientes del mortero. El agua debería ser limpia y libre de cantidades dañinas de alguna sustancia que deba ser deletérea

para el mortero o metal en la mampostería. Usualmente, el agua potable es aceptable.

X1.7.7.1 El contenido de agua es posiblemente el aspecto más desentendido del mortero de mampostería, probablemente debido a la confusión entre los requerimientos del mortero y el concreto. El requerimiento de agua para el mortero es completamente diferente de ese para concreto donde una baja relación agua cemento es deseable. Los morteros deberían contener la máxima cantidad de agua consistente con la trabajabilidad óptima. Los morteros deberían también ser reemplazados para reemplazar el agua perdida por evaporación.

X1.7.8 *Aditivos* – Aditivos para morteros de mampostería son disponibles en una amplia variedad y afecta las propiedades de los morteros frescos o endurecidos físicamente o químicamente. Algunas adiciones químicas son esenciales en la manufactura de materiales básicos para el mortero. La inclusión de un aditivo es también necesaria para la producción de morteros listos en mezcla. Sin duda estas son también algunas situaciones especiales donde el uso de aditivos debe ser ventajoso cuando es añadido a la mezcladora en el sitio de trabajo. En general, sin embargo, tal uso de aditivos no es recomendado. La cuidadosa selección de la mezcla de mortero, uso de materiales de calidad, y buenas practicas usualmente resultaran en mampostería sólida. Las irregularidades no pueden ser corregidas por aditivos, algunos de los cuales son definitivamente nocivos.

X1.7.8.1 Los aditivos son usualmente productos comercialmente preparados y sus composiciones no son generalmente divulgadas. Los aditivos son funcionalmente clasificados como agentes promocionando inclusión de aire, retentividad de agua, trabajabilidad, fraguado acelerado, etc. Datos limitados son disponibles con respecto al efecto de propiedades de aditivos en la unión de mortero, resistencia a compresión, o penetración de agua en mampostería. La experiencia en campo indica que los resultados perjudiciales han ocurrido frecuentemente. Por estas razones, los aditivos deberían ser usados en el campo solo después que ha sido establecido por pruebas en laboratorio bajo condiciones duplicando su uso intencionado, y experiencia, que ellos mejoran la mampostería.

X1.7.8.2 El uso de un aditivo inclusor de aire, según con los límites en contenido de aire en un mortero en campo, todavía continúa creando controversia. Muchos cementos de mampostería, todos Tipo “A” cementos portland y todas las



cales Tipo “A” incorporan adiciones inclusoras de aire durante su manufactura para proveer niveles mínimos requeridos como también niveles máximos de aire en un mortero de laboratorio. Tales materiales no deberían ser combinados, ni deberían los aditivos los cuales incrementan el contenido de aire incluido del mortero ser añadidos en el campo, excepto bajo las más especiales circunstancias.

X1.7.8.3 El uso de agentes inclusores de aire debería ser prohibido. A altos niveles de aire, una relación inversa definitiva existe entre el contenido de aire y resistencia de unión por tensión de mortero como es medido en el laboratorio. En general, algún incremento en el contenido de aire es acompañado por una reducción en unión así como la resistencia de compresión. Datos en grouts de mampostería indican que bajas resistencias de unión entre el grout y el acero de refuerzo es asociado con altos contenidos de aire. La mayoría de sistemas de mortero con alta inclusión de aire pueden utilizar altos contenidos de arena sin perder trabajabilidad, los cuales podrían ser perjudiciales a la mampostería si es usada excesiva arena. El uso de algún mortero conteniendo materiales inclusores de aire, donde los niveles resultantes de aire son altos o desconocidos, deberían ser basados en el conocimiento del desempeño local o en pruebas de laboratorio de ensamblajes de mortero y mampostería.

X1.7.8.4 El aire puede ser removido desde morteros plásticos conteniendo material inclusor de aire por el uso de un antiespumante, aunque su uso en campo es fuertemente desaprobado.

X1.7.8.5 Puede ser añadido color al mortero usando agregados seleccionados o pigmentos inorgánicos. Los pigmentos inorgánicos deberían ser de composición de mineral oxidado y no deberían exceder 10% del peso de cemento portland, con carbón negro limitado a 2%, para evitar reducción excesiva de resistencia del mortero. Los pigmentos deberían ser cuidadosamente elegidos y usados en pequeñas cantidades que producirán el color deseado. Para minimizar variaciones de mezcla a mezcla es aconsejable comprar materiales cementantes a los cuales el colorante ha sido añadido en la planta o usar paquetes individuales pre pesados de componentes colorantes para cada mezcla de mortero, y para mezclar el mortero en revolturas lo suficientemente grandes para permitir la mezcla exacta. Procedimientos de mezclas de mortero deberían permanecer constantes para la consistencia del color.

## X1.8 *Tipos de Morteros:*

X1.8.1 *Historia* – Registros históricos que yeso quemado y morteros de arena fueron usados en Egipto al menos tan temprano como o2690 A.C. Después en la Grecia antigua y Roma, los morteros fueron producidos desde varios materiales tales como cal quemada, toba volcánica, y arena. El uso común del cemento portland en mortero comienza en la parte temprana del siglo XX y llevo a morteros de grandes resistencias, cualquiera cuando el cemento portland fue usado solo o en combinación con cal. Los morteros modernos son todavía hechos desde cementos portland y cal hidratada, en adición a morteros hechos de cementos de mampostería y cementos de mortero.

X1.8.2 *Cemento Portland-Cal Hidratada* – Morteros de cal-cemento tienen un amplio rango de propiedades. Por un lado, un mortero completo de cemento portland y arena tendrá una alta resistencia a compresión y baja retentividad de agua. Una pared conteniendo tal mortero será fuerte pero vulnerable al agrietamiento y penetración de lluvia. Por el otro lado, un mortero completo de cal y arena tendrá una baja resistencia a compresión y una alta retentividad de agua. Una pared conteniendo tal mortero tendrá baja resistencia, particularmente resistencia temprana, pero gran resistencia a agrietamiento y penetración de lluvia. Entre los dos extremos, varias combinaciones de cementos y cal proveen un balance con una amplia variedad de propiedades, la alta resistencia y tempranas características de fraguado del cemento modificado por la excelente trabajabilidad y retentividad de agua de la cal. Proporciones selectivas son encontradas en esta especificación.

X1.8.3 *Cemento de Mampostería* – Morteros de cemento de mampostería generalmente tienen excelente trabajabilidad. Burbujas microscópicas de aire incluido contribuyen a la acción de bola de transporte y proveen una parte de su trabajabilidad. Durabilidad al congelamiento-deshielo de morteros de cemento de mampostería en el laboratorio es destacada. Tres tipos de cementos de mampostería son reconocidos por la Especificación C91. Estos cementos de mampostería son formulados para producir morteros conformando a cualquier especificación de propiedad o proporción de esta especificación. Tales cementos de mampostería proveen los materiales cementantes totales en una sola bolsa para la cual la arena y agua son añadidas a la mezcladora. Una apariencia consistente del mortero hecho de cementos de mampostería

debería ser fácil de obtener porque todos los ingredientes cementantes son proporcionados, y molidos o licuados juntos antes de ser empaquetados.

X1.8.4 *Cemento Portland-Cemento de Mampostería* – La adición de cemento portland a morteros de cemento de mampostería Tipo N también califican como morteros Tipos M y S en esta especificación.

X1.8.5 *Cemento de Mortero* – Tres tipos de cementos de mortero son reconocidos por la Especificación C1329. Estos cementos de morteros son formulados para producir mortero conformando a cualquier requerimiento de proporción o propiedad de esta especificación. Los cementos de mortero tienen atributos similares a esos de los morteros de cemento de mampostería mientras satisfacen requerimientos de contenido de aire y resistencia de unión de la Especificación C1329.

X1.8.6 *Pre revuelto o Premezclado* – Recientemente, morteros pre revueltos o premezclados han sido hechos fácilmente disponibles en dos opciones. Una es una combinación húmeda, lista para mezclar de cal hidratada o masilla de cal, arena, y agua entregada al proyecto de construcción, y cuando es mezclada con cemento y agua adicional esta lista para el uso. La otra está seca, mezclas de mortero empaquetadas requiriendo solo la adición de agua y mezclado. Atenciones especiales deberían ser dadas al sistema seco, en aquellas resultando morteros que deben ser mezclados por un largo periodo de tiempo para superar la afinidad de agua de arena secada al horno y subsecuentes pérdidas de trabajabilidad en el mortero. El uso de morteros listos para mezclar está también en incremento. Estas son mezclas consistentes de materiales cementantes, agregados, y aditivos, revueltos y mezclados en una localización central, y entregados al proyecto de construcción con características adaptables de trabajabilidad para un periodo en exceso de 2½h después de mezclado. Sistemas utilizando el continuo mezclado del mortero también son disponibles.

X1.8.7 *Cemento Portland-Cemento de Mortero* – La adición de cemento portland a morteros de cemento de mortero Tipo N también permiten su calificación como morteros Tipos M y S en esta especificación.

X1.9 *Artículos Relacionados que Tienen un Efecto en las Propiedades:*

X1.9.1 Los factores influenciando la exitosa conclusión de algún proyecto con las

características de desempeño deseado son el diseño, material, procedimiento y artesanía seleccionada y usada.

X1.9.2 La supervisión, inspección y pruebas necesarias para concordancia con requerimientos deberían ser apropiados y predeterminados.

X1.9.3 *Unidades de Mampostería* – Las unidades de mampostería son absorbentes por naturaleza, con el resultado que el agua es extraída desde el mortero tan pronto como la unidad de mampostería y el mortero entran en contacto. La cantidad de agua removida y su consecuente efecto la resistencia del mortero, las propiedades de la frontera entre el mortero y las unidades de mampostería, y así la resistencia, como también otras propiedades, del ensamblaje de mampostería.

X1.9.3.1 La succión ejercida por la unidad de mampostería es un factor externo muy importante que afecta el mortero fresco e inicia el desarrollo de unión. Las unidades de mampostería varían muy ampliamente en el ritmo inicial de absorción (succión). Es por tanto necesario que el mortero elegido tenga propiedades que proveerán compatibilidad con las propiedades de las unidades de mampostería siendo usadas, así también condiciones ambientales que existen durante la construcción y las prácticas de construcción peculiares del trabajo.

X1.9.3.2 El mortero generalmente se une mejor a las unidades de mampostería teniendo ritmos de absorción iniciales moderados (IRA), desde 5 a 25 g/min-30in<sup>2</sup> (194cm<sup>2</sup>), al momento de colocación. Una unión más adecuada puede ser obtenida, sin embargo, con muchas unidades teniendo menores IRA del o mayores a esos valores.

X1.9.3.3 La extracción de mucha o muy poca del agua disponible en el mortero tiende a reducir la unión entre la unidad de mampostería y el mortero. Una pérdida de demasiada agua desde el mortero puede ser causada por un mortero de baja retentividad de agua, unidades de mampostería de alta succión, o secas, condiciones del viento. Cuando esto ocurre, el mortero es incapaz de formar una unión completa cuando la siguiente unidad es colocada. Donde reducir la succión pre-humedeciendo las unidades no es adecuado o posible, el lapso de tiempo entre extender el mortero y colocado de una unidad de mampostería debería mantenerse a un mínimo. Cuando una unidad de mampostería de muy baja succión es usada, la unidad tiende a flotar y la unión es difícil de lograr. Ahí no valida medios de incrementar la succión de una unidad de mampostería de baja

succión, y así el tiempo transcurrido entre extender el mortero y colocar la unidad debe tener que ser incrementada.

X1.9.3.4 Morteros teniendo una alta retentividad de agua son deseables para uso en verano o con unidades de mampostería teniendo alta succión. Morteros teniendo baja retentividad de agua son deseables para uso en invierno o con unidades de mampostería teniendo baja succión.

X1.9.3.5 Encogimiento o expansión de la unidad de mampostería o mortero una vez el contacto ha sido alcanzado afecta la calidad de la junta de mortero. Protección debería ser proporcionada para prevenir el humedecimiento excesivo, secado, calentamiento o enfriamiento, hasta que el mortero ha alcanzado al menos su fraguado final.

X1.9.3.6 La unión de mortero es menor para superficies teniendo una superficie muerta ininterrumpida o acabado arenoso que el de las superficies ásperas tales como un corte de malla o cavado texturizado.

X1.9.4 *Prácticas de Construcción* – Cuidadosa atención a buenas prácticas en el sitio de construcción es esencial para alcanzar calidad. Materiales cementantes y agregados deberían ser protegidos de la lluvia y humedad de la tierra y contaminantes cargados en el aire.

X1.9.4.1 Procedimientos adecuados de revoltura incluyen el uso de un contenedor de volumen conocido (tal como una caja de revoltura de un metro cúbico) por arena medida. Cuando es necesario, las cantidades de arena deberían ser ajustadas para proveer para cargado de la arena. Medición por palas no puede esperarse produzca morteros de calidad consistente. Alternativamente, una combinación de calibrador de medición volumétrica de una mezcladora seguida por adiciones de bolsas llenas de cementantes y adiciones por pala de arena para alcanzar el mismo volumen de mortero en la mezcladora con revolturas subsecuentes, deberían probar ser adecuadas.

X1.9.4.2 Buenos resultados de mezclas pueden ser obtenidos donde alrededor de tres cuartas partes del agua requerida, un medio de la arena, y todo el material cementante son brevemente mezclados juntos. El balance de la arena es después cargado y el agua restante añadida. La mezcladora debería ser cargada a su capacidad completa de diseño para cada revoltura y completamente vaciada antes de cargar la siguiente revoltura.

X1.9.4.3 El tiempo de mezclado en una mezcladora de palanca debería usualmente tener

un mínimo de 3 y un máximo de 5 minutos después que el agua de mezclado final ha sido añadida, para asegurar homogeneidad y trabajabilidad del mortero. Sobre mezclado resulta en cambios en el contenido de aire del mortero. Palancas desgastadas y paletas de goma influenciarán grandemente la eficiencia de mezclado. Concerniente para calidad sugerimos el uso de temporizador automático en la máquina de mezclado. El tiempo de mezclado no debería ser determinado por la demanda de la fuerza de trabajo.

X1.9.4.4 Desde que todo mortero no es usado inmediatamente después del mezclado, la evaporación debe requerir la adición de agua, reemplazar el mortero, para restaurar su consistencia original. La adición de agua al mortero dentro de límites de tiempo especificados no debería ser prohibida. Aunque la resistencia a compresión del mortero es reducida significativamente por el reemplado, la resistencia de unión es usualmente incrementada. Por esta razón, el reemplado debería ser requerido para reemplazar agua perdida por evaporación. Porque el reemplado es nocivo solo después que el mortero a comenzado a fraguar, todo mortero preparado en sitio debería ser colocado en la posición final tan pronto como sea posible, pero siempre dentro de 2½h después del mezclado original, o descartar el mortero.

X1.9.4.5 Condiciones del clima también deberían ser consideradas cuando se selecciona mortero. Durante clima cálido, seco, ventoso, verano, el mortero debe tener una alta retentividad de agua para minimizar el efecto de la pérdida de agua por evaporación. En invierno, una baja retentividad de agua tiene mérito porque facilita la pérdida de agua del mortero hacia las unidades previo al congelamiento. Para minimizar el riesgo de pérdida de unión en clima frío, las unidades de mampostería siendo usadas así como la superficie en la cual el mortero es colocada deberían ambas ser llevadas a una temperatura a al menos arriba de 32°F (0°C) antes que algún trabajo comience. (Para sugerencias más inclusivas, ver “Prácticas Recomendadas para Construcción de Mampostería en Clima Frío” disponible desde el Concilio Internacional de la Industria de la Mampostería en Todos los Climas.)

X1.9.5 *Mano de Obra* – La mano de obra tiene un efecto sustancial en la resistencia y extensión de la unión. El tiempo transcurrido entre extender el mortero y colocar las unidades de mampostería debería mantenerse a un mínimo porque el flujo será reducido a través de la succión de la unidad

en la cual es colocado primero. Este tiempo transcurrido debería normalmente no exceder un minuto. Reduce este lapso de tiempo para condiciones calientes, secas y ventosas, o con el uso de unidades de mampostería altamente absorbentes. Si transcurre excesivo tiempo desde que una unidad es colocada en el mortero, la unión será reducida. Eliminación de surcos profundos en juntas de cama horizontal y proveyendo juntas de cabeza llena es esencial. Algún metal embebido en el mortero debería ser completamente rodeado por el mortero.

X1.9.5.1 Una vez el mortero entre las unidades adyacentes a comenzado a rigidizarse, tocar o de otra forma intentar mover la unidad de mampostería es altamente dañino para la unión y debería ser prohibido. El movimiento rompe la unión entre el mortero y la unidad de mampostería, y el mortero no será suficientemente plástico para restablecer la adherencia a la unidad de mampostería.

X1.9.5.2 Estampado de la junta de mortero debería ser hecha cuando su superficie es dura a la presión con el pulgar utilizando una junta teniendo un diámetro ligeramente mayor que el ancho de la junta del mortero. Configuraciones de juntas diferentes de las cóncavas pueden resultar en incremento de penetración de agua en el ensamblaje de mampostería. Juntas notables con el mismo grado de dureza producen apariencia uniforme de juntas. El acabado no es solo por apariencia, pero para sellar la interface entre mortero y unidades de mampostería, mientras densifica la superficie de la junta de mortero.

X1.9.5.3 Los beneficios de la operación de acabado deberían ser protegidos de inapropiada limpieza de la mampostería. Uso de químicos fuertes o métodos de endurecimiento físico de limpieza deben ser dañinos para el mortero. Morteros coloreados son especialmente susceptibles a daño desde tales limpiezas. Muchos químicos usados en limpieza atacan los materiales cementantes dentro del sistema de mortero, así también amplias grietas entre morteros y unidades de mampostería.

X1.9.5.4 Con muy rápido secado bajo condiciones cálidas, secas, y ventosas, muy ligero humedecimiento de la mampostería en sitio, tal como rociador de niebla, puede mejorar su calidad. Curado del mortero por la adición de

agua considerable al ensamblaje de mampostería, sin embargo, podría probar ser más dañino que el curado del mortero por retención de agua en el sistema desde su construcción. La adición de exceso de humedad debe saturar la mampostería, creando movimientos que reducen la adhesión entre mortero y unidades de mampostería.

#### X1.10 *Resumen:*

X1.10.1 Ninguna combinación de ingredientes provee un mortero poseyendo un óptimo en todas las propiedades deseables. Factores que mejoran una propiedad generalmente lo hacen a expensas de otras. Pruebas de morteros en el laboratorio por esos métodos de referencia de esta especificación, y en el campo por el Método de Prueba C780 es benéfico. Algunas propiedades físicas del mortero, sin embargo, son de igual o mayor significado para el desempeño de la mampostería que esas propiedades comúnmente especificadas.

X1.10.2 Unión es probablemente la propiedad única más importante de un mortero convencional. Muchas variables afectan la unión. Para obtener una unión óptima, usa un mortero con propiedades que son compatibles con las unidades de mampostería a ser usadas. Para incrementar la resistencia de unión por tensión en general, incremental el contenido de cemento del mortero (ver X1.6.1.4); mantén el contenido de aire del mortero a un mínimo; usa morteros teniendo alta retentividad de agua; mezcla morteros al contenido de agua compatible con la trabajabilidad; permite ritmos iniciales de absorción cuando es extendido (ver X1.9.3.2); une mortero a una superficie áspera mas que a una superficie discontinua; minimiza el tiempo entre extender el mortero y colocar las unidades de mampostería; aplica presión en formar las juntas de mortero; y no distorsiones subsecuentemente las juntas colocadas.

X1.10.3 La Tabla X1.1 es una guía general para la selección de tipos de mortero para varias construcciones de paredes de mampostería. La selección del tipo de mortero debería también estar basada en el tipo de unidad de mampostería a ser usadas así como los códigos de construcción aplicables y requerimientos estándares de prácticas de ingeniería, tales como esfuerzos de diseño permisible, y soporte lateral.

**TABLA X1.1 Guía para la Selección de Morteros de Mampostería<sup>A</sup>**

Localización	Segmento de Edificación	Tipo de Mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre la tierra	Pared portante de carga	N	S o M
	Pared no portante de carga	O <sup>B</sup>	N o S
	Pared en parapeto	N	S
Exterior, a o bajo la tierra	Paredes de fundación, Paredes de retención, bocas de inspección, alcantarillas, pavimentos, aceras, y patios	S <sup>C</sup>	M o N <sup>C</sup>
Interior	Paredes portantes de carga	N	S o M
	Particiones no portantes de carga	O	N
Interior o Exterior	reparación	Ver apéndice X3	Ver apéndice X3

<sup>A</sup>Esta tabla no proporciona para muchos usos especializados de mortero, tales como chimeneas, mampostería reforzada, y morteros resistentes al ácido.

<sup>B</sup>Mortero Tipo O es recomendado para usos donde la mampostería es indeseable se congele cuando esta saturada, o es indeseable este sujeta a grandes viento o cargas laterales significantes. Morteros Tipos N o S deberían ser usados en otros casos.

<sup>C</sup>Mampostería expuesta a clima en una superficie nominalmente horizontal es extremadamente vulnerable a climatización. Mortero de tal mampostería debería ser seleccionado con la debida precaución.

## X2. EFLORESCENCIA

X2.1 Eflorescencia es un depósito cristalino, usualmente blanco, de sales solubles en agua en la superficie de la mampostería. La principal objeción de la eflorescencia es la apariencia de las sales y la molestia de su remoción. Bajo ciertas circunstancias, particularmente cuando la cubierta exterior está presente, las sales pueden ser depositadas bajo la superficie de las unidades de mampostería. Cuando esta criptoflorescencia ocurre, la fuerza de cristalización puede causar desintegración de la mampostería.

X2.2 Una combinación de circunstancias es necesaria para la formación de eflorescencia. Primero, debe haber una fuente de sales solubles. Segundo, debe haber humedad presente para recoger las sales solubles y llevarlas a la superficie. Tercero, evaporación de presión hidrostática debe causar que la solución migre. Si alguna de esas condiciones es eliminada, la eflorescencia no ocurrirá.

X2.3 Las sales deben encontrarse en las unidades de mampostería, componentes del mortero, aditivos u otras fuentes secundarias. Sales solubles en agua que aparecen en análisis químicos como solo unas décimas de 1% son suficientes para causar eflorescencia cuando lixivian afuera y concentran en la superficie. La cantidad y características de los depósitos varían acorde a la naturaleza de los materiales solubles y las condiciones atmosféricas. Una prueba de la eflorescencia de las unidades de mampostería individuales es contenida dentro de los estándares de ASTM. La eflorescencia puede ocurrir con un mortero C270 cuando la migración de humedad ocurre. No ay un método de prueba ASTM que predecirá el potencial para eflorescencia del mortero. Más allá, no ay un método de prueba

ASTM para evaluar la eflorescencia potencial de materiales de mampostería combinados.

X2.4 La probabilidad de eflorescencia en mampostería como relacionada directamente a materiales debe ser reducida por la selección restrictiva de materiales. Unidades de mampostería con un ritmo de “no eflorescencia” son las menos posibles a contribuir hacia la eflorescencia. El potencial para eflorescencia reduce como el contenido de alcalino del cemento reduce. Los aditivos no deberían ser usados en el campo. Arena lavada y limpia, agua potable debería ser usada.

X2.5 La humedad puede entrar en la mampostería en un numero de formas, atención debe ser puesta las diseño e instalación de brillo, barreras de vapor, proteger y resanar para minimizar la penetración de lluvia dentro de la mampostería. Durante la construcción, materiales de mampostería y paredes no acabadas deberían ser protegidas de la lluvia y agua aplicada. Camas llenas y juntas de cabeza, a lo largo con un acabado compactado en una junta cóncava de mortero, reducirá la penetración de agua. Condensación ocurriendo dentro de la mampostería es una fuente más de agua.

X2.6 Aunque la selección de materiales de construcción de mampostería teniendo un mínimo de sales solubles es deseable, la prevención de migración de humedad a través de la pared mantiene los grandes potenciales en minimizada eflorescencia. Diseño de unidades de mampostería usando el principio de igualación de presión entre el exterior y un espacio vacío dentro de la pared reducirá grandemente los cambios de penetración de agua y subsecuente eflorescencia.



X2.7 Remoción de eflorescencia desde la cara de la mampostería puede frecuentemente ser alcanzada por cepillado seco. Desde que muchas sales son altamente solubles en agua, ellas desaparecerán por si mismas acorde bajo procesos

normales de climatización. Algunas sales, sin embargo, deben requerir endurecimiento físico o incluso tratamiento químico, si ellas van a ser removidas.

### X3. MORTERO PARA REPARACIONES

#### X3.1 *General:*

X3.1.1 Mortero para reparaciones son morteros de reemplazo usados a o cerca de la superficie de la pared de mampostería para restaurar la integridad o mejorar la apariencia. Morteros hechos sin cemento portland deben requerir consideraciones especiales en seleccionar morteros de reparaciones.

X3.1.2 Si la pared entera no va a ser reparada, el color y textura deberían igualar cercanamente al del mortero original. Una igualdad exacta es imposible de alcanzar.

#### X3.2 *Materiales:*

X3.2.1 Usa materiales cementantes que conforman a los requerimientos de esta especificación (C270).

X3.2.2 Usa arena con conforma a los requerimientos de esta especificación (C270). La arena debe ser seleccionada a tener color, tamaño, y gradación similar a esa del mortero original, si el color y la textura son importantes.

X3.3 *Guía de Selección* – Usa mortero de reparación de la misma o más débil composición que el mortero original. Ver Tabla X3.1.

X3.4 *Materiales* – El mortero tendrá que ser especificado como uno de los siguientes:

X3.4.1 La especificación de proporción de C170, Tipo \_\_\_\_\_

X3.4.2 *Tipo K* – Una parte de cemento portland y 2½ a 4 partes de cal hidratada. Relación de agregados de 2¼ a 3 veces la suma del volumen del cemento y cal.

**TABLA X3.1 Guía para Selección de Morteros de Reparación<sup>A</sup>**

Localización o servicio	Tipo de Mortero	
	Recomendado	Alternativo
Interior	O	K,N
Exterior, sobre tierra expuesta a un lado, no se desea la congelación cuando está saturado, no sujeto a altos vientos u otras cargas laterales significantes.	O	N,K
Exterior, diferente del de arriba.	N	O

<sup>A</sup>En algunas aplicaciones, preocupaciones estructurales deben dictar el uso de morteros diferentes de los recomendados. Esta tabla no es aplicable a aplicaciones de pavimentos.

Nota X3.1 – Proporciones de Mortero Tipo K fueron referidas en esta especificación (C270) previo a 1982.

