

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



**TRABAJO DE GRADO:
“REVISIÓN DE LAS DOSIFICACIONES DEL MANUAL DEL
CONSTRUCTOR UTILIZANDO CEMENTO ASTM C 1157 TIPO GU Y
CEMENTO ASTM C 1157 TIPO HE”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
AMAYA CUBÍAS LOURDES ELIZABETH
GALDÁMEZ GÁMEZ KARINA LISSETTE
MAZARIEGO ZEPEDA KRISCIA VIOLETA**

**OCTUBRE DE 2012
SANTA ANA EL SALVADOR CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**REVISIÓN DE LAS DOSIFICACIONES DEL MANUAL DEL CONSTRUCTOR
UTILIZANDO CEMENTO ASTM C 1157 TIPO GU Y CEMENTO ASTM C 1157
TIPO HE.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
AMAYA CUBÍAS LOURDES ELIZABETH
GALDÁMEZ GÁMEZ KARINA LISSETTE
MAZARIEGO ZEPEDA KRISCIA VIOLETA**

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. JORGE WILLIAM ORTIZ SÁNCHEZ**

**DOCENTE ASESOR:
ING. RICARDO BURGOS OVIEDO**

OCTUBRE DE 2012

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

RECTOR
ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

VICE-RECTORA ACADEMICA
MAESTRA ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO

VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO
LIC. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

SECRETARIA GENERAL
DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FISCAL GENERAL
LIC. FRANCISCO CRUZ LETONA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

LIC. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICE-DECANO

ING. WILLIAM VIRGILIO ZAMORA GIRÓN

SECRETARIO

LIC. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INGA.Y MÁSTER SORAYA LISSETTE BARRERA DE GARCÍA

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR:

Ing. Jorge William Ortiz Sánchez
DOCENTE DIRECTOR

RECONOCIMIENTO

A las instituciones que colaboraron y apoyaron de manera incondicional la realización de este trabajo de graduación. Se les agradece enormemente a:

- Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC)
- Empresa HOLCIMS.A. DE C.V., El Salvador.
- Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

Quienes al brindarnos información técnica, donarnos sus productos y ofrecernos sus instalaciones y equipo de laboratorio formaron parte elemental para llegar a la conclusión de nuestra investigación.

Se les agradece a todos los catedráticos que nos transmitieron sus enseñanzas a lo largo de la carrera, por sus consejos y recomendaciones para aplicarlos en la vida laboral profesionalmente. De manera especial se le agradece a:

Ingeniero Jorge William Ortiz Sánchez, nuestro asesor por parte de la facultad, por su orientación, consejos y comprensión. Que Dios le conceda muchas bendiciones.

Ingeniero Ricardo Burgos Oviedo, asesor por parte del ISCYC, por dedicarnos tiempo, orientación técnica, consejos y apoyo durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación. Gracias por todo lo que nos ha enseñado.

Técnico Julio Alberto Hernández y demás personal de laboratorio del ISCYC, por su ayuda, por brindarnos información y orientarnos en la realización de todos los ensayos de laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a María Santísima, por escuchar mis oraciones e iluminarme en momentos de dificultad. Por haberme protegido durante la realización del trabajo de grado y ayudarme a lograr este éxito en mi vida.

A mis padres Lorena y Alcides, por haberme enseñado con su ejemplo a superar los obstáculos y no darse por vencido. A mi mamá Lorena (Q.E.P.D.) gracias por su ejemplo de superación, siempre estarás presente en mi corazón.

A mis padrinos Lucy y Jaime, por abrirme las puertas de su casa y considerarme como una hija, ustedes son unos padres para mí y les agradezco por sus consejos y apoyo incondicional.

A mi hermano Rubén por su cariño y compañía. Por ser un motivo para lograr superarme y darme momentos divertidos. Te quiero mucho hermanito.

A mis tías, especialmente a mi tía Bethy, Patricia y Lourdes por estar pendientes de mí, y ayudarme incondicionalmente siempre. Gracias por todo, por su cariño y apoyo.

A mis amigos y a mi novio, por darme ánimos cuando ya me sentía cansada y estar siempre para ayudarme en lo que necesitara.

A mis compañeras de tesis, Kriscia y Karina, por luchar a mi lado en esta aventura inolvidable, por tenerme paciencia y no haber tenido ninguna confrontación. Su compañía hizo que la carga no fuera tan pesada, les he llegado a tener un gran cariño y aprecio. ¡Lo logramos!

Lourdes Elizabeth Amaya Cubías.

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, que me tiene en el hueco de su mano y me ilumino en todo este camino, por ese amigo que me lleno de fe y esperanza para culminar este peldaño más en mi vida.

A mi padre, Misael Galdámez Figueroa, por formar en mí el carácter indiscutible que tengo, por darme fuerzas, porque me has enseñado a no rendirme fácilmente y por estar hasta el final conmigo.

A mi madre, Paula Gámez de Galdámez, por ser mi amiga, la que me impulsó a cumplir mis sueños, por mostrarme que todo se logra si nos tomamos de la mano de Dios, esto es dedicado a ti madrecita compensando cada noche de desvelo junto a mí, y gracias por llegar hasta el final conmigo.

A mi hermano, Misael Edgardo Galdámez Gámez, por ser mi amigo y mi hermano, por enseñarme el compañerismo y por estar siempre conmigo apoyándome en todo momento, porque naciste en el mejor momento y ahora sé que eres mi fiel compañero en todo.

A mi demás familia, que de una u otra manera estuvieron brindándome su apoyo a lo largo de mi carrera.

A mis amigos, que estuvieron en todo momento apoyándome y animándome a dar este gran paso, gracias porque nunca me dejaron sola.

A mis compañeras de tesis, por aguantarme, por comprenderme y por ser mis amigas, por que pasamos juntas muy buenos momentos y llegamos hasta el final de este trabajo, gracias.

Karina Lissette Galdámez Gámez.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios y a la Santísima Virgen María por haberme brindado su protección durante cada viaje realizado en el proceso de esta tesis. Por haberme dotado de la inteligencia y la sabiduría necesarias para poder finalizar con éxitos los objetivos de la investigación y por haberme proporcionado de todos los recursos necesarios para su ejecución.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas pertenecientes a Holcim S.A de C.V. y al Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC), leyendo, opinando, corrigiendo, dando ánimo y aportando los recursos económicos, tecnológicos y los materiales necesarios para llevar a cabo la investigación.

Agradezco al Ing. Ricardo Burgos Oviedo, Jefe del Laboratorio del ISCYC, por haber confiado en mis compañeras y yo, por la paciencia y por la dirección en este trabajo. A todo el personal del laboratorio del ISCYC por todos sus consejos, el apoyo y el ánimo brindados.

Al Ing. Jorge William Ortiz Sánchez, nuestro docente director, por la atenta lectura de este trabajo, por sus atinados comentarios y observaciones durante todo el proceso de elaboración de la Tesis.

A mis amigas y compañeras de tesis, Lourdes y Karina, por su entrega en la elaboración de este trabajo.

A toda mi familia, especialmente a mis padres por estar siempre a mi lado y por el apoyo incondicional que me dieron a lo largo de mi carrera universitaria.

Kriscia Violeta Mazariego Zepeda.

CONTENIDO	No. Pág
CAPÍTULO I GENERALIDADES	25
1.1 Introducción	26
1.2 Antecedentes	26
1.2.1 Reseña histórica del concreto	26
1.3 Planteamiento del problema	30
1.4 Justificación	31
1.5 Objetivos	32
1.5.1 Objetivo General	32
1.5.2 Objetivos Específicos	32
1.6 Limitantes	33
1.7 Alcances globales	33
1.8 Metodología	35
1.8.1 Delineación de la investigación	35
1.8.2 Exploración bibliográfica	36
1.8.3 Determinación de pruebas de laboratorio a ejecutar	36
1.8.4 Ejecución de pruebas de laboratorio	38
1.8.5 Análisis de resultados	38
CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL CONCRETO	39
2.1 Introducción	40
2.2 Propiedades del concreto	40
2.2.1 Propiedades del concreto fresco	40
a) Trabajabilidad	40
b) Sangrado y Asentamiento	41
2.2.2 Propiedades del concreto endurecido	45
2.3 Tipos de concreto según su resistencia	49
2.3.1 Concreto de resistencia baja	51
2.3.2 Concreto de resistencia media	52
2.3.3 Concreto de resistencia alta	52
2.4 Uso del concreto en la construcción de obras civiles	52
2.4.1 Concreto convencional	53
2.4.2 Concreto Bombeable	53
2.4.3 Concreto de baja permeabilidad	54
2.4.4 Concreto de fraguado retardado	54

2.4.5 Concreto de fraguado acelerado.....	54
2.4.6 Concreto lanzado	55
2.4.7 Concreto de alta resistencia.....	55
2.4.8 Concreto de resistencia acelerada	56
2.4.9 Concreto para pavimentos	56
2.4.10 Concreto para pisos industriales	56
2.4.11 Concreto con fibra	57
2.4.12 Concreto Grouting.....	57
2.4.13 Concreto Permeable	57
CAPITULO III COMPONENTES DEL CONCRETO	59
3.1 Introducción	60
3.2 Cemento	60
3.2.1 Propiedades físicas del cemento.....	60
3.2.2 Tipos de cemento bajo Norma ASTM C 1157	61
3.3 Agregados	62
3.3.1 Clasificación de los agregados.....	62
3.3.2 Propiedades de los agregados.....	64
3.4 Agua	69
3.4.1 Importancia del agua en el concreto	69
3.4.2 Relación agua cemento.....	71
CAPITULO IV	72
PRUEBAS DE LABORATORIO	72
4.1 Introducción	73
4.2 Pruebas a los agregados.....	73
4.2.1 Análisis Granulométrico (Norma ASTM C 136)	74
4.2.2 Gravedad Específica y Absorción.	78
4.2.3 Peso Unitario (Norma ASTM C 29)	85
4.2.4 Resistencia al desgaste del agregado grueso (Norma ASTM C 131 y Norma ASTM C 535).....	92
4.2.5 Contenido de humedad de los agregados.....	97
4.3 Pruebas al cemento	101
4.4 Elaboración de mezclas de concreto	106
4.5 Pruebas al concreto fresco	112
4.5.1 Asentamiento en cono de Abrams o Revenimiento (ASTM C 143).....	112
4.5.2 Temperatura del concreto (ASTM C 1064)	115

4.6 Elaboración de especímenes.....	116
4.7 Curado de especímenes.....	122
4.8 Pruebas al concreto endurecido	123
4.8.1 Resistencia a la compresión (ASTM C 39).....	123
CAPITULO V	163
ANÁLISIS DE RESULTADOS	163
5.1 Introducción	164
5.2 Análisis de resultados de las pruebas realizadas a los agregados	164
5.2.1 Análisis de granulometría.....	164
5.2.2 Análisis de gravedad específica y absorción.....	166
5.2.3 Análisis del Peso Unitario de los agregados	168
5.2.4 Análisis de la resistencia al desgaste del agregado grueso	169
5.3 Análisis de resultados de las pruebas realizadas al concreto fresco	169
5.3.1 Análisis de Revenimiento	169
5.3.2 Análisis de Peso Volumétrico	170
5.3.3 Análisis de Temperatura	170
5.4 Análisis de resultados de las pruebas realizadas al concreto endurecido	171
5.5 Cálculo de resistencias teóricas y relaciones agua/cemento del Manual del Constructor	182
5.6 Análisis de Tabla de dosificaciones del Manual del Constructor	185
CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	193
6.1 Introducción	194
6.2 Conclusiones	194
6.3 Recomendaciones	202
GLOSARIO.....	205
BIBLIOGRAFÍA	207
ANEXOS	
Anexo 1. Tamaños Estándar de Agregado Grueso.	
Anexo 2. Resistencia vrs. agua/cemento para cemento ASTM C150 Tipo I	
Anexo 3. Gráfica de Desarrollo de Resistencia, Cemento C1157 Tipo GU.	
Anexo 4. Gráfica de Desarrollo de Resistencia, Cemento C1157 Tipo HE	

Índice de fotografías	No. Pág
Fotografía No. 1 Máquina de Carga para ensayos de resistencia a compresión	48
Fotografía No. 2 Varios tamaños de partículas que se encuentran en los agregados para uso en concreto.	65
Fotografía No. 3 Balanza digital para agregado fino	75
Fotografía No. 4 Balanza análoga para agregado grueso	75
Fotografía No. 5 Mallas para análisis granulométrico	76
Fotografía No. 6 Horno de secado	76
Fotografía No. 7 Cesta de alambre	79
Fotografía No. 8 Picnómetro	84
Fotografía No. 9 Molde y pisón	84
Fotografía No. 10 Recipiente de 1/3 pie ³	90
Fotografía No. 11 Recipiente de 1/10 pie ³	90
Fotografía No. 12 Varilla compactadora de 5/8 pulgadas de diámetro	91
Fotografía No. 13 Máquina de Los Ángeles	93
Fotografía No. 14 Esferas de acero	93
Fotografía No. 15 Determinador de humedad del agregado fino	101
Fotografía No. 16 Cocina eléctrica para el secado del agregado grueso	101
Fotografía No. 17 Moldes para especímenes cúbicos de cemento	104
Fotografía No. 18 Mezclador Mecánico con capacidad de 4.73 L	104
Fotografía No. 19 Mesa de flujo motorizada	105
Fotografía No. 20 Apisonador de goma dura, dimensiones de ½ x 1 x 6 pulg	105
Fotografía No. 21 Toma de lectura de los diámetros del mortero	106
Fotografía No. 22 Concretera Gilson Mixer	109
Fotografía No. 23 Carretilla y equipo adicional	109
Fotografía No. 24 Recipiente para peso volumétrico	110
Fotografía No. 25 Equipo de revenimiento	110
Fotografía No. 26 Termómetro para concreto, calibrado	111
Fotografía No. 27 Revenimiento o asentamiento en cono Abrams de cero pulgadas	115