#### X3.5 *Mezclado:*

X3.5.1 Mezcla en seco todos los materiales sólidos.

X3.5.2 Añade suficiente agua para producir una mezcla húmeda que retendrá su forma cuando es presionada en una bola manualmente. Mezcla de 3 a 7 minutos, preferiblemente con una mezcladora mecánica.

X3.5.3 Deja al mortero descansar por no menos de 1h ni más de 1½ h para pre hidratación.

X3.5.4 Añade suficiente agua para llevar al mortero a la consistencia adecuada para reparación, algo más seco que el mortero usado para colocar las unidades.

X3.5.5 Usa el mortero dentro de 2 ½ h de su mezclado inicial. Permite el reemplado del mortero dentro de este intervalo de tiempo.

#### X4. EJEMPLOS DE PROPORCIONAMIENTO DE MATERIAL PARA MEZCLAS DE PRUEBA DE MORTERO

X4.1 *Ejemplo A* – Un mortero consistente de una parte de cemento portland, 1¼ parte de cal, y 6¾ partes de arena será probado. Los pesos de los materiales usados en el mortero son calculados como sigue:

$$\text{Facto de Revoltura} = 1440 / (80 \times 6.75) = 2.67 \quad (\text{X4.1})$$

Peso del cemento portland =  $1 \times 94 \times 2.67 = 251$   
 Peso de la cal =  $1 \frac{1}{4} \times 40 \times 2.67 = 133$   
 Peso de la arena =  $6 \frac{3}{4} \times 80 \times 2.67 = 1440$

	Cemento portland	Cal	Arena
Proporciones por volumen	1	1 ¼	6 ¾
Peso unitario	94	40	80
Factor de Revoltura	2.67	2.67	2.67
Peso del material	251	133	1440

<sup>A</sup> Contenido total de arena es calculado como: (1 parte de volumen de cemento portland más 1 ¼ parte de volumen de cal hidratada) veces tres = 6 ¾ partes de arena.

<sup>B</sup> Peso de material = proporción de volumen por peso unitario por factor de mezcla.

X4.2 *Ejemplo B* – Un mortero consistente de una parte de cemento de mampostería, tres partes de arena será probado. Los pesos de los materiales usados en el mortero son calculados como sigue:

$$\text{Facto de Revoltura} = 1440 / (80 \times 3) = 6.00 \quad (\text{X4.2})$$

Peso del cemento portland =  $1 \times 70 \times 6 = 420$   
 Peso de la arena<sup>A</sup> =  $3 \times 80 \times 6 = 1440$

	Cemento de Mampostería	Arena
Proporciones por volumen	1	3
Peso unitario (pero impreso en la bolsa del cemento de mampostería)	70	80
Factor de Revoltura	6	6
Peso del material	420	1440

<sup>A</sup> Contenido total de arena es calculado como: (1 parte de volumen de cemento de mampostería) veces tres = 3 partes de arena.

<sup>B</sup> Peso de material = proporción de volumen por peso unitario por factor de mezcla.



**Designación: C 1437 – 01**  
**Método de Prueba Estándar para el**  
**Flujo de la Mezcla de Cemento**  
**Hidráulico.**

1. Alcance.

- 1.1 Este método de prueba cubre la determinación del flujo de la mezcla de cemento hidráulico.
- 1.2 Los valores colocados en el SI están para ser referidos como los valores estándar. Los valores en paréntesis están solamente como información.
- 1.3 Este estándar no pretende direccional todo acerca de los asuntos de seguridad, si hay alguno, está referida a sus uso, es la responsabilidad del usuario de este estándar el establecer la practicas apropiadas de seguridad y salud como determinar la aplicabilidad de las principales limitaciones regulatorias a usar.

2. Documentos de referencia.

2.1 Normas ASTM.

C 109 Método de prueba de compresión de la mezcla de cemento hidráulico (usando especímenes cúbicos de 2 pulgadas de lado).

C 185 Método de prueba para el contenido de aire de la mezcla de cemento hidráulico.

C 230 Especificaciones para la mesa de flujo a usar en las pruebas de cemento hidráulico.

3. Importancia y Uso.

3.1 Este método esta intencionado a ser usado para determinar el flujo de la mezcla de cemento hidráulico y de las mezclas que contienen materiales cementosos y otros que sean cementos hidráulicos.

3.2 Durante el flujo no es usualmente incluido las especificaciones del cemento hidráulico, es comúnmente usado en pruebas estándar que requieren que la mezcla tenga un contenido de agua que provea un nivel de flujo especificado.

4. Aparatos.

4.1 Mesa de flujo, molde de flujo, conforme a los requerimientos de la especificación c 230.

4.2 Calibrador, conforme a los requerimientos de la especificación c 230. Alternativamente cualquier calibrador para medidas extremas construido resistente a la corrosión y de material resistente debe ser usado, que este en milímetros y que su máxima extensión de medida sea de 260 mm (10 ¼ pulg.)

4.3 Apisonadora conforme a los requerimientos del método de prueba C 109.

4.4 Paleta, teniendo un filo de acero de 100mm hasta 150mm (4 a 6 pulg.) de largo, con bordes rectos. Cuando los bordes sean colocados en una superficie plana no deberá salirse de su rectitud por más de 1mm (0.14 pulg.).

4.5 Escantillón, hecha de acero deberá tener al menos 200mm (8 pulg.) de largo y no menos de 5. Temperatura y Humedad.

5.1 La temperatura del aire en el laboratorio debe ser mantenida entre 20 y 28°C y su humedad relativa no deberá ser menor del 50%.

6. Materiales.

6.1 Mezcla de cemento hidráulico- Una mezcla por la cual la determinación del caudal es especificado o deseado.

7. Proceso.

7.1 Determinación del flujo:

7.1.1 Cuidadosamente limpie y seque la mesa de flujo y coloque el molde de flujo en el centro.

Coloque una capa de mezcla alrededor de 25mm (1 pulg.) y aplane 20 veces con la apisonadora. La presión del aplanado deberá ser el suficiente para asegurar la uniformidad del llenado del molde. Luego llene el molde con la mezcla y aplane como se especificó en la primera capa, corte la mezcla para obtener una superficie plana, vacié con la parte de arriba del molde dibujando el nivel o la línea de la

paleta con un movimiento a través de la parte de arriba del molde. Limpie y seque el molde siendo especialmente cuidadoso de remover cualquier agua alrededor de la línea del molde del caudal. Levante el molde lejos del mortero, 1 minuto después de completar la operación de mezclado. Inmediatamente deje caer la tabla 25 veces a menos que se especifique de otra manera.

7.1.2 Si está usando un calibrador especificado en la norma C 230, mida el diámetro del mortero a lo largo de las 4 líneas trazadas en la parte de arriba de la tabla, grabando el diámetro como el número de divisiones calibradas, estimadas para uno diez de una división. Sí 1.5mm (0.06 pulg.) tampoco más de 3.5mm (0.14 pulg.) de grueso y su borde no deberá salirse de la superficie por más de 1mm (0.04 pulg.). Algún otro calibrador está siendo usado mida el diámetro del mortero a lo largo de las cuatro líneas trazadas en la parte de arriba, gravando cada diámetro al más cercano milímetro.

## 8. Calculo.

8.1 El flujo es el incremento en promedio basado en el diámetro de la masa del mortero, expresada como porcentaje del diámetro original de la base.

8.2 El calibrador usado especificado en la norma C 230, agregue las cuatro lecturas y guarde el total, esto da el flujo en

porcentaje. Si se está usando otro calibrador compute el caudal en porcentaje dividiendo "A" entre el diámetro original de la base en milímetros y multiplicando por 100.

Dónde:

A = El promedio de las cuatro lecturas en milímetros, menos el diámetro original de la base en milímetros.

Reporte el flujo por cerca del 1%.

## 9. Precisión y Bias.

9.1 Precisión- Un solo operador, sin la derivación estándar del laboratorio ha sido encontrado para ser el 4% del flujo. Por ello los resultados de dos exámenes conducidos apropiadamente por el mismo operador en condiciones similares no deberán diferir por más del 11%.

9.1.1 La derivación estándar multilaboratorio ha sido encontrada a ser 11%. Por ello los resultados de dos laboratorios diferentes en circunstancias similares no deberán diferir por más del 11%.

9.2 Bias- desde que no se acepte material de referencia viable para determinar el flujo disponible, no se declara sobre ello.

## 10. Palabras Claves.

10.1 Flujo, cemento hidráulico; mezcla.

**ASTM Designación: D 6103 – 97**  
**Método de Ensayo Estándar para**  
**Consistencia de Flujo en Material de**  
**Resistencia Baja Controlada (MRBC)**

1 Alcance

1.1 Este método de ensayo cubre el procedimiento para la determinación de la consistencia de flujo en material de resistencia baja controlada (MRBC) fresco. Este método de ensayo aplica al MRBC fluido con un tamaño máximo de partículas de 19.0 mm (3/4 pulg.) o menos, o para la fracción de MRBC que pasa la malla de 19.0 mm (3/4 pulg.).

1.2 Los valores declarados en unidades SI serán consideradas como el estándar. Las equivalencias en libras-pulgadas son dadas solamente para información.

1.3 MRBC es también conocido como relleno fluido, relleno de densidad controlada, lechada de suelo-cemento, grout de suelo-cemento, relleno sin contracciones, K-Kreto y otros nombres similares.

1.4 Este estándar no pretende dar dirección a todo lo relativo a seguridad, si hay alguna, asociada con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer la seguridad apropiada y prácticas saludables, así como determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras previas a su uso.

2. Documentos Referenciados

2.1 Estándares ASTM:

C 143 Método de Ensayo para Revenimiento del concreto de cemento Hidráulico

C 172 Práctica para Muestreo de Mezclas de Concreto Fresco.

D 653 Terminología Relativa a Suelos, Rocas y Fluidos Contenidos

D 3740 Práctica de Requisitos Mínimos para Empresas Comprometidas con el Ensayo y/o Inspección de Suelos y Rocas como son Usadas en el Diseño de Ingeniería y Construcción

D 4832 Método de Ensayo para Preparación y Ensayo de Cilindros con Material de

Resistencia Baja Controlada (MRBC)

D 5971 Práctica para Muestreo en una Mezcla Fresca de Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)

D 6023 Método de Ensayo para Peso Unitario, Rendimiento y Contenido de Aire (Gravimétrico) en Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC)

D 6024 Método de Ensayo para Caída de Bola en Material de Resistencia Baja Controlada (MRBC) para Determinar Convenientemente la Aplicación de Carga.

3. Terminología

3.1 Definiciones: Excepto como se observa en 3.2, todas las definiciones están en concordancia con Terminología D 653.

3.2 Definición de Términos Específicos a este Estándar:

3.2.1 material de resistencia baja controlada (MRBC), n—una mezcla de suelo o agregados, material cementante, ceniza volante, agua y algunas veces aditivos químicos, que endurecen en un material con una resistencia mayor que la del suelo, pero menos 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 su resistencia oscila entre 350 a 700 Kpa (50 a 100 psi) para muchas aplicaciones.

3.2.2 consistencia de flujo, n— una medida de la extensión de un predeterminado volumen de MRBC lograda mediante la remoción del cilindro de flujo dentro de un tiempo especificado.

4. Resumen del Método de Ensayo

4.1 Un cilindro abierto en los extremos es colocado en una superficie plana, nivelada y llenado con MRBC fresco. El cilindro es enrasado rápidamente así que el MRBC fluirá formando un círculo. El diámetro promedio del círculo es determinado y comparado con el criterio establecido.

## 5. Significado y Uso

5.1 Este método de ensayo está destinado a proporcionar al usuario con un procedimiento para determinar la fluidez de las mezclas MRBC para usarlo como relleno o relleno estructural.

5.2 Este método de ensayo es considerado aplicable a MRBC fresco, conteniendo solamente arena como el agregado o teniendo agregado grueso menor de 19.0 mm (3/4 pulg.). Si el agregado grueso es más grande de 19.0 mm (3/4 pulg.), el método de ensayo es aplicable cuando es hecho en la fracción de MRBC pasando una malla de 19.0 mm (3/4 pulg.), con el agregado mayor siendo removido de acuerdo con la sección sobre Procedimiento Adicional para Concreto con Agregado d Sobre tamaño Máximo, de la Práctica C 172.

Nota 1. Removiendo el agregado grueso alteramos las características de la muestra y entonces daremos información solamente acerca del material remanente. Es sugerido que para muestras conteniendo agregado grueso de 19.0 mm (3/4 pulg.) o mayor, una medida del revenimiento es más apropiada.

5.3 Para MRBC no fluido, o para muestras que no salen fácilmente fuera del cilindro de flujo, mida el revenimiento como se describe en el Método de Ensayo C 143.

5.4 Este método de ensayo es uno de una serie de ensayos de control de calidad que pueden ser ejecutados en MRBC durante la construcción para monitorear la concordancia con los requerimientos de la especificación. Los otros ensayos que pueden ser usados durante el control de la construcción son los Métodos de Ensayo D 4832, D 6023, y D 6024.

Nota 2. — No son fijas las declaraciones de precisión y tendencia contenidas en este método de ensayo, la precisión de este método de ensayo depende de la competencia del personal ejecutándolos y de lo conveniente del

equipo y facilidades usadas. Las empresas que reúnen los criterios de la Práctica D 3740 generalmente son consideradas capaces de competencia y de objetivos de ensayo. Los usuarios de este método de ensayo están precavidos que la concordancia con la Práctica D 3740 no hace por si misma asegurar resultados confiables. Los resultados confiables dependen de muchos factores. La Práctica D 3740 proporciona un medio de evaluar algunos de esos factores.

## 6. Aparatos

6.1 Cilindro de Flujo – El cilindro de flujo será un tubo recto de acero, plástico u otro material no absorbente, no reactivo con el MRBC conteniendo cemento portland, con 150 mm (6 pulg.) de longitud y 76 mm (3 pulg.) de diámetro interno. Los diámetros individuales y longitudes estarán dentro de  $\pm 3$  mm (1/8 pulg.) de las dimensiones prescritas. El cilindro será construido de tal manera que los planos de los extremos sean paralelos uno al otro y perpendiculares al eje longitudinal del cilindro. El cilindro de flujo tendrá un interior liso, abierto en ambos extremos y una forma rígida que sea capaz de sostener sus dimensiones bajo condiciones de uso severo.

6.2 Recipiente de muestreo y mezclado – El recipiente será un contenedor apropiado carretilla, de suficiente capacidad para permitir fácilmente el muestreo y remezclado de MRBC.

6.3 Aparatos de llenado –Cuchara, balde o pala de suficiente capacidad para facilitar el llenado del cilindro de flujo de una manera rápida y eficiente.

6.4 Superficie no porosa – Un cuadrado de 0.6 m (2 pies), o alargado, hecho de un material no poroso que sea también no corrosivo, tal como acrílico, aluminio moldeado, o acero inoxidable. La superficie debe ser lisa, libre de defectos y rígida.

6.5 Equipo Misceláneo:

6.5.1 Dispositivo medidor de Tiempo – reloj, o cronómetro capaz de medir el tiempo en

intervalos de 1 segundo.

6.5.2 Enrasador – Un enrasador metálico de longitud conveniente pero no menos que 254 mm (10 pulg.). La longitud total del enrasador será fabricada en ángulo recto para una tolerancia de +0.1 mm (+0.005 pulg.). El metal estará hecho de material conveniente que no sea corrosivo.

6.5.3 Dispositivo medidor, capaz de medir diámetros extendidos. Debe ser capaz de medir un mínimo de 6 mm (1/4 pulg.)

## 7. Muestra de Ensayo

7.1 Obtener la muestra de la mezcla fresca de MRBC de acuerdo con D 5971

## 8. Procedimiento

8.1 Coloque la superficie no porosa en un área plana y nivelada que esté libre de vibraciones u otras perturbaciones.

8.2 Humedezca el cilindro de flujo con agua y colóquelo al final, sobre una superficie nivelada, lisa y no absorbente. Sostener firmemente en el lugar durante el llenado.

8.3 Remezcle completamente el MRBC, la mínima cantidad necesaria para asegurar uniformidad, en el recipiente de muestreo y mezclado.

Nota 3. —El ensayo para consistencia de flujo, peso unitario y contenido de aire (D 6023) debe ser iniciado dentro de 5 min después de obtener la porción final de la muestra compuesta, complete estos ensayos tan rápidamente como sea posible.

8.4 Con el aparato lleno, meta la cuchara en la porción central del recipiente y vierta el MRBC en el cilindro de flujo. Llene el cilindro de flujo hasta completarlo o escasamente sobrellenado.

8.5 Enrase la superficie con una regla metálica hasta que la superficie este a nivel con el borde superior del cilindro de flujo, mientras se sostiene el cilindro de flujo en su lugar. Remueva algún derrame lejos del cilindro

después de enrasarlo.

8.6 Dentro de 5 s de llenado y enrasado, levante el cilindro de flujo rápida y cuidadosamente, en dirección vertical. Levante el cilindro de flujo al menos 15 cm (6 pulg.) con un movimiento constante hacia arriba, sin movimiento lateral o torsional, en un período de tiempo entre 2 y 4 s. Complete el ensayo desde el inicio de llenado hasta remover el cilindro de flujo sin interrupción dentro de un tiempo de 1½ min.

8.7 Inmediatamente mida el diámetro extendido resultante de MRBC. Tome dos mediciones del diámetro extendido, uno perpendicular al otro. Las mediciones deben ser hechas a lo largo de los diámetros, los cuales son perpendiculares uno al otro.

Nota 4. — Como el MRBC se extiende, puede ocurrir segregación, con el agua extendiéndose más allá de la extensión de la muestra cohesiva. La extensión de la mezcla cohesiva debe ser medida.

Nota 5 – Por comodidad en la medida de los diámetros perpendiculares, la superficie donde el cilindro de flujo será colocado puede ser marcada con líneas perpendiculares y el cilindro centrado donde las líneas se cortan.

Nota 6 – El diámetro promedio del círculo MRBC es establecido típicamente por la organización específica y puede variar dependiendo de cómo el MRBC está siendo usado. Para MRBC fluido usado para rellenar espacios con facilidad (sin requerimientos de vibración), el diámetro promedio del círculo típicamente es de 20 a 30 cm (8 a 12 pulg.)

## 9. Informe

9.1 Incluya la siguiente información en el informe:

9.1.1 Identificación de la muestra

9.1.2 Identificación del desempeño individual del método de ensayo

9.1.3 Fecha en que el ensayo es efectuado

9.1.4 Registro de las dos mediciones a la precisión de 1 cm (1/2 pulg.). Calcule el

promedio de las dos mediciones redondeando a 5 mm (1/4 pulg.) más cercano y repórtelo como el promedio de consistencia de flujo del MRBC.

#### 10. Precisión y tendencia

10.1 Precisión – La información está siendo evaluada para determinar la precisión de este método de ensayo. Adicionalmente, el Subcomité D 18.15 está solicitando la información pertinente de los usuarios del método de ensayo.

10.2 Tendencia – Ninguna declaración de

tendencia puede ser preparada porque no hay materiales de referencia estándar.

#### 11. Palabras Clave

11.1 relleno; MRBC; control de construcción; relleno fluido; consistencia de flujo; cilindro de flujo; diseño de mezcla; control de calidad; estabilización de suelos.

Referencia: Annual Book of ASTM Standards, 2003

Section 4 - Construction, Volume 04.09 Soil and Rock (II)



**ASTM C-780 Standard Test Method for Preconstruction and Construction Evaluation of Mortars for Plain and Reinforced Unit Masonry (Método para la evaluación de morteros, antes y durante la construcción, para mampostería sola o reforzada).**

**INTRODUCCIÓN**

Este método de ensayo provee un procedimiento normalizado para el muestreo y el ensayo de morteros de pega, para determinar su composición y sus propiedades en estado plástico o endurecido ya sea antes o durante la construcción. Los procedimientos que se indican en los Anexos, se consideran aplicables para evaluar las varias combinaciones de cementos, hidráulicos, cal y cementos de mampostería para morteros de pega de unidades de mampostería simple o reforzada, de uso común en la construcción. Estos procedimientos de ensayo describen métodos para la medición de la composición y las propiedades de los morteros de pega. No se tiene ninguna intención de reivindicar o justificar correlaciones específicas entre las propiedades o características medidas y el desempeño de los morteros de pega en la mampostería. Sin embargo datos obtenidos de estos métodos de ensayo pueden ser combinados con otra información relacionada, para formular criterios acerca de la calidad de la mampostería.

Los ensayos con estos procedimientos se limitan a la evaluación en el laboratorio antes de la construcción de los morteros de pega de unidades de mampostería; a la evaluación de los morteros de pega de unidades de mampostería en el sitio de la construcción, y establecer el grado de control de calidad ejercido durante la producción de mortero en el sitio de la construcción.

**1. OBJETO**

1.1 Este método de ensayo trata de los procedimientos para el muestreo y el ensayo de morteros de pega para determinar su composición y sus propiedades en estado plástico o en estado endurecido, ya sea antes o durante su uso actual en el sitio de la construcción.

Nota 1 – La Guía ASTM C1586 provee una orientación para evaluar el mortero de pega y clarifica el propósito tanto del presente método de ensayo como de la especificación (ASTM C 270).

Nota 2 – La agencia de ensayos o laboratorio que ejecute este método debe ser evaluada de acuerdo con la práctica ASTM C 1093.

1.2 Evaluación antes de la construcción – Este método de ensayo permite comparaciones entre morteros de pega hechos con diferentes materiales bajo condiciones simuladas de obra. También se usa para establecer valores de base para la evaluación comparativa de morteros de obra.

1.3 Evaluación durante la construcción – El uso de este método en la obra provee un medio para evaluar el aseguramiento de la calidad del mortero de pega producido en la obra. Incluye métodos para verificar las proporciones de la mezcla de mortero, la comparación de resultados de ensayos de morteros de pega hechos en la obra, con los resultados obtenidos de la etapa antes de la construcción, y la determinación de la uniformidad del mortero de amasada a amasada.

1.4 Los resultados de ensayo obtenidos de este método de ensayo no necesariamente deben cumplir con los valores de resistencia a la compresión indicados para la especificación por propiedades de resistencia de la especificación NTG 41050 (ASTM C270).

1.5 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente como el estándar. Los valores dados en cada sistema no necesariamente son equivalentes exactos por lo tanto cada sistema debe ser usado independientemente del otro. Combinando valores de los dos sistemas puede dar lugar a la no conformidad con esta norma. Las unidades pulgada-libra se indican entre paréntesis.

1.6 Esta norma no pretende señalar todos los aspectos relacionados con la seguridad y salud, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma, establecer las prácticas apropiadas de salud y seguridad y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso. Para declaraciones de riesgo específicas, ver la sección 8.



2. Documentos citados 2.1 Normas NTG (ASTM):

NTG 41017 h1 Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la (ASTM C 39/C 39M) compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

NTG 41003 h4 (ASTM C 109/C 109M) Método de ensayo. Determinación de la resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm (2 pulg) de lado.

NTG 41010 h9 (ASTM C128) Método de ensayo. Determinación de la densidad relativa y la absorción del agregado fino.

NTG 41017 h6 (ASTM C173/C173M) Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado por el método volumétrico.

(ASTM C187) Método de ensayo. Determinación de la cantidad de agua para obtener la consistencia normal del cemento hidráulico.

NTG 41017 h7 (ASTM C 231) Método de ensayo. Determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado por el método de presión.

NTG 41050 (ASTM C270) Mortero de pega de unidades de mampostería. Especificaciones.

NTG 41017 h15 (ASTM C496/C 496M)

Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto.

(ASTM C 511) Cuartos de mezcla, gabinetes de curado, cuartos de curado y tanques de almacenamiento de agua, usados en el ensayo de cementos hidráulicos y concretos.

Especificaciones.

(ASTM C 1093) Práctica para la acreditación de agencias de ensayo e inspección de la mampostería.

(ASTM C 1586) Guía para el aseguramiento de calidad de los morteros de pega.

(ASTM E 11) Tela de alambre y tamices usados para ensayos Especificaciones.

### 3. Terminología

3.1 Definiciones de términos específicos para ésta norma.

3.1.1 Los términos propios al ensayo de morteros de pega de mampostería se indican y se definen a continuación:

3.1.2 Muestra alterada. Cualquier muestra de mortero de pega plástico, que haya sido

tomada algún tiempo después del mezclado y del muestreo a granel y que haya sido remezclado o remodelada o ambas cosas inmediatamente antes de su ensayo.

3.1.3 Muestra inalterada. Cualquier muestra de mortero de pega moldeada inmediatamente después de mezclada y muestreada y que permanece sobre una superficie libre de vibraciones hasta su ensayo.

3.2 Durante el muestreo, las siguientes descripciones identificarán las localizaciones de los muestreos:

3.2.1 Muestras de la mezcladora – Son todas aquellas obtenidas durante o inmediatamente después de la descarga del mortero de la mezcladora.

3.2.2 Muestras de la batea – Son todas aquellas obtenidas de la batea de mortero, después de un periodo de tiempo establecido desde del final del mezclado y antes del reemplado. Las muestras reempladas de la batea de mortero son aquellas obtenidas después de haber reemplado el mortero. Dado que el mortero en la batea del albañil es un mortero alterado por la actividad de dicho albañil, las muestras provenientes de la batea del albañil deben ser identificadas así para diferenciarlas de las muestras tomadas de una batea de mortero usada exclusivamente para propósitos de ensayo.

### 4. Resumen del método de ensayo.

4.1 La evaluación antes de la construcción de los sistemas de mortero involucra la preparación de una o más amasadas de prueba que son mezcladas en laboratorio usando mezcladoras mecánicas de amasadas. Estas amasadas de prueba son muestreadas y usadas para el establecimiento de las propiedades en estado plástico y endurecido de las amasadas. Dado que todas las amasadas de prueba son dosificadas por masa, hay características adicionales de los morteros que pueden ser calculadas y usadas en el análisis del desempeño de los morteros.

4.2 Durante la construcción actual, la evaluación del mortero de pega de mampostería es posible por el muestreo del mortero en las varias etapas de la construcción realizándoles los ensayos para determinar sus propiedades tanto en estado plástico como el endurecido. Los resultados de ensayos permitirán una verificación adicional de los

ensayos efectuados antes de la obra, y reflejarán las variaciones de amasada a amasada, introducidas durante la producción y uso del mortero en el sitio de la construcción. Por lo tanto se logrará aplicar acciones correctivas más inmediatas, en el proceso de mezclado.

4.3 Los siguientes métodos pueden incorporarse individualmente o colectivamente en el programa de ensayos, para establecer la composición del mortero de pega y sus propiedades en estado plástico y endurecido.

4.3.1 Anexo A1 - Consistencia por el método de ensayo de penetración del cono.

4.3.2 Anexo A2 - Retención de consistencia de morteros de pega de unidades de mampostería.

4.3.3 Anexo A3 - Consistencia inicial y retención de consistencia o tiempo de manejabilidad de los morteros de pega, usando un penetrómetro modificado en concreto.

4.3.4 Anexo A4 Relación agregado-mortero en los morteros de pega.

4.3.5 Anexo A5 Contenido de aire de los morteros de pega de unidades de mampostería.

4.3.6 Anexo A6 Resistencia a la compresión de cilindros y cubos de los morteros de pega de unidades de mampostería.

4.3.7 Anexo A7 Resistencia a la tracción indirecta de los cilindros de los morteros de pega de unidades de mampostería.

## 5. Significado y uso

5.1 Durante las evaluaciones antes de la construcción y durante la construcción el uso de estos métodos de ensayo establece una serie de características específicas y generales de desempeño para el sistema de mortero usado.

5.2 El ensayo antes de la construcción sobre morteros dosificados por masa; provee información para la selección del sistema de mortero individual más apropiado a la mampostería que se va a construir. Los ensayos recomendados y su significado son los siguientes:

5.2.1 Las determinaciones de consistencia por el cono de penetración (Anexo A1) permiten la calibración de las adiciones de agua para todos los morteros incluidos en las series de antes de la construcción. Aún si la consistencia del mortero medida en el sitio de la construcción tiene un valor diferente de penetración que

aquellas medidas en el estudio de antes de la construcción, el ensayo del cono de penetración sirve para estandarizar las adiciones de agua para los morteros considerados como alternativas antes de la construcción. Los ensayos adicionales de relaciones contenido de agua-consistencia (Anexo 4) permitirán relacionar estos dos factores con las variaciones de amasada a amasada en el sitio de la obra.

5.2.2 La retención de consistencia por el cono de penetración (Anexo A2) usando muestras alteradas o inalteradas de mortero provee un medio para establecer las características de fraguado y endurecimiento de los morteros a edades tempranas. Dado que los ensayos de laboratorio se realizan bajo condiciones climáticas estáticas, los resultados del ensayo de retención de consistencia, reflejan el desempeño relativo de los sistemas de mortero bajo el ensayo. Se espera que las mismas relaciones generales se mantengan durante los ensayos en el sitio de la construcción excepto por la forma en que puedan ser influenciados por las condiciones climáticas en el sitio de trabajo.

5.2.3 Las determinaciones de contenido de agua del mortero (Anexo A3) permiten la medida del contenido de agua de la amasada de mortero. Los morteros pre dosificados usando la arena húmeda pueden ser matemáticamente analizados para determinar su contenido de agua; sin embargo este ensayo cuando se usa para evaluaciones antes de la construcción, establece su efectividad como método de ensayo y sirve como de base de control para los ensayos que se realicen en el sitio de la construcción.

5.2.4 La relación agregado-materiales cementantes (Anexo A4) provee un método para determinar la relación agregado-materiales cementantes. La operación de tamizado empleada en este ensayo es incapaz de separar un material cementante individual, cuando se usa más de uno de estos materiales, pero si se puede establecer la relación exacta de agregados-materiales cementantes de la mezcla.

5.2.5 El ensayo de contenido de aire del mortero (Anexo A5) es útil para establecer el valor de este componente en el mortero. Este ensayo es de particular importancia para evaluar morteros que contienen cemento

portland o cemento hidráulico con aire incorporado, cal con aire incorporado, cemento de mampostería, o cualquier combinación de los anteriores.

5.2.6 La resistencia a la compresión (Anexo A6) de cilindros y cubos de mortero de pega, establece una de las características del mortero endurecido. Los valores de la resistencia a la compresión del mortero no son representativos de la resistencia a la compresión actual en el ensamblaje de mampostería, y no son apropiados para predecir la resistencia a la compresión que pudiera ser alcanzada por el mortero en la obra. La resistencia a la compresión medida de un espécimen de mortero moldeado en el laboratorio es casi siempre menor que la resistencia de ese mortero en el muro real, primariamente como resultado de las diferencias en el contenido de agua en el mortero y la forma del espécimen. La resistencia a la compresión del mortero es influenciada por el contenido de agua al momento del fraguado. Dado que los especímenes de mortero moldeados en el laboratorio no están en contacto con unidades de mampostería absorbentes y no están sujetos a otros mecanismos de pérdida de agua, ellos tienen contenidos más altos de agua que la de los morteros en el muro. Estos altos contenidos de agua, casi siempre dan por resultado resistencias menores. El tamaño y la forma del espécimen también afectan la resistencia a la compresión. Los cilindros y los cubos exhiben resistencias diferentes, aun cuando hayan sido hechos de la misma amasada de mortero. Ambas configuraciones de espécimen dan menores resultados que los que podrían lograrse si el espécimen tuviera el mismo tamaño y configuración de una típica junta de mortero, y pudiera ser ensayado de manera confiable.

NOTA 3 – Cuando se comparan cubos y cilindros de la misma mezcla, la resistencia a la compresión del cilindro es aproximadamente igual al 85% de la resistencia a la compresión del cubo.

5.2.7 El ensayo de resistencia a la tracción indirecta de los cilindros del mortero (Anexo A7) provee un método para determinar la resistencia a la tracción del mortero. La resistencia medida depende del contenido de

agua y del tiempo de fraguado, junto con otros factores y refleja la resistencia general alcanzable por el mortero en la mampostería. El valor medido sin embargo, no es el representativo de la actual resistencia del mortero en la mampostería.

5.3 Los ensayos durante la construcción actual pueden emplear uno o más métodos de ensayo descritos en 4.2. Los ensayos repetitivos usando estos métodos de ensayo en amasadas consecutivas o intermitentes, proveen un método de medida de las variaciones de amasada a amasada en la producción del mortero. En ensayo durante la construcción actual en obra, puede ser referenciado a los ensayos del mortero en el laboratorio y puede emplearse para predecir las características del mortero a edades posteriores del mortero. Además de los comentarios de 5.2, las siguientes conclusiones pueden ser obtenidas de los ensayos en obra:

5.3.1 La consistencia por el cono de penetración (Anexo A1) Se usa como una referencia rápida para indicar variaciones de amasada a amasada en los ingredientes y en el tiempo de mezcla. Lecturas erráticas de consistencia indican un control deficiente durante la dosificación y el mezclado, pero estas no indican si el cemento, la arena o las adiciones de agua han sido inadecuadas. Se deben emplear otros métodos de ensayo para separar e identificar las proporciones o los procedimientos de mezclado poco satisfactorios, por ejemplo estableciendo la relación agregado-cementantes, el agua del mortero o los ensayos de contenido de aire.

5.3.2 La resistencia de consistencia por el cono de penetración (Anexo A2) establece las características de fraguado y endurecimiento del mortero a una edad temprana. Estas propiedades pueden ser influenciadas por los ingredientes, las proporciones de la mezcla, condiciones climáticas, efectos de los aditivos químicos y por el tiempo de mezclado.

5.3.3 Los ensayos individuales y repetitivos para determinar el contenido de agua en el mortero (Anexo A3) reflejan la habilidad del operador de la mezcladora para agregar agua al recipiente mezclador de una manera apropiada y consistente.

5.3.4 Los ensayos individuales y repetitivos para determinar la relación agregados-materiales cementantes (Anexo A4) reflejan la

habilidad del operador de la mezcladora para agregar material cementante y arena en el recipiente mezclador de una manera apropiada y consistente.

5.3.5 Los ensayos individuales y repetitivos para determinar el contenido de aire (Anexo A5) reflejan los cambios causados por variaciones en el tiempo del mezclado, la eficiencia del mezclado y otros factores.

5.3.6 La comparación de los ensayos de resistencia a la compresión (Anexo 6) de los morteros dosificados en obra con los ensayos de resistencia a la compresión en el laboratorio del mortero de pre construcción, cada cual realizado de acuerdo con este método de ensayo, puede ser usada para identificar variaciones en los constituyentes de la mezcla y/o en las proporciones. Variaciones en valores de la resistencia a la compresión típicamente indican cambios en el contenido de agua de la mezcla, los procedimientos de mezclado los materiales de la mezcla, las proporciones de los materiales y, las condiciones ambientales.

NOTA 4 – Debe esperarse que haya variaciones entre las resistencias a la compresión de los morteros muestreados en la obra y entre las resistencias a la compresión de morteros obtenidos en el laboratorio durante los ensayos de pre-construcción. Muchas de las variaciones son resultantes del muestreo del mortero de la mezcladora o de la batea de mortero del albañil y no necesariamente se traducen en variaciones significativas en el muro. La succión de las unidades de mampostería removerá agua del mortero en el muro y las condiciones de curado son diferentes. Sin embargo una variación significativa entre valores de resistencia a la compresión, debe impulsar la evaluación de las causas probables de esta variación.

Realizando ensayos paralelos de la relación mortero – materiales cementantes, puede asistir en determinar si la causa más probable de esta variación es un cambio de ingredientes y proporciones de la mezcla (Ver 5.2.6 para información adicional).

5.3.7 La resistencia a la tracción indirecta (Anexo A7) de los cilindros moldeados almacenados de acuerdo con este método de ensayo podrá mostrar la resistencia aproximada del mortero de mampostería,

porque en el muro se encuentran morteros con relaciones agua-cemento más bajas, que las que pueden medirse de morteros tomados de la mezcladora.

## 6. LIMITACIONES DEL MÉTODO DE ENSAYO

6.1 Durante el ensayo de la relación agregado- materiales cementantes, no se ha intentado establecer las proporciones entre cemento hidráulico y la cal o de cemento portland a cemento de mampostería en la mezcla. Se pueden realizar ensayos adicionales para establecer estas proporciones. No obstante las operaciones de dosificación deben ser supervisadas con el fin de asegurar el correcto proporcionamiento de los ingredientes.

6.2 Debido a la mayor capacidad de pesar los materiales con exactitud, debe hacerse el mezclado en una secuencia precisa, controlando otros factores relacionados con la producción y con el ensayo del mortero bajo condiciones de laboratorio, en comparación con las condiciones de obra. El propósito principal de este método de ensayo es el de suministrar un medio para identificar, medir, evaluar y controlar las diferencias que puedan existir entre el mortero de laboratorio y el mortero de la obra.

6.3 No existe ningún método de ASTM para la medición de la composición o las propiedades físicas de morteros endurecidos removidos de la estructura.

## 7. EQUIPO

7.1 El equipo requerido para este ensayo, lo mismo que el equipo requerido para el muestreo (Ver sección 9) está descrito en los ensayos individuales incluidos en los ANEXOS.

## 8. PRECAUCIONES

8.1 Durante cualquier período en que el alcohol usado en el ensayo de la relación agregado- materiales cementantes, está expuesto a la atmósfera, y particularmente cuando se está secando la muestra de ensayo, el operario debe tener en cuenta que el alcohol es un material muy inflamable. Antes de secar la muestra en el horno, la misma debe colocarse en un recipiente poco profundo y eliminar los vapores del alcohol mediante su ignición intencional en un área abierta y ventilada.

## 9. MUESTREO

9.1 Esta sección está relacionada con el muestreo de los ingredientes individuales del mortero y del mortero en sí, tanto para la evaluación de preconstrucción en el laboratorio como para la evaluación durante la construcción en la obra.

9.2 Completar el muestreo de los materiales como sigue:

9.2.1 El material en bolsa, como el cemento hidráulico, la cal y el cemento de mampostería deberán ser del tipo y marca que se empleará o que se haya pensado emplear en la obra. Se deben obtener bolsas de lotes, en cantidades suficientes para completar los ensayos deseados.

9.2.2 El agregado para fines de ensayo, deberá proceder de la misma fuente y cumplir con la misma descripción del que se empleará o como el que se ha considerado usar en la obra. Obtener una muestra representativa en cantidad suficiente para completar los ensayos deseados.

9.2.3 No es necesario que el agua para fines de ensayo sea la misma que se usará en la construcción, excepto cuando se sabe o se sospecha que las propiedades del agua disponible para la producción del mortero en el sitio de la construcción tendrá un efecto medible sobre las propiedades del mortero. En ensayos normales, se acepta el uso de agua limpia y potable.

9.3 Obtener muestras de mortero en estado plástico tanto en el laboratorio como en la obra, tomando muestras individuales de sitios uniformemente distribuidos y mezclándolas para obtener una mezcla compuesta, del cual se toma al azar la cantidad de mortero requerida para un ensayo específico o para fabricar un espécimen. Cuando se hacen ensayos de morteros antes de la construcción, el método de muestreo durante la construcción debe ser el mismo que el usado antes de la construcción.

NOTA 5 – Muchos factores, incluyendo el muestreo, pueden afectar las características del mortero fresco. El muestreo debe ser efectuado de la manera más consistente posible. A menos que vayan a evaluarse propiedades específicas del mortero que son dependientes del tiempo, el muestreo debe hacerse de acuerdo a lo indicado en 9.3.1.

9.3.1 Se toman las muestras de la mezcladora inmediatamente después de completado el mezclado, ya sea durante la descarga de la mezcladora, o después de que el mortero haya sido descargado en el recipiente o batea del mortero. Si las muestras son tomadas durante la descarga de la mezcladora, las mismas deben ser tomadas en cualquier tiempo excepto durante el primero y último 10% de la amasada. Las muestras del mortero tomadas después de la descarga del mortero de la mezcladora, deben ser representativas de la amasada total.

9.3.2 Se toma el mortero para los ensayos, de la batea de mortero, del albañil de acuerdo con 9.3.1, y se coloca el mortero sobre bateas de mortero típicas de aquellas que se están usando o serán usadas en la obra cuando el mortero de una batea de mortero del albañil se usa para los ensayos, se la identifica apropiadamente para reflejar esta excepción para poder tener una adecuada interpretación de los datos obtenidos. Inmediatamente antes



de su muestreo, el mortero debe ser mezclado completamente a mano con ayuda de una espátula. Se debe registrar el tiempo transcurrido desde la finalización del muestreo, como parte de los datos del ensayo.

9.3.3 Se toman muestras de mortero retemplado de la batea de mortero del albañil, a los tiempos registrados después del mezclado y del reemplado. Inmediatamente antes del muestreo se debe mezclar completamente el mortero a mano con la ayuda de una espátula.

9.4 Se registran todos los procedimientos de muestreo incluyendo los datos de fecha, tiempo, lugar y método de muestreo cuando sea aplicable, se anotan y se registran las condiciones climáticas.

## 10. Especímenes de ensayo

10.1 Durante la evaluación de los morteros de pega antes de la construcción, se miden las propiedades del mortero en estado plástico usando una sola muestra o amasada de ensayo para cada parte de los ensayos. Para la obtención de las propiedades del mortero endurecido, se preparan tres especímenes para cada edad de ensayo y para cada propiedad.

10.2 Durante la evaluación en obra, durante la construcción de los morteros de pega, se miden las propiedades del mortero plástico usando una sola muestra de amasado de ensayo para cada parte del método de ensayo. Para la determinación de las propiedades del mortero endurecido, se preparan tres especímenes para cada edad de ensayo y para cada propiedad.

10.3 Durante la evaluación actual en obra, durante la construcción, y cuando se deben establecer variaciones de amasada a amasada, se muestrean tres amasadas consecutivas, y se las ensaya para obtener sus propiedades en estado plástico y endurecido.

## 11. Procedimiento

11.1 Preparación del mortero – Se prepara y se mezcla el mortero en el laboratorio para la evaluación antes de la construcción, usando los materiales (ver 9.2.3 referente al agua) y las proporciones que se van a emplear en la construcción. Se debe utilizar una mezcladora mecánica similar a la que se usará en la obra.

11.1.1 Se emplea la arena húmeda, tal como se recibe, manejándola de manera que se prevenga la segregación. Se corrige el agua adicionada al mortero, de acuerdo con el agua libre en la arena que sobrepasa la condición de saturada y superficialmente seca (sss) de

acuerdo con el método de ensayo NTG 41010 h9 (ASTM C 128). Se informa el agua total utilizada en la mezcla.

11.1.2 Se dosifican de antemano los materiales del mortero por peso, para obtener las proporciones por volumen deseadas.

11.1.3 Mezclado – Se mezcla el mortero siguiendo la secuencia siguiente:

11.1.3.1 Cuando se usan dos o más materiales cementantes para los ensayos de evaluación antes de la construcción, se pre-mezclan dichos materiales, de modo que sean cargados en la mezcladora como un solo ingrediente.

11.1.3.2 Para cada amasada, se mezcla el mortero de pega de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Si no se proveen estas instrucciones se carga la mezcladora para los ensayos de evaluación antes de la construcción, como sigue:

(1) Se vierte aproximadamente  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  del agua estimada requerida para la mezcla.

(2) Se agrega la  $\frac{1}{2}$  de la arena

(3) Se agrega el total de material cementante y se mezcla brevemente

(4) Se añade el resto de arena y el agua estimada restante requerida, para producir la consistencia deseada. Dado que los procedimientos de laboratorio permiten una combinación más rápida de los materiales, que la que generalmente se logra en condiciones reales de construcción en la obra, los tiempos de retardo entre las diferentes secuencias deben hacerse de forma que se aproximen a las situaciones propias de la obra.

(5) Se mezcla el mortero a una velocidad normal de 3 a 5 minutos; después de completar la operación de carga. El mortero deberá de remezclarse por un minuto como mínimo, después de cada adición de agua de reemplado.

NOTA 6 – Para lograr mejores resultados, el mortero debe mezclarse en la misma forma, cada vez que se muestree. Hay equipos alternativos de mezclado que pueden requerir tiempos más cortos de tiempo de mezcla que los requeridos por mezcladoras de paletas tradicionales.

11.1.3.3 Determinar el valor de penetración del cono en el mortero para los ensayos de evaluación antes de la construcción de acuerdo con el Anexo A1.

NOTA 7 – Existen algunas divergencias en cuanto a los valores relativos del ensayo del cono de penetración, en comparación con el ensayo de la mesa de flujo. El ensayo del cono de penetración ha sido seleccionado para esta aplicación, teniendo en cuenta que una mesa de flujo montada de acuerdo con la norma ASTM aplicable, no es portátil, y que la correlación de datos entre el laboratorio y la obra se perdería si un procedimiento se basa en la mesa de flujo y el otro en la penetración del cono.

11.2 Se completa la evaluación antes de la construcción, de acuerdo con los métodos de ensayo indicados en los anexos A-1 al A-7.

12. Informe 12.1 Un informe completo incluye la siguiente información:

12.1.1 Nombre y dirección del laboratorio de ensayos.

12.1.2 Identificación del Informe y fecha de elaboración.

12.1.3 Nombre y dirección del cliente e identificación del proyecto

12.1.4 Descripción e identificación de las muestras de ensayo incluyendo la descripción de los materiales constituyentes del mortero, y la identificación de los procedimientos de mezclado.

12.1.5 Fecha de recibido de la muestra de ensayo

12.1.6 Fecha (s) del muestreo e identificación del método de mezclado

12.1.7 Fecha (s) de ejecución del muestreo

12.1.8 Identificación del método de ensayo usado y anotación de cualquier desviación conocida respecto al método de ensayo.

12.1.9 Nombre de la persona (s) responsables técnicos del informe de ensayo.

12.1.10 Identificación de los resultados de ensayos del subcontratista, si esto es aplicable.

12.2 Un informe completo también incluye los resultados de ensayos y todos los datos pertinentes relacionados con el comportamiento y condiciones de los ensayos, tal como se requiere en los anexos aplicables. Se sugiere la hoja de datos dada en el anexo A8, como un formato general para la ejecución de los informes.

13. Descriptores

13.1 Proporción de agregado; contenido de aire; resistencia a la compresión; penetrómetro de concreto; penetrómetro de cono; consistencia; retención de la consistencia;

mortero de pega; resistencia a la flexión; resistencia a la tracción indirecta.

ANEXOS (Información Obligatoria)

A1 CONSISTENCIA POR EL MÉTODO DE ENSAYO

DEL CONO DE PENETRACIÓN A1.1

Objeto A1.1.1 Este método de ensayo establece un procedimiento para determinar la consistencia de morteros de pega para unidades de mampostería, midiendo la penetración de un émbolo cónico dentro de una muestra de mortero.

A1.2 Equipo

A1.2.1 Unidades de medida – Molde de forma cilíndrica que tiene un diámetro interior de  $76 \pm 1.6$  mm ( $3 \pm 1/16$  pulg) y una profundidad de aproximadamente 88.1 mm ( $3 \frac{15}{32}$  pulg) calibrado con agua a  $23^{\circ}\text{C}$  ( $73.4^{\circ}\text{F}$ ), para contener  $400 \pm 1$  ml. Para propósitos de este ensayo, la capacidad de la medida en mililitros es igual al peso en gramos del agua contenida en la medida, dividido por 0.998. La medida debe tener un espesor de pared uniforme, el espesor de la pared y la base no debe ser menor a 2.9 mm ( $0.115$  pulg). El peso total de la medida vacía no debe ser mayor de 900g. La medida debe ser fabricada de un metal no atacable por el cemento del mortero. La medida de 400 ml. puede ser calibrada fácilmente, llenándola de agua destilada a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C}$  ( $73.4^{\circ}\text{F}$ ) hasta un punto en que el menisco sobrepase notoriamente el borde superior de la medida. Allí se coloca una placa de vidrio plana y limpia permitiendo que el exceso de agua salga. La ausencia de burbujas garantiza que la medida está completamente llena. Se debe limpiar el exceso de agua en los bordes de la medida, antes de pesarla.

A1.2.2 Regla de acero – Regla de acero de borde recto no menor de 102 mm (4 pulg) de largo y de un espesor no menor de 1.59 mm ( $1/16$  pulg) ni mayor a 3.2 mm ( $1/8$  pulg).

A1.2.3 Apisonador – De acuerdo con el método de ensayo NTG 41003 h4 (ASTM C109/C109 M). La cara de apisonar debe ser plana y a un ángulo recto con la longitud del apisonador.

A1.2.4 Rodo de Madera – Vara de madera de arce (maple), (u otra madera equivalente), con un diámetro de 16.0 mm ( $5/8$  de pulg) y una longitud de 152 mm (6 pulgadas).



A1.2.5 Cuchara metálica – Una cuchara metálica del tipo de cocina con el mango cortado para alcanzar una longitud total de aproximadamente 228.6 mm y una concavidad de aproximadamente 102 mm (4 pulg) de largo, 63.5 mm (2 ½ pulg) de ancho en la parte más ancha, y de 12.7 a 19.0 mm (½ a ¾ de profundidad).

A1.2.6 Penetrómetro de cono – Un aparato de Vicat, conforme los requisitos físicos del método de ensayo ASTM C 187 debe modificarse para medir las penetraciones del cono hasta una profundidad de 89 mm. El marco deberá levantarse 50.8 mm (2 pulg) para acomodar la unidad de medida y el émbolo cónico en la posición elevada. El indicador de la escala deberá extenderse para permitir la medición hasta en 89 mm. El cono de penetración es un vástago cónico de aluminio de 41.3 mm (1 5/8 pulg) de diámetro en la base, por 92.0 mm (3 5/8 pulg) de altura; esmerilado a formar un hemisferio en una distancia de 3.2 mm (1/8 pulg), de manera que la longitud total quede 88.9 mm (3 ½ pulg). La base del cono debe ser perforada en el centro para enroscar un tubo de acero inoxidable de tamaño apropiado y capaz de deslizarse libremente por las guías del aparato. El peso del tubo debe ajustarse para que el peso del conjunto (cono, tubo e indicador) sea  $200 \pm 2$ g.

### A1.3 Procedimiento

A1.3.1 Inmediatamente después de que se haya muestreado el mortero de pega, se llena el molde, con la ayuda de la cuchara se coloca el mortero suavemente dentro del molde en tres capas de igual volumen, apisonando cada capa 20 veces con el apisonador, en una revolución completa alrededor de la superficie interior del molde. Se considera un apisonado el movimiento completo del apisonador en posición vertical, hacia arriba y luego hacia abajo. Al apisonar la primera capa, no debe golpearse el apisonador contra el fondo del molde. Al apisonar la segunda y tercera capas, se apisona en una rotación completa empleando únicamente la fuerza suficiente para llenar el molde y eliminar los vacíos dentro del mortero. Después de que se haya llenado y apisonado el molde en la forma descrita anteriormente, se golpean suavemente los lados del molde con el lado del rodo de madera, golpeando tan solo una vez en cinco puntos diferentes, espaciados a distancias

iguales alrededor del molde, en orden a impedir la entrada de aire externo. Se debe tener cuidado para que no quede ningún espacio entre el mortero y la superficie interior del molde, como consecuencia del apisonado del mortero. Luego, se corta el mortero a ras formando una plana y nivelada con la superficie del molde, pasando la regla de acero de borde recto en un movimiento de aserrado a través de la superficie, realizando dos recorridos sobre la superficie total; el segundo recorrido se hace en ángulo recto con relación al primero. Se debe tener cuidado al llevar a cabo la operación de enrasado, para que ningún grano de arena suelto haga que la regla de acero se deslice por encima de la superficie del molde. Se completa toda la operación de llenado y enrasado del molde en 1.5 min, y se limpia todo el mortero y agua que se haya podido adherir en la parte exterior del molde.

A1.3.2 Se levanta el cono de penetración y se desliza el molde (unidad de medida) por debajo del cono hasta que la punta del cono descansa sobre el borde del molde. Se aprieta el tornillo de sujeción para sujetar el cono de penetración, y mover el indicador al punto cero de la escala.

A1.3.3 Se centra el molde debajo del cono y se suelta éste con un giro rápido y definitivo del tornillo de sujeción, mientras se sostiene firmemente el aparato completo, con la otra mano.

A1.3.4 Después de 305, se lee la profundidad de la penetración, en mm.

### A1.4 Informe

A1.4.1 Se expresa la profundidad de la penetración del cono, con una aproximación de 1mm.

## A 2 RETENCIÓN DE LA CONSISTENCIA DE MORTEROS DE PEGA PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

### A2.1 Objeto

A2.1.1 Este método describe un procedimiento para determinar la retención de la consistencia de los morteros de pega, después de varios intervalos de tiempo, mediante el método de ensayo del cono de penetración. Tanto los ensayos de muestras alteradas, como de muestras inalteradas se incluyen en éste método. A menos que se especifique de otra forma, únicamente el procedimiento de ensayo para muestras alteradas, será requerido.

### A2.2 Equipo

A2.2.1 En adición al equipo requerido para completar el ensayo de penetración indicado en el Anexo 1, es necesario tener unidades de medida y placas de vidrio planas de cubierta extras, cuando se usa el procedimiento de muestras inalteradas para cada tiempo de ensayo que se incluya para la determinación de la retención de consistencia. No se necesita de equipo adicional para el procedimiento de muestras alteradas.