Fotografía No. 28 Medición de la temperatura del concreto fresco	118
Fotografía No. 29 Moldes de 6 x 12 pulg	119
Fotografía No. 30 Mesa Vibratoria Syntron	122
Fotografía No. 31 Mazo con cabeza de goma	122
Fotografía No. 32 Tanque de curado	124
Fotografía No. 33 Diámetro del espécimen	125
Fotografía No. 34 Altura del espécimen	126
Fotografía No. 35 Espécimen sometido a esfuerzo de compresión	126
Fotografía No. 36 Espécimen de concreto con formación de colmenas en la tercera capa de colado	196
Fotografía No. 37 Formación de colmenas en todo el espécimen de concreto	196
Fotografía No. 38 Espécimen con falla Tipo 5	201
Fotografía No. 39 Espécimen con falla Tipo 3	201

Índice de gráficos

Gráfico No. 1 Límites granulométricos de agregado fino y agregado grueso	66
Gráfico No. 2 Variación de resistencias típicas para relaciones agua/cemento de concreto de cemento Portland Tipo I basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 y 1999.	71
Gráfico No. 3 Curva granulométrica del agregado grueso Tamaño No. 4	165
Gráfico No. 4 Curva granulométrica del agregado grueso Tamaño No. 57	165
Gráfico No. 5 Curva granulométrica del agregado fino.	166
Gráfico No. 6 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:1.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	172
Gráfico No. 7 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:2 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	172
Gráfico No. 8 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento	

ASTM C1157 Tipo HE	173
Gráfico No. 9 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	173
Gráfico No. 10 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:2 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	174
Gráfico No. 11 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	174
Gráfico No. 12 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	175
Gráfico No. 13 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:3.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	175
Gráfico No. 14 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	176
Gráfico No. 15 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	176
Gráfico No. 16 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	177
Gráfico No. 17 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:3.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	177
Gráfico No. 18 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	178

Gráfico No. 19 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	178
Gráfico No. 20 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:4.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	179
Gráfico No. 21 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	179
Gráfico No. 22 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:6 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE	180
Gráfico No. 23 Resistencias de los 17 Tipos de mezcla de concreto utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU	180
Gráfico No. 24 Resistencias de los 17 Tipos de mezcla de concreto utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo HE	181
Gráfico No. 25 Resistencias a los 28 días de las 17 dosificaciones usando cemento Tipo I, Tipo GU y Tipo HE	181
Gráfico No. 26 Resistencia a compresión para mezclas del Manual del Constructor, resistencia tabulada y resistencia máxima teórica para concreto con cemento ASTM C 150 Tipo I	190
Gráfico No. 27 Contenido de cemento ASTM C 150 Tipo I para las 17 Mezclas del Manual del Constructor	191
Gráfico No. 28 Cantidad de agua tabulada para las 17 Mezclas del Manual del Constructor	192

Índice de figuras

Figura No. 1 Condiciones de humedad de los agregados.	68
Figura No. 2 Tipos de falla	128

Índice de tablas

Tabla No. 1 Tabla de dosificaciones de concreto	31
Tabla No. 2 Resistencias mínimas según reglamento británico CP110:1972.	50
Tabla No. 3 Clasificación del concreto según su resistencia	51
Tabla No. 4 Clasificación Actual del Concreto por su Resistencia	51
Tabla No. 5 Análisis Granulométrico de agregado fino	80
Tabla No. 6 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso TMN 1"	81
Tabla No.7 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso TMN 3/4"	82
Tabla No. 8 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso TMN 1"	86
Tabla No. 9 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso TMN 3/4"	87
Tabla No. 10 Gravedad Específica del Agregado Fino	88
Tabla No. 11 Capacidad del Depósito Medidor	89
Tabla No. 12 Peso Unitario del Agregado Fino	94
Tabla No. 13 Peso Unitario del Agregado Grueso TMN 1"	95
Tabla No. 14 Peso Unitario del Agregado Grueso TMN 3/4"	96
Tabla No. 15 Carga a aplicar según graduación de la muestra de ensayo	97
Tabla No. 16 Resistencia al Desgaste del Agregado de Tamaño Menor	98
Tabla No. 17 Resistencia al Desgaste del Agregado de Tamaño Mayor	99
Tabla No. 18 Tamaño de Muestra para Agregado	102
Tabla No. 19 Resultados de resistencia del cemento ASTM C 1157 Tipo GU	108
Tabla No. 20 Resultados de resistencia del cemento ASTM C 1157 Tipo HE	108
Tabla No. 21 Revenimientos recomendados para varios tipos de Construcción	113
Tabla No. 22 Número de Capas requeridas para los especímenes	118
Tabla No. 23 Diámetro de Varilla y Número de golpes/Capa a ser Usados en el Moldeado de Especímenes de Ensayo	119
Tabla No. 24 Resumen de resultados utilizando cemento ASTM C	

1157 Tipo GU para 1 m ³	120
Tabla No. 25 Resumen de resultados utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo HE para un 1 m ³ de concreto	121
Tabla No. 26 Tolerancia permisible de tiempo de ensayo.	127
Tabla No. 27 Rango aceptable en fuerza individual de cilindros.	127
Tabla No. 28 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 1 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	129
Tabla No. 29 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 1 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	130
Tabla No. 30 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 2 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	131
Tabla No. 31 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 2 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	132
Tabla No. 32 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 3 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	133
Tabla No. 33 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 3 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	134
Tabla No. 34 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 4 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	135
Tabla No. 35 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 4 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	136
Tabla No. 36 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 5 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	137
Tabla No. 37 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 5 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	138
Tabla No. 38 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 6 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	139
Tabla No. 39 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 6 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	140
Tabla No. 40 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 7 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	141

Tabla No. 41 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 7 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	142
Tabla No. 42 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 8 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	143
Tabla No. 43 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 8 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	144
Tabla No. 44 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 9 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	145
Tabla No. 45 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 9 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	146
Tabla No. 46 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 10 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	147
Tabla No. 47 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 10 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	148
Tabla No. 48 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla Tipo 11 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	149
Tabla No. 49 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 11 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	150
Tabla No. 50 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 12 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	151
Tabla No. 51 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 12 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	152
Tabla No. 52 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 13 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	153
Tabla No. 53 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 13 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	154
Tabla No. 54 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 14 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	155
Tabla No. 55 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 14 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	156
Tabla No. 56 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la	

compresión de mezcla No. 15 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	157
Tabla No. 57 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 15 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	158
Tabla No. 58 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 16 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	159
Tabla No. 59 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 16 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	160
Tabla No. 60 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 17 usando cemento ASTM C1157 tipo GU	161
Tabla No. 61 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de mezcla No. 17 usando cemento ASTM C1157 tipo HE	162
Tabla No. 62 Gravedad específica y absorción del agregado grueso Tamaño No. 57	167
Tabla No. 63 Gravedad específica y absorción del agregado grueso Tamaño No. 4	167
Tabla No. 64 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino	168
Tabla No. 65 Resultados de Peso Unitario de los agregados grueso y fino	168
Tabla No. 66 Desgaste de la grava Tamaño No. 4	169
Tabla No. 67 Desgaste de la grava Tamaño No. 57	169
Tabla No. 68 Corrección de agua por absorción de los agregados	186
Tabla No. 69 Reducción de agua y Resistencia usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU	187
Tabla No. 70 Reducción de agua y Resistencia usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE	188
Tabla No. 71 Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo GU	198
Tabla No. 72 Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo HE	199

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de graduación que tiene por nombre “Revisión de las dosificaciones del Manual del Constructor utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU y cemento ASTM C 1157 Tipo HE” tiene como objetivo principal elaborar dos tablas en las que se proporcionen las resistencias a la compresión del concreto de las mezclas establecidas en el Manual del Constructor, utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE.

El Manual del Constructor presenta 17 mezclas con diferentes dosificaciones volumétricas, dichas mezclas están elaboradas con cemento ASTM C 150 Tipo I. Para cada dosificación se presenta la cantidad necesaria de los componentes del concreto para 1 m³. El problema radica en la poca información que tiene la tabla del Manual del Constructor con respecto a los aspectos que conlleva a la elaboración del concreto.

La interrogante que se plantea en la investigación es si se obtendrán mejores resultados al utilizar cemento ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE que los presentados en dicho Manual, y para obtener respuestas se elaboraron aproximadamente 306 especímenes de concreto bajo condiciones de laboratorio.

La importancia de las condiciones de cada uno de los componentes del concreto que se elaboró en el laboratorio se ve reflejada en el desarrollo de la investigación y se plasman en este documento, dando a conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados y del cemento haciendo sus respectivos ensayos de laboratorio.

Al concluir este trabajo de grado, se obtuvieron resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de las 17 mezclas, usando los dos tipos de cemento mencionados anteriormente. Además se proporciona para cada mezcla las relaciones agua/cemento, revenimientos, condiciones de humedad de los agregados utilizados, temperaturas del concreto fresco, etc.

La realización del trabajo de grado contó con el apoyo del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. Dicho proyecto tuvo una duración de aproximadamente nueve meses.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se ha observado que las técnicas en la construcción se van mejorando con el pasar de los años. Surgen nuevos materiales de construcción que logran superar los ya existentes para obtener mejores resultados en las estructuras construidas.

El tipo de construcción ideal es relativo al entorno donde se construirá la estructura. En nuestro país, donde existe una alta actividad sísmica, las construcciones a base de concreto resultan ser las más eficientes hasta el momento. Los profesionales en ingeniería civil y arquitectura ponen en primera opción construir con concreto.

El concreto requiere de un estricto control en su elaboración, por lo que antes de construir un elemento de concreto es necesario realizar un diseño para obtener una mezcla que más se apegue a las necesidades de la estructura. Sin embargo cuando no se cuenta con la facilidad de realizar un diseño de mezcla se recurre a datos obtenidos experimentalmente de proyectos anteriores o de pruebas de laboratorio.

En el país los datos que son usados por muchos ingenieros y arquitectos son los proporcionados por la información técnica del Manual del Constructor, el cual da a conocer 17 mezclas de concreto, indicando el volumen de los materiales a utilizar para 1m^3 de concreto y su respectiva resistencia a la compresión a 28 días.

La investigación presentada en este documento gira en torno a la información proporcionada en la Tabla de dosificaciones del Manual del Constructor, realizando pruebas de laboratorio para su revisión. Elaborando mezclas de concreto con dos tipos de cemento que hoy en día son los más comúnmente utilizados en el país, el cemento ASTM C 1157 Tipo GU y el cemento ASTM C 1157 Tipo HE.

El Capítulo I contiene las generalidades del proyecto, se da a conocer una breve reseña histórica acerca del concreto; la problemática y la metodología a seguir para solucionarla. Además se plantean los objetivos que se pretenden cumplir y los alcances de la realización del proyecto; y también se consideran algunas limitantes que podrían surgir en la realización de la investigación.

En el Capítulo II se presenta un breve fundamento teórico acerca del concreto para conocer algunas propiedades, clasificación y uso del concreto en la construcción de obras civiles. Este fundamento teórico servirá para obtener una mejor comprensión del comportamiento del concreto durante la investigación.

El concreto está compuesto por tres elementos, que son los agregados, el cemento y el agua de mezclado. El Capítulo III se dedica a presentar un contenido teórico acerca de estos tres elementos y así conocer su comportamiento y aporte dentro del concreto.

El Capítulo IV consiste en la realización de las pruebas de laboratorio necesarias y la presentación de los resultados. Se describen los ensayos realizados a los agregados, al cemento, al concreto fresco y al concreto endurecido. Cada uno de los ensayos de laboratorio realizados hace referencia a las respectivas normas ASTM que garantizan la aceptación de los resultados obtenidos.

Luego de presentar todos los resultados obtenidos, se hace el respectivo análisis de resultados en el Capítulo V. Se realiza un análisis comparativo entre los dos tipos de cemento utilizados, y uno entre los resultados obtenidos y la información proporcionada por el Manual del Constructor. Como resultado de las comparaciones se puede decir cuáles mezclas de concreto obtuvieron mejores resistencias a la compresión, que mezclas resultaron más trabajables, la influencia de la cantidad de agregados y agua en una mezcla, etc. Estos aspectos se explican en el Capítulo VI dando a conocer las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Como parte de un trabajo de investigación es necesario planear y determinar algunos aspectos importantes antes de su ejecución, para que al momento de su desarrollo se tenga muy claro cuál es el camino que hay que seguir para obtener resultados satisfactorios.

En este capítulo se presentan esos aspectos importantes. Se dan a conocer los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización del proyecto y la metodología que se seguirá en la investigación para cumplir dichos objetivos.