### A2.3 Procedimiento

A2.3.1 Muestras alteradas – Cuando se ensayan muestras alteradas, se muestrea el mortero de pega y se llena el molde justo antes de proceder a la ejecución del ensayo. Se muestra el mortero tal como es descargado de la mezcladora, y se coloca sobre la batea reservada para ensayo. Este mortero no debe ser usado por el albañil, ni ser alterado hasta inmediatamente antes de su ensayo. Justo antes del ensayo se vuelve a mezclar el mortero con una paleta hasta que tenga una consistencia uniforme. Luego se sacude o se mantiene el mortero durante el tiempo necesario para permitir su apisonado apropiado en el molde de ensayo. Después de que la muestra de mortero de pega haya sido apisonada el molde como se indica en el anexo A1, se completa inmediatamente el ensayo. El intervalo normal entre los ensayos debe ser de 15 min.

A2.3.2 Muestras inalteradas – Cuando se ensayan muestras inalteradas del mortero de pega, se preparan los especímenes para todas las edades de ensayo, inmediatamente después de que el mortero es descargado de la mezcladora. Se prepara un espécimen de mortero para cada edad de ensayo como se indica en el Anexo A1. Para cada ensayo se requiere de un molde. Inmediatamente después de llenado cada molde de ensayo se cubre la muestra con una placa protectora, se invierte el conjunto ensamblado y se coloca sobre una superficie firme y nivelada.

Inmediatamente antes de su ensayo, se invierte el conjunto y se quita la placa. El intervalo normal entre los ensayos es de 15 min.

Existen dos posibles opciones bajo este procedimiento de ensayo. El método dado en este numeral para realizar los ensayos de muestras inalteradas minimiza debido al uso de la tapa, los efectos de evaporación de humedad en la superficie del mortero. Aunque un albañil, raramente usaría una batea de mortero

de pega inalterado sin mezclarlo primero por algún tiempo con una cuchara o paleta de albañil, serían deseables algunos programas de estudios sobre el mortero de pega, que incluyeran determinaciones de estos efectos superficiales. Si esto es lo que se desea, se puede variar el procedimiento dejando sin cubrir y sin invertir los moldes de ensayo, durante el intervalo entre la preparación y el ensayo. El informe del ensayo debe señalar el uso de esta alternativa cuando así se aplique.

A2.3.3 Se determina la penetración del cono en la muestra de mortero tal como se describe en el Anexo A1.

### A2.4 Informe

A2.4.1 El informe debe incluir lo siguiente:

A2.4.1.1 La profundidad máxima de penetración, con una aproximación de 1mm.

A2.4.1.2 Anotación de si los datos se refieren a muestras alteradas o inalteradas.

A2.4.1.3 Tiempo de ensayo.

## A3. CONSISTENCIA INICIAL Y RETENCION DE LA CONSISTENCIA O TIEMPO DE MANEJABILIDAD DE LOS MORTEROS DE PEGA, USANDO EL PENETRÓMETRO MODIFICADO DE CONCRETO.

### A3.1 Objeto

A3.1.1 Este método permite la determinación de la consistencia y del tiempo de la manejabilidad de los morteros de pega. El método es lo suficientemente restrictivo para ser usado como base de aceptación de los morteros. Los resultados están dados en kPa (psi) requeridos para penetrar una muestra de mortero de pega, por 25.4mm (1 pulg), con un disco de un diámetro y peso dados.

### A3.2 Terminología

A3.2.1 Tiempo de trabajabilidad - Es el período durante el cual la resistencia a la penetración permanece por debajo de un valor dado Pf.

A3.2.1.2 Po – Es la resistencia inicial de penetración o la consistencia de un mortero de pega determinado mediante el uso de este método.

A3.2.1.3 Pf- Es la resistencia a la penetración o consistencia de un mortero de pega cuando el mortero está demasiado duro para ser usado.

A3.2.1.4 Velocidad de endurecimiento – Es igual a la relación entre la diferencia entre Po y Pf, por el intervalo de tiempo.

A3.2.1.5 To – Es el tiempo en el cual se llevó a cabo la medición de la resistencia inicial de penetración.

A3.2.1.6 Tf- Es el tiempo para alcanzar la penetración Pf, obtenido por interpolación.

A3.3 Significado y uso

A3.3.1 Los datos que se obtienen de este método se pueden usar para determinar tanto la consistencia del mortero, como el tiempo de trabajabilidad del mortero. El método también es útil para determinar si el mortero de pega es o no aceptable para su uso debido a su endurecimiento. Cuando la resistencia a la penetración está fuera de la relación deseada (de Po a Pf) el mortero podrá ser reemplado o descartado.

A3.4 Equipo

A3.4.1 Penetrómetro para concreto – Activado por medio de un resorte con marcas calibradas desde 138 kPa a 4137 kPa (20 psi hasta 700 psi).

NOTA A3.1 El penetrómetro debe ser modificado mediante la inclusión de un disco de acero de 25.4mm (1 pulg) de espesor y de 68.6 mm (2.7 pulgadas) de diámetro con un área horizontal de la sección transversal de  $3709 \text{ mm}^2 \pm 64.5 \text{ mm}^2$  (5.75 pulg<sup>2</sup>) con respecto al eje. El peso total debe ser de 0.95 Kg  $\pm$  0.23 kg (2.1 lb  $\pm$  0.5 lb).

NOTA A3.2 Los penetrómetros de concreto de tamaño de bolsillo, se consiguen en diferentes configuraciones. La modificación del disco en este método, evita el uso directo de la escala que se encuentra sobre el eje de penetrómetro. Un material para el disco distinto del acero, podrá utilizarse siempre y cuando sea rígido, resistente a la abrasión y al ataque de sustancias químicas que contienen los morteros. Otros materiales para discos también requieren de una calibración.

A3.4.2 Cuchara de albañil o paleta.

A3.4.3 Pala - de sección cuadrada.

A3.4.4 Anillo – Un anillo de 406 mm (16 pulg) de diámetro interno y de 76 mm (3 pulg) de altura provisto con manijas externas opuestas y elaborado en acero o en otro material rígido, resistente a la abrasión y a la sustancias químicas.

A3.4.5 Batea del mortero – Una batea de madera contrachapada de medidas nominales de 610 mm x 610mm x 19 mm (2 pies x2 pies x ¾ de pulgada).

A3.4.6 Regla de borde recto – Una regla de madera de borde recto de medidas nominales de 51 mm por 102 mm por 610 mm (2 pulg por 4 pulg. por 24 pulg) de longitud.

(Opcional)

A3.5 Muestreo, Especímenes de ensayo y unidades de ensayo

A3.5.1 Se debe preparar por lo menos un espécimen por cada mortero.

A3.5.2 Los ensayos se deben realizar bajo las condiciones climáticas reales en el sitio de la obra o bajo condiciones simuladas, tomando en cuenta la temperatura, la humedad, el viento, la arena, el agua, el equipo para mezclado, el manejo, el procedimiento de mezclado, etc.

A3.6 Calibración y normalización

A3.6.1 Se calibra el penetrómetro colocándolo en una báscula con capacidad de 13.6 kg (30 lb) y una exactitud a 23g (0.05 lb). Se coloca el penetrómetro sobre la plataforma de la báscula y se tara a cero. Se presiona hacia abajo la manija del penetrómetro hasta que la escala de la báscula registre 0.45 Kg (1 lb). Esta presión debe ser aplicada por tres segundos. Se lee y se registra la presión en la escala de penetrómetro. Se repiten las aplicaciones de fuerza con incrementos acumulativos de 0.45 Kg (1 lb) hasta alcanzar 13.61 Kg (30 lb) y se registra cada incremento de lectura de escala del penetrómetro. Luego se divide la carga total aplicada más el peso del penetrómetro, por el área de la sección transversal del disco. Estos valores representan la presión unitaria sobre la cara del disco. Se prepara un cuadro de calibración para convertir las lecturas de la escala del penetrómetro a resistencia de penetración en kPa (psi) Ver cuadro A3.1

A3.7 Procedimiento

A3.7.1 El mortero que se debe ensayar para los efectos de retención de la consistencia (tiempo de trabajabilidad) debe ser preparado de manera que la resistencia inicial de penetración (Po) sea cualquiera de estos dos valores: 6.48 kPa  $\pm$  0.35 kPa (0.94 psi  $\pm$  0.05 psi) para morteros a ser usados con unidades de tamaño ladrillo o de 8.55 kPa  $\pm$  0.35 kPa (1.24 psi  $\pm$  0.05 psi) para morteros que deban usarse con unidades más pesadas que requieren de morteros menos plásticos para una colocación adecuada. Las adiciones de agua al mortero (reemplado) disminuyen la resistencia de penetración. Se deben preparar morteros de

comparación con composiciones y proporciones diversas, controlando el equipo y los procedimientos.

A3.7.2 Se coloca el mortero en el anillo circular previamente centrado en la batea de mortero fresco. Luego se mezcla el mortero con la pala de sección cuadrada. Se enrasa y se nivela la superficie del mortero con el borde del anillo, usando la regla de borde recto o la cuchara de albañil. Se retira el molde (anillo) del mortero a los tres minutos después de que se haya completado la mezcla del mortero. Se toman inmediatamente tres lecturas de penetración, colocando el disco del penetrómetro sobre la superficie del mortero a una distancia de por lo menos un diámetro de disco de los bordes del anillo o de las áreas de ensayo anteriores. Se aplica una presión uniforme por 3 segundos de manera que el disco penetre en el mortero una distancia de 25.4 mm (1 pulg) (el espesor del disco). Se lee la escala del penetrómetro con una aproximación de 34.5 kPa (5 psi) y se registra la lectura del penetrómetro y el tiempo de las lecturas. Se vuelve a colocar la escala a cero. Se continúa con la segunda y tercera lecturas. Se saca el promedio de las tres lecturas y se convierte a la presión aplicada en kPa (psi) usando la curva de calibración del cuadro A3.1. Se registra este resultado como  $P_o$  en kPa (psi) y el tiempo, como  $T_o$ , min.

A3.7.3 Dentro de los dos minutos después de completar las tres lecturas de las penetraciones iniciales, se vuelve a remezclar completamente el mortero con la cuchara o paleta de albañil. Se coloca el anillo, se enrasa y se retira el anillo. Se deja que el mortero permanezca inalterado por 15 min desde  $T_o$ . Se leen y registran las tres penetraciones adicionales y el tiempo, usando el procedimiento de A3.7.2. Se repite este procedimiento cada 15 min hasta que se obtenga un promedio de resistencia de penetración de 12 kPa (1.74 psi) para morteros que se usan con unidades de tamaño de un ladrillo, o de 16.82 kPa (2.44 psi) para morteros que se usan con unidades más pesadas (Ver Nota A3.3).

NOTA A3.3 Puede ser deseable con fines de investigación y otras necesidades de ensayo, usar medidas de tiempo uniformemente espaciadas diferentes a las de 15 min.

### A3.8 Informe

A3.8.1 Se informa lo siguiente:

A3.8.1.1 Una gráfica con los datos de la resistencia de penetración en kPa, en relación al tiempo transcurrido hasta que se alcance  $P_f$ . (Ver ejemplo en Fig. A3.1).

A3.8.1.2 Se calcula y expresa la relación de endurecimiento como sigue: Rel. De endurecimiento =  $(P_f - P_o) / T_f$  en kPa por min (psi por min) (A3.1). En donde  $P_f$  y  $P_o$  son los indicados a continuación:

Mortero para unidades de tamaño de un ladrillo<sup>A</sup>

$P_f = 12$  kPa (1.74 psi)

$P_o = 6.5$  kPa (0.94 psi)

Mortero para unidades más pesadas

$P_f = 16.82$  kPa (2.44 psi)

$P_o = 8.5$  kPa (1.24 psi)

<sup>A</sup>El tamaño, el peso y el área de acomodación de la unidad deben tenerse en cuenta al seleccionar los valores apropiados de  $P_f$  y  $P_o$ .  $T_f$  = tiempo interpolado cuando se obtiene  $P_f$  (A3.2)

NOTA A3.4 Para una ilustración de la gráfica, ver fig. A3.1.

A 3.8.2 Se informa  $T_f$  como la retención de la consistencia (tiempo de trabajabilidad) en minutos.  $P_f$  es aproximadamente igual a la consistencia cuando se juzga que los morteros de pega están demasiado duros para ser usados apropiadamente.

A3.8.3 Se informan todos los datos sobre la resistencia de penetración, en kPa (psi) y los tiempos asociados, en minutos.

### A 3.9 Precisión y sesgo

A 3.9.1 La precisión del método de ensayo del anexo 3 de la norma NTG 41051 h1 (ASTM C780) está en vías de ser terminado por ASTM.

A 3.9.2 El procedimiento del método de ensayo del Anexo 3 de la norma NTG 41051 h1 (ASTM C 780) para la medida de la consistencia y la retención de la consistencia (tiempo de trabajabilidad) no tiene sesgo, puesto que el valor de la consistencia y de la retención de la consistencia (tiempo de trabajabilidad) pueden definirse solamente en términos de un método de ensayo.

## A 4 METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACION AGREGADO-MATERIALES CEMENTANTES

### A 4.1 Objeto

A 4.1.1 Este método de ensayo describe un procedimiento para determinar la relación

agregado-material cementante de los morteros de pega para unidades de mampostería, por medio de la determinación de la fracción de mortero más gruesa (retenida) en el tamiz de 150µm (No. 100) y corregida por la fracción de arena más fina (que pasa) el tamiz No. 100. A 4.1.2 Este ensayo determina la relación agregado-materiales cementantes, por peso. Para morteros especificados en proporciones por volumen, se da en la Nota A4 -4, una guía para convertir la relación de peso a una relación por volumen.

#### A 4.2 Equipo

A 4.2.1 Contenedor para la muestra de arena – Una vasija o recipiente de vidrio o de plástico de boca ancha estanco al agua o un saco a prueba de agua de suficiente tamaño para contener la muestra.

A 4.2.2 Contenedor de la muestra de mortero – Dos vasijas o recipientes de vidrio o de plástico de boca ancha y estancos al agua con tapa sellable y de suficiente tamaño para contener la muestra.

NOTA 4.2 Los contenedores con un volumen de aproximadamente 1 at o 1L son usualmente suficientes para contener las muestras.

A 4.2.3 Una cuchara para sopa o una cucharita para té. A 4.2.4 Un tamiz de 150 µm (No.100) de 203.2mm (8 pulg) de diámetro y de 50.8mm (2 pulg) desde el borde superior hasta la tela, de acuerdo con los requisitos de la tabla 1 de la norma ASTM E 11. Designación del Tamiz:  
Estándar----- 150 µm  
Alternativa----- No. 100  
Abertura nominal del tamiz, mm-----0,1498  
Variación admisible de la abertura promedio con relación a la designación estándar del tamiz-----± 8 µm  
Abertura máxima del tamiz para no más de 5% de aberturas----- 174 µm  
Abertura individual máxima-----192 µm  
Diámetro nominal de alambre, mm-----0.110  
NOTA A4.3 El diámetro promedio de la urdimbre y de alambres sueltos, tomados independientemente, de la tela de cualquier tamiz, no debe desviarse de los valores nominales, por más del siguiente valor:

Tamices de 600µm a 125µm----- 7 ½%

A 4.2.5 Horno – Un horno para secado capaz de mantener una temperatura constante d 110 ± 5°C (230 ± 9°F).

#### A 4.3 Procedimiento

A 4.3.1 Antes de llevar los contenedores de la muestra de mortero al sitio de la obra se marca uno de ellos como “H” y el otro como “a”, y agregar 250 ml de alcohol isopropílico o metílico a ambos contenedores. Luego se determina y se registra el peso combinado de cada contenedor, al más cercano 1 g. Se sellan muy bien los contenedores para evitar la evaporación.

A 4.3.2 En el sitio de la obra, colocar de 500 a 700 g de mortero de pega en cada contenedor de muestra de mortero de pega, con alcohol, tan rápido como sea posible. Se sellan de nuevo los contenedores con sus tapas para evitar la evaporación, y se agitan hasta que no haya grumos visibles. Se debe tener cuidado de minimizar cualquier pérdida de alcohol durante el muestreo y su agitación. Se registra e informa el tiempo de mezclado del mortero y el tiempo que la muestra se coloca en alcohol. Se identifica el lugar donde el mortero se está colocando en la obra.

A 4.3.3 En el sitio de la obra, obtener una muestra representativa de arena en exceso de 500 g; se coloca la muestra de arena en el contenedor para la muestra de arena.

A 4.3.4 Al regresar al laboratorio y usando el contenedor marcado “H” se determina y se registra como “I” el peso combinado de la muestra de mortero, el alcohol y el contenedor, al más cercano 1g. Luego usando agua se traspasa toda la muestra del mortero por un tamiz de 150 µm (No. 100) por un tamizado húmedo. Se lava el mortero bajo un chorro suave de agua acompañado de un leve ladeo de la malla en varias posiciones, hasta que el agua de enjuague salga limpia y no tenga partículas visibles de arena o de material cementante cuando se vean contra un fondo de color de contraste como el de una vasija blanca. Se seca la fracción de + 100 hasta masa constante en un horno a 110 ± 5°C (230 ± 9°F). La muestra estará a peso constante, cuando el secado adicional por 15 min resulta en un cambio de peso menor de 0.1%. Se determina el peso seco de la fracción + 100, al más cercano 1g, y se registra como “y”.

A 4.3.5 Se pasa la muestra de arena, se seca en el horno a 110 ± 5°C (230 ± 9°F) hasta peso constante y se registra el peso al más cercano 1g, como R. Luego se hace el tamizado en húmedo como se describe en A 4.3.4; La fracción + 100 de la arena se seca en horno a



peso constante y se determina su peso al más cercano 1g, registrándolo como “w”.

A 4.3.6 Usando el contenedor marcado como “a” se determina y registra como “b” el peso combinado, al más cercano 1g, de la muestra de mortero alcohol y contenedor; Luego usando agua se traspasa toda la muestra de mortero a una batea de pesaje. Se enciende el alcohol de la muestra, tomando las precauciones de seguridad recomendadas en la sección 8 de este método de ensayo, y luego se lleva la muestra parcialmente seca a un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ) hasta peso constante. Se determina su peso al más cercano 1g. y se registra como “d”.

#### A 4.4 Cálculos

A 4.4.1 Se calcula el contenido de humedad del mortero, expresado sobre base húmeda y base seca, como sigue: Contenido de agua del mortero, base húmeda, % =  $[(b-a-d) / (b-a)] \times 100$  (A4.1). Contenido de agua del mortero, base seca, % =  $G = [(b-a-d)/d] \times 100$ .

Dónde:

a = peso del contenedor y del alcohol, g

b = peso del contenedor, alcohol y mortero, g

d = peso de la muestra de mortero seco al horno, g

A 4.4.2 Se calcula la relación de agregado a materiales cementantes, así:

Peso del mortero húmedo =  $J = I - H$  (A 4.2)

Peso del mortero seco =  $K = J / [I + (G/100)]$

Peso del mortero + 100, seco, corregido =  $Q = (Y \text{ R/W})$

Peso del mortero -100, seco, corregido =  $P = K - Q$

Relación de cementantes a agregados =  $1 \text{ a } Q/P$

En donde:

H = peso del contenedor y del alcohol.

I = peso del contenedor, alcohol y mortero.

G = Contenido de agua del mortero, base seca (de A 4.4.1).

Y = Peso de fracción + 100 del mortero, seco al horno.

R = Peso de la arena, seca al horno.

W = Peso de la fracción + 100 de la arena, seca al horno.

NOTA A 4.4 – Este método de ensayo no hace diferencia entre múltiples materiales cementantes, simplemente el total del contenido cementante al contenido de agregado. Este método da la relación de agregado materiales cementantes por peso,

aunque las relaciones de agregado cementantes se especifiquen típicamente por volumen.

Si se conoce la relación especificada por volumen se puede convertir tal relación a una relación por peso y entonces compararla con la dada por éste método. Este método no puede ser usado de forma fiable para convertir el resultado de un mortero de ensayo con múltiples materiales cementantes, a una relación por volumen. Cuando se requiere hacer conversión de relaciones peso/volumen, se recomienda el uso de las siguientes densidades globales (masas unitarias).

	Kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>
Cemento Portland	1505	94
Cemento adicionado	La indicada en la bolsa	
Cementos de mampostería	La indicada en la bolsa	
Masilla de cal	1280	80
Cal hidratada	640	40
Arena para morteros	La obtenida para la arena por el método de ensayo NTG 41010 h2 (ASTM C29)	

## A 5. METODO DE ENSAYO PARA OBTENER EL CONTENIDO DE AIRE EN EL MORTERO

### A 5.1 Objeto

A 5.1.1 Este método cubre un procedimiento para determinar el contenido de aire de los morteros de pega para unidades de mampostería, usando el método de presión del método de ensayo NTG 41017 h7 (ASTM C231) o el método de ensayo volumétrico NTG 41017 h6 (ASTM C 173/ C 173 M).

### A 5.2 Equipo

A 5.2.1 Dependiendo del método seleccionado, los requisitos de los equipos requeridos se dan en el método de ensayo NTG 41017 h7 (ASTM C 231) (Ver A 5.3) y en el método de ensayo NTG 41017 h6 (ASTM C 173/C 173 M) (Ver A5.4). A 5.3 Procedimiento A – Método de Presión (NTG 41017 h7-ASTM C 231)

A 5.3.1 Se coloca una muestra representativa del mortero de pega en el recipiente de medición, en tres capas iguales, consolidando cada capa dando 25 golpes de varilla en forma

uniforme en el área de la sección transversal. En seguida se golpea de 10 a 15 veces y con ayuda de un mazo de hule, los lados del recipiente hasta que las cavidades desaparezcan y no vuelvan a aparecer burbujas sobre la superficie de la capa que ha sido apisonada. Al apisonar la primera capa, no se debe golpear la varilla contra la base del recipiente. Al apisonar las segunda y la última capa, se emplea únicamente la fuerza necesaria para que la varilla penetre la superficie de la capa anterior. Se sobrellena ligeramente el recipiente con la tercera capa y después de la consolidación se quita el exceso de mortero deslizando la barra de enrase a través del borde superior, con un movimiento de aserrado hasta que el recipiente quede justamente lleno y nivelado.

A 5.3.2 Se limpian cuidadosamente los bordes del recipiente y de la cubierta cónica, de manera que al fijar la tapa en su lugar se obtenga un sellado a presión. Se monta el aparato y se le agrega agua en el tubo hasta que el agua alcance el nivel de la marca a la mitad de la columna de agua. Se inclina el aparato alrededor de 30° de la vertical y utilizando la base del recipiente como eje, se trazan varios círculos completos con el extremo superior de la columna, golpeando simultáneamente la tapa cónica en forma suave, con el fin de sustraer cualquier burbuja de aire que haya podido quedar atrapada arriba de la muestra del mortero. Se retorna el aparato a su posición vertical y se llena la columna de agua a un poco más arriba de la marca cero, mientras se golpean los costados del recipiente. Se saca con una jeringa la espuma de la superficie de la columna de agua y se rocía con alcohol con el fin de obtener un menisco claro. Se lleva el nivel de agua a la marca cero en la graduación del tubo antes de cerrar el orificio de ventilación en la parte superior de la columna de agua.

A 5.3.3 Se aplica al mortero de ensayo la presión de ensayo deseada, P (alrededor de 1.38 kPa (0.2 psi) más), por medio de una bomba de mano pequeña. Para aliviar cualquier impedimento local, se golpea energicamente los lados del recipiente y cuando el medidor de presión indique la presión exacta de ensayo, P, se lee el nivel del agua  $h_1$  y se registra el contenido de aire a la división más cercana (0.10 ó 0.05%) en el tubo

de presión, el tubo de vidrio calibrado o en el cuadrante indicador. Para mezclas demasiado ásperas, es necesario golpear el recipiente energicamente hasta que no se produzca un cambio en el contenido de aire indicado. Se suelta gradualmente la presión de aire a través del orificio de ventilación de la parte superior de la columna de agua y se golpean suavemente los costados del recipiente durante 1 min. Se registra el nivel de agua  $h_2$  hasta la división o media división más cercana. El contenido aparente de aire es igual a  $h_1 = h_2$   
A 5.3.4 Se repiten los pasos descritos en A 5.3.3 (sin agregar agua para restablecer el nivel en que se encuentra la graduación cero). Las dos terminaciones consecutivas de contenido de aire aparente, no deben diferir en más de un 0.2% de aire, y se deberá sacar un promedio para obtener el valor de  $A_1$ , usado para el cálculo del contenido de aire A, en A5.3.4.1.  
A 5.3.4.1 Calcular el contenido de aire del mortero como sigue:

$$A = A_i - G \quad (A 5.1)$$

Dónde:

A = Contenido de aire, porcentaje por volumen del mortero.

$A_i$  = Contenido aparente de aire, porcentaje por volumen del mortero.

G = Factor de corrección del agregado, porcentaje por volumen del mortero.

NOTA A 5.1 – El factor de corrección del agregado es casi siempre constante para una fuente dada. Mientras se use este procedimiento para comparar las propiedades del mortero antes de la construcción y durante la construcción, usando el mismo agregado, no se producirán errores significativos si se supone que el factor de corrección es cero.

Cuando se buscan valores absolutos para la comparación de morteros que contienen diferentes agregados, se determina el valor de corrección del agregado de acuerdo con el método de ensayo NTG 41017 h7 (ASTM C 231). La experiencia con agregados procedentes de varias áreas geográficas, o fuentes nos indican si las determinaciones repetidas del factor de corrección del agregado producirán variaciones significantes en la medición del contenido de aire. Por lo general el factor permanece razonablemente constante para agregados dados, pero se recomienda una comprobación periódica.



A 5.4 Procedimiento B – Método volumétrico (Método de ensayo NTG 41017 h6 (ASTM C 173 / C 173 M).

A 5.4.1 Mediante el uso de un cucharón y con ayuda de una paleta o cuchara de albañil si fuera necesario, se llena el recipiente con el mortero en tres capas igual espesor. Se consolida cada capa dándole 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en el área de la sección transversal, en seguida se dan de 10 a 15 golpes con un mazo de hule, en los lados del recipiente hasta que las cavidades dejadas por el varillado desaparezcan y que ya no aparezcan burbujas de aire grandes en la superficie de la capa consolidada. Al apisonar la primera capa, no se debe golpear la varilla contra la base del recipiente. Al apisonar la segunda y la última capa, se emplea únicamente la fuerza necesaria para que la varilla penetre la superficie de la capa anterior. Se sobrellena ligeramente el recipiente con la tercera capa y después de la consolidación, se quita el exceso de mortero deslizando la barra de enrase a través del borde superior, con movimiento de aserrado hasta que el recipiente quede justamente lleno y nivelado.