Se estudia cual es el problema que se pretende solucionar y los alcances que se tendrán en dicha investigación. También se plantean algunas limitantes que se podrían presentar durante la ejecución del proyecto, con el fin de encontrar las soluciones a ellas.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Reseña histórica del concreto

Las primeras aplicaciones del concreto han sido en Roma alrededor de 300 años antes de Cristo. El concreto estaba constituido por agregados unidos mediante un aglomerante conformado por una mezcla de cal y ceniza volcánica. Los de la antigua Roma utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas como el Coliseo y el Partenón. El concreto también fue utilizado en la pared de la defensa que abarca Roma, más muchos caminos y los acueductos que todavía existen hoy. Los romanos utilizaron muchas técnicas innovadoras para manejar el peso del concreto. Para aligerar el peso de estructuras enormes, encajonaron a menudo tarros de barro vacíos en las paredes. También utilizaron barras de metal como refuerzos en el concreto cuando fueron construidos techos estrechos sobre callejones. Los romanos también fueron los primeros en dosificar por volumen el concreto. Desde las dosificaciones por volumen de la desafiante

cúpula del Panteón en Roma y los vestigios hallados de concretos marítimos de Puertos Romanos de Pozzuoli y Bacoli en el Golfo de Nápoles, hasta el actual concreto dosificado por peso, estrella en el firmamento de los materiales de la construcción, han pasado más de 2000 años.¹

Quizás nunca sabremos con exactitud quien inventó el primer concreto, ya que las primeras mezclas probablemente resultaron en materiales quebradizos o fácilmente desintegrables, cualquier indicio de éstos se han desvanecido desde hace mucho tiempo. Una cosa es clara: el concreto no apareció completamente desarrollado, gradualmente evolucionó a través de los siglos.²

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo, para modificar sus propiedades a conveniencia.

La mezcla íntima de los componentes del concreto produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en un material mecánicamente resistente al que comúnmente se le llama concreto endurecido.

En tiempos modernos el concreto se obtiene de la mezcla de grava, arena, cemento Portland y agua. El primer registro del uso de este concreto se remonta a 1760 cuando, en Inglaterra, John Smeaton descubrió, mientras proyectaba el faro Eddystone, que una mezcla de caliza calcinada y arcilla daba lugar a un conglomerante hidráulico resistente al agua. En 1824, Joseph Aspdin elaboró

¹ Revista ISCYC, Septiembre 2005 Año 10 número 38. Página 13

² “Comportamiento del concreto en climas tropicales para las principales zonas de El Salvador” Selvin Ademir Alvarado Funes, Trabajo de Graduación, UES, 2009, Página 3.

cemento mezclando arcilla y caliza de diferentes canteras y calentándolas en un horno. El concreto obtenido con este aglomerante se asemejaba a las piedras propias de la isla de Portland, al sur de Inglaterra, motivo por el cual se le llamó cemento Portland, material que comenzó a fabricarse con mayor fuerza desde entonces.

En 1845, I. C. Johnson descubrió que el mejor cemento provenía de la pulverización de esta sustancia “inútil” denominada Clinker. Hasta en la década de 1920 a 1930 los fabricantes de cemento Portland empezaron a formular combinaciones especiales de cemento Portland y plastificantes (tales como: caliza, cal hidráulica o cal hidratada) logrando de esta manera encontrar diferentes combinaciones y dosificaciones.

En el continente americano la primera aplicación del concreto se llevó a cabo en la construcción del canal de Erie. Se utilizó el cemento hecho de la "cal hidráulica" encontrada en los condados de Madison en Nueva York, de Cayuga y de Onondaga. El canal de Erie se abrió en 1825. Fue un instrumento en la apertura de la expansión a través de la región de Los Grandes Lagos. Su éxito comercial fue atribuido a menudo al hecho de que el coste de mantenimiento de los pasos de concreto era muy bajo. El volumen del concreto usado en su construcción le hizo el proyecto de construcción de concreto más grande de sus días.

A medida que se fue utilizando el concreto como material de construcción, se vio en la necesidad de crear organizaciones, en donde se estudie el uso y las responsabilidades que se tienen que tomar con el uso del concreto en la construcción.

La Sociedad Americana para pruebas y materiales, más conocida como ASTM por sus siglas en inglés (American Society for Testing and Materials) es una de las sociedades encargadas de normar la realización de las mezclas por medio

del estudio en laboratorio a los materiales componentes del concreto. La ASTM se formó en 1898 por los químicos e ingenieros de la Pennsylvania Railroad. En el momento de su creación, la organización era conocida como la Sección Americana de la Asociación Internacional de Pruebas y Materiales. El doctor Charles B. Dudley, fue la fuerza impulsora detrás de la formación de la Sociedad. En 2001, la Sociedad llegó a ser conocida como ASTM International.

El Instituto Americano del Concreto, conocido por sus siglas en inglés ACI (American Concrete Institute) también se encarga de normar el uso del concreto. La historia de esta organización viene desde principios del siglo 20, donde existía una preocupación por la fabricación de bloques de concreto en condiciones insatisfactorias. En el verano de 1904, Charles C. Brown, director de Ingeniería Municipal, a propuesta de la ASJ Gammon de Norfolk, Virginia, y John P. llevó a cabo la formación de una organización para discutir el problema y tratar de poner orden en esta rápida expansión del uso del concreto. En los meses siguientes, este trío de aficionados fue fundamental para despertar el interés de un convenio sobre los problemas relacionados con el concreto. En el marco de una convención realizada en 1905 en el estado de Indianápolis surge una sociedad conocida como la Asociación Nacional de Usuarios de Cemento; se organizó con la adopción de una constitución y los estatutos. El 2 de julio de 1913, como resultado de la acción del Consejo de Dirección de la Asociación Nacional de Usuarios de Cemento, el nombre de la sociedad fue cambiado por el American Concrete Institute.

El manual del constructor se publica en El Salvador desde hace 35 años y es distribuido en 17 lugares del país.³ La documentación que se encuentra en dicho manual es actualizada con cada año de publicación, aunque los datos técnicos, como los de las tablas de dosificaciones, no han sido actualizados.

³Manual de Constructor, de la fuente: www.manualdelconstructor.com.sv

1.3 Planteamiento del problema

En nuestro país un gran porcentaje de las construcciones se realizan a base de concreto hidráulico. Esto debido a que nos encontramos en una zona altamente sísmica, y el construir con concreto ha resultado un factor positivo ante la problemática de los sismos.

Para que el elemento de concreto sea eficiente y cumpla con la resistencia requerida, es importante que se haga una proporción adecuada de los materiales, en volumen o en peso.

La tabla de dosificaciones del Manual del Constructor (Ver Tabla No. 1) es muy usada por profesionales de ingeniería y arquitectura, además por estudiantes de dichas carreras, usándolo como una guía para realizar mezclas de concreto según la resistencia que desean obtener; cabe mencionar que dicha tabla de dosificaciones fue reproducida por el Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, obteniendo mejores resultados con el cemento bajo la norma ASTM C150 Tipo I⁴.

Sin embargo, la tabla de dosificaciones del Manual del Constructor sigue siendo muy utilizada para elaborar mezclas de concreto indistintamente para cualquier tipo de cemento, lo que repercute en la funcionalidad del concreto, ya que las resistencias que le corresponden a cada proporción establecida en la tabla del Manual del Constructor son específicamente para el cemento ASTM C150 Tipo I, cuyas propiedades no son las mismas que los cementos bajo la norma ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE.

Para garantizar la calidad de toda obra civil es importante tomar en cuenta esta problemática, y una forma es elaborando una tabla con las dosificaciones del

⁴ Resultados de la Investigación sobre las Dosificaciones de Mezclas de Concreto publicadas en el Manual del Constructor. Ing Ricardo Burgos Oviedo, Jefe de Laboratorio ISCYC.

Manual del Constructor; una para el cemento ASTM C1157 Tipo GU y otra para el cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Tipo	Proporción volumétrica	Bolsas de cemento	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)	Resistencia (Kg/cm ²)
1	1:1.5:1.5	12.6	0.53	0.55	226	303
2	1:1.5:2	11.3	0.48	0.64	221	270
3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	216	245
4	1:1.5:3	9.3	0.37	0.79	207	230
5	1:2:2	9.8	0.55	0.55	227	217
6	1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	226	195
7	1:2:3	8.4	0.47	0.71	216	210
8	1:2:3.5	7.8	0.44	0.76	212	164
9	1:2:4	7.3	0.41	0.82	211	210
10	1:2.5:2.5	8.3	0.58	0.58	232	156
11	1:2.5:3	7.6	0.54	0.65	222	147
12	1:2.5:3.5	7.2	0.51	0.71	220	132
13	1:2.5:4	6.7	0.48	0.77	218	118
14	1:3:4	6.3	0.53	0.71	224	94
15	1:3:4.5	5.9	0.50	0.75	217	89
16	1:3:5	5.6	0.47	0.79	215	80
17	1:3:6	5.5	0.47	0.94	180	75

Tabla No. 1 Tabla de dosificaciones volumétricas del concreto. Fuente: Manual del Constructor, 2009.

1.4 Justificación

Establecer una tabla de dosificaciones volumétricas como guía para elaborar mezclas de concreto, que sea confiable y respaldada por una investigación seria, es de mucha ayuda para los ingenieros civiles y arquitectos.

La tabla de dosificaciones volumétricas que establece el Manual del Constructor está realizada basándose en datos empíricos, y utilizando cemento ASTM C 150 Tipo I. A pesar de que este cemento es muy funcional, en la actualidad están siendo utilizados otros tipos de cemento en la construcción como lo es el normado bajo la ASTM C1157; siendo los de mayor auge en el país el Tipo GU y Tipo HE, los cuales son utilizados en edificios de concreto armado,

pavimentos, puentes, tuberías y producto de concreto prefabricado; y para obtener alta resistencia a edades tempranas, respectivamente.

Es por esto que es necesario establecer una tabla de dosificaciones volumétricas de concreto que sirva como una guía, obteniendo nuevos datos de resistencia a la compresión usando los cementos ASTM C1157 Tipo GU y Tipo HE, realizando el trabajo de investigación en condiciones de laboratorio para asegurar datos confiables y actuales que garanticen la calidad de las obras civiles.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Elaborar dos tablas de dosificaciones volumétricas del concreto con las proporciones establecidas en el Manual del Constructor, utilizando para la elaboración de mezclas el cemento ASTM C 1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Reproducir las 17 dosificaciones volumétricas del Manual del Constructor utilizando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE bajo condiciones de laboratorio.
- Elaborar 153 especímenes cilíndricos de concreto, por cada tipo de cemento, con dimensiones de 150 x 300 mm (6 x 12 pulgadas) según la norma ASTM C 192/C 192 M (Práctica Estándar para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo).
- Obtener la máxima resistencia a la compresión de cada una de las 17 dosificaciones de concreto para los dos tipos de cemento en estudio,

ensayando tres cilindros a las edades de 3, 7 y 28 días para cada tipo de cemento, bajo la norma ASTM C39/ C39 M (Método de Ensayo Estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto).

1.6 Limitantes

- El trabajo realizado solamente cubre la elaboración de las mezclas usando los volúmenes que se encuentran en la Tabla del Manual del Constructor; no se realizan diseños de mezclas.
- Las instalaciones del laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC) son utilizadas por personal del laboratorio y demás instituciones a las que prestan sus servicios, lo que genera atrasos en el tiempo programado para realizar las pruebas de laboratorio.
- La capacidad del tanque de curado con que cuenta el laboratorio del ISCYC es limitada para el almacenamiento de los cilindros de concreto que requiere la investigación.
- El espacio destinado al acopio de materiales en el laboratorio del ISCYC no cuenta con las condiciones apropiadas para el almacenaje, lo que aporta características indeseables a los componentes del concreto.

1.7 Alcances globales

- Las mezclas de concreto son elaboradas en Concretera, bajo condiciones de laboratorio, utilizando los agregados con la humedad adquirida en el lugar de acopio.
- El contenido de humedad de los agregados se obtiene bajo la norma ASTM C 566 (Método de Ensayo Estándar para Medir el Contenido Total de

Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado) para conocer el aporte de agua de los agregados a la mezcla de concreto.

- La elaboración de los especímenes cilíndricos se realiza bajo la norma ASTM C 192/C 192 M (Práctica Estándar para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo).
- Los agregados son obtenidos de la cantera de Holcim ubicada en Comalapa. El agregado grueso proviene de núcleo de roca y el agregado fino, libre de partículas que pasan la malla No. 200, del río Jiboa.
- Los agregados son sometidos a los siguientes métodos de ensayos:
 - ✓ Granulometría (ASTM C 136)
 - ✓ Resistencia a la abrasión Los Ángeles (ASTM C 131)
 - ✓ Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino (ASTM C 128)
 - ✓ Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (ASTM C 127)
 - ✓ Densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados (ASTM C 29/ C 29 M)
- Se determina la resistencia de los cementos en estudio a los 28 días según la norma ASTM C 109.
- Al concreto fresco se le realizan las siguientes pruebas de laboratorio:
 - ✓ Asentamiento en cono de Abrams o revenimiento (ASTM C 143/C 143)
 - ✓ Temperatura (ASTM C 1064)
- El concreto endurecido es sometido a la prueba de compresión, mediante la cual se determina su resistencia a la compresión a edades de 3, 7 y 28 días bajo la norma ASTM C 39/C 39 M (Método de Ensayo Estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto).

- Elaboración de una tabla de dosificaciones con los resultados obtenidos de los cilindros elaborados de concreto con cemento ASTM C1157 Tipo GU, indicando la resistencia a la compresión a los 28 días, adjuntando a dicha tabla toda la información técnica resultado del trabajo de la elaboración del concreto en laboratorio.
- Elaboración de una tabla de dosificaciones con los resultados obtenidos de los cilindros elaborados de concreto con cemento ASTM C1157 Tipo HE, indicando la resistencia a la compresión a los 28 días y dándose a conocer la información técnica resultado del trabajo de la elaboración del concreto en laboratorio.

1.8 Metodología

En este apartado se presenta la metodología que se siguió para realizar la investigación. Dicha metodología estuvo conformada por las siguientes etapas:

1.8.1 Delineación de la investigación

En esta etapa se analizaron aspectos que ayudaron a realizar una investigación encaminada a obtener resultados eficientes.

Se estudió el problema que se quería solucionar y a partir de ello surgieron los objetivos que se alcanzaron al terminar la investigación. Además se definieron los alcances del trabajo de investigación a través de reuniones con el asesor técnico que nos guió en el trabajo de laboratorio.

El Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto brindó la ayuda para realizar dicho proyecto a través de la asesoría durante el desarrollo de la investigación. Se tuvo acceso a las instalaciones del laboratorio para la realización de las pruebas necesarias y proporcionó los recursos materiales necesarios,

contando con la presencia de personal capacitado que ayudó a ejecutar las pruebas correspondientes a la investigación.

1.8.2 Exploración bibliográfica

Antes de pasar a la etapa de elaboración de pruebas, se recopiló la información bibliográfica necesaria para conformar el marco teórico de la investigación. La información presentada en el marco teórico gira en torno al tema del concreto. También se hizo la recopilación de las normas ASTM necesarias que se utilizaron para ejecutar el trabajo en laboratorio.

1.8.3 Determinación de pruebas de laboratorio a ejecutar

Esta etapa fue para determinar junto con el asesor, los ensayos que serían necesarios para llevar a cabo la investigación. Se le hicieron pruebas a los agregados para conocer sus propiedades físicas. Las normas que se utilizaron para los agregados son:

ASTM C 131. Método de Ensayo Estándar para la resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Esta prueba es para conocer el índice de calidad del agregado y su resistencia al desgaste.

ASTM C 535. Método de Ensayo Estándar para Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso de Tamaño Mayor por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles. Igual que la anterior, esta prueba da el índice de calidad del agregado y su resistencia al desgaste.

ASTM C 136. Método de Ensayo Estándar para análisis por malla de agregados grueso y fino. Este ensayo sirve para determinar la granulometría del agregado grueso y agregado fino. La granulometría afecta en la trabajabilidad del concreto fresco.

ASTM C 128. Método de Ensayo Estándar para gravedad específica y absorción del agregado fino. Este ensayo se utiliza para conocer la cantidad de agua que puede absorber la arena.

ASTM C 127. Método de Ensayo Estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción del agregado grueso. Con este ensayo se conoce la cantidad de agua que puede absorber la grava.

ASTM C 29/ C 29 M. Método de Ensayo Estándar para densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados. Este ensayo se utiliza para calcular los vacíos entre las partículas de agregado fino y grueso.

ASTM C 566. Método de Ensayo Estándar para medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado. Esta prueba nos permite conocer el contenido de agua de los agregados en una mezcla de concreto.

Se le realizaron pruebas al concreto fresco ya que es de importancia conocer el revenimiento y la temperatura del concreto. Se siguieron las normas:

ASTM C 1064. Método de Ensayo Estándar para Temperatura del concreto Portland recién mezclado. Este ensayo controla la temperatura, la cual es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad, tiempo de fraguado y resistencia del concreto.

ASTM C 143/C 143. Método de Ensayo Estándar para revenimiento del concreto de cemento hidráulico. Este ensayo determina la consistencia del concreto y da una medida de su fluidez.

Del concreto endurecido solo fue necesario conocer la resistencia que tiene a la compresión, a través del Ensayo bajo la norma ASTM C 39/C 39 M (Método de Ensayo Estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto) que se le aplicó a todos los especímenes de concreto a las edades de 3, 7 y 28 días.

1.8.4 Ejecución de pruebas de laboratorio

Una vez elegidas las pruebas necesarias, cada una de ellas se efectuó dentro de las instalaciones del laboratorio del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto. Antes de realizarlas se consultó al asesor para asegurarse del procedimiento a realizar.

Para la elaboración de las mezclas se reprodujeron las dosificaciones que publica el Manual del Constructor. Las condiciones de los agregados con los que se trabajó fueron en estado húmedo, para hacer correcciones en la cantidad de agua de la mezcla y llegar al revenimiento deseado.

Se determinó el peso unitario de los agregados para establecer la relación peso por unidad de volumen, así como también otras propiedades importantes de los agregados, que ayudaron a una mejor caracterización de ellos. Una vez ensayados los componentes del concreto se realizaron las mezclas en una concretora. Los especímenes se elaboraron de acuerdo a la norma ASTM C 192/ C 192M.

Los moldes utilizados para la elaboración de los especímenes fueron con dimensiones de 6 x 12 pulg y estos fueron desmoldados al día siguiente de su elaboración.

1.8.5 Análisis de resultados

En esta etapa se analizaron los resultados obtenidos de todas las pruebas realizadas en la etapa anterior, presentando los resultados mediante tablas y gráficos para proporcionar conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO II
FUNDAMENTOS
TEÓRICOS SOBRE EL
CONCRETO

2.1 Introducción

El concreto en la actualidad, es uno de los materiales más utilizados en la construcción, es por ello que se da la necesidad de profundizar en fundamentos teóricos sobre dicha temática, con temas como las propiedades del concreto, los tipos de concreto según su resistencia, el uso del concreto en la construcción de obras civiles, que serán desarrollados en el presente capítulo.

2.2 Propiedades del concreto

2.2.1 Propiedades del concreto fresco.

a) Trabajabilidad

La trabajabilidad consiste en la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco y el grado que resiste a la segregación. El concreto debe ser trabajable pero los ingredientes no deben segregarse durante el transporte y el manejo.

Para una buena colocación de concreto hay que tener en cuenta el grado de la trabajabilidad, el cual se controla por los métodos de colocación, tipos de concreto y de consolidación. Las diferentes formas de colocación requieren diferentes niveles de trabajabilidad.

La trabajabilidad del concreto se ve afectada por los factores siguientes: el método y la duración del transporte; cantidad y características de los materiales cementantes; consistencia del concreto (asentamiento en cono Abrams o revenimiento); tamaño, forma y textura superficial de los agregados finos y gruesos; aire incluido (aire incorporado); cantidad de agua; temperatura del concreto y del aire; y aditivos. La segregación y la mejoría de la trabajabilidad se controlan mediante la distribución uniforme de las partículas del agregado y la presencia de aire incorporado. La trabajabilidad se relaciona con propiedades como son la consistencia,

segregación, movilidad, bombeabilidad, sangrado (exudación) y facilidad de acabado. La consistencia es un buen indicador de trabajabilidad. El revenimiento (asentamiento en cono de Abrams) se usa como medida de la consistencia y de la humedad del concreto. El bajo revenimiento de un concreto indica que tiene una consistencia rígida o seca. Si la consistencia es muy seca y rígida, la colocación y compactación del concreto serán difíciles y las partículas más grandes de agregados pueden segregarse. Sin embargo, una mezcla más húmeda y fluida no garantiza que sea más trabajable. Cuando la mezcla es muy húmeda, pueden ocurrir segregación y formación de huecos. La consistencia debe ser lo más seca posible para que aún se permita la colocación utilizando los equipos de consolidación disponibles.

b) Sangrado y Asentamiento

Sangrado (exudación) es el desarrollo de una lámina de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación de las partículas sólidas a la vez que el agua sube hacia la superficie⁵. Este fenómeno es normal en el concreto y no debería disminuir la calidad cuando es colocado, acabado y curado adecuadamente. Un poco de sangrado es útil en el control de la fisuración por contracción (retracción) plástica. Por otra parte, si el sangrado es excesivo, aumenta la relación agua/cemento cerca de la superficie; si se hace el acabado de la superficie cuando el agua de sangrado aún está presente se puede generar una capa superficial débil y con poca durabilidad. El acabado prematuro de la superficie puede generar vacíos y bolsas de agua.

Después que toda el agua de sangrado se evapora, la superficie endurecida queda un poco más baja que la superficie recién colocada. Esta

⁵Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág. 4

disminución de la altura desde el momento de la colocación hasta el inicio del fraguado se llama contracción (retracción) por sedimentación.

La tasa de sangrado (exudación) y la capacidad de sangrado (sedimentación total por unidad de peso del concreto original) aumentan con la cantidad inicial de agua, altura del elemento de concreto y presión. El uso de agregados de granulometría adecuada, ciertos aditivos químicos, aire incluido, materiales cementantes suplementarios y cementos más finos reducen el sangrado. El concreto usado para rellenar vacíos, proporcionar soporte o proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

c) Consolidación

La vibración mueve las partículas del concreto recién mezclado, reduce el rozamiento entre ellas y les da la movilidad de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de mezclas más rígidas con menores cantidades de agua pero, con mayores proporciones de agregado grueso y menores proporciones de agregados finos. Las mezclas más rígidas mejoran la calidad y la economía.

Los vibradores permiten una colocación económicamente viable de mezclas que no se pueden consolidar manualmente bajo muchas condiciones. La mala consolidación puede resultar en un concreto poroso y débil con poca durabilidad.

d) Hidratación, Tiempo de Fraguado y Endurecimiento

La calidad de adherencia de la pasta de cemento portland se debe a las reacciones químicas entre el cemento y el agua, conocidas como hidratación.

El cemento portland no es un compuesto químico sencillo, es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos totalizan 90% o más del peso del cemento portland: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico (aluminio ferrito tetracálcico). Además de estos compuestos principales, muchos otros desempeñan un papel importante en el proceso de hidratación. Cada tipo de cemento portland contiene los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes.

Cuando se examina el Clinker (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland) al microscopio, la mayoría de sus compuestos individuales se pueden identificar y sus cantidades se pueden determinar. Sin embargo, los granos más pequeños no se pueden detectar visualmente. El promedio del diámetro de las partículas de un cemento típico es aproximadamente 15 micrómetros. Si todas las partículas tuviesen este diámetro promedio, el cemento portland contendría aproximadamente 300 billones de partículas por kilogramo, pero en realidad, existen 16,000 billones de partículas por kilogramo, debido a la amplia variación del tamaño de las partículas.

Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen 75% del peso del cemento portland, reaccionan con el agua para formar dos compuestos: hidróxido de calcio y silicato de calcio hidrato (hidrato de silicato de calcio). Este último es, sin duda, el más importante compuesto del concreto. Las propiedades de ingeniería del concreto – fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional – dependen principalmente del silicato de calcio hidratado. Éste es el corazón del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidratado es un tanto variable, pero contiene cal (CaO) y dióxido de silicio (SiO_2) en una proporción de 3 a 2. En pastas endurecidas de cemento, el silicato de calcio

hidratado forma un vínculo denso entre las otras fases cristalinas y los granos de cemento aún no hidratados; también se adhiere a los granos de arena y a los agregados gruesos, cementándolo todo junto.

Mientras el concreto se endurece, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, los cuales no tienen resistencia. La resistencia está en las partes sólidas de la pasta, sobre todo en el silicato de calcio hidratado y en los compuestos cristalinos.

Cuanto menos porosa es la pasta de cemento, más resistente es el concreto. Por lo tanto, al mezclarse el concreto, no se debe usar más agua que aquella estrictamente necesaria para obtenerse un concreto plástico y trabajable. Incluso, la cantidad de agua usada es normalmente mayor que la necesaria para la hidratación completa del cemento. Aproximadamente se necesitan 0.4 gramos de agua por gramo de cemento para la hidratación completa del cemento. Sin embargo, la hidratación completa es rara en los concretos de las obras, debido a una falta de humedad y al largo período de tiempo (décadas) que se requiere para obtener la hidratación total.

El conocimiento de la cantidad de calor liberado por la hidratación del cemento puede ser útil para el planeamiento de la construcción. En invierno, el calor de hidratación va a ayudar a proteger el concreto contra los daños causados por las temperaturas muy bajas. Sin embargo, el calor puede ser perjudicial, como por ejemplo en estructuras masivas, tales como las presas, pues puede producir temperaturas diferenciales indeseables.

El conocimiento de la velocidad de reacción entre el cemento y el agua es importante porque determina el tiempo de fraguado y endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que

haya tiempo para transportar y colocar el concreto. Una vez que el concreto ha sido colocado y acabado, es deseable un endurecimiento rápido.⁶

2.2.2 Propiedades del concreto endurecido

a) Curado (Norma ASTM C 192/C 192 M “Método de Ensayo Estándar para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo”).

El aumento de la resistencia continúa con la edad mientras aún esté presente el cemento no hidratado, el concreto permanezca húmedo o la humedad relativa del aire esté arriba de aproximadamente 80%, la temperatura del concreto permanezca favorable y haya suficiente espacio para la formación de los productos de hidratación. Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja hasta cerca de 80% o la temperatura del concreto baja por menos de cero, la hidratación y la ganancia de resistencia se interrumpen.

Si el concreto se vuelve a saturar después del periodo de secado, la hidratación comienza nuevamente y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo, es preferible que el curado húmedo sea aplicado continuamente desde el momento de la colocación hasta que el concreto haya alcanzado la calidad deseada; una vez que el concreto se ha secado completamente, es muy difícil volver a saturarlo. El concreto a la intemperie normalmente se humedece a través del contacto con el suelo y la lluvia. Los concretos en ambientes internos, se secan completamente después del curado y no continúan desarrollando resistencia.

⁶Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág. 5.

b) Velocidad de secado del concreto.

El concreto no se endurece o se cura con el secado. El concreto (o más precisamente el cemento en él) necesita de humedad para hidratarse y endurecerse. Cuando el concreto se seca, la resistencia para de crecer, el hecho es que el secado no indica que haya ocurrido suficiente hidratación para que se obtengan las propiedades físicas deseables. El conocimiento de la velocidad de secado es útil para la comprensión de las propiedades o condiciones físicas del concreto. El concreto necesita tener suficiente humedad durante el periodo de curado para que se hidrate hasta que se puedan lograr las propiedades deseadas. Los concretos recién colocados normalmente tienen abundancia de agua, pero a medida que el secado avanza de la superficie hacia el interior del concreto, el aumento de resistencia continúa solo hasta cada profundidad, desde que la humedad relativa en aquella profundidad permanezca arriba de 80%. Mientras que la superficie del elemento de concreto se seca rápidamente, mucho más tiempo es necesario para el secado de su interior.