A 5.4.2 Se fija la sección superior sobre el recipiente, se inserta el embudo y se agrega agua hasta que esta aparezca en la columna del agua. Se retira el embudo y se ajusta el nivel del agua usando la jeringa de hule, hasta que el fondo del menisco quede nivelado con la graduación cero. Se une y se aprieta la tapa roscada se invierte y se agita la unidad hasta que el mortero se desprege de su base y no quede aire dentro del mortero. Se coloca el aparato al derecho y vertical, se sacude levemente y se deja salir el aire por la parte superior. Se repite esta operación hasta que ya no se observa una caída en la columna de agua. Cuando haya salido todo el aire por la parte superior del equipo, se quita la tapa roscada, se agrega una taza de alcohol isopropílico para esparcir la masa espumosa que aparece sobre la superficie del agua.

A 5.4.3 Se efectúa una lectura directa del líquido en el cuello del aparato, leyendo el fondo del menisco al más cercano 0.1%.

A 5.4.4 Se calcula el contenido de aire del mortero, agregando a la lectura indicada en A 5.4.3, la cantidad de alcohol empleado para dispersar las burbujas.

A 5.5.1 Se determina el contenido de aire del mortero y el factor de corrección del agregado y se calcula e informa el contenido neto de aire, proveniente de estos datos. También se informa el método de ensayo, el tipo de medidor de aire usado y el tamaño del recipiente del medidor de aire.

## A 6. RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO DE PEGA DE MAMPOSTERÍA MOLDEADO EN CILINDROS Y EN CUBOS

### A 6.1 Objeto

A 6.1.1 Este método de ensayo establece los procedimientos de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de los morteros de pega tanto antes de la construcción como durante la construcción en la obra. No se requiere ni se espera que los valores de resistencia del mortero obtenidos por este procedimiento de ensayo cumplan con los requisitos de la resistencia de la norma NTG 41050 (ASTM C 270). Mortero de pega de unidades de mampostería. Especificaciones. Los valores obtenidos de ensayos de laboratorio antes de la construcción deben ser correlacionados con los del mortero de pega hechos en la obra con los mismos materiales y proporciones y mezclados a la misma consistencia.

A 6.1.2 Este método cubre el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de morteros de pega para unidades de mampostería empleando cualquiera de los siguientes moldes: cilindros de 50.8 x 101.6 mm (2 x 4 pulg); cilindros de 76.2 x 152.4 mm (3 x 6 pulg); o juegos de cubos de 50.8 mm (2 pulg) de tres compartimientos. Véase numerales A 6.2 a A.6.4 para especímenes cilíndricos y numerales A 6.5 al A6.10 para especímenes cúbicos.

A 6.1.3 Ensayos de morteros endurecidos – No existen ninguna norma aceptada para la medición de resistencia individual de las juntas de mortero.

### A 6.2 Preparación de especímenes cilíndricos.

#### A 6.2.1 Equipo

A 6.2.1.1 Moldes – Los moldes cilíndricos de 50.8 x 101.6 mm (2 x 4 pulg) y de 76.2 mm x 152.4 mm (3x6 pulg) pueden ser de un solo uso desechables o moldes reusables que cumplan con la norma ASTM 470/ C 470 M.

A 6.2.1.2 Regla de acero – Regla de acero de borde recto con una longitud no menor a 178

mm (7 pulg) y de un espesor no menor de 1.59 mm (1/16 pulg) y no mayor de 3.18 mm (1/8 pulg).

A 6.2.1.3 Cuchara (de té o sopa) Una cuchara de acero inoxidable para té o para sopa. A

6.2.1.4 Termómetro de Máximas y Mínimas A

6.2.1.5 Apisonador – De acuerdo con el método de ensayo NTG 41003 h4 (ASTM C 109/ C 109 M). La cara de apisonar debe ser plana y en ángulo recto a la longitud del apisonador.

A 6.2.1.6 Paleta – Con una hoja de 101.2 a 152 mm (4 a 6 pulg) de longitud, con bordes rectos.

A 6.2.1.7 Contenedor no absorbente – Un recipiente o cubeta metálica o de plástico, adecuada para la recolección de muestras de mortero de pega en la obra.

A 6.2.1.8 Máquina de ensayo – La máquina de ensayo, debe cumplir con los requisitos del método de ensayo NTG 41017 h1 (ASTM C39/ C 39 M).

A 6.3 Procedimiento

A 6.3.1 Se fabrican los especímenes de ensayo inmediatamente después de que el mortero de pega haya sido muestreado, se selecciona el área donde los especímenes se van a moldear, de manera que sea próxima al área donde los especímenes se van a almacenar durante las primeras  $24 \pm 4$  h. Los moldes reusables se revisten con una capa ligera de aceite mineral con el fin de evitar que el mortero se pegue a los moldes.

A 6.3.2 Utilizando la cuchara (de té o sopa) se coloca el mortero suavemente dentro de cada molde cilíndrico en tres capas de aproximadamente igual volumen, golpeando cada capa 20 veces con el apisonador en una completa revolución alrededor de la superficie interna del molde. Se considera cada golpe como el movimiento completo de arriba hacia abajo del apisonador. Al golpear la primera capa no debe golpear el apisonador el fondo del molde. Al golpear la segunda y la última capa, cada capa se golpea en una revolución completa utilizando la fuerza suficiente para llenar adecuadamente el molde y eliminar los vacíos dentro del mortero. Se sobre llena ligeramente la capa superior del molde antes y durante el período en que esta capa se apisone. Después de que se haya llenado el molde y apisonado el mortero, se golpean suavemente los lados del molde para evitar que sea

atrapado aire ajeno al mortero. Se enrasa la superficie superior del espécimen con la regla de acero de tal manera que quede nivelada con la superficie superior del molde. Después de la fabricación, se cubre la superficie superior del molde con una tapa o bolsa de plástico, con el objeto de minimizar la evaporación.

NOTA A 6.1 Siempre que sea posible, se deben proporcionar facilidades de almacenamiento en el lugar de la obra, que se aproximen a las condiciones de almacenamiento en el laboratorio. Las facilidades mínimas deben incluir un contenedor aislado, una ubicación libre de vibraciones y una protección de las temperaturas extremas. Los especímenes se almacenan junto con un termómetro de máxima y mínima y se registran las temperaturas máxima, mínima y promedio en el momento en que se llevan al almacenamiento. Si las temperaturas de almacenamiento son menores de  $4.4^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{F}$ ) o mayores de  $32.2^{\circ}\text{C}$  ( $90^{\circ}\text{F}$ ) como lo indican los termómetros, se deben descontar los especímenes.

A 6.3.3 A la edad de  $24 \pm 4$ h, se transportan los especímenes al laboratorio y se almacenan en un cuarto húmedo durante las siguientes 20 a 24 h antes de sacar los especímenes de los moldes. Se almacenan los especímenes en un cuarto o cámara húmeda de acuerdo con la norma ASTM C 511, hasta que estén listos para ser ensayados. Se sacan los especímenes del cuarto húmedo 2h antes del ensayo y se cabecean con una pasta de yeso de alta resistencia o con un mortero de azufre. Se emparejan los extremos de los cilindros que presenten irregularidades como convexidad, concavidad o desalineamiento, antes de cabecearlos. Se liman tanto las pequeñas irregularidades como las grandes. Se remueven de los extremos del espécimen, los revestimientos o depósitos de materiales que puedan interferir con la adherencia del cabeceo. Los extremos de los especímenes se deben volver ligeramente ásperos, por medio de una lima de acero o de un cepillo de alambre para producir una adecuada adherencia del cabeceo. Se hacen los cabeceos con capas lo más finas posible, generalmente de alrededor de 3.2 mm (1/8 pulg) de espesor y en ningún caso mayores de 7.9 mm (5/16 pulg). Se cubren las capas de cabeceo con una capa

fina de aceite mineral para evitar que el material de cabeceo se adhiera a la placa de cabeceo. Para el cabeceo se usa pasta de yeso de alta resistencia mezclada con un 26 a 30% de agua, por peso, y se deja curar la capa por lo menos 1 h antes del ensayo de compresión. El mortero de azufre se prepara calentándolo a una temperatura de 130°C (265°F), determinada periódicamente por un termómetro metálico insertado cerca del centro de la masa. Se vacía el recipiente y se vuelve a cargar con material fresco a intervalos frecuentes, para asegurar que el material más viejo que se encuentre en el recipiente no haya sido usado más de cinco veces. El mortero de azufre fresco debe estar seco al momento que se coloque en el recipiente debido a que la humedad podría causar espuma. Por la misma razón se debe mantener el azufre fundido lejos de su contaminación con agua. Se calienta levemente la placa del dispositivo de cabeceo antes de su uso, para reducir la velocidad de endurecimiento y facilitar la producción de capas finas de cabeceo. Se aceita ligeramente la placa de cabeceo y se agita el azufre fundido inmediatamente antes de verter cada capa. Los extremos de los especímenes curados en húmedo, deben secarse el tiempo suficiente en el momento de colocarse el cabeceo, con el fin de evitar la formación de bolsas de vapor o bolsas de espuma debajo de la capa, que sobrepasen de 6.35 mm (¼ de pulg) de diámetro. Para asegurar que la capa se adhiera a la superficie del espécimen, debe evitarse que el aceite haga contacto con el extremo del espécimen antes de la aplicación de la capa. Se debe restringir el re uso de material de cabeceo con el objeto de minimizar la pérdida de resistencia y de fluidez ocasionada por la contaminación del mortero de azufre con aceite, y otros deshechos, lo mismo que la pérdida de azufre por evaporación.

A6.3.4 Los especímenes curados en húmedo deben mantenerse en esa condición entre el cabeceo y su ensayo a la compresión, regresándolos al almacenamiento en húmedo o envolviéndolos con un paño húmedo. Los especímenes cabeceados con pasta de yeso de alta resistencia no deben sumergirse en agua ni tampoco se deben almacenar en un cuarto húmedo por más de 4h. Si se almacenan en cuarto húmedo, se deben proteger las capas de pasta de yeso, del goteo de agua.

A 6.3.5 Los especímenes de ensayo se mantienen húmedos durante el período transcurrido entre su salida del cuarto húmedo y su ensayo, usando un paño mojado para cubrirlos. Se deben ensayar bajo una condición húmeda. Se determina el diámetro del espécimen con una aproximación de 0.25 mm (0.01 pulg) obteniendo el promedio de los dos diámetros medidos en ángulos perpendiculares, cerca de la altura media del espécimen. Para el cálculo del área de la sección transversal, se usa este diámetro. Se mide la longitud del espécimen incluyendo las capas de cabeceo, con una aproximación de 2.5 mm (0.1 pulg). Se coloca el bloque de soporte inferior con su cara endurecida hacia arriba, sobre la platina de la máquina de ensayo, directamente abajo del bloque superior de soporte esférico. Se limpian cuidadosamente las caras de los bloques soporte superior e inferior y se coloca el espécimen de ensayo en el bloque soporte inferior. Se alinean cuidadosamente los ejes del espécimen con el centro de empuje del bloque superior de soporte esférico. Al momento de llevar el bloque superior de soporte esférico al contacto con el espécimen, se debe rotar su parte móvil suavemente con la mano, de manera de obtener un asiento uniforme.

A 6.3.6 Se aplica la carga continuamente y sin producir impacto. Si la máquina de ensayo es una mecánica de tornillo, la velocidad de aplicaciones de carga del cabezal móvil debe ser de aproximadamente 1.3 mm/min (0.05 pulg/min). En máquinas que operan hidráulicamente, se aplica la carga a una velocidad constante de 0.14 MPa a 0.34 MPa por segundo (20 a 50 lb/pulg<sup>2</sup> por seg). Durante la aplicación de la primera mitad de la carga anticipada se permite una velocidad de carga más elevada. No se debe hacer ningún ajuste a los controles de la máquina de ensayos mientras que un espécimen está cediendo rápidamente antes de fallar. Se vuelve a aplicar la carga hasta que el espécimen falle y se registra la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo se anota el tipo de falla, lo mismo que la apariencia del mortero.

#### A 6.4 Cálculos

A6.4.1 Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada por éste durante el ensayo,

por el área de la sección transversal promedio tal como se determina y se describe en 6.3.5 y luego se expresa el resultado con una aproximación de 0.07 MPa (10 psi).

A 6.5 Preparación de los especímenes cúbicos

A 6.5.1 Equipo

A 6.5.1.1 Contenedor no obstante – Un recipiente o balde metálico o de plástico adecuado para recolectar las muestras de mortero en obra.

A 6.5.1.2 Cuchara (de té o de sopa). – Una cuchara de acero inoxidable para té o para sopa.

A 6.5.1.3 Moldes para los especímenes – Moldes para los especímenes cúbicos de 50.8 mm (2 pulg) de lado de acuerdo con el método de ensayo NTG 41003 h4 (ASTM C 109/ C109 M).

A 6.5.1.4 Apisonador – De acuerdo con el método de ensayo NTG 41003 h4 (ASTM C 109 / C 109 M).

A 6.5.1.5 Paleta- con una hoja de 101.6 a 152 mm (4 a 6 pulg) de longitud con bordes rectos.

A 6. 5.2 Número de especímenes.

A 6.5.2.1 Para cada período de ensayo especificado se debe preparar un mínimo de tres especímenes.

A 6.5.3 Preparación de los moldes cúbicos – Se cubre ligeramente la cara interior de los moldes con aceite mineral o con una grasa liviana. Las caras de las superficies de contacto de las mitades de cada molde también se cubren con una capa fina de aceite mineral. Después de ensamblar los moldes, se retira el exceso de aceite o grasa de las caras interiores y de las superficies superior y del fondo del molde. Se colocan los moldes sobre una placa de base plana no absorbente que haya sido cubierta con una capa fina de aceite mineral. Sobre las líneas de contacto exteriores de los moldes y las placas de base, se aplica una cera similar a la cera micro cristalina, de tal manera que se produzcan unas juntas impermeables al agua entre los moldes y las placas de base. A 6.5.4 Procedimiento – Inmediatamente después de muestreo el mortero, se moldean los especímenes de acuerdo con el método de ensayo NTG 41003 h4 (ASTM C 109/ C 109 M). A 6.6 Almacenamiento de los especímenes de ensayo A 6.6.1

Inmediatamente después de terminado el moldeo se colocan los especímenes en lugar de almacenamiento en la obra. Las facilidades

mínimas deben incluir un contenedor aislado térmicamente situado en un lugar libre de toda vibración, un termómetro de máximas y mínimas que debe colocarse sobre cada espécimen con objeto de registrar las temperaturas máximas y mínimas sobre los especímenes hasta que estos sean llevados al laboratorio. Se puede utilizar un molde cilíndrico para concreto, de 152.4 x 304.8 mm (6 x 12 pulg) para almacenar los especímenes de ensayo, siempre que se cumplan con los siguientes requisitos:

A 6.6.1.1 El molde cilíndrico debe contener varias capas de toallas húmedas de papel de bajo de los especímenes moldeados. Las toallas húmedas no deben estar en contacto con el espécimen de mortero.

A 6.6.1.2 Los especímenes deben quedar en una posición recta horizontal en el molde sellado cuando sean embebidos en la pila de arena. El sitio de colocación en la arena debe ser señalado correctamente para evitar cualquier perturbación del mismo durante el siguiente período de 24 horas.

A 6.6.1.3 Las temperaturas de almacenamiento deben ser no menores de 4.4°C (40°F) y no mayores de 32.2 °C (90°F), según la medición registrada en el termómetro de máximas y mínimas. Si las temperaturas exceden estos límites, los especímenes serán descartados.

A 6.6.2 Se deben sacar los especímenes de su condición de almacenamiento al terminarse el período de 24 ± 4h, y se trasportan cuidadosamente al laboratorio. Se colocan en un cuarto húmedo durante las 20 a 24 h siguientes, con las superficies superiores expuestas al aire húmedo pero protegiéndolas de las goteras de agua, y luego del período de 20 a 24 h, se sacan los especímenes de los moldes. Los especímenes deben mantenerse en una cámara de humedad relativa del 90% o más, hasta su edad de ensayo a los 7d y a los 28 d.

A 6.7 Procedimiento de ensayo

A 6.7.1 Se ensayan los especímenes cúbicos inmediatamente después de haberlos sacado de la cabina húmeda. Si se saca más de un espécimen a la vez, se cubren estos cubos con una tela húmeda hasta el momento de su ensayo.

A 6.7.2 Se limpia cada espécimen hasta que se obtenga una superficie seca y se remueven

todos los granos de arena suelta o incrustaciones que se encuentran en las caras que van a estar en contacto con el bloque soporte de la máquina de ensayo. Se revisan estas caras empleando la regla de acero y si se percibe una curvatura notoria, se liga la cara o caras para obtener superficies planas; de lo contrario, se descarta el espécimen. Al cargar las caras de los cubos de ensayo cuyas superficies son irregulares, se obtendrán resultados mucho más bajos que la resistencia verdadera. Es indispensable guardar los moldes de los especímenes bien limpios; de lo contrario pueden surgir grandes irregularidades en las superficies de los cubos. Los instrumentos para la limpieza de los moldes deben ser siempre más suaves que el metal de los moldes. En el caso de que sea necesario lijar o pulir la cara de un espécimen, lo mejor que puede hacerse es restregar el espécimen contra un pedazo de papel o tela de esmeril pegada a una superficie plana, usando solamente una presión moderada. Esta operación es tediosa cuando hay que practicarla en más de unas milésimas de mm, si se requiere de una pulida mayor, es espécimen debe ser descartado.

A 6.7.3 Antes de ensayar cada cubo, debe verificarse que el bloque de apoyo esférico de la máquina de ensayo esté libre para inclinarse. No deben usarse materiales para la acomodación del cubo. La diagonal o diámetro de la superficie de la placa de apoyo deberá ser ligeramente superior a la diagonal de la cara del cubo de 50 mm (2 pulg) en orden a facilitar el centrado más preciso del espécimen. Se deberá usar un diámetro no mayor de 74 mm (2.9 pulgadas) siempre que el bloque soporte inferior tenga un diámetro de 79.4mm (3 $\frac{1}{8}$  pulg).

A 6.7.4 Se aplica la carga a las caras del espécimen que estaban en contacto con las superficies planas del molde. Se coloca cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayos, debajo del eje central del bloque soporte superior.

A 6.7.5 Para los especímenes que se espera tengan una carga máxima estimada de 1360.8 kg (3000 lb) se puede aplicar una carga inicial hasta la mitad de la carga máxima esperada, a una velocidad conveniente.

A 6.7.6 Se ajusta la velocidad de aplicación de la carga de manera que la carga remanente (o

el total de la carga en caso que se esperen cargas máximas menores de 1360.8 kg (3000 lb)), se aplique sin interrupción a tal velocidad que la carga máxima se alcance en no menos de 205 ni a más de 805. No debe hacerse ningún ajuste en los controles de la máquina de ensayo mientras el espécimen esté cediendo rápidamente antes de que ocurra su falla.

#### A 6.8 Cálculo

A 6.8.1 Se registra la carga máxima indicada por la máquina de ensayos y se calcula la resistencia a la compresión en kPa o en libras por pulg<sup>2</sup>. Si la sección transversal de los especímenes varía en más de 3.87 mm<sup>2</sup> (0.06 pulg<sup>2</sup>) en 2580.6 mm<sup>2</sup> (4 pulg<sup>2</sup>), se usa el área actual medida para calcular la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de todos los especímenes de ensayo aceptables (Ver A 6.7) tomados de una misma muestra y ensayados en el mismo período, debe ser promediada y expresada con una aproximación de 6.89 kPa (116/pulg<sup>2</sup>).

#### A 6.9 Especímenes defectuosos y reensayos

A 6.9.1 Al terminar la resistencia a la compresión no se debe tomar en cuenta los especímenes que son realmente defectuosos, o que proporcionen resistencias que difieran en más del 10 % del valor promedio de todos los especímenes ensayados de la misma muestra y en el mismo período.

A 6.9.2 Si después de descartar los especímenes a los valores de resistencia, quedan menos de dos valores de resistencia para determinar el valor promedio en cualquier periodo determinado, debe hacerse un nuevo ensayo. Los resultados de resistencia confiables dependen de la observación cuidadosa de todos los requisitos y procedimientos especificados. Los resultados erróneos en un determinado periodo de ensayo indican que algunos de los requisitos y procedimientos no han sido cuidadosamente observados; por ejemplo, aquellos que tratan del ensayo de los especímenes, tal como se indica en A6.7.2, A6.7.3 y A6.7.4. El centrado inadecuado de los especímenes da por resultado fracturas oblicuas y el movimiento lateral de una de las cabezas de la máquina de ensayos, mientras se está cargando, ocasiona siempre resultados bajos de resistencia. Un espécimen que esté demasiado quebrado debe ser considerado “evidentemente defectuoso”, si su resistencia



difiere en más de 10% del promedio de todos los especímenes procedentes de la misma muestra y ensayados en el mismo periodo.

#### A 6.10 Informe

A 6.10.1 El informe debe incluir lo siguiente:

A 6.10.1.1 Una descripción de cada espécimen, según su tamaño.

A 6.10.1.2 El material de los moldes para ensayo.

A 6.10.1.3 El procedimiento de curado, las dimensiones, la carga total y la resistencia a la compresión de cada espécimen individual para cada edad de ensayo.

### A 7 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS MOLDEADOS DE MORTEROS DE PEGA PARA MAMPOSTERÍA.

#### A 7.1 Objeto

A 7.1.1 Este método cubre un procedimiento para determinar la resistencia a la tracción indirecta de morteros de pega para unidades de mampostería, usando cilindros moldeados de 50.8 x 101.6 mm o de 76.2 x 152.4 mm (2 x 4 pulg o de 3 x 6 pulg).

#### A 7.2 Equipo

A 7.2.1 Moldes – Los moldes cilíndricos pueden ser desechables como los de cartón (para usar una sola vez) o pueden ser moldes metálicos.

A 7.2.1.1 Moldes de metal re usables – Para la elaboración de los especímenes de ensayo, los moldes deben ser de un material no corrosivo y deben ser lo suficientemente rígidos para impedir que el material se deforme durante el moldeo. Los moldes no deben tener más de tres compartimientos y deben poderse separar en no más de dos partes (más una placa de base). Pueden ser moldes de un solo compartimiento o de una sola pieza con un refuerzo en la parte superior, en la mitad y en la parte inferior, ajustados con una abrazadera de acción rápida, con mariposas o tornillos de mariposa para cerrar las mitades. Los compartimientos del espécimen deben ser de  $50.8 \pm 25$  mm ( $2 \pm 0.01$  pulg) de diámetro;  $101.6 \pm 0.25$  mm ( $4 \pm 0.01$  pulg); de altura para moldes nuevos, de 50.8 x 101.6 mm (2 x 4 pulg); de  $76 \pm 0.25$  mm x  $152 \pm 0.25$  mm ( $3 \pm 0.01$  pulg x  $6 \pm 0.01$  pulg) para moldes nuevos de 76 x 152 mm (3 x 6 pulg); o de  $50.8 \pm 0.64$  mm ( $2 \pm 0.002$  pulg) de diámetro x  $101.2 \pm 0.64$  mm ( $4 \pm 0.02$  pulg) de altura para moldes usados de 50.8 x 101.6 mm (2 x 4

pulg); de  $76 \pm 0.64$  x  $152 \pm 0.64$  mm ( $3 \pm 0.02$  pulg x  $6 \pm 0.2$  pulg) para moldes usados de 76 x 152 (3x6 pulg). Las superficies interiores deben ser lisas y las superficies superiores e inferiores deben además ser planas y paralelas. La placa de base debe ser metálica o una placa de vidrio de espesor no menor de 6.35 mm ( $1/4$  pulg), y que tenga una superficie plana y lisa. A 7.2.1.2 Moldes de papel desechables – Las caras laterales de los moldes de papel desechables deberán ser hechas con un mínimo de tres pliegues que tengan un espesor combinado no inferior a 1.78 mm (0.07 pulg). Las uniones interiores del molde no deben estar separada más de 0.79 mm ( $1/32$  pulg). La capa inferior del molde debe ser hecha de metal o de papel. Si es de metal no debe tener menos de 0.229 mm (0.009 pulg) de espesor y debe ser diseñada de tal forma que quede nivelada con el borde inferior de la pared lateral dentro de una tolerancia de 1.59 mm ( $1/16$  pulg), y el engarzado interior si lo tuviere, debe producir una indentación de no más de 4.76 mm ( $3/16$  pulg) en dirección radial y de no más de 3.18 mm ( $1/8$  pulg) en la dirección vertical. Si la capa inferior del molde es de papel, la misma debe ser en pergamino de un espesor no menor de 0.71 mm (0.028 pulg). Deberá pegarse a la parte de afuera de las caras del molde por medio de una pestaña de altura no menor de 19 mm ( $3/4$  pulg). La goma debe ser de un tipo de resina insoluble al agua y que no reaccione con el mortero fresco. Únicamente la cantidad mínima de adhesivo debe quedar expuesta en la parte interior del fondo del molde. Todas las superficies interiores de los moldes se deben cubrir o impregnar con cera o con otro sellante no reactivo que sirva para prevenir tanto la filtración como cualquier reacción entre el mortero y el molde.

A 7.2.2 Regla de acero de borde recto – Regla de acero de no menos de 178 mm (7 pulg) de largo y de un espesor no menor de 1.59 mm ( $1/16$  pulg) ni mayor de 3.18 mm ( $1/8$  pulg).

A 7.2.3 Espátula – Una espátula con una hoja metálica de 203 mm (8 pulg) de longitud y de 12.7 mm ( $1/2$  pulg) de ancho, de bordes rectos y con un mango de madera.

A 7.2.4 Cuchara de té o sopa – Una cuchara de acero inoxidable para té o sopa.

A 7.2.5 Termómetro de máximas y mínimas.

A 7.2.6 Máquina de ensayo – La máquina de

ensayo debe cumplir con los requisitos del método de ensayo NTG 41 (ASTM C 39/ C 39M) de debe ser de suficiente capacidad para proporcionar una velocidad uniforme de carga dentro del rango de 0.69 a 1.38 MPa/min (100 a 200 psi/min) de la resistencia a tracción hasta la falla del espécimen.