La cantidad de humedad en el concreto depende de sus componentes, cantidad original del agua, condiciones de secado y el tamaño del miembro de concreto.

El tamaño y la forma de los miembros de concreto desempeñan un papel importante en la velocidad de secado. Los elementos con área superficial grande con relación a su volumen (como en los pisos) se secan mucho más rápidamente que los miembros con gran volumen de concreto y relativamente pequeñas áreas superficiales (como en los estribos de los puentes).

Muchas otras propiedades del concreto endurecido también son afectadas por la cantidad de humedad, tales como elasticidad, fluencia, valor de aislamiento, resistencia al fuego, resistencia a la abrasión,

conductividad eléctrica, resistencia al congelamiento (congelación), resistencia al descascaramiento y resistencia a reactividad álcali-agregado.⁷

c) *Resistencia (Norma ASTM C39/ C39 M “Método de Ensayo Estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto”)*.

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), Megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi).

Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días, pero esto dependerá de la resistencia $f'c$. La resistencia a compresión especificada a una edad de 28 días se designa con el símbolo $f'c$, y la resistencia a compresión real del concreto $f'cr$ debe excederla.

La resistencia a compresión que el concreto logra, $f'cr$ es función de la relación agua/cemento (o relación agua/materiales cementantes), de cuanto la hidratación ha progresado, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto.

La determinación de la resistencia a compresión se obtiene a través de ensayos en probetas de concreto o mortero. Los ensayos en mortero se hacen en cubos de 50 mm (2 pulg), mientras que los ensayos en concreto

⁷Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág. 5.

se realizan en cilindros de 150 mm (6 pulg) de diámetro y 300 mm (12 pulg) de altura. Cilindros menores de 100 x 200 mm (4 x 8 pulg) también se pueden usar para el concreto (ASTM C 31/C 31 M).

La resistencia a compresión es una propiedad principalmente física y frecuentemente usada en los cálculos para diseño de puentes, edificios y otras estructuras. Los concretos para uso general tienen una resistencia a compresión entre 200 y 400 kg/cm² o 20 y 40 MPa (3000 y 6000 lb/pulg²).⁸

La Fotografía No. 1 muestra una máquina de carga utilizada para someter especímenes de concreto a compresión.



Fotografía No. 1 Máquina de Carga para ensayos de resistencia a compresión. Fuente: Grupo de tesis.

⁸Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág. 9.

d) Masa Volumétrica (Masa Unitaria, Densidad)

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene masa volumétrica que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³ (137 hasta 150 lb/pie³). La masa volumétrica del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y la cantidad de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la masa volumétrica.⁹

2.3 Tipos de concreto según su resistencia.

La primera característica que se apreció en el concreto desde sus principios fue su aptitud para resistir esfuerzos de compresión, de lo cual, se derivó tal vez la costumbre de comprobar únicamente esta propiedad como medida de su calidad.

La resistencia (compresión o flexión) es el indicador de la calidad del concreto más utilizado universalmente. Dentro del rango normal de resistencias usadas en la construcción de concreto, la resistencia es inversamente proporcional a la relación agua/cemento.

La diferencia en la resistencia del concreto para una relación agua/cemento dada, puede resultar de cinco factores:

1. Cambios del tamaño, granulometría, textura superficial, forma, resistencia y rigidez del agregado
2. Diferencias en los tipos y orígenes del material cementante
3. Contenido de aire incluido (incorporado)

⁹Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág. 9.

4. La presencia de aditivos

5. Duración del curado

La resistencia a compresión especificada (característica), $f'c$ a los 28 días, es la resistencia que el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos consecutivos de resistencia debe lograr o superar. El ACI 318 requiere que el $f'c$ sea, por lo menos 180 kg/cm² o 17.5 MPa. Ninguna prueba individual (promedio de dos cilindros) puede tener resistencia de 36 kg/cm² o 3.5 MPa inferior a la resistencia especificada.¹⁰

El promedio de la resistencia (resistencia media) debe ser igual a la resistencia especificada más una tolerancia que lleva en consideración las variaciones de los materiales, de los métodos de mezclado, del transporte y colocación del concreto, del curado y ensayo de probetas cilíndricas de concreto. La resistencia media, que es mayor que $f'c$, se llama $f'cr$ que es la resistencia requerida en el diseño de la mezcla.

El reglamento británico CP 110:1972 establece las resistencias mínimas para diversos usos, como se muestra en la Tabla No. 2:

Resistencia	Uso
70 kg/cm ²	Concreto simple
155 kg/cm ²	Concreto reforzado con agregado ligero
204 kg/cm ²	Concreto reforzado con agregado normal
309 kg/cm ²	Concreto postensado
408 kg/cm ²	Concreto pretensado

Tabla No. 2 Resistencias mínimas según reglamento británico CP110:1972. Fuente: Villaseñor Gándara, José Alberto. Diseño de Mezclas de Concreto.

¹⁰Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland CementAssociation, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004

El concreto se puede clasificar según su resistencia a la compresión en baja, media y alta. El Manual del Constructor, en la sección de información técnica (Página 7, Información Técnica de Albañilería) establece la clasificación que se muestra en la Tabla No.3:

Concretos	MPa	kg/cm ²	psi	Edad (días)
Alta resistencia	20-30	200-300	2845-4267	28
Resistencia media	14-20	140-200	1991-2845	28
Baja resistencia	7-14	75-140	1067-1991	28

Tabla No. 3 Clasificación del concreto según su resistencia, Manual del Constructor. Fuente: Manual del Constructor. 2009.

Sin embargo, es importante mencionar que no existe un límite para un concreto de alta resistencia ya que con el pasar del tiempo se han obtenido resistencias cada vez más altas. En la Tabla No. 4 se muestra la clasificación actual.

Clasificación	MPa	kg/cm ²	psi	Edad (días)
Baja resistencia	< 21	<210	3000	---
Resistencia Normal	21-42	210 – 420	3000 – 6000	28
Alta Resistencia	42-70	420 – 700	6000 – 10000	28 – 56
Súper Alta Resistencia	70-140	700 – 1400	10000 – 20000	28 – 90
Ultra Alta Resistencia	>140	>1400	>20000	56 - 90
Puente La Paz, Corea	200	2039	29000	

Tabla No. 4 Clasificación Actual del Concreto por su Resistencia. Fuente: High-Strength Concrete, A Practical Guide. Michael A. Caldarone, Taylor & Francis Graup. 2009.

2.3.1 Concreto de resistencia baja

Este concreto puede ser utilizado para losas aligeradas, concretos ciclópeos, contrapisos o elementos de concreto sin requisitos estructurales. Uno de los beneficios que tiene este concreto es que es de bajo costo debido a que el contenido de cemento en la mezcla es bajo. La resistencia a la compresión son menores de 150 kg/cm².

2.3.2 Concreto de resistencia media

Son concretos en los que su resistencia a la compresión están entre los 150 a 200 kg/cm². Es usado en todo tipo de estructuras de concreto y entre los beneficios que presenta es que es funcional y tiene buena disponibilidad. La relación agua/cemento para estos concretos generalmente esta entre el rango de 0.50 a 0.67.

2.3.3 Concreto de resistencia alta

Los concretos de alta resistencia tienen algunas características y propiedades que son diferentes de las de los concretos de menor resistencia. Las proporciones de mezcla para un concreto de alta resistencia son de un proceso más crítico que el diseño de mezclas normales. A menudo se exigen muchos ensayos de prueba para que el laboratorista identifique cual es la proporción de mezcla más óptima. Las proporciones de agua/cemento para concretos de alta resistencia típicamente han ido de 0.27 a 0.50.

El concreto de alta resistencia generalmente es usado en el sistema estructural de edificios muy altos (rascacielos). En estas aplicaciones, los ingenieros pueden tomar todas las ventajas posibles, incrementando los esfuerzos de compresión, reduciendo la cantidad de acero, reduciendo el tamaño de las columnas y vigas, aumentando así el espacio en cada ambiente.

2.4 Uso del concreto en la construcción de obras civiles

Existen diferentes tipos de concreto empleados en construcción de obras civiles, de ahí el uso que se le da a cada uno. A continuación los tipos de concretos y su uso:

2.4.1 Concreto convencional

Es una mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivo que posee la cualidad de endurecer con el tiempo, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción. En estado fresco posee suficiente tiempo de manejabilidad y excelente cohesividad en estado endurecido. Los materiales y el producto final son controlados y ensayados de acuerdo con las normas ASTM.

Utilización

El concreto convencional tiene una amplia utilización en las estructuras de concreto más comunes. Se emplea para cimentaciones, columnas, placas macizas y aligeradas, muros de contención, etc.

2.4.2 Concreto Bombeable

Es un concreto con asentamiento de diseño de 4", condición que brinda muy buena manejabilidad, especialmente cohesivo, lo cual permite la colocación a diferentes alturas y profundidades, por medio de un equipo de bombeo.

Es importante solicitar la asesoría sobre los diferentes equipos de bombeo y colocación para el mejor manejo de este concreto ya que se requiere que no existan objetos como árboles o cables de alta tensión que imposibiliten las maniobras.

Utilización

El concreto bombeable se recomienda en toda ocasión donde se requiera un equipo de bombeo. Y es utilizado en aquellos elementos en donde no es posible la colocación del concreto directamente del camión, ya sea en altura o profundidad, la resistencia mínima para que un concreto pueda ser bombeado es de 150 kg/cm². Se recomienda en cimentaciones, losas, columnas, muros, etc.

2.4.3 Concreto de baja permeabilidad

Es un concreto especialmente diseñado para su utilización donde se requieran condiciones de impermeabilidad.

Utilización

Tanques, viga-canales, cubiertas, muros de contención y todas aquellas estructuras expuestas al agua.

2.4.4 Concreto de fraguado retardado

Este concreto permite mayores tiempos de manejabilidad que adecuan la buena colocación del concreto, además de reducir la posibilidad de juntas frías.

Utilización

El concreto retardado tiene amplia utilización en casos constructivos especiales, donde deben evitarse juntas frías, donde por dificultad requieran mayores tiempos de manejabilidad, en los que sea conveniente reducir la temperatura generada por calor o en lugares con temperaturas altas.

2.4.5 Concreto de fraguado acelerado

Es un concreto que permite un rápido acabado y por lo tanto una mayor rotación de formaleta y una disminución de tiempo de obra, estos son especialmente diseñados porque presentan un proceso de fraguado más rápido que lo normal y con una curva de evolución de resistencias similares a la de un concreto convencional.

Utilización

Los concretos de fraguado acelerado son usados en sistemas constructivos que demandan acabados rápidos, pronto desencofrado y mayor utilización de formaleta. De amplia aplicación en el sistema cortina, en el cual se necesita un rápido acabado de placas. En general son muy convenientes en la industria de los prefabricados.

2.4.6 Concreto lanzado

Es un concreto transportado a través de tubería o manguera, proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie, adhiriéndose perfectamente a ella con una excelente compactación.

Utilización

Estructuras con secciones curvas o alabeadas, revestimiento de túneles, recubrimiento de mampostería para protección o acabados, refuerzos o reparación de estructuras de concreto, estabilización de taludes, protección del acero estructural, muros de contención, canales de agua y cunetas, tanques de agua y en todas aquellas estructuras que requieran ser construidas o tratadas con concreto lanzado.

2.4.7 Concreto de alta resistencia

Son concretos de resistencias superiores a 350 kg/cm^2 (5000 psi). Se especifican con gravilla fina, común y medida; pueden ser bombeados.

Utilización

En todas las estructuras donde se requiera obtener alta resistencia a 28 días.

2.4.8 Concreto de resistencia acelerada

Concretos especialmente diseñados y controlados que permiten el desarrollo de las resistencias específicas a temprana edad. Los concretos de resistencia acelerada se especifican con gravilla común, media o fina, además pueden ser bombeados.

Utilización

Los concretos de resistencia acelerada se recomiendan en aquellos casos donde se requiera poner al servicio una estructura antes del plazo presupuestado.

Cualquier elemento estructural puede ser construido con estos concretos a excepción de concretos masivos. Los concretos de resistencia acelerada requieren un proceso de curado especial en las primeras horas y días. No se debe confundir el término resistencia acelerada con fraguado acelerado.

2.4.9 Concreto para pavimentos

Es un concreto diseñado para satisfacer las demandas estructurales de flexión y resistencia superficial al desgaste de los pavimentos urbanos de tráfico pesado, por estar elaborado con cementos y agregados de excelente calidad.

Utilización

Para todo tipo de vías, zonas de parqueo, lugares de tráfico pesado, losas de contrapiso y pisos industriales, diseñados a flexión.

2.4.10 Concreto para pisos industriales

Diseñado para satisfacer las necesidades de las estructuras de piso con granulometrías y cemento que permiten mejorar la colocación y cuentan con bajo calor de hidratación.

Utilización

Pisos industriales de acuerdo a la especificación técnica requerida.

2.4.11 Concreto con fibra

Es la combinación de mortero o concreto convencional con fibras de polipropileno, que al ser incorporadas le sirven al mortero o concreto como refuerzo interno secundario.

Utilización

En todos los concretos donde sea importante evitar o reducir fisuramiento, especialmente en pavimentos, andenes, tanques, piscinas, parqueos, pisos, plantas industriales, almacenes y bodegas, canchas de tenis, gimnasios, recubrimientos inferiores en losas de concreto, elementos prefabricados, concreto lanzado.

2.4.12 Concreto Grouting

Es un concreto fluido con agregado fino diseñado especialmente para ser colocado en elementos de secciones reducidas, esbeltos o altamente reforzados donde la compactación o vibrado se hace más difícil.