A 7.2.7 Placas o barra de soporte suplementaria – Debe de usarse una barra o placa suplementaria de soporte de acero maquinado cuando el diámetro o la dimensión mayor de los bloques de soporte superior o inferior de la máquina de ensayos sea menor que la longitud del cilindro a ensayar. Las superficies de la placa o barra de soporte suplementaria deben maquinarse hasta lograr una planicidad dentro de  $\pm 0.025$  mm ( $\pm 0.001$  pulg) medida en cualquier extensión de por lo menos 50.8 mm (2 pulg) y un espesor no menor a la distancia que hay desde el borde del bloque soporte esférico o rectangular hasta el final del cilindro. Esta barra o placa debe transmitir la carga uniformemente sobre toda la longitud del espécimen.

A 7.2.8 Tiras de contacto – Deben ser dos tiras de cartón no corrugado o listones de madera de aproximadamente de 25.4 mm (1 pulg) de ancho y de una longitud igual o ligeramente mayor que la del espécimen. Las tiras de contacto deben colocarse entre el espécimen y los bloques de soporte superior e inferior de la máquina de ensayo o entre el espécimen y las placas o barras de soporte suplementarias si estas se usan. Las tiras de contacto no deben ser reutilizadas.

### A 7.3 Procedimiento

A 7.3.1 Inmediatamente después de que el mortero haya sido muestreado, debe comenzarse la fabricación de los especímenes de ensayo. Se selecciona el área donde se moldearán los especímenes, lo más cerca posible del área donde se almacenarán los especímenes durante las primeras 48 h. A

7.3.2 Se cubren los moldes de metal reutilizables, con una ligera capa de aceite mineral, para evitar que el mortero se pegue en los moldes.

A 7.3.3 Utilizando la cuchara (de té o sopa) se coloca suavemente el mortero dentro del molde cilíndrico entre capas de aproximadamente el mismo volumen, paleando cada capa 20 veces con la espátula alrededor de la superficie interna del molde.

Cada movimiento completo de arriba hacia abajo de la espátula en posición vertical, se considera como un paleo. Al palear la primera capa no se debe golpear con la espátula el fondo del molde. Al palear la segunda y la última capa, se emplea solo la fuerza suficiente para hacer que la espátula penetre la superficie de la capa anterior. Se sobre llena ligeramente la capa superior del molde antes y durante el periodo en que se está paleando la capa superior. Después de que se ha llenado el molde y se ha compactado el mortero, se dan unos golpes suaves alrededor del molde con objeto de sacar el aire ajeno al mortero. Se enrasa la superficie superior del espécimen a nivel del borde superior del molde empleando la regla de acero. Después de la fabricación se cubre la superficie superior del molde con una tapa o bolsa de plástico para reducir la evaporación. Siempre que sea posible se deben proporcionar facilidades de almacenamiento en la obra que se aproximen a las condiciones de almacenamiento de laboratorio. Las facilidades mínimas incluyen un contenedor aislado térmicamente situado en un lugar libre de vibraciones y protegido de temperaturas externas. Junto con los especímenes se almacena un termómetro de máximas y mínimas, y se registran las temperaturas máxima, mínima y promedio en el momento que los especímenes se llevan al laboratorio.

A 7.3.4 A la edad de  $48 \text{ h} \pm 4\text{h}$ , se llevan los especímenes al laboratorio, donde se sacan de los moldes y son luego almacenados en un cuarto húmedo, conforme a la norma ASTM C 511, hasta que estén en la edad de ensayo. Se mantienen los especímenes húmedos durante el período en que se sacan del cuarto húmedo y se someten al ensayo, cubriéndolos con una tela o manta húmeda, y se ensayan en condición húmeda.

A 7.3.5 Se dibujan líneas diametrales en cada extremo del espécimen, utilizando un dispositivo adecuado que garantice que las líneas estén en el mismo plano axial.

Nota A 7.1 – Un diseño de un dispositivo que puede ser fabricado con las modificaciones para acomodar especímenes de 50x102 mm (2x4 pulg) y de 76 x 152 mm (3x6 pulg). Se describe en el método de ensayo NTG 41017 h15 (C 496/ C 496M).



A 7.3.6 Se determina el diámetro del espécimen de ensayo con una aproximación de 0.25 mm (0.01 pulg) promediando los tres diámetros medidos cerca de los extremos y a la mitad del espécimen, en el plano que contiene las líneas marcadas en los extremos. Se determina la longitud del espécimen con una aproximación de 2.5 mm (0.1 pulgada) promediando por lo menos dos dimensiones de la longitud tomadas en el plano que contiene las líneas marcadas en los dos extremos.

A 7.3.7 Se coloca una de las tiras de contacto a lo largo del centro del bloque inferior de soporte. Se coloca el espécimen sobre la tira de contacto y se alinea de tal manera que la línea sea centrada con las líneas marcadas en los extremos del espécimen, cuando estas líneas están orientadas verticalmente: Se coloca una segunda tira contacto a lo largo del cilindro y se centra sobre las líneas marcadas en los extremos del espécimen. Se coloca el conjunto de tal manera que la proyección del plano de las dos líneas marcadas en los extremos del espécimen, intercepte el centro del bloque de soporte superior y de la barra o soporte suplementarios cuando se utilizan, y que el centro del espécimen se encuentre directamente abajo del centro de empuje del bloque de soporte esférico superior.

A 7.3.8 Se aplica la carga continuamente y sin choque a una velocidad constante dentro del rango de 0.69 a 1.38 MPa/min (100 a 200lb/pulg<sup>2</sup>/min) de esfuerzo de tracción indirecta, hasta que falle el espécimen. Se registra la carga máxima aplicada e indicada por la máquina a la ruptura. Se registra el tipo de falla y la apariencia del mortero.

#### A 7.4 Cálculos

A 7.4.1 Se calcula la resistencia a la tracción indirecta del espécimen de la siguiente manera:

$$T = 2P/p LD \text{ (A7.1)}$$

Dónde:

T= resistencia de tracción indirecta (MPa o lb/pulg<sup>2</sup>)

P= máxima carga aplicada (N o lb)

L= longitud, mm (pulg)

D= diámetro, mm (pulg)

#### A 7.5 Informe

A 7.5.1 El informe deberá incluir la descripción de cada espécimen por tamaño,

material del molde de ensayo, la temperatura máxima, mínima y promedio, las condiciones de almacenamiento, la edad de ensayo, la carga individual total y la resistencia a tracción indirecta

**A 8. EVALUACIÓN ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y DURANTE LA CONSTRUCCIÓN EN LA OBRA, DE LOS MORTEROS DE PEGA PARA UNIDADES DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA Y REFORZADA**

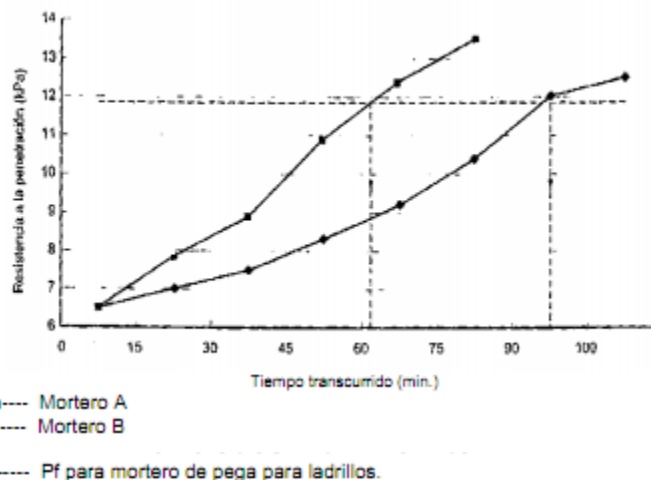
Información general				Propiedades plásticas del mortero		Propiedades del mortero endurecido				
Proyecto:				Consistencia, mm.....		Resistencia a la compresión del mortero:				
Mampostería				Retención de la consistencia, mm.....		Especimen.....				
Contratista.....				30 min		Molde:				
Mortero especificado:				45 min		Curado.....				
Mezcladora:				Contenido de agua del mortero:						
Marca.....		Peso Contenido, Alcohol		(A).....	Espec No.	Edad Ensayo	Carga total	Resistencia kPa (lb/pulg <sup>2</sup> ) prom.		
Tipo.....		Peso Contenido, alcohol, mortero		(B).....	1	3d	.....	.....	.....	
RPM.....		Peso Mortero húmedo		(C).....	2	3d	.....	.....	.....	
Condición		Peso mortero, seco		(D).....	3	3d	.....	.....	.....	
Materiales:		Peso Agua		(E).....	4	7d	.....	.....	.....	
Cemento hidráulico.....		Contenido de agua al mortero húmedo %		(F).....	5	7d	.....	.....	.....	
Cemento, mampostería...		Contenido de agua del mortero seco %		(G).....	5	7d	.....	.....	.....	
Cal.....					7	28 d	.....	.....	.....	
Arena.....					8	28 d	.....	.....	.....	
Agua.....		Relación mortero agregado:			9	28 d	.....	.....	.....	
Aditivo.....		Peso Contenido de Alcohol		(H).....						
Mezcla:		Or-	Vol	Pes	Peso Contenido de Alcohol mortero	(I).....				
Cemento, hidráulico		.....	.....	.....	Peso del mortero, húmedo	(J).....	Resistencia a la tracción indirecta del mortero:			
Cemento, mampostería		.....	.....	.....	Peso del mortero, seco	(K).....	Especimen.....			
Cal		.....	.....	.....	Peso + 100 mortero, seco	(Y).....	Molde.....			
Arena		.....	.....	.....	Peso arena (blanco), seco	(R).....	Curado.....			
Agua		.....	.....	.....	Peso + 100 arena, seco	(W).....	Espec No.	Edad ensayo	Carga total	Resistencia kPa (lb/pulg <sup>2</sup> ) prom.
Aditivo		.....	.....	.....	Peso + 100 mortero seco, cor	(Q).....	1	3d	.....	.....
		.....	.....	.....	Peso - 100 mortero, seco, cor	(P).....	1	3d	.....	.....
Información sobre la mezcla:		Relación cemento-agregado:		1.....	2	3d	.....	.....	.....	.....
Tiempo de carga.....					3	3d	.....	.....	.....	.....
Tiempo de mezcla.....		Contenido de aire en el mortero:			4	7d	.....	.....	.....	.....
Tiempo.....		Método.....			5	7d	.....	.....	.....	.....
		Contenido total de aire %.....			6	7d	.....	.....	.....	.....
Información sobre el muestreo:		Contenido de agregado %.....			7	28d	.....	.....	.....	.....
Muestra en la bata.....		Contenido neto de aire %.....			8	28d	.....	.....	.....	.....
Mortero de la bata.....					9	28d	.....	.....	.....	.....
Tiempo de muestra.....										
Condiciones ambientales:		Temperaturas de curado en la obra:		Misceláneos:						
Temperatura.....		Máximo.....		Fecha.....						
Humedad relativa.....		Promedio.....		Máquina de Ensayo.....						
Velocidad del viento.....		Mínimo.....		Observador.....						

### Cuadro A 3.1 Calibración del penetrómetro

(Disco 3 658 mm<sup>2</sup> (5,67 pulg<sup>2</sup>), 1,12 kg (2,47 lb) del penetrómetro y del disco)

Peso medido en la báscula		Lectura de la escala		Presión unitaria cava del disco	
g	(libra)	kPa	(psi)	kPa	(psi)
0,45	(1)	138	(20)	4,21	(0,61)
0,91	(2)	276	(40)	5,45	(0,79)
1,36	(3)	414	(60)	6,62	(0,96)
1,81	(4)	552	(80)	7,86	(1,14)
2,27	(5)	689	(100)	9,10	(1,32)
2,72	(6)	827	(120)	10,27	(1,49)
3,17	(7)	965	(140)	11,51	(1,67)
3,63	(8)	1 103	(160)	12,76	(1,85)
4,08	(9)	1 241	(180)	13,93	(2,02)
4,54	(10)	1 379	(200)	15,17	(2,20)
4,99	(11)	1 517	(220)	16,41	(2,38)
5,44	(12)	1 655	(240)	17,58	(2,55)
5,89	(13)	1 793	(260)	18,82	(2,73)
6,35	(14)	1 931	(280)	20,00	(2,90)
6,80	(15)	2 068	(300)	21,24	(3,08)
7,26	(16)	2 206	(320)	22,48	(3,26)
7,71	(17)	2 344	(340)	23,65	(3,43)
8,16	(18)	2 482	(360)	24,89	(3,61)
8,62	(19)	2 620	(380)	26,13	(3,79)
9,07	(20)	2 758	(400)	27,30	(3,96)
9,53	(21)	2 896	(420)	28,54	(4,14)
9,98	(22)	3 034	(440)	29,79	(4,32)
10,43	(23)	3 172	(460)	30,96	(4,49)
10,89	(24)	3 309	(480)	32,20	(4,67)
11,34	(25)	3 447	(500)	33,37	(4,84)
11,79	(26)	3 585	(520)	34,61	(5,02)
12,25	(27)	3 723	(540)	35,85	(5,20)
12,70	(28)	3 861	(560)	37,03	(5,37)
13,15	(29)	3 999	(580)	38,27	(5,55)
13,61	(30)	4 137	(600)	39,51	(5,73)

NOTA La presión ejercida sobre el espécimen es el peso medido más el peso del penetrómetro y el disco, dividido por el área del disco. Por ejemplo, el penetrómetro y el disco pesan 1,12 kg (2,47 libras) y el área del disco es de 3 658 mm<sup>2</sup> (5,67 pulgadas<sup>2</sup>); 0,45 kg de peso medidos (1 libra) + 1,12 kg (2,47 libras) del peso del penetrómetro y del disco (tara) / 3 658 mm<sup>2</sup> (5,67 pulgadas<sup>2</sup>) = 4,21 kPa (0,61 psi), de presión unitaria en la cara del disco.



La retención de la consistencia del mortero A es de 55 min

La retención de la consistencia del mortero B es de 93 min

Figura A 3.1. Resistencia de penetración comparada con el tiempo transcurrido

**Ejemplo 1** Para convertir un mortero con cemento hidráulico y cal especificado para contener 1 parte por volumen de cemento hidráulico, 1¼ partes de cal hidratada y 6¾ partes por volumen de arena suelta húmeda (Esta mezcla representa una relación de agregado-cementantes de 3 a 1), a una relación por peso, se procede como sigue:

$$\text{Rel de Agr-cem, por peso} = \frac{6.75 \text{ partes arena por vol} \times 1280 \text{ kg/m}^3}{[1 \text{ parte cem.hidr por vol.} \times 1505 \text{ kg/m}^3 + 1.25 \text{ partes cal hidrat. Por vol.} \times 640 \text{ kg/m}^3]}$$

$$\text{Rel Agr-cem, por peso} = \frac{8,640}{1505 + 640} = \frac{8,640}{2,145} =$$

$$\text{Rel Agr-cem por peso} \quad 4 \text{ o } 4 \text{ a } 1.$$

**Ejemplo 2** Para convertir una relación agregado-cementantes por peso, como resultado del ensayo, a una relación por volumen, debe tenerse en cuenta que solo puede ser ejecutada para morteros de los que se conozca la densidad global (masa unitaria) de los materiales cementantes combinados. Se considera un mortero para que la relación agregado-cementantes por peso fue de 3.4 a 1, usando el presente método de ensayo. La inspección de los materiales del mortero en el momento del muestreo, señalan un cemento de mampostería con densidad global (masa unitaria) de 1,121 kg/m<sup>3</sup> indicada en la bolsa, como único material cementante usado. La arena suelta húmeda del mortero tiene una densidad global (masa unitaria) de 1280 kg/m<sup>3</sup>. Se convierte esta relación agregado-cementantes por peso a una relación agregado-cementantes por volumen, así:

$$\text{Rel agr-cem, vol} = \frac{\frac{3.4 \text{ partes agregado}}{1280 \text{ kg/m}^3}}{1 \text{ parte cem.mampost}} = \frac{1121 \text{ kg/m}^3}{1280 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Rel agr-cem, vol} = \frac{3.4 \text{ partes agr.}}{1280 \text{ kg/m}^3} \times \frac{1121 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ parte cem. Mamp.}}$$

$$\text{Rel agr-cem, vol} = \frac{3811}{1280 \text{ kg/m}^3} = 2.98 \text{ o } 2.98 \text{ a } 1$$

**ASTM C 109 / C 109M-95  
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR  
PARA LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DE MORTEROS DE  
CEMENTO HIDRÁULICO (USANDO  
ESPECÍMENES DE 2 PULGADAS O DE  
[50 mm])**

**1. ALCANCE.**

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico, usando especímenes cúbicos de 2 pulgadas o de [50 mm].

Nota 1.

NOTA 1 - El método de prueba C349 provee un procedimiento alternativo para esta determinación (no para pruebas de aceptación).

1.2 Este método de prueba cubre la aplicación de la prueba usando cualquiera de los dos sistemas de unidades pulgada-libra o SI. El valor establecido en cualquiera de los sistemas deberá ser considerado separadamente como estándar. Dentro del texto, las unidades SI son mostradas entre corchetes. Los valores establecidos en cada sistema no son exactamente equivalentes; por lo tanto, cada sistema deberá ser usado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en inconformidades con la especificación.

1.3 Este estándar no tiene el propósito de dirigir todo lo concerniente a seguridad asociada con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas de seguridad y salud apropiadas y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previas a su uso.

**2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.**

**2.1 Estándares de la ASTM.**

C230 Especificación para la Mesa de Flujo para Uso en Pruebas de Cemento Hidráulico.  
C305 Práctica para Mezclado Mecánico de Pastas y Morteros de Cemento de Consistencia Plástica.

C349 Método de Prueba para la Resistencia a la Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Usando Porciones de Prismas Quebrados en Flexión).

C511 Especificación para Gabinetes de Curado, Cuartos de Curado y Tanques de

Almacenamiento de Agua en la Prueba de Cementos Hidráulicos y Concretos.

C670 Práctica para la Preparación de Reportes de Precisión y vías para Métodos de Prueba de Materiales de Construcción.

C778 Especificación para Arena Estándar.

C1005 Especificación para Pesas y Dispositivos de Peso para Uso en Pruebas Físicas de

Cementos Hidráulicos.

**3. RESUMEN DEL MÉTODO DE PRUEBA.**

3.1 El mortero usado consiste en una parte de cemento y 2.75 partes de arena proporcionadas en masa. Cementos Pórtland y Pórtland con inclusión de aire se mezclan con la relación agua/cemento especificada. El contenido de agua de otros cementos debe ser lo suficiente para obtener un flujo de  $110 \pm 5$  en 25 golpes de la mesa de flujo. Los cubos de prueba de 2 pulgadas o de [50 mm] son compactados por apisonado en dos capas. Los cubos son curados un día en los moldes y desmoldados e inmersos en agua con cal hasta la prueba.

**4. SIGNIFICADO Y USO.**

4.1 Este método de prueba provee un medio de determinación de la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico y otros morteros y los resultados pueden ser usados para la determinación del cumplimiento con las especificaciones. Además, este método de prueba está referenciado por otras numerosas especificaciones y métodos de prueba. El uso de los resultados de este método de prueba para predecir la resistencia de concretos deberá hacerse con precaución.

**5. APARATOS.**

5.1 Pesas y Dispositivos de Peso, deberán conformar la Especificación C 1005. El dispositivo de peso deberá ser evaluado para una precisión y bias con una carga total de 2000 g.

5.2 Probetas Graduadas, de capacidad conveniente (preferiblemente lo suficientemente grande para medir el agua de mezclado en una operación única) para contener el volumen indicado a 20 °C. La variación permisible deberá ser de  $\pm 2$  ml. Estas graduaciones deberán estar subdivididas en el menos 5 ml, excepto que las líneas de graduación podrán ser omitidas para menos de

10 ml para una graduación de 250 ml y para menos de 25 ml de una graduación de 500 ml. Las líneas de graduación principal deberán ser circulares y estar numeradas. Las graduaciones mínimas deberán extenderse al menos 1/7 alrededor del círculo y la graduaciones intermedias deberán extenderse al menos 1/5 alrededor del círculo.

5.3 Moldes para Especímenes cúbicos de 2 pulgadas o de [50 mm], deberán estar adecuadamente cerrados. Los moldes no deberán tener más de tres compartimientos y deberán ser separables en no más de dos partes. Las partes de los moldes cuando se ensamblen deberán estar armadas completamente. Los moldes deberán estar hechos de material duro no atacable por los morteros de cemento. Para moldes nuevos el número de dureza de Rockwell del metal será no menor que 55 HRB. Los lados de los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para prevenir la expansión o combadura. La cara interior de los moldes deberá ser superficie plana y deberá conformar las tolerancias de la tabla 1.

5.4 Mezclador, Tazón y Paleta, un mezclador mecánico accionado eléctricamente del tipo equipado con paleta y tazón de mezclado, como especifica la práctica C 305.

5.5 Mesa de Flujo y Molde de Flujo, conforme a los requisitos de la especificación C 230.

5.6 Apisonador no absorbente, no abrasivo de material no frágil como un compuesto de goma que tenga una dureza en el durómetro de  $80 \pm 10$  o de madera de roble curada volviéndola no absorbente por inmersión durante 15 min. en parafina a aproximadamente  $392^\circ\text{F}$  o  $[200^\circ\text{C}]$ , deberá tener una sección transversal de aproximadamente  $\frac{1}{2}$  pulgada o [13 por 25 mm] y una longitud conveniente de alrededor de 5 a 6 pulgadas o [120 a 150 mm]. La cara del apisonador deberá ser plana y con ángulos rectos a la longitud del apisonador.

5.7 Espátula, que tenga una hoja de acero de 4 a 6 pulgadas [100 a 150 mm] en longitud, con bordes rectos.

5.8 Gabinete o Cuarto de Curado, conforme a los requisitos de la especificación C 511.

5.9 Máquina de Prueba, ya sea tipo hidráulica o de tornillos, con suficiente abertura entre las superficies de apoyo superior e inferior de la máquina para permitir el uso de aparatos de

verificación. La carga aplicada al espécimen de prueba deberá estar indicada con una precisión de  $\pm 1.0\%$ . Si la carga aplicada por la máquina de compresión es registrada en un dial, el dial deberá estar provisto con una escala de graduación que pueda ser leída en al menos el más cercano 0.1% de la escala de carga completa (Nota 2). El dial deberá ser legible dentro de un 1% de la carga indicada en cualquier nivel de carga dentro del rango de carga. El rango de carga del dial será considerado para incluir cargas debajo del valor que es 100 veces el cambio más pequeño de carga que puede ser leído en la escala. La escala estará provista con una línea de graduación correspondiente a cero y numerada así.

El indicador del dial deberá ser lo suficientemente largo para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del extremo del indicador no deberá exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial deberá estar equipado con un ajustador del cero que sea fácilmente accesible del exterior del vidrio del dial, y con un adecuado dispositivo de reajuste indicado dentro del 1 % de exactitud de la máxima carga aplicada al espécimen.

Nota 2- Tan cercano como pueda ser leído deberá considerarse 1/50 plg o [0.5 mm] a lo largo del arco descrito por el extremo del indicador. También, la mitad del intervalo de una escala será aproximadamente tan cercana como pueda ser razonablemente leída cuando el espaciamiento en el mecanismo indicador de la carga está entre 1/25 plg o [1 mm] y 1/16 plg o [1.6 mm]. Cuando el espaciamiento es entre 1/16 plg o [1.6 mm] y 1/8 plg o [3.2 mm] una tercera parte del intervalo de la escala puede ser leída con razonable certeza. Cuando el espaciamiento es 1/8 plg o [3.2 mm] o más, una cuarta parte del intervalo de la escala puede ser leído con razonable certeza.

5.9.1 Si la carga de la máquina de prueba está indicada de forma digital, la pantalla numérica deberá ser lo suficientemente grande para ser leída fácilmente. El incremento numérico deberá ser igual a o menor que 0.10% de la carga de la escala completa de un rango de carga dado. En caso que no se verifique el rango de carga incluir una carga menor que el incremento numérico mínimo multiplicado por



100. La precisión de la carga indicada deberá estar dentro del 1.0% para cualquier valor mostrado dentro del rango de carga comprobado. Deberá tomarse la precaución de ajustar el indicador del cero real a la carga cero. Deberá proveerse un indicador de carga máximo todas las veces hasta reajustar indicando dentro de 1% del sistema de precisión la carga máxima aplicada al espécimen.

5.9.2 El apoyo superior será un asiento esférico de un bloque de metal duro firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la máquina. El centro de la esfera deberá encontrarse en el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. El bloque deberá mantenerse en su asiento de la superficie del apoyo (Nota 3), deberá ser un poco más grande que la diagonal de la cara de 2 pulgadas o [50 mm] del cubo con el objeto de facilitar un centrado preciso del espécimen. Un bloque de apoyo de metal endurecido deberá ser usado debajo del espécimen para minimizar el uso de los rodillos inferiores, e la máquina. La superficie del bloque de apoyo designada para tener un contacto con el espécimen deberá tener un número de dureza de Rockwell no menor de 60 HRC. Estas superficies no deberán apartarse de una superficie plana en más de 0.0005 pulgadas o [0.013 mm] cuando los bloques son nuevos y deberán ser mantenidos dentro de una variación permisible de 0.001 pulgadas o [0.025 mm].

Nota 3- Un diámetro de 3 1/8 plg o [79.4 mm] deberá proveerse satisfactoriamente para que el bloque de apoyo más bajo tenga un diámetro ligeramente más grande que la diagonal de la cara del cubo de 2 plg o [50 mm] pero no más que 2.9 plg o [74 mm], y estará centrado con respecto al bloque de apoyo superior y sostenido en su posición por medios adecuados.

## 6. MATERIALES.

### 6.1 Arena Estándar Graduada:

6.1.1 La arena (Nota 4) usada para hacer especímenes de prueba deberá ser arena silíceo natural que conforme los requisitos de la especificación C 778 para arena estándar graduada.

Nota 4- Segregación de arena graduada- La arena estándar graduada deberá manipularse de

manera tal que prevenga la segregación, ya que las variaciones en la graduación de la arena causa variación en la consistencia del mortero. En caja de envasado o sacos, deberá cuidarse de prevenir la formación de montículos o cráteres en la arena, pues en las inclinaciones las partículas gruesas tienden a rodar. Las cajas deberán ser de tamaño adecuado para permitir estas precauciones. Los dispositivos para suministrar arena por gravedad no se usarán.

## 7. TEMPERATURA Y HUMEDAD.

7.1 Temperatura- La temperatura del aire en las cercanías de la placa de mezclado, los materiales secos, moldes, placas base y tazón de mezclado, deberán mantenerse entre 68 y 81.5 °F o [20 y 27.5 °C]. La temperatura del agua de mezclado, del gabinete de curado o cuarto de curado y el agua en el tanque de almacenamiento deberá encontrarse a 73.4 °F o [23 °C] y no deberá variar en más de  $\pm 3^{\circ}\text{F}$  o [ $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ ].

7.2 Humedad- La humedad relativa del laboratorio no deberá ser menor que el 50 %. El gabinete de curado o cuarto de curado conformará los requisitos de la especificación C511.

## 8. ESPECÍMENES DE PRUEBA.

8.1 Hacer dos o tres especímenes de una colada de mortero para cada período de prueba o edad de prueba.

## 9. PREPARACIÓN DE LOS MOLDES DE ESPECÍMENES.

9.1 Aplicar un delgado revestimiento de agente liberados en el interior de las caras del molde y en la placa base no absorbente. Aplicar aceite y grasa usando un paño impregnado u otro medio adecuado. Limpiar las caras del molde y la placa base con un paño tanto como sea necesario para remover cualquier exceso de agente liberador y para obtener una delgada y pareja capa de revestimiento en el interior de las superficies. Cuando se use un lubricante aerosol, rociar el agente liberador directamente sobre las caras de los moldes y la placa base a una distancia de 6 a 8 pulgadas o [150 a 200 mm] para obtener una completa cobertura. Después de engrasado, limpiar la superficie con un paño tanto como sea necesario para remover cualquier exceso de lubricante aerosol. El revestimiento sobrante deberá ser



lo suficiente para permitir que la huella de los dedos se imprima con una pequeña presión.

9.2 Sellar las superficies donde las mitades de los moldes se unirán, aplicando un revestimiento de una delgada capa de grasa lubricante como petrolato. La cantidad deberá ser lo suficiente para resistir ligeramente cuando las dos mitades se hayan unido. Remover cualquier exceso de grasa con un paño.

9.3 Después de poner los moldes en la placa base (y fijarlos, si es del tipo mariposa)

	Número de especímenes	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1375	2035
Agua, ml		
Pórtland	242	359
(0.485)	230	340
Pórtland con inclusiones de aire (0.460)	---	---
Otros (para flujo de $110 \pm 5$ )		

cuidadosamente remover con un paño seco cualquier exceso de grasa o aceite de la superficie de los moldes y de la placa base para que el sellador impermeable sea aplicado. Como sellador, usar parafina, cera microcristalina o una mezcla de tres partes de parafina para cinco partes de resina por masa. Derretir el sellador por calentamiento entre 230 ° y 248 °F ó [110 y 220 °C]. Colocar el sellador impermeable por aplicación del sellador derretido en las líneas de contacto exteriores entre el molde y la placa base. Nota 5- Debido a que el lubricante aerosol se evapora, los moldes deberán ser cubiertos con una capa suficiente de lubricante inmediatamente antes de su uso. Si ha transcurrido un período de tiempo desde su aplicación, puede ser necesaria la reaplicación. Nota 6- Moldes Impermeables- La mezcla de parafina y resina especificada para el sellado de juntas entre los moldes y la placa base puede ser difícil de remover cuando son limpiadas. El uso de parafina pura es permisible si se asegura una junta impermeable, pero debido a la baja resistencia de la parafina se usará solo cuando el molde no sea sostenido en la placa base por la parafina

sola. Una junta impermeable puede ser asegurada con parafina sola por ligero calentamiento del molde y la placa base antes de cepillar la junta. Los moldes así tratados deberán permitirse regresar a la temperatura especificada antes de su uso.

## 10. PROCEDIMIENTO.

### 10.1 Composición de los Morteros:

10.1.1 Las proporciones de materiales para el mortero estándar será de una parte de cemento por 2.75 partes de arena estándar graduada por peso. Usar una relación agua-cemento de 0.485 para todos los cementos Pórtland y 0.460 para todos los cementos Pórtland con inclusiones de aire. La cantidad de agua de mezcla para otros cementos diferentes al

Pórtland y al Pórtland con inclusiones de aire será tal que produzca un flujo de  $110 \pm 5$  % determinado de acuerdo con la sección 10.3 y será expresado como porcentaje del peso del cemento.

10.1.2 La cantidad de materiales para ser mezclados al mismo tiempo en una colada de mortero para hacer seis y nueve especímenes de prueba será como sigue:

### 10.2 Preparación de Morteros.

10.2.1 Mezclar mecánicamente de acuerdo con el procedimiento dado en la práctica C 305.

### 10.3 Determinación del Flujo:

10.3.1 Cuidadosamente limpie y seque la mesa de flujo, y ponga el molde de flujo al centro. Ponga una capa de mortero de aproximadamente 1 pulgada o [25 mm] de espesor en el molde y compacte 20 veces con el apisonador. La presión de apisonado será justo la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Entonces llenar el molde con mortero y apisonar como se especificó para la primera capa. Cortar el mortero para obtener una superficie plana, enrasar con la parte superior del molde con el borde recto de una espátula (sostenerla perpendicular al molde) con un movimiento de sierra a través de toda la parte superior del molde. Limpie y seque la parte superior de la mesa, teniendo especial cuidado de remover cualquier partícula de agua alrededor del borde del molde de flujo. Eleve el molde lejos del mortero un minuto después de completada la

operación de mezclado. Inmediatamente deje caer la mesa a través de una altura de 1/2 pulgada o [13 mm] 25 veces en 15 segundos. Usando el calibrador, determine el flujo por medida de los diámetros del mortero a lo largo de líneas marcadas en la parte superior de la mesa de flujo, añadiendo las cuatro lecturas. El total de las cuatro lecturas del calibrador es igual al porcentaje de incremento del diámetro original del mortero.

10.3.2 Para cementos Pórtland y Pórtland con inclusores de aire, simplemente registre el flujo.

10.3.3 En el caso de otros cementos diferentes al Pórtland y Pórtland con inclusores de aire, haga morteros de ensayo con varios porcentajes de agua hasta que el flujo especificado se obtenga. Haga cada ensayo con mortero fresco.

10.4 Moldeado de Especímenes de Prueba:

10.4.1 Inmediatamente después de completar la prueba de flujo, regrese el mortero de la mesa de flujo al tazón de mezclado.

Rápidamente raspe los lados del tazón y transfiera dentro del mortero lo que pudo haberse recolectado de los lados del tazón y entonces

remezcle la colada por 15 segundos a velocidad media. Al completar el mezclado, la paleta se batirá dentro del tazón de mezclado para remover el mortero.

10.4.2 Cuando una colada doble sea hecha inmediatamente para especímenes adicionales, la prueba de flujo se omitirá y se dejará descansar al mortero en el tazón de mezclado por

90 segundos sin cubrirlo. Durante los últimos 15 segundos de este intervalo, rápidamente raspe los lados del tazón y transfiera lo raspado adentro del mortero.

Entonces remezcle a velocidad media por 15 segundos.

10.4.3 Inicie el moldeo de los especímenes dentro de un tiempo total de no más de 2 minutos y 30 segundos después de completar el mezclado original del mortero. Poner una capa de mortero de aproximadamente 1 pulgada o [25 mm] (aproximadamente la mitad del peralte del molde) en todos los compartimientos del cubo. Compacte el mortero en cada compartimiento 32 veces en alrededor de 10 segundos en cuatro rondas, cada ronda en ángulo recto respecto a la otra y

consistente en ocho golpes contiguos sobre la superficie del espécimen, como se ilustra en la Fig. 1. La presión de apisonado debe ser lo suficiente para asegurar un llenado uniforme de los moldes. Las cuatro rondas de compactación (32 golpes) del mortero deberá ser completadas en un cubo antes de continuar con el siguiente. Cuando se haya completado el compactado de la primera capa en todos los compartimientos de cubo, llenar los compartimientos con el mortero restante y apisonar como se especificó para la primera capa. Durante la compactación de la segunda cara regrese dentro del molde mediante las manos cubiertas con guantes y el apisonador el mortero que se haya salido al borde superior del molde, al completar cada ronda y antes de iniciar la siguiente ronda de apisonado. Al terminar la compactación, la parte superior de los cubos deberá extenderse ligeramente sobre los bordes superiores de los moldes. Regrese el mortero que se ha salido del molde con la espátula y alise los cubos con el filo de la espátula (con el borde de entrada ligeramente elevado) una vez a lo largo de la parte superior de cada cubo perpendicularmente a la longitud del molde. Entonces para propósito de nivelar el mortero empujarlo hacia la parte superior del molde de más uniforme espesor, pasé el lado plano de la espátula (con el borde de entrada ligeramente elevado) levemente una vez a lo largo del molde. Corte el mortero para obtener; una superficie a nivel del borde superior del molde por una pasada del borde recto de la espátula (sostenida aproximadamente perpendicular al molde) con un movimiento aserrado sobre la longitud del molde.

10.5 Almacenamiento de los Especímenes de Prueba- Inmediatamente al completar el moldeo, ponga los especímenes de prueba en el gabinete de curado o cuarto de curado. Guarde todos los especímenes.

Inmediatamente después de moldeados en los moldes en la placa base en el gabinete de curado o cuarto de curado por 20 a 24 h con su superficie superior expuesta al aire húmedo pero protegida de escurrimientos de agua. Si los especímenes son removidos antes de las 24 h, guardarlos en los anaqueles del gabinete de curado o cuarto de curado hasta que ellos tengan 24 h, y entonces sumerja los especímenes, excepto aquellos para la prueba

de las 24 h, en agua saturada con cal en tanques de almacenamiento contruidos de material no corrosivo. Guarde el agua de curado limpia y cámbiela cuando se requiera.

#### 10.6 Determinación de la Resistencia a la Compresión:

10.6.1 Pruebe los especímenes inmediatamente después de ser removidos del gabinete de curado en el caso de especímenes de 24 h, y del agua de curado en el caso de los otros especímenes. Todos los especímenes de prueba para una edad de prueba dada deberán ser ensayados dentro de la tolerancia permisible prescrita como sigue:

Edad de prueba	Tolerancia permisible
24h	$\pm 1/2h$
3 días	$\pm 1 h$
7 días	$\pm 3h$
28 días	$\pm 12h$

Si más de un espécimen a la vez se remueve del gabinete de curado para la prueba de 24h, guarde estos especímenes cubiertos con un paño húmedo hasta el momento de la prueba. Si más de un espécimen a la vez es removido del agua de curado, guarde estos especímenes en agua a una temperatura de  $73.4 \pm 3 \text{ }^\circ\text{F}$  o  $[23 \pm 1.7 \text{ }^\circ\text{C}]$  y de profundidad suficiente a manera de sumergir completamente cada espécimen hasta el momento de prueba.

10.6.2 Limpie cada espécimen hasta obtener una condición de superficie seca y remover cualquier grano de arena suelto o incrustaciones de las caras que estarán en contacto con los bloques de soporte de la máquina de prueba. Revise que las caras sean realmente planas mediante un rectificador. (Nota 7). Si las curvaturas son apreciables, afine la cara o caras para obtener una superficie plana o descartar el espécimen. Un perfecto chequeo del área de la sección transversal del espécimen deberá ser realizado. Nota 7- Caras de los especímenes- Resultados mucho más bajos que la resistencia verdadera se obtendrán al cargar caras de los especímenes cúbicos que no sean realmente planas. Por ello, es esencial que los especímenes se guarden escrupulosamente limpios, pues de otra manera grandes irregularidades en las superficies pueden ocurrir. Los instrumentos para limpiar los

moldes deberán ser siempre más suaves que los moldes para prevenir el desgaste. En caso que sea necesario afinar especímenes, puede tener un mejor acabado por frotamiento del espécimen por un papel lija o fino o un paño unido a una superficie plana, usando una presión moderada. Tal frotamiento es tedioso si se trata de más de un diezmilésimo de pulgada (centésimo de un milímetro); donde sea necesario frotar más, es recomendable descartar el espécimen.

10.6.3 Aplique la carga a caras del espécimen que estuvieron en contacto con superficies realmente planas del molde. Cuidadosamente ponga el espécimen en la máquina de prueba debajo del centro del bloque de apoyo superior. Previo a la prueba de cada cubo, deberá averiguarse si el bloque de asiento esférico está libre para inclinarse. No use acojinamiento o materiales de relleno. Una carga inicial mayor que la mitad de la carga máxima esperada para especímenes que tengan una carga máxima esperada de más de 3000 lbf o [15 kN] puede ser aplicada a una velocidad conveniente. No aplique una carga inicial a especímenes que tengan una carga máxima esperada menor a 3000 lbf o [15 kN]. Ajuste la velocidad de aplicación de la carga tal que el remanente de la carga (o la carga entera en el caso de carga máxima esperada menor a 3000 lbf o [15 kN]) se aplique, sin interrupción, hasta la falla de manera que la carga máxima se alcance en no menos de 20 s y no más de 80 s desde el momento en que se comenzó a aplicar la carga. No haga ningún ajuste en el control de la máquina de prueba mientras el espécimen fluye antes de la falla.

Nota 8- Es aconsejable aplicar sólo un muy ligero recubrimiento de un buen aceite mineral ligero en el asiento esférico de la placa superior.

## 11. CÁLCULOS.

11.1 Registre la carga máxima total indicada por la máquina de prueba, y calcule la resistencia a la compresión como sigue:

Dónde:

$$f_m = P/A$$

$f_m$  = resistencia a la compresión en psi o [Mpa],

$P$  = carga máxima total en lbf o [N], y

A = área de la superficie cargada en plg<sup>2</sup> o [mm<sup>2</sup>].

Cubos de 2 plg o [50 mm] pueden ser usados para la determinación de resistencia a la compresión, ya sea que unidades plg-libra o SI sean utilizadas. Sin embargo, unidades consistentes para carga y área deberán ser usadas para calcular resistencia en las unidades seleccionadas. Si el área de la sección transversal de los especímenes varía en más de 1.5% de la nominal, use el área real en los cálculos de la resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión de todos los especímenes de prueba aceptables (ver sección 12) hechos de la misma muestra y probados en el mismo período deberán ser reportados al más cercano 10 psi [0.1 Mpa].

## 12. REPORTE.

12.1 Reporte el flujo al más cercano 1% y el agua usada al más cercano 0.1%. Los procedimientos de la resistencia a la compresión de todos los especímenes de la misma muestra deberán reportarse al 10 psi más cercano [0.1 Mpa].

## 13. ESPECÍMENES DEFECTUOSOS Y REPRUEBAS.

13.1 En la determinación de la resistencia a la compresión, no considere especímenes manifiestamente defectuosos.

13.2 El rango máximo permisible entre especímenes de la misma colada de mortero, a la misma edad de prueba es 8.7% del promedio cuando se emplean tres cubos en una edad de prueba y 7.6% cuando dos cubos representan una edad de prueba (Nota 9).

Nota 9- La probabilidad de excederse de este rango es de 1 en 100 cuando el coeficiente de variación entre colada es del 2.1%. El 2.1% es un promedio para laboratorios participantes en el programa de muestra de referencia del cemento Pórtland y de mampostería del laboratorio de referencia del Cemento y del Concreto.

13.3 Si el rango de tres especímenes excede el máximo en 13.2, descarte los resultados que difieran más del promedio y revisar el rango de los especímenes restantes. Haga una reprueba

de la muestra si menos que dos especímenes quedan después de descartar especímenes defectuosos o de descartar pruebas que fallan en cumplir con el rango máximo permisible de dos especímenes.

Nota 10- La confiabilidad de los resultados de resistencia depende de la cuidadosa observación de todos los requisitos y procedimientos especificados. Resultados erráticos en un periodo de prueba dado indican que algunos de los requisitos y procedimientos no han sido cuidadosamente observados; por ejemplo, aquellos que cubren la prueba de especímenes como se prescribe en 10.6.2 y 10.6.3. Centrado impropio de especímenes resulta en fracturas oblicuas o movimientos laterales de uno de los cabezales de la máquina de prueba durante la aplicación de la carga que causará resultados de resistencia bajos.

## 14. PRECISIÓN Y BIAS.

14.1 Precisión- Los reportes de precisión para este método de prueba están listados en la Tabla 2 y están basados en resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de referencia del cemento y del concreto. Estos se han desarrollado de datos donde un resultado de prueba es el promedio de las pruebas de resistencia a la compresión de tres cubos moldeados de una colada simple de mortero y probados a la misma edad. Un cambio significativo en precisión no deberá notarse cuando un resultado de prueba es el promedio de dos cubos más que de tres.

14.2 Estos reportes de precisión son aplicables a morteros hechos con cementos mezclados, y probados a la edad como se nota, los límites apropiados son probablemente, algo más grandes para pruebas a edades jóvenes y ligeramente más pequeños a edades mayores.

14.3 Bias- El procedimiento en este método de prueba no tiene bias porque el valor de resistencia es definido en términos de este método de prueba.

## 15. PALABRAS CLAVES.

15.1 Resistencia a la compresión; mortero de cemento hidráulico; resistencia del cemento hidráulico; resistencia del mortero; resistencia.

	Moldes de	de 2 pulgadas	Moldes de cubo	de [50 mm]
Parámetro	Nuevo	En uso	Nuevo	En uso
Planura de los	< 0.001	< 0.002	[< 0.025 mm]	[< 0.05 mm]
Distancia entre	2plg±0.005	2 plg ± 0.02	[50mm±0.13 mm]	[50mm±0.50
Altura de cada	2 plg + 0.01	2 plg + 0.01	[50 mm + 0.25	[50mm + 0.25
compartimiento	plg a - 0.005	plg a -0.015	mm a-0.13 mm]	mm a-0.38 mm]
Angulo entre caras	90 ± 0.5°	90 ±0.5°	90 ± 0.5°	90 ± 0.5°

Tabla 1: Variaciones permisibles de moldes de especímenes.

		Edad de prueba días	Coefficiente de variación 1s% <sup>A</sup>	Rango de aceptabilidad de los resultados d2s % <sup>A</sup>
Cementos Pórtland Relación agua-cemento constante: Laboratorio único	Promedio	3	4.0	11.3
		7	<u>6.4</u>	<u>18.1</u>
	Múltiples laboratorios	3	6.8	19.2
		7	<u>6.4</u>	<u>18.1</u>
Cementos mezclados Morteros de flujo constante: Laboratorio único	Promedio	3	4.0	11.3
		7	3.8	10.7
	Múltiples laboratorios	28	<u>3.4</u>	<u>9.6</u>
				3.87
Cementos de mampostería Mortero de flujo constante: Laboratorio único	Promedio	3	7.8	22.1
		7	7.6	21.5
	Múltiples laboratorios	28	<u>7.4</u>	<u>20.9</u>
				7.6
Cementos de mampostería Mortero de flujo constante: Laboratorio único	Promedio	7 28	7.9 U. 7.7	22.3 <u>21.2</u> 21.8
	Múltiples laboratorios	7 28	11.8 <u>12.0</u> 11.9	33.4 <u>33.9</u> 33.7

Estos números representan respectivamente, los límites (1s %) y (d2s %) descritos en la práctica C 670.

Tabla 2: Precisión.

4	5	5	6	7	8
3	6				
2	7				
1	8	4	3	2	1

Figura 1 Orden de compactación en los moldes de especímenes

## Método de Prueba Estándar para Resistencia a Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

### 1. Ámbito

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Esto está limitado a concreto teniendo un peso unitario en exceso de 50lb/ft<sup>3</sup> [800 kg/m<sup>3</sup>].

1.2 Los valores declarados en cualquier sistema de unidades SI o lb-in son para ser considerados separadamente como estándar. Las unidades SI son mostradas en corchetes. Los valores declarados en cualquier sistema no deben ser exactamente equivalentes; por tanto, cada sistema tendrá que ser usado independientemente del otro. Combinando valores de los dos sistemas debe resultar en no conformación con el estándar.

1.3 *Este estándar no tiene propósito de direccionar en todo lo concerniente a seguridad, si alguna, asociada con su uso. Es la responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias previo al uso.*

1.4 El texto de las notas de referencia en este estándar que proveen material explicatorio. Las notas no tendrán que ser consideradas como requerimiento de este estándar.

### 2. Documentos de Referencia.

#### 2.1 Estándares de ASTM:

C 31 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field<sup>2</sup>  
C 42 Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete<sup>2</sup>  
C 192 Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory<sup>2</sup>  
C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens<sup>2</sup>  
C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials<sup>2</sup>  
C 873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds<sup>2</sup>  
C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation<sup>2</sup>  
C 1231 Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders<sup>2</sup>

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>3</sup>

E 74 Practice for Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Load Indication of Testing Machines<sup>3</sup>

Manual of Aggregate and Concrete Testing<sup>2</sup>

#### 2.2 Instituto Americano del Concreto:

CP – 16 Concrete Laboratory Testing Technician, Grade I<sup>4</sup>

### 3. Resumen del Método de Prueba.

3.1 Este método de prueba consiste de aplicar una carga de compresión axial a cilindros moldeados o núcleos a un ritmo el cual está dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión del espécimen es calculada por dividir la carga máxima alcanzada durante la prueba por el área de sección transversal del espécimen.

### 4. Significado y Uso.

4.1 Debe ser ejercido cuidado en la interpretación del significado de la determinación de resistencia a compresión por este método de prueba desde que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho de los materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma del espécimen, mezclado, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeado fabricación y edad, temperatura, y condiciones de humedad durante el curado.

4.2 Este método de prueba es usado para determinar la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados en concordancia con las prácticas C31, C192, C617 y C1231 y métodos de prueba C42 y C873.

4.3 Los resultados de este método de prueba son usados como una base para control de calidad del proporcionamiento de concreto, operaciones de mezclado y colocado; determinación de concordancia con las especificaciones; control para evaluación de efectividad de aditivos y usos similares.

4.4 El individuo quien prueba los cilindros de concreto para pruebas de aceptación tendrá que demostrar un conocimiento y habilidad para desempeñar el procedimiento de prueba equivalente a los mínimos lineamientos para certificación de Técnico de Laboratorio de



Concreto Nivel I, en concordancia con ACI CP-16.

Nota 1 – El desempeño de pruebas de laboratorio este método de prueba debería ser evaluado en concordancia con la práctica C1077.

## 5. Aparatos.

5.1 *Maquina de Prueba* – La máquina de prueba tendrá que ser de un tipo teniendo suficiente capacidad y capaz de proveer las relaciones de carga prescritas en 7.5.

5.1.1 La verificación de calibración de máquinas de prueba en concordancia con las prácticas E4 es requerida bajo las siguientes condiciones:

5.1.1.1 Después de un intervalo transcurrido desde la verificación previa de 18 meses máximos, pero preferiblemente después de un intervalo de 18 meses,

5.1.1.2 En la instalación original o la relocalización de la máquina,

5.1.1.3 Inmediatamente después de hacer reparaciones o ajustes que afectan la operación del sistema aplicador de fuerza de la maquina o los valores mostrados en el sistema indicador de carga, excepto por los ajustes a cero que compensan para la masa de los bloques de carga, o especímenes, o ambos, o

5.1.1.4 Siempre que ahí se presente razón para dudar de la precisión de los resultados, sin considerar al intervalo de tiempo desde la última verificación.

5.1.2 *Diseño* – El diseño de la maquina debe incluir las siguientes disposiciones:

5.1.2.1 La máquina debe funcionar con potencia y debe aplicar la carga continuamente más que intermitentemente, y sin choque. Si solo ay un ritmo de carga (reuniendo los requerimientos de 7.5), debe ser proveído con un medio suplementario para cargado a un ritmo adaptable para verificación. Este medio suplementario de cargado debe ser operado por potencia o manualmente.

Nota 2 – La ruptura de cilindros de alta resistencia es más intensa que la de cilindros de resistencia normal. Como una precaución de seguridad, es recomendado que las máquinas de prueba deberían ser equipadas con guardas protectoras de fragmentos.

5.1.2.2 El espacio provisto para los especímenes de prueba tendrá que ser lo suficientemente grande para acomodar, en una posición legible, un dispositivo de calibración elástica el cual es de suficiente capacidad para cubrir el rango de carga potencial de la maquina

de prueba y el cual cumple con los requerimientos de la Practica E74.

Nota 3 – Los tipos de dispositivos calibradores elásticos más generalmente disponibles y más comúnmente usados para este propósito son el aro circular de prueba y la celda de carga.

5.1.3 *Precisión* – La precisión de la máquina de prueba tendrá que estar en concordancia con las siguientes provisiones:

5.1.3.1 El porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto de uso de la máquina de prueba no tendrá que exceder  $\pm 1.0\%$  de la carga indicada.

5.1.3.2 La precisión de la máquina de prueba tendrá que ser verificada por la aplicación de cinco cargas de prueba en cuatro incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre algunas dos cargas de prueba sucesivas no tendrá que exceder un tercio de la diferencia entre las cargas de prueba máximas y mínimas.

5.1.3.3 La carga de prueba como se indica por la máquina de prueba y la carga aplicada calculada de la lectura del dispositivo de verificación tendrá que ser registrado en cada punto de prueba. Calcula el error, E, y el porcentaje de error,  $E_p$ , para cada punto de esos datos como sigue:

$$E = A - B \quad (1)$$
$$E = 100(A - B)/B$$

Dónde:

A = carga, lbf [kN] indicada por la maquina siendo verificada, y

B = carga aplicada, lbf [kN] como determinada por el dispositivo calibrador.

5.1.3.4 El reporte en la verificación de una máquina de prueba tendrá que ser declarada dentro de ese rango de carga que fue encontrado para conformar a los requerimientos de especificaciones más que una aceptación global o rechazo. En ningún caso el rango de carga tendrá que ser declarado como incluyendo cargas bajo el valor que es 100 veces el menor cambio de carga estimable en el mecanismo indicador de carga de la máquina de prueba o cargas dentro de esa porción del rango bajo el 10% en el máximo rango de capacidad.

5.1.3.5 En ningún caso el rango de carga tendrá que ser declarado como incluyendo cargas fuera del rango de cargas aplicadas durante la prueba de verificación.

5.1.3.6 la carga indicada de una máquina de prueba no tendrá que ser corregida cualquiera por calculo o por el uso de un diagrama de calibración



para obtener valores dentro de las variaciones permisibles requeridas.

5.2 La máquina de prueba tendrá que ser equipada con dos bloques de carga de acero con caras endurecidas (nota 4), uno de los cuales es un bloque de asiento esférico que cargara en la superficie superior del espécimen, y el otro un bloque solido en el cual el espécimen tendrá que descansar. Las caras de carga en el bloque tendrán que tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser probado. Excepto para los círculos concéntricos descritos abajo, las caras de carga no tendrán que apartarse de un plano por más de 0.001in. [0.02mm] en alguno 6in [150mm] de bloque de 6in [150mm] en diámetro o largo, o por más de 0.001in [0.02mm] en el diámetro de algún bloque pequeño: y nuevos bloques tendrán que ser manufacturados dentro de un medio de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara de carga del bloque de asiento esférico exceda el diámetro del espécimen por más de 0.5in [13mm], círculos concéntricos de no más de 0.03in [0.8mm] de profundidad y no más de 0.04in [1mm] de ancho tendrán que ser inscritos para facilitar el centrado adecuado.