Utilización

Rellenos de celdas en mampostería estructural y elementos con altos contenidos de refuerzos.

2.4.13 Concreto Permeable

Concreto para uso en obras de mitigación facilitando la filtración del agua en el suelo, contribuyendo a conservar el equilibrio ambiental.

Utilización

Fabricación de aceras y ciclo vías, obras hidráulicas para amortiguar el caudal de escorrentía, estacionamiento de vehículos livianos, calles internas en urbanizaciones ubicadas en zonas de recarga de acuíferos.

CAPITULO III

COMPONENTES DEL

CONCRETO

3.1 Introducción

El concreto está hecho de una mezcla homogénea de cemento, agua, grava y arena. Para obtener un concreto de buena calidad es necesario conocer a fondo las propiedades de cada uno de estos componentes. En este capítulo nos referimos a cada uno de ellos describiendo sus propiedades, cualidades y funciones dentro del concreto.

3.2 Cemento

3.2.1 Propiedades físicas del cemento

a) Finura

La finura se define como la medida o tamaño de las partículas que componen el cemento; se expresa en cm^2/gr , lo cual llamamos superficie de contacto o superficie específica. La finura del cemento es su característica física principal, ya que como las reacciones de hidratación se producen en la superficie de los granos, sucede que cuanto más pequeño son éstos, más rápido es el desarrollo de la resistencia. Así, un cemento de alta resistencia inicial puede obtenerse con sólo moler más fino el mismo clínquer de un cemento corriente. Este aumento de resistencia es notable a edades tempranas; pero con el tiempo los cementos Portland de distinta finura tienen igual resistencia. La finura de la molienda influye también en el calor de hidratación, que se desarrolla más rápidamente en los cementos más finos.

b) Expansión Autoclave

Se refiere a la capacidad de una pasta endurecida para conservar su volumen después del fraguado. La expansión destructiva retardada o falta desanidad es provocada por un exceso en las cantidades de cal libre o de magnesia. Casi todas las especificaciones para el cemento portland limitan los contenidos de magnesia, así como la expansión registrada en la prueba de

autoclave. Desde que en 1943 se adoptó la prueba de expansión en autoclave (ASTM C 151), prácticamente no han ocurrido casos de expansión anormal que puedan atribuirse a falta de sanidad.

c) *Consistencia Normal*

Al agregar agua al cemento se produce una pasta (cemento más agua), contiene fluidez a medida que se le va aumentando el contenido de agua. La consistencia normal es un estado de fluidez alcanzado por la pasta del cemento que tiene una propiedad óptima de hidratación. Se expresa como un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco del cemento:

$$W_{\text{agua}} / W_{\text{cemento}} = \% \text{ Consistencia Normal.}$$

d) *Tiempo de fraguado*

El fraguado se define como el cambio de estado físico que sufre una pasta desde la condición blanda hasta la rigidez. El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto; el fraguado final tampoco debe ocurrir demasiado tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal. El yeso regula el tiempo de fraguado en el cemento. También influyen sobre el tiempo de fraguado la finura del cemento, la relación agua/cemento, y los aditivos usados. Los tiempos de fraguado de los concretos no están relacionados directamente con los tiempos de fraguado de las pastas debido a la pérdida de agua en el aire (evaporación) o en los lechos y debido a las diferencias de temperatura en la obra en contraste con la temperatura controlada que existe en el laboratorio.

3.2.2 Tipos de cemento bajo norma ASTM C 1157

En los años 90 se crearon las especificaciones por desempeño para los cementos hidráulicos “ASTM C 1157 Especificación por Desempeño para Cementos Hidráulicos”. Esta especificación se indica genéricamente para los

cementos hidráulicos que incluyen cemento Portland, cemento Portland modificado y cemento hidráulico mezclado. Los cementos de acuerdo con los requisitos de la C 1157 satisfacen los requisitos de ensayos por desempeño físico, oponiéndose a restricciones de ingredientes o de composición química del cemento, las cuales se pueden encontrar en otras especificaciones.¹¹ La ASTM C 1157 presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

Tipo GU: Uso general.

Tipo HE: Alta resistencia inicial.

Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos

Tipo MH: Moderado calor de hidratación

Tipo LH: Bajo calor de hidratación

3.3 Agregados

3.3.1 Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

Por su origen: esta clasificación toma como base la procedencia natural de las rocas y los procesos físico-químicos involucrados en su formación, y de conformidad con la misma, las divide en tres grandes grupos: Ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas se forman cuando el magma se enfría y se solidifica. Se dividen en:

- Intrusivas o plutónicas. Ejemplo de ellas son: Granito, gabro y sienita.

¹¹Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland CementAssociation, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 37.

- Extrusivas o magmáticas. Ejemplo de ellas son: Basalto, obsidiana y andesita.

Las rocas sedimentarias son aquellas que se forman por acumulación de sedimentos que dan lugar a materiales más o menos consolidados de cierta consistencia al ser sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis). Se dividen en:

- Clásticas. Ejemplo de ellas son: Arenisca, pizarra y conglomerado.
- Químicas. Ejemplo de ellas son: Calizas, lidita y la sal.
- Orgánicas. Ejemplo de ellas son: Turba, carbón y lignito.

Las rocas metamórficas son las que se forman a partir de otras rocas mediante el proceso llamado metamorfismo. Estas se dividen en:

- Foliadas. Ejemplo de ellas son: Esquisto, gneis y filita.
- No Foliadas. Ejemplo de ellas son: Mármol, serpentinita y canchagua.

Por su composición: esta clasificación tiene como fundamento la composición químico-mineralógica de cada roca, además de llevar en forma implícita una denominación de origen. A continuación se mencionan algunos ejemplos de este tipo de clasificación: caliza, tezontle, caliche, andesita, granito, basalto, riolita.

Por color: esta es la clasificación más común que existe y la más fácil de generar o utilizar, ya que sólo considera el color del material.

Por modo de fragmentación: esta clasificación de agregados se basa en la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de los materiales (naturales, manufacturados, y mixtos).

Por peso específico: esta identificación de agregados se genera a partir de una característica básica del concreto que es su peso unitario, el cual a su vez

depende del peso específico de los agregados que se utilizan en su fabricación. La división básica que existe es: ligero, normal y pesado.

Por tamaño de partícula: esta identificación de los materiales se deriva de la condición mínima del concreto convencional de dividir los agregados en dos fracciones principales cuya frontera nominal es 4.75 mm (Malla No. 4, ASTM E 11). Según su tamaño los agregados pueden ser gruesos y finos.

- El agregado grueso o grava consiste en una o en la combinación de gravas o piedras trituradas y es aquel que queda retenido en la Malla No. 4. Esta se clasifica según su uso en:
 - ✓ Gruesa
 - ✓ Fina

- El agregado fino o arena generalmente consiste en arena natural o piedra triturada y es aquel que pasa la Malla No. 4 y se retiene en la Malla No. 200. Esta se clasifica para su uso en:
 - ✓ Gruesa: pasa la No. 4 y se retiene en la No. 10
 - ✓ Media: pasa la No. 10 y se retiene en la N. 40
 - ✓ Fina: pasa la No. 40 y se retiene en la No. 200

Por su forma: según su forma, las partículas pueden clasificarse en redondeadas, irregulares, angulares, lajosas, alargadas y alargadas-lajosas.

3.3.2 Propiedades de los agregados

a) *Granulometría*

La granulometría es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado. La variación del tamaño de partículas se muestra en la Fotografía No. 2.



Fotografía No. 2. Varios tamaños de partículas que se encuentran en los agregados para uso en concreto. Fuente: http://blogsuelos.blogspot.com/2010_11_01_archive.html

El tamaño de las partículas del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas. Los siete tamices normalizados (ASTM C 33 “Especificación Normalizada para Agregados para Concreto”) para el agregado fino tienen aberturas que varían de 150 μm a 9.5 mm (Tamiz No.100 a 3/8”). Mientras que el agregado grueso se ensaya con 13 tamices estándar, con aberturas que varían de 1.18 mm a 100 mm (0.046 pulg a 4 pulg).

La granulometría y los límites granulométricos se expresan generalmente en porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz. El Gráfico No.1 enseña estos límites para el agregado fino y un tamaño de agregado grueso.

Existen varias razones para que se especifiquen los límites granulométricos y el tamaño máximo nominal de los agregados, pues afectan las proporciones relativas de los agregados, bien como la demanda de agua y de cemento, trabajabilidad, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

Las variaciones en la granulometría de los agregados pueden afectar seriamente la uniformidad del concreto de una mezclada a otra.

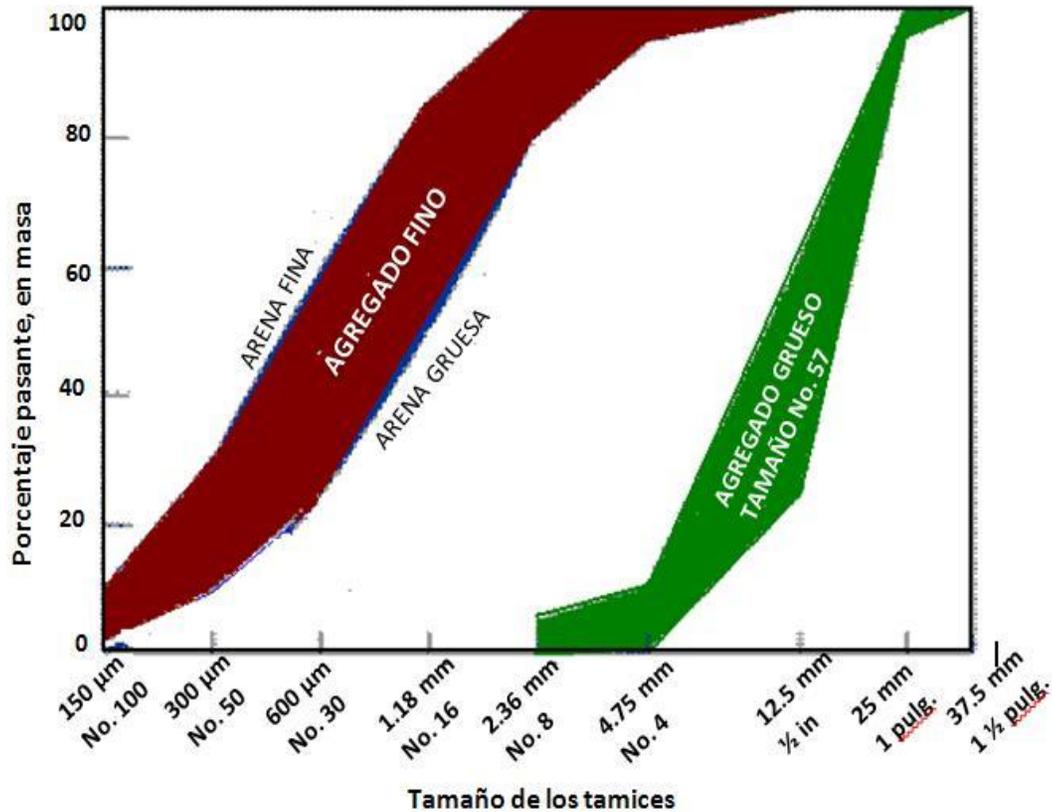


Gráfico No.1 Límites granulométricos de agregado fino y agregado grueso. Fuente: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/granulometria-gradacion.html>.

Las arenas muy finas son habitualmente antieconómicas, mientras que arenas y gravas gruesas pueden producir mezclas sin trabajabilidad. Usualmente, los agregados que no tienen insuficiencia o exceso de cualquier tamaño y presentan una curva granulométrica suave, producen los resultados más satisfactorios.

b) Masa Específica Relativa (Densidad Relativa, Gravedad Específica)

La masa específica relativa de un agregado es la relación entre su masa y la masa de agua con el mismo volumen absoluto.

La mayoría de los agregados naturales tienen masas específicas relativas que varían de 2.4 a 2.9, con masa específica correspondiente de las partículas de

2400 a 2900 kg/m³ (150 a 181 lb/pe³).¹² Los métodos de ensayos para la determinación de la masa específica relativa de los agregados fino y grueso se detallan en la normas ASTM C 127 y ASTM C 128. La masa específica relativa de un agregado se puede determinar en la condición seca al horno o saturada con superficie seca. Ambas se pueden utilizar en los cálculos para la dosificación del concreto.

c) *Masa Específica (Densidad)*

La masa específica de las partículas que se usan en los cálculos de proporcionamiento (no incluyen los vacíos entre las partículas) se determina por la multiplicación de la masa específica relativa de los agregados por la densidad del agua. Se usa un valor para la densidad del agua de aproximadamente 1000 kg/m³ (62.4 lb/pe³). La masa específica del agregado, juntamente con valores más precisos de la densidad del agua, se presentan en la norma ASTM C 127 (AASHTO T 85) y ASTM C 128 (AASHTO T 84). La masa específica de las partículas de la mayoría de los agregados naturales está entre 2400 y 2900 kg/m³.¹³

d) *Absorción y Humedad*

La absorción y la humedad de los agregados se determinan de acuerdo a las normas ASTM C 127, ASTM C 128 Y ASTM C 566, para controlar el agua total del concreto y determinar las masas correctas de los materiales de la mezcla. La estructura interna de una partícula de agregado se compone de materia sólida y de vacíos que pueden o no contener agua.

Las condiciones de humedad de los agregados se presentan en la Figura No. 1 y se las puede definir como:

¹²Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland CementAssociation, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 114.

¹³Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland CementAssociation, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 114.