Nota 4 – Es deseable que las caras de carga de los bloques usados para pruebas de compresión de concreto tengan una dureza **rockwell** o no menos que 55HRC.

5.2.1 Bloques de carga del fondo tendrán que conformar a los siguientes requerimientos:

5.2.1.1 El bloque de carga de fondo es especificado para el propósito de proveer una superficie fácilmente mecanizable para mantenimiento de las condiciones de superficie especificadas (Nota 5). Las superficies superior y de fondo tendrán que ser paralelas una a la otra. Si la máquina de prueba esta tan diseñada que la platina por si misma es fácilmente mantenida en la condición de superficie especificada, un bloque de fondo no es requerido. La mínima dimensión horizontal tendrá que ser al menos 3% mayor que el diámetro del espécimen a ser probado. Círculos concéntricos como se describe en 5.2 son opcionales en el bloque de fondo.

Nota 5 – Los bloques deben ser sostenidos a la platina de la máquina de prueba.

5.2.1.2 El centrado final debe ser echo con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque de carga inferior es usado para asistir en el centrado del espécimen, el centro del aro concéntrico, cuando es proveído, o el centro del bloque en si mismo debe estar directamente bajo el centro de la cabeza esférica. Tendrán que ser

echas disposiciones en la placa de la máquina para asegurar tal posición.

5.2.1.3 El bloque de carga del fondo tendrá que ser al menos 1in [25mm] delgadez cuando esta nuevo, y al menos 0.9in [22.5mm] delgadez después de alguna operación de repavimentación.

5.2.2 El bloque de asiento esférico tendrá que conformar a los siguientes requerimientos:

5.2.2.1 El diámetro máximo de cara de carga del bloque de asiento esférico suspendido no tendrá que exceder los valores dados abajo:

Diámetro del espécimen de prueba, in [mm]	Diámetro máximo de cara de carga, in [mm]
2[50]	4[105]
3[75]	5[130]
4[100]	6.5[165]
6[150]	10[255]
8[200]	11[280]

Nota 6 – Las caras de carga cuadradas son permisibles, siempre que el diámetro del círculo inscrito más grande posible no exceda el diámetro superior.

5.2.2.2 El centro de la esfera tendrá que coincidir con el superficie de la cara de carga dentro de una tolerancia de  $\pm 5\%$  del radio de la esfera. El diámetro de la esfera tendrá que ser al menos 75% del diámetro del espécimen a ser probado.

5.2.2.3 La bola y el zócalo deben ser también diseñados por el manufacturador que el acero en el área de contacto no quede permanentemente deformado bajo uso repetido, con cargas arriba de 12000psi [85MPa] en el espécimen de prueba.

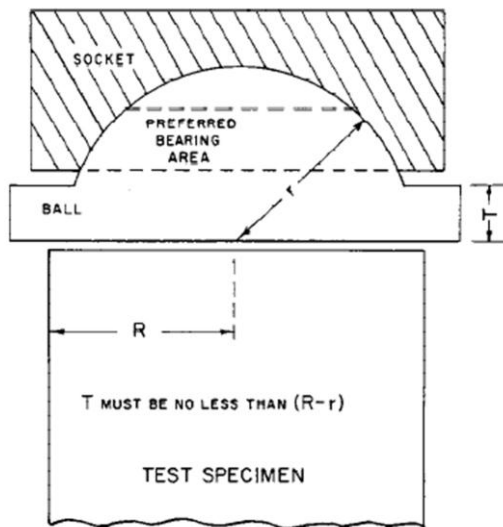
Nota 7 – El área de contacto preferida es en la forma de un aro (descrita como área preferida de “carga”) como se muestra en la fig. 1.

5.2.2.4 La superficie curvada del zócalo y de la porción esférica tendrá que mantenerse limpia y tendrá que ser lubricada con un aceite derivado de petróleo tal como un aceite de motor convencional, no con una grasa de tipo presión. Después de contactar el espécimen y aplicar una pequeña carga inicial, mas inclinación del bloque de asiento esférico no es intencional y es indeseable.

5.2.2.5 Si el radio de la esfera es menor que el radio del mayor espécimen a ser usado, la porción de la cara de carga extendida más allá de la esfera tendrá que tener una delgadez no menor que la diferencia entre el radio de la esfera y el radio del espécimen. La menor dimensión de la cara de carga tendrá que ser al menor tan grande como el diámetro de la esfera (ver Fig. 1).

5.2.2.6 La porción móvil del bloque de carga tendrá que ser mantenida cerradamente en un asiento esférico, pero el diseño tendrá que ser tal

que la cara de carga puede ser rotada libremente e inclinada al menos 4° en alguna dirección.



Nota 1 – Tendrán que ser echas disposiciones para sostener la bola en el zócalo (socket) y para sostener la unidad entera en la máquina de prueba.

**FIG. 1 Boceto Esquemático de un Bloque Esférico de Carga Típico**

### 5.3 Indicación de carga:

5.3.1 Si la carga de una máquina de compresión usada en pruebas de concreto es registrada en una marca, la marca tendrá que ser provista con una escala graduada que es legible al menos a la cercanía de 0.1% de la escala de carga completa (Nota 8). La marca tendrá que ser legible con 1% de la carga indicada a algún nivel de carga dado dentro del rango de carga. En ningún caso tendrá que ser considerado el rango de carga de una marca a incluir cargas bajo el valor que es 100 veces el mínimo cambio de carga que puede ser leído en la escala. La escala tendrá que ser provista con una línea de graduación igual a cero y también numerada. El puntero de la marca tendrá que ser lo suficientemente largo para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del final del puntero no tendrá que exceder la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada marca tendrá que ser equipada con un ajuste a cero localizado fuera de la cubierta de la maquina mientras observando la marca de cero y el puntero del dial. Cada marca tendrá que ser equipada con un dispositivo adaptable que a cualquier momento hasta restablecer, indicara a dentro del rango de la precisión de 1% de la máxima carga aplicada al espécimen.

Nota 8 – legibilidad es considerada a ser 0.02in [0.5mm] a lo largo del arco descrito por el final del puntero. También, un medio de un intervalo de escala es legible con razonable certeza cuando el espacio en el mecanismo indicador de carga esta entre 0.04in [1mm] y 0.06in [2mm]. Cuando el espacio está entre 0.06 y 0.12in [2 y 3mm], un tercio de un intervalo de escala es legible con razonable certeza. Cuando el espacio es 0.12in [3mm] o más, un cuarto de un intervalo de escala es legible con razonable certeza.

5.3.2 Si la carga de la máquina de prueba es indicada en forma digital, la pantalla numérica debe ser lo suficientemente grande para ser leída fácilmente. El incremento numérico debe ser igual a o menor que 0.10% de la carga de la escala completa de un rango de carga dado. En ningún caso tendrá que el rango de carga verificado incluir cargas menores que el mínimo incremento numérico multiplicado por 100. La precisión de la carga indicada debe estar dentro de 1.0% para algún valor mostrado dentro del rango de carga verificado. Disposiciones deben ser echas para ajustar al cero verdadero indicado a cero de carga. Ahí tendrán que ser provistos un indicador de carga máxima que a todo el tiempo hasta restablecer indicara dentro de 1% de precisión del sistema la carga máxima aplicada al espécimen.

## 6. Espécimen.

6.1 Los especímenes no tendrán que ser probados si algún diámetro individual de un cilindro difiere de algún otro diámetro del mismo cilindro por más de 2%.

Nota 9 – esto debe ocurrir cuando un molde de un solo uso es dañado o deformado durante el almacenamiento, cuando moldes flexibles de un solo uso son deformados durante el moldeado o cuando un núcleo perforado se desvía o mueve durante el perforado.

6.2 Ningún extremo de un espécimen de prueba a compresión cuando sea probado tendrá que apartarse desde la perpendicularidad al eje por más de 0.5° (aproximadamente equivalente a 0.12in 12in [3mm 300mm]). El extremo del espécimen de prueba a compresión que no es plano dentro de 0.002in. [0.050mm] tendrá que ser cincelado o molido para reunir esa tolerancia, o tapado en concordancia con cualquier práctica C617 o C1231. El diámetro usado para calcular el área de sección transversal del espécimen de prueba tendrá que ser determinado a la cercanía de 0.01in [0.25mm] por promedio de dos diámetros medidos a ángulos rectos de cada otro y a media altura del espécimen.

6.3 El número de cilindros individuales medidos para determinación de un diámetro promedio no es prohibido desde siendo reducido a uno por cada diez especímenes o tres especímenes

por día, cualquiera que sea mayor, si todos los cilindros se sabe han sido hechos de un solo lote de moldes reusables o de un solo uso con especímenes consistentemente producidos con diámetros promedios dentro de un rango de 0.02in [0.5mm]. Cuando el diámetro promedio no caiga dentro del rango de 0.02in [0.5mm] o cuando el cilindro no es echo de un solo lote de moldes, cada cilindro probado debe ser medido y el valor usado en el cálculo de la resistencia a compresión unitaria de ese espécimen. Cuando los diámetros son medidos a la frecuencia reducida, el área de sección transversal de todos los cilindros probados en ese día tendrá que ser calculada del promedio de los diámetros de los tres cilindros o más cilindros representando el grupo ese día.

6.4 La longitud tendrá que ser medida a la cercanía 0.05D cuando la relación longitud a diámetro es menor de 1.8, o mayor de 2.2, o cuando el volumen del cilindro es determinado de las dimensiones medidas.

## 7. Procedimiento.

7.1 La prueba de compresión de especímenes húmedamente curados tendrá que ser echa tan pronto como sea posible después de remover del almacenamiento húmedo.

7.2 Especímenes de prueba tendrán que ser mantenidos húmedos por algún método conveniente durante el periodo entre la remoción del almacenaje húmedo y probado. Ellos tendrán que ser probados en la condición húmeda.

7.3 Todos los especímenes de prueba para una edad de prueba dada tendrán que ser rotos dentro de la tolerancia permisible de tiempo prescrita como sigue:

Edad de prueba	Tolerancia permisible
24 h	±0.5 h o 2.1%
3 días	2 h o 2.8%
7 días	6 h o 3.6%
28 días	20 h o 3.0%
90 días	2 días 2.2%

7.4 *Colocando el Especimen* – coloca el bloque de carga plano (inferior), con su cara endurecida hacia arriba, en la mesa o platina de la máquina de prueba directamente bajo el bloque de carga de asiento esférico. Limpia las caras de carga de los bloques de carga superior e inferior de los bloques de carga y de los especímenes de prueba y coloca el espécimen de prueba en el bloque de carga inferior, alineando cuidadosamente el eje del espécimen con el centro de empuje del bloque de asiento esférico.

7.4.1 *Verificación de Cero y Bloque de Asiento* – Previo a probar el espécimen de prueba, verifica que el indicador de carga esta fijo en cero. En casos donde el indicador no está adecuadamente

fijo en cero, ajusta el indicador (Nota 10), como el bloque de asiento esférico es traído a cargar en el espécimen, rota la porción móvil gentilmente a mano de modo que el asiento uniforme es obtenido.

Nota 10 – La técnica usada para verificar y ajustar el indicador de carga a cero variara dependiendo del fabricante de la máquina. Consulta tu manual de usuario o calibrador de máquina de compresión para la técnica adecuada.

7.5 *Ritmo de Carga* – Aplica la carga continuamente y sin impacto.

7.5.1 Para máquinas de prueba de tipo tornillo, la cabeza móvil tendrá que viajar a un ritmo de aproximadamente 0.05in [1mm]/min cuando la maquina está corriendo lento. Para maquinas operadas hidráulicamente, la carga tendrá que ser aplicada a un ritmo de movimiento (medido de la platina a la cruceta) correspondiente a un ritmo de carga en el espécimen dentro del rango de 20 a 50psi/s [0.15 a 0.35 Mpa/s]. El ritmo diseñado de movimiento tendrá que ser mantenido al menos durante la última mitad de la fase de carga anticipada del ciclo de prueba.

7.5.2 Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de carga anticipada un mayor ritmo de carga tendrá que ser permitido.

7.5.3 No hagas ajustes en el ritmo de movimiento de la platina a algún momento mientras un espécimen está cediendo rápidamente inmediatamente antes de la falla.

7.6 Aplica la carga hasta que el espécimen falle, y registra la máxima carga llevada por el espécimen durante la prueba. Nota que tipo de falla y la apariencia del concreto.

## 8. Cálculos

8.1 Calcula la resistencia a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima llevada por el espécimen durante la prueba por el área promedio de sección transversal determinada como se describe en la sección 6 y expresa el resultado a la cercanía de 10psi [0.1 MPa].

8.2 Si la relación longitud a diámetro del espécimen es menor de 1.8 corrige el resultado obtenido en 8.1 multiplicando por el factor de corrección apropiado mostrado en la siguiente tabla:

L/D	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87 (Nota 11)

Nota 11 – Estos factores de corrección aplicados a concreto de peso ligero entre 100 y 120 lb/ft<sup>3</sup> [1600 y 1920 kg/m<sup>3</sup>] y a concreto de peso normal. Ellos son aplicables a concreto seco o mojado a tiempo de carga. Valores no dados en la tabla tendrán que ser determinados por interpolación. Os factores de corrección son aplicables para concreto de resistencia nominal de 2000 a 6000 psi [15 a 45 MPa].

## 9. Reporte.

9.1 Reporta la siguiente información:

- 9.1.1 Número de identificación,
- 9.1.2 Diámetro (y longitud, si esta fuera del rango de 1.8D a 2.2D), en pulgadas [milímetros],
- 9.1.3 Área de sección transversal, en pulgadas cuadradas [milímetros cuadrados],
- 9.1.4 Carga máxima, en libras fuerza [kN],
- 9.1.5 Resistencia a compresión calculada a la cercanía de 10psi [0.1 MPa],
- 9.1.6 Tipo de fractura, si es otra diferente del cono usual (ver Fig. 2),
- 9.1.7 Defectos en cualquier espécimen o tapa, y,
- 9.1.8 Edad del espécimen.

## 10. Precisión y Parcialidad

10.1 precisión – La precisión de un solo operador de pruebas de cilindros individuales de 6 por 12in [150 por 300mm] hechos de una muestra de concreto bien mezclado es dado para cilindros hechos en un ambiente de laboratorio y bajo condiciones normales de campo (ver 10.1.1)

Un solo operador	Coeficiente de variación <sup>A</sup>	Rango aceptable de <sup>A</sup>	
		2 resultados	3 resultados
Condiciones de laboratorio	2.37%	6.6%	7.8%
Condiciones de campo	2.87%	8.0%	9.5%

<sup>A</sup> estos números representan respectivamente los límites (1s) y (d2s) como se describe en la práctica C670.

10.1.1 Los valores dados son aplicables a cilindros de 6 por 12in [150 por 300mm] con resistencia a la compresión entre 2000 y 8000 psi [15 a 55 MPa]. Ellos son derivados desde CCRL Datos de Muestras de Referencia de Concreto para condiciones de laboratorio y una colección de 1265 reportes de pruebas desde 225 laboratorios comerciales de pruebas en 1978.

Nota 12 – Subcomité C09.03 re examinará los recientes CCRL Programa de Datos de Muestras de Referencia de Concreto y datos de prueba de campo para ver si estos valores son representativos de las actuales prácticas y si ellos pueden ser determinados para cubrir un amplio rango de resistencias y tamaños de especímenes.

10.2 *Parcialidad* – Desde que ahí no es aceptado material de referencia, no son echas declaraciones en parcialidad.

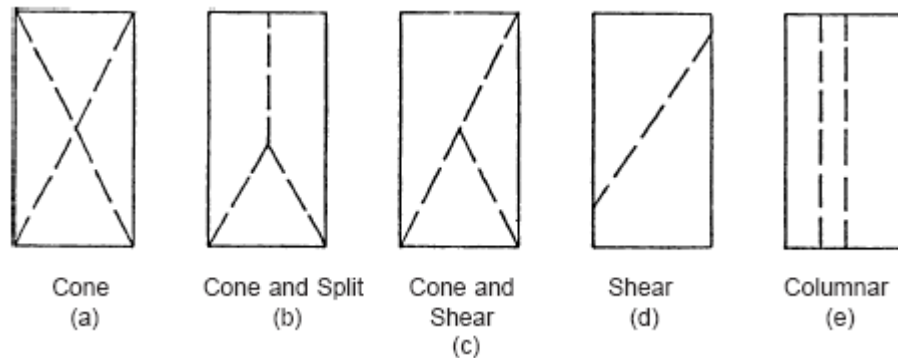


FIG 2. Esbozo de Tipos de Fracturas

## Designación: C 1586/04

### Guía estándar para Aseguramiento de la Calidad de Morteros<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija C 1586, el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. La épsilon en superíndice (e) indica un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

#### 1. Alcance

1.1 Este documento proporciona orientación sobre la correcta uso de la Especificación C 270 y C 780 Método de prueba para la evaluación de albañilería mortero producido en el laboratorio y en la emplazamiento de la obra.

#### 2. Documentos de referencia

##### 2.1 Normas ASTM<sup>2</sup>

C 144 Especificación para agregados para mortero de albañilería

C 270 Especificaciones de los morteros para albañilería Unidad

C 780 Método de prueba para pre construcción y construcción Evaluación de morteros para la Unidad Simple y Armado albañilería.

#### 3. Significado y Uso

3.1 El presente documento tiene por objeto proporcionar orientación y aclaración a los diseñadores, especificadores, inspectores, agencias de pruebas, productores y usuarios en la especificación y evaluación de albañilería mortero.

3.2 Usuarios de la Especificación C 270 y los documentos de prueba Método C 780 confunden a menudo y sin darse cuenta a veces partes mal uso de los dos documentos al especificar o evaluar albañilería mortero.

Esta guía pretende abordar específico elementos dentro de la Especificación C 270 y C 780 Método de prueba para ayudar a promover su uso adecuado y la interpretación.

#### 4. Especificación de mortero de albañilería

4.1 Uso Especificación C 270 para especificar mortero de albañilería por ya sea la proporción o Especificaciones de la Propiedad de esa norma pero no ambos. Si ni la proporción ni la Propiedad pliego de condiciones figura, Especificación C 270 la proporción especificación para ser utilizado.

<sup>1</sup> Esta guía está bajo la jurisdicción del Comité C12 de ASTM sobre Morteros y Lechadas para la unidad de albañilería y es responsabilidad directa del Subcomité C12.03 sobre especificaciones para los morteros. Edición actual aprobada en febrero 1, 2004. Publicado en febrero de 2004.

<sup>2</sup> Para referencia las normas ASTM, visite el sitio web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o comuníquese con el Servicio al Cliente al [service@astm.org](mailto:service@astm.org) ASTM. Por Libro Anual de ASTM Normas de información del volumen, consulte la página de la norma Documento de síntesis sobre el sitio web de ASTM.

4.2 Proporción Especificaciones: estas especificaciones directo el albañil para producir el mortero de albañilería utilizando designado proporciones volumétricas de materiales de cemento y agregados como se expone en la Tabla 1, Especificaciones proporción, de la Especificación C 270 para el tipo de mortero especificado. Este procedimiento de especificando mortero no requiere de muestreo y ensayo de mortero, y por lo tanto, ninguna medición de propiedades de los morteros en el laboratorio o el campo es obligatorio.

4.3 Especificaciones de Propiedad-Estas especificaciones requieren pruebas de



laboratorio preparados mortero para el cumplimiento del requisito de la Tabla 2, Especificaciones de la Propiedad, de la Especificación C 270 para el tipo de mortero especificado.

4.3.1 Especificaciones de la propiedad requiere la evaluación de un mortero con una consistencia (flujo) de  $110 \pm 5\%$ . Esta es una mortero establecido arbitrariamente consistencia que se utiliza para aproximar el contenido de agua del mortero después de que se coloca en un albañilería conjunto con las unidades de mampostería absorbentes. La cantidad de agua requerida en mortero producido en la construcción sitio es normalmente mayor que la cantidad utilizada para la especificación C 270 Propiedad pruebas de especificaciones.

4.3.2 No utilizar la especificación C 270 Especificaciones de la Propiedad los requisitos para evaluar el sitio de construcción producidos morteros. Debido a la mayor cantidad de agua necesaria para construcción real de albañilería, mortero producido y se tomaron muestras en el campo suele tener menor resistencia a la compresión de que producen en el laboratorio por la Especificación C 270.

4.3.3 Cuando el mortero se especifica en las Especificaciones de la Propiedad, las cantidades de materiales de cemento y agregados tal como se determina mediante ensayos de laboratorio se convierten a proporciones volumétricas de producción de mortero de albañilería en el emplazamiento de la obra.

5.0 Aseguramiento de la Calidad de mortero de albañilería.

5.1 Mortero Materiales-Verificar que los materiales de mortero individuales utilizado corresponde a las normas ASTM enumeradas en el Sección de Materiales de la

Especificación C 270. El cumplimiento es típicamente verificado mediante la presentación de una carta de certificación o prueba informe para cada material mortero.

NOTA 1: Si alguno de los materiales utilizados no cumplen con el material requisitos de la Especificación C 270 de las Especificaciones proporción no puede ser usado. Especificación C 270 permite expresamente la utilización de arenas de ç mampostería que no cumplen con los requisitos de graduación de la Especificación C 144 siempre que las Especificaciones de la Propiedad de la Especificación C 270 se utilizan en lugar de las especificaciones proporción.

5.2 Especificaciones de la propiedad  
Verifique que las propiedades probadas del mortero preparado en el laboratorio satisfacer la apropiada Requisitos Especificaciones de la Propiedad "de la Especificación C 270 para el tipo de mortero especificado. Compruebe también que el laboratorio informe de ensayo incluirá las proporciones volumétricas y materiales usan para satisfacer las Especificaciones de la Propiedad.

5.3 Dosificación de inspección

Materiales de Uso pruebas, o tanto para asegurar una dosificación adecuada de los materiales de mortero contra la emplazamiento de la obra. Inspección

5.4 Verificar por la observación de que el método de la medición de las cantidades de material para el mortero usado en la construcción mantiene con precisión las proporciones requeridas. Compruebe que los materiales de mortero individuales que se utilizan son los aprobados para el proyecto.

## 5.5 Pruebas:

5.5.1 Uso Método de Ensayo C 780 no, Especificación C 270, de evaluar morteros preparados en el sitio de construcción.

5.5.2 Uso Método de Ensayo C 780 para evaluar mortero de albañilería preparado en el sitio de construcción para las siguientes propiedades: mortero proporción agregada (Método de Ensayo C 780, el anexo A4) y mortero contenido de agua (Método de Ensayo C 780, anexo A5). Por la medición de la relación de agregado mortero y contenido de agua del mortero, la proporción de los materiales cementosos a agregarse en masa pueden ser determinados y después se convierte en proporciones por volumen. Las medidas proporciones volumétricas de la construcción mortero sitio-producto se puede comparar con la Especificación C 270 Especificaciones Proporción o las proporciones volumétricas derivado de las Especificaciones de la Propiedad, según corresponda.

5.5.3 Medición de mortero de albañilería construcción del sitio resistencia a la compresión usando Método de Ensayo C 780, anexo A7, es no el método de ensayo adecuado para determinar la conformidad de los el mortero con los requisitos de resistencia a la compresión de Especificación C 270, sin embargo, puede tener algún valor en la determinación de la uniformidad mortero. Construcción de mampostería sitio fortalezas de mortero no son generalmente iguales a los valores citados en Especificaciones de la Propiedad Requisitos Tabla de Especificaciones C 270 debido a la diferencia entre el contenido de agua de campo y de laboratorio elaborados morteros. Además, mortero resistencia a la compresión puede variar de día a día dependiendo de la cantidad de agua de mezcla requerida, las condiciones de curado en el sitio de construcción, las condiciones meteorológicas, y unidad de mampostería contenido de humedad de la arena, y otras variables.

5.5.3.1 mortero de medición resistencia a la compresión de muestras de campo mortero no tiene relevancia a menos que las pruebas de pre-construcción se lleva a cabo en el laboratorio usando equipo de mezcla similar, materiales de mortero, y la geometría de la probeta mismo. incluso cuando se hace esto, los datos de campo de resistencia a compresión sólo puede ser en comparación con los datos de la resistencia previa a la construcción de mortero en general, debido a otros factores, tales como el tiempo, la temperatura de mortero, y las propiedades de absorción de la mampostería específica unidades que se utiliza.

## 6.0 Pre construcción y evaluación Construcción de Propiedades del mortero

6.1 Uso Método de Ensayo C 780 para evaluar las propiedades de mortero de un mortero mezclado a una consistencia campo.  
6.2 Anexo A1 y A3 del Método de Ensayo C 780 se utilizan para consistencia medida (a veces llamado plasticidad o flujo). Anexo A6 se utiliza para medir el contenido de aire. Anexo A7 se utiliza para medir resistencia a la compresión.

NOTA 2-La consistencia del mortero en una obra de construcción deberán ser ajustarse para ofrecer una óptima que es compatible con la las unidades de mampostería utilizados en la construcción, en lugar de usar una predeterminada valor de la coherencia. Debido a las diferentes condiciones climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento) y la unidad de albañilería y humedad de la arena contenido, propiedades de los morteros medidos a partir de la construcción del sitio producido especímenes pueden ser muy diferentes y más variables que los medidos durante las pruebas de evaluación previa a la construcción.

6.3 Propiedades de los morteros medida por el Método de Ensayo C 780 no se requieren ni se espera que cumplan los requisitos de propiedad de la Tabla 2 en la Especificación C 270.

## 7. Palabras clave



7.1 proporción agregada; resistencia a la compresión, la coherencia, campo pruebas, pruebas de laboratorio; albañilería; mortero, calidad, especificando; contenido de agua

ASTM International no toma posición respecto a la validez de cualquier derecho de patente en relación con cualquier artículo mencionado

en esta norma. Los usuarios de esta norma están expresamente avisados de que la determinación de la validez de los derechos de patente, y el riesgo de violación de tales derechos, son enteramente su propia responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe ser revisado cada cinco años y si no es revisada, debe ser aprobado de nuevo o retirarse. Sus comentarios son invitados para la revisión de esta norma o para normas adicionales y deberán dirigirse a las oficinas

de ASTM International. Sus comentarios serán atentamente examinados en una reunión del comité técnico responsable, a la que pueden asistir. Si usted siente que sus comentarios no han recibido una audiencia justa comuníquese con el hacer que sus puntos de vista a la Comisión sobre Normas de ASTM, a la dirección que aparece a continuación.

Esta norma es propiedad intelectual de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Estados Unidos. Copias (simples o múltiples) de esta norma puede ser obtenida contactando a ASTM en los anteriores dirección o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832 9555 (fax), o [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail), o bien a través de la página web de ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)).