1. Secado al horno: Totalmente absorbente.
2. Secado al aire: La superficie de las partículas está seca, pero su interior contiene humedad y, por lo tanto, aún es ligeramente absorbente.
3. Saturado con superficie seca (SSS): No absorben ni ceden agua al concreto.
4. Húmedos: Contiene un exceso de humedad sobre la superficie (agua libre).



Figura No. 1. Condiciones de humedad de los agregados. Fuente:
<http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/absorcion-y-humedad-superficial-de-los.html>

La cantidad de agua que se adiciona en la planta de concreto se debe ajustar para las condiciones de humedad de los agregados, a fin de que se atienda a la demanda de agua del diseño de la mezcla de manera precisa. Si el contenido de agua del concreto no se mantiene constante, la relación agua/cemento variará de una mezclada a la otra, resultando en la variación de otras propiedades, tales como la resistencia a compresión y la trabajabilidad.

Los agregados gruesos, generalmente tienen niveles de absorción (contenido de humedad a SSS) que varían del 0.2% al 4%¹⁴; y los finos, niveles

¹⁴Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland CementAssociation, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 115.

menores a 5%¹⁵. Los contenidos de agua libre generalmente varían del 0.5% al 2% para el agregado grueso y del 2% al 6% para el agregado fino.¹⁶

3.4 Agua

3.4.1 Importancia del agua en el concreto

El agua es el componente del concreto que entra en contacto con el cemento para proporcionar propiedades de fraguado y endurecimiento a fin de formar un sólido compacto con los agregados.

Clasificación según la función que desempeña:

a) *Agua de mezclado*

El agua de mezclado es la cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco.

b) *Agua de curado*

Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como:

- Altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores.
- Alta absorción de la base donde se encuentra colocado el concreto.

¹⁵ Tesis "Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura Tecnología del Concreto", Universidad de San Simón.

¹⁶ Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 115.

- Fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación.
- Diseño de mezcla.

El agua en el concreto es fundamental porque al relacionarla con la cantidad de cemento contenido en la mezcla (relación agua/cemento), es la que determina la resistencia del mismo y en condiciones normales su durabilidad. Concretos con altos contenidos de agua (relaciones agua/cemento por encima de 0.5) pueden proporcionar resistencias bajas y ser susceptibles de ser atacados fácilmente por los agentes externos. Por el contrario, relaciones agua/cemento bajas (menores de 0.45) contribuyen de forma significativa a la resistencia de los elementos, tanto a la compresión y mejor desempeño de la estructura, como al ataque de agentes que se encuentran en el medio ambiente, y en consecuencia a la durabilidad. Por ello es fundamental el control de adición de agua a la mezcla durante su preparación o colocación ya que al alterar la condición inicial de esta (aumentar la relación agua/cemento) para conseguir mayor facilidad en la acomodación y el acabado, puede afectar de forma apreciable el desempeño del mismo consiguiéndose menores resistencias a la compresión o desgastes prematuros de los elementos construidos.

Otro factor importante en el agua son las impurezas que ésta pueda contener, pues se sabe que los azúcares, los cítricos y las sales en altas concentraciones pueden afectar el funcionamiento del concreto. La norma ASTM C 1602 “Especificación Estándar para agua de mezcla para uso en la producción de concreto de cemento hidráulico”, cubre los requisitos de composición y desempeño del agua usada como agua de mezcla. Provee requisitos y frecuencias de ensayo para calificar fuentes de agua individuales o combinadas. Sin embargo cuando el agua que se utilizará para mezclas de concreto de cemento hidráulico es potable, se permite su uso sin necesidad de ensayarla para determinar su conformidad con los requisitos de la norma.

3.4.2 Relación agua cemento

La relación agua cemento es simplemente la masa del agua dividida por la masa del material cementante. La relación agua cemento elegida para un diseño de mezcla debe ser el menor valor necesario para resistir las condiciones de exposición anticipada. Cuando la durabilidad no es el factor que gobierne, la elección de la relación agua/cemento se debe basar en los requisitos de resistencia a compresión. En estos casos, la relación agua/cemento y las proporciones de mezcla para la resistencia requerida se deben basar en datos de campo adecuados o en mezclas de prueba que empleen los materiales de la obra, a fin de que se determine la relación entre la resistencia y la relación agua/cemento.

Cuando no se disponga de más datos, se puede utilizar el Gráfico No. 2 para elegir la relación agua cemento, con base en el promedio requerido de la resistencia f'_{cr} para mezclas de pruebas.

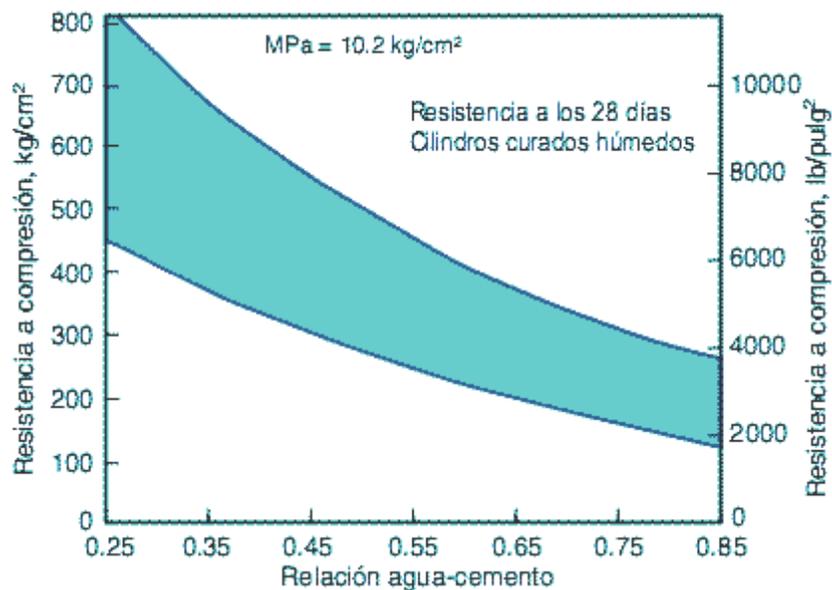


Gráfico No. 2 Variación de resistencias típicas para relaciones agua/cemento de concreto de cemento Portland Tipo I basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 y 1999. Fuente: <http://es.scribd.com/doc/42952152/Cap-lt-1>

CAPITULO IV

PRUEBAS DE

LABORATORIO

4.1 Introducción

Las pruebas de laboratorio constituyen una parte fundamental en la realización de cada una de las dosificaciones de concreto, ya que nos proporcionarán resultados importantes para conocer las propiedades, características y calidad de los agregados; el revenimiento, temperatura del concreto fresco y resistencia a la compresión del concreto endurecido, bajo estrictas condiciones de laboratorio y siguiendo las normativas ASTM. Este capítulo describe cada una de las pruebas de laboratorio realizadas, el equipo utilizado, los procedimientos que se siguieron para realizar dichas pruebas y los resultados obtenidos.

4.2 Pruebas a los agregados

Los agregados ocupan por lo menos tres cuartas partes del volumen en una mezcla de concreto, por lo que resulta importante conocer la calidad de los mismos.

Antes de realizar una prueba de laboratorio al agregado es necesario tomar una muestra que sea representativa del volumen total. Esta acción es comúnmente conocida como cuarteo.

Para obtener una muestra representativa del agregado se basó en la norma ASTM C 702 la cual presenta tres métodos:

Método A. Partidor Mecánico

Método B. Cuarteo Manual

Método C. Apilado Miniatura.

Para la grava el método empleado es el Método B. Consiste en colocar la grava sobre una superficie dura, limpia y nivelada, se mezcla traspaleando el material por lo menos tres veces. Luego el material se apila de forma cónica para

aplanarla y formar un diámetro con espesor uniforme. El diámetro debe ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Con la pala se divide en cuatro partes la masa aplanada y se selecciona los cuartos diagonalmente opuestos para mezclarlos y obtener la muestra según el tamaño requerido.

El Método C fue empleado para obtener muestras de agregado fino, cuyo procedimiento en la fase inicial es igual al procedimiento del Método B.

4.2.1 Análisis Granulométrico (Norma ASTM C 136)

Para conocer la granulometría de los agregados se siguió la norma ASTM C136 “Método de Ensayo Estándar para análisis por Malla de Agregados Grueso y Fino”. Consiste en separar una muestra de agregado en fracciones, en donde cada fracción contiene partículas que se encuentran dentro de límites específicos, que son las aberturas de los tamices estándar de muestreo.

Los instrumentos que se utilizaron para realizar esta prueba son:

- a) *Balanzas*: se usaron dos tipos de balanza, una para el agregado fino (Ver Fotografía No. 3) y otra para el agregado grueso (Ver Fotografía No. 4).

Según la norma ASTM C 136, para el agregado fino la balanza debe ser legible a 0.1 gramos y exactitud de 0.1 gramos ó 0.1 % de la carga de prueba, la que sea mayor en cualquier punto dentro del rango de uso. Para el agregado grueso deberá ser legible y exacta en 0.5 gramos ó 0.1% de la carga de prueba, la que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

- b) *Mallas*: las mallas o tamices deben cumplir con la norma ASTM E 11 “Especificación Estándar para mallas tejidas de alambre para prueba y tamices de ensayo”. Los tamices utilizados en esta prueba cumplen con dicha norma (Ver Fotografía No. 5)

c) *Horno*: se utilizó un horno según la norma ASTM C 136 capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ (Ver Fotografía No. 6).

d) *Equipo adicional*: cucharones, taras, mascarilla, guantes.



Fotografía No. 3 Balanza digital para agregado fino. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 4 Balanza análoga para agregado grueso. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 5 Mallas para análisis granulométrico. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 6 Horno de secado. Fuente: Grupo de tesis.

Procedimiento.

La norma ASTM C 136 establece los pesos mínimos de las muestras de ensayo. El peso de la muestra del agregado fino después de secado es de 300 gramos como mínimo. Para el agregado grueso el peso de la muestra está en función del tamaño máximo nominal.

Antes de tamizar, los agregados fueron secados al horno por un tiempo de aproximadamente 6 horas. Los agregados finos se tamizaron separados del agregado grueso.

Los tamices se coloraron de forma decreciente de tamaño de abertura. Se colocó la muestra de ensayo en el tamiz de la parte superior y se agitaron de forma manual. El material que quedó retenido en cada malla se pesó para su posterior análisis.

Mientras se realizaba esta prueba, se tuvo el cuidado de no sobrellenar ningún tamiz y de tamizar hasta que no más del 1% de la masa retenida pase el tamiz con un minuto de agitación.

Resultados

Para la elaboración de mezclas de concreto se utilizaron dos diferentes tipos de agregado grueso:

Agregado grueso tamaño máximo nominal de 1 pulgada para las mezclas No. 1, 2, 3, 5, 6 y 7 con cemento ASTM C 1157 Tipo GU; y para las mezclas No. 1 hasta la No. 8, con cemento Tipo HE.

Agregado grueso tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ pulgadas para las mezclas No. 4 y de la No. 8 hasta la No. 17 con cemento ASTM C 1157 Tipo GU; y para las mezclas No. 9 hasta la No. 17, con cemento Tipo HE.

Se utilizó el mismo tipo de arena para la elaboración de todas las mezclas de concreto.

Los resultados del análisis granulométrico de los agregados se muestran en la Tabla No. 5, No. 6 y No. 7.

4.2.2 Gravedad Específica y Absorción.

La gravedad específica (densidad relativa) es la relación de la densidad del agregado a la densidad de agua destilada a una determinada temperatura.

Generalmente la gravedad específica es usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que son proporcionadas o analizadas con base a un volumen absoluto.

La absorción es el incremento en masa del agregado debido a penetración de agua en los poros de las partículas durante un período de tiempo prescrito, no incluyendo el agua adherida a la superficie externa de las partículas.

El dato obtenido de calcular la absorción de los agregados se expresa como un porcentaje de la masa seca y es usada para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro con las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando es considerado que el agregado ha estado en contacto con agua por un periodo suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

El procedimiento de las pruebas para calcular la gravedad específica y absorción es diferente para el agregado grueso y para el agregado fino.

a) Agregado grueso (Norma ASTM C 127)

Para realizar esta prueba se siguió la norma ASTM C 127 denominada "Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso". Los instrumentos utilizados para realizar dicho ensayo fueron:

- ✓ *Balanza:* esta balanza presentaba las condiciones apropiadas para suspender el contenedor de muestra contenida en agua desde el centro de la balanza. Según la norma ASTM C 127 la balanza debe ser legible y precisa a 0.05% de la masa de la muestra o 0.5 gramos, el que sea mayor.

- ✓ *Contenedor de muestra:* el contenedor consistió en una cesta de alambre que cumplía con lo establecido en la norma (Ver fotografía No.7).
- ✓ *Cubeta con agua:* con las dimensiones justas para evitar que la cesta de alambre con la muestra rozara con las paredes de la cubeta.
- ✓ *Horno:* capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- ✓ *Equipo adicional:* cucharones, taras, franelas, guantes.



Fotografía No.7 Cesta de alambre. Fuente: Grupo de Tesis.

Procedimiento.

Se determinó la cantidad de la muestra auxiliándose de la práctica bajo la norma ASTM C 702, en donde la masa mínima de la muestra está en función del tamaño máximo nominal del agregado. Para obtener mejores resultados se trabajó con dos muestras de agregado grueso con masa diferentes.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM C-136**

PROYECTO :	“Tesis Manual del Constructor”
TIPO DE MUESTRA :	Arena
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
FECHA DE MUESTREO :	27/03/12
FECHA DE ENSAYO :	27/03/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISÓ :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

MASA TARA, g =		MASA TARA + MUESTRA, g =		MASA MUESTRA, g = 405.2	
MALLA	M. RETENIDO PARCIAL (%)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES
					<i>Rangos ASTM C-33</i>
3/8"				100	100
No.4	3.3	0.81	0.81	99.19	95-100
No.8	49.2	12.15	12.96	87.04	80-100
No.16	87.2	21.53	34.49	65.51	50-85
No.30	124	30.61	65.10	34.90	25-60
No.50	94.5	23.33	88.42	11.58	5-30
No.100	35.7	8.81	97.24	2.76	0-10
FONDO	11.2	2.76	100.00	0.00	
SUMAS	405.1	100.00			

Tabla No. 5 Análisis Granulométrico de agregado fino. Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM C-136**

PROYECTO :	"Tesis Manual del Constructor"
TIPO DE MUESTRA :	Grava
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
FECHA DE MUESTREO :	26/03/12
FECHA DE ENSAYO :	26/03/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISÓ :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	Tamaño Máximo Nominal 1" , Tamaño Máximo 1 ½"

HOJA DE LABORATORIO

MASA TARA, g = 2486		MASA TARA + MUESTRA, g = 16040		MASA MUESTRA, g = 13554	
MALLA	M. RETENIDO PARCIAL (%)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES GRAVA NO. 4
					<i>Rangos ASTM C-33</i>
2"					100
1 1/2"				100.00	95-100
1"	6118	45.14	45.14	54.86	20-55
3/4"	5834	43.05	88.19	11.81	0-15
1/2"	1290	9.52	97.71	2.29	
3/8"	160	1.18	98.89	1.11	0-5
No. 4	134	0.99	99.88	0.12	
No.8	8	0.06	99.94	0.06	
No. 16					
FONDO	8	0.06	100.00	0.00	
SUMAS	13552	100.00			

Tabla No. 6 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso TMN 1". Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo Cuscatlán
La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
ASTM C-136**

PROYECTO :	“Tesis Manual del Constructor”
TIPO DE MUESTRA :	Grava
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
FECHA DE MUESTREO :	05/07/12
FECHA DE ENSAYO :	05/07/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISÓ :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	Tamaño Máximo Nominal 3/4” , Tamaño Máximo 1”

HOJA DE LABORATORIO

MASA TARA, g = 2486		MASA TARA + MUESTRA, g = 15420		MASA MUESTRA, g = 12934	
MALLA	M. RETENIDO PARCIAL (%)	MASA RETENIDA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA LA MALLA (%)	OBSERVACIONES GRAVA NO. 57
					<i>Rangos ASTM C-33</i>
2”				100.00	
1 1/2”				100.00	100
1”				100.00	95-100
3/4”	2633.4	20.36	20.36	79.64	
1/2”	5527.2	42.74	63.10	36.90	25-60
3/8”	2634.7	20.37	83.47	16.53	
No. 4	2021.9	15.63	99.10	0.90	0-10
No.8	64.6	0.50	99.60	0.40	0-5
No. 16	19.0	0.15	99.75	0.25	
FONDO	32.6	0.25	100.00	0.00	
SUMAS	12933.4	100.00			

Tabla No. 7 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso TMN 3/4”. Fuente: Grupo de tesis.

Para realizar esta prueba se sumergió el agregado grueso en agua a temperatura ambiente durante un tiempo de 24 horas. Pasado este tiempo se sacó el agregado grueso del agua teniendo cuidado de no perder material, y se secó superficialmente con una franela, para llevar el agregado a la condición saturado superficialmente seco (SSS).

Inmediatamente se determinó la masa de la muestra en condición SSS. A continuación se determinó la masa aparente colocando la muestra en la cesta de alambre, sumergida en agua y suspendida de la balanza. Se tuvo el debido cuidado de que no quedara aire atrapado en el recipiente.

Luego este mismo material fue secado al horno para determinar la masa seca de la muestra.

Con este procedimiento se calculó la gravedad específica y absorción del agregado grueso. Los resultados se muestran en la Tabla No. 8, No. 9 y No. 10.

b) Agregado Fino (Norma ASTM C 128)

Para calcular la gravedad específica de la arena se basó en la norma ASTM C 128 "Método de Ensayo Estándar para Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino". Dicho método presenta dos procedimientos, procedimiento gravimétrico y el procedimiento volumétrico. En este caso se utilizó el procedimiento gravimétrico.

Los instrumentos que se utilizaron fueron:

- ✓ *Balanza*: con sensibilidad a 0.1 gramos y precisión de 0.1 % de la carga de ensayo (Ver Fotografía No.3).
- ✓ *Picnómetro*: con la capacidad necesaria para 500 gramos de agregado fino, el frasco utilizado cumple con los requisitos de la norma (Ver Fotografía No.8).

- ✓ *Molde y Pisón para Ensayo de Humedad Superficial*: el molde utilizado es metálico, con forma de cono truncado, con dimensiones de 40 mm en el borde superior, 90 mm de diámetro interno en la base y 75 mm de altura. El pisón es metálico con una cara golpeadora circular y plana (Ver Fotografía No.9).



Fotografía No. 8 Picnómetro. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 9 Molde y pisón. Fuente: Grupo de tesis.

Procedimiento.

Antes de aplicar el método gravimétrico se debe preparar la muestra de ensayo para llevarla a la condición saturado superficialmente seco (SSS). Se sumergió la muestra en agua por un período de 24 horas aproximadamente. Pasado ese tiempo se decantó el exceso del agua con cuidado para no perder los finos de la muestra. Se colocó el material en un recipiente plano no absorbente y se secó al aire, removiendo frecuentemente con una espátula.

Para saber si ya estaba lista la muestra se utilizó el molde y pisón. Se colocó el molde en una superficie lisa con el diámetro mayor hacia abajo. Se llenó con el agregado fino hasta que rebalsara, y se apisonó con 25 golpes ligeros del pisón, levantándolo 5 mm de la superficie del agregado fino. Al observar que la arena se desplomó ligeramente al quitar el molde se concluyó que ya estaba en estado SSS.

Luego, 500 gramos de agregado fino fueron introducidos al picnómetro y se llenó con agua hasta aproximadamente 90% de su capacidad. Se agitó manualmente hasta que ya no tuviera burbujas en su interior y se determinó su masa después de llenarlo completamente. Para finalizar, se removió el agregado fino del picnómetro y se secó para determinar el peso seco de la muestra. Los resultados se muestran en la Tabla No. 10.

4.2.3 Peso Unitario (Norma ASTM C 29)

Para obtener el peso unitario de los agregados se siguió la norma ASTM C 29 “Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados”.

El peso unitario o densidad bulk, es necesario en muchos métodos de seleccionar proporcionamientos para mezclas de concreto. Mediante este método de ensayo es posible calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas de agregado basado en el peso unitario determinado por este método.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C-127**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Grava Tamaño Máximo Nominal 1"
FECHA DE MUESTREO :	27/03/12
FECHA DE ENSAYO :	27/03/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No: 1		MUESTRA No: 2	
MASA TARA/sss (g):	15	MASA TARA/sss (g):	15
MASA SATURADA, W _{sss} + TARA (g):	4670	MASA SATURADA, W _{sss} + TARA (g):	5040
MASA SATURADA, W _{sss} (g):	4655	MASA SATURADA, W _{sss} (g):	5025
MASA TARA SUMERGIDA (g):	850	MASA TARA SUMERGIDA (g):	850
MASA SUMERGIDA. W _{sum} + TARA SUM (g):	3760	MASA SUMERGIDA. W _{sum} + TARA SUM (g):	4002
MASA SUMERGIDA NETA, W _{sum} (g):	2910	MASA SUMERGIDA NETA, W _{sum} (g):	3152
MASA TARA/seca (g):	340	MASA TARA/seca (g):	207
MASA SECA, W _{seca} + TARA (g):	4914.9	MASA SECA, W _{seca} + TARA (g):	5149
MASA SECA, W _{seca} (g):	4574.9	MASA SECA, W _{seca} (g):	4942
AGUA (g):	80.1	AGUA (g):	83
ABSORCION, (%):	1.8	ABSORCION, (%):	1.7
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.62	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.64
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.67	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.68
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2.63	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2.68
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	1.75		

FÓRMULAS:

Agua: $W_{sss} (g) - W_{seca} (g)$ g
 Absorción: $[W_{sss} (g) - W_{seca} (g)] \times 100 / W_{seca}(g)$ %
 G.E. Seca: $W_{seca} (g) / [W_{sss} (g) - W_{sum} (g)]$
 G.E. SSS: $W_{sss} (g) / [W_{sss} (g) - W_{sum} (g)]$

Tabla No. 8 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso TMN 1". Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC

Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C-127**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Grava Tamaño Máximo Nominal ¾ "
FECHA DE MUESTREO :	05/07/12
FECHA DE ENSAYO :	05/07/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No: 1		MUESTRA No: 2	
MASA TARA/sss (g):	13.1	MASA TARA/sss (g):	13.1
MASA SATURADA, Wsss + TARA (g):	3701	MASA SATURADA, Wsss + TARA (g):	3976
MASA SATURADA, Wsss (g):	3687.9	MASA SATURADA, Wsss (g):	3962.9
MASA TARA SUMERGIDA (g):	850	MASA TARA SUMERGIDA (g):	850
MASA SUMERGIDA. Wsum + TARA SUM (g):	3145	MASA SUMERGIDA. Wsum + TARA SUM (g):	3290
MASA SUMERGIDA NETA, Wsum (g):	2295	MASA SUMERGIDA NETA, Wsum (g):	2440
MASA TARA/seca (g):	305	MASA TARA/seca (g):	170
MASA SECA, Wseca + TARA (g):	3920.5	MASA SECA, Wseca + TARA (g):	4019.6
MASA SECA, Wseca (g):	3615.5	MASA SECA, Wseca (g):	3849.6
AGUA (g):	72.5	AGUA (g):	113.3
ABSORCION, (%):	2.0	ABSORCION, (%):	2.94
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.60	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.53
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.65	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.60
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2.57	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2.63
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.47		

FÓRMULAS:

Agua: $W_{sss} (g) - W_{seca} (g)$ g
Absorción: $[W_{sss} (g) - W_{seca} (g)] \times 100 / W_{seca} (g)$ %
G.E. Seca: $W_{seca} (g) / [W_{sss} (g) - W_{sum} (g)]$
G.E. SSS: $W_{sss} (g) / [W_{sss} (g) - W_{sum} (g)]$

Tabla No. 9 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso TMN 3/4". Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS
ASTM C-128**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Arena
FECHA DE MUESTREO :	27/03/12
FECHA DE ENSAYO :	27/03/12
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

MUESTRA No: 1		MUESTRA No: 2	
S MASA DE LA MUESTRA SSS (g):	500	S MASA DE LA MUESTRA SSS (g):	500
B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1443.2	B MASA PICNOMETRO + AGUA (g):	1443.2
C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1745.2	C MASA PICNOM. + AGUA + MUESTRA (g):	1745.6
MASA SECA DE LA MUESTRA + TARA (g):	702.2	MASA SECA DE LA MUESTRA + TARA (g):	641.5
MASA TARA (g):	224.8	MASA TARA (g):	162.0
A MASA SECA DE LA MUESTRA (g):	477.4	A MASA SECA DE LA MUESTRA (g):	479.5
AGUA (g):	22.6	AGUA (g):	20.5
ABSORCION, (%):	4.70	ABSORCION, (%):	4.30
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.41	GRAVEDAD ESPECIFICA SECA:	2.42
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.53	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS:	2.53
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA PROMEDIO:	2.42	GRAVEDAD ESPECIFICA SSS PROMEDIO:	2.53
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	4.51		

FÓRMULAS

Agua: $W_{sss} (g) - W_{seco} (g)$	g
Absorción: $(S - A) \times 100 / A$	%
G.E. Seca: $A / (B + S - C)$	
G.E. SSS: $S / (B + S - C)$	

Tabla No. 10 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino. Fuente: Grupo de tesis.

En este ensayo los vacíos en los agregados se refieren al espacio entre las partículas en una masa de agregado.

Los instrumentos utilizados en este ensayo fueron:

- ✓ *Balanza*: con una precisión de 0.1 % de la carga de ensayo, con una graduación de al menos 0.1 lb (Ver Fotografía No. 4).
- ✓ *Recipiente Volumétrico*: se utilizó un recipiente cilíndrico metálico. La capacidad del recipiente a utilizar se determinó según la norma ASTM C 29 (Ver Tabla No. 11). Para el agregado grueso se utilizó un recipiente con capacidad de 1/3 pie³ (Ver Fotografía No.10) y para el agregado fino un recipiente con un volumen de 1/10 pie³ (Ver Fotografía No.11).
- ✓ *Varilla compactadora*: se utilizó una varilla de acero recta y lisa con diámetro de 5/8 pulg y 24 pulg de longitud, con uno de sus extremos redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg.
- ✓ *Pala*: se utilizó para llenar el recipiente con el agregado grueso.
- ✓ *Cucharón*: utilizado para llenar el recipiente con agregado fino.

Tamaño máximo nominal de los áridos		Capacidad del recipiente	
Pulg	mm	Ft ³	L (m ³)
1/2	12,5	1/10	2,8 (0,0028)
1	25,0	1/3	9,3 (0,0093)
1 1/2	37,5	1/2	14 (0,014)
3	75	1	28 (0,028)
4	100	2 1/2	70 (0,070)
5	125	3 1/2	100 (0,100)

Tabla No. 11 Capacidad del Depósito Medidor. Fuente: Norma ASTM C 29 “Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados”.

El método presenta tres procedimientos:

- Procedimiento de varillado.

- Procedimiento de acomodamiento por sacudida.
- Procedimiento de paleo.



Fotografía No. 10 Recipiente de $1/3 \text{ pie}^3$. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 11 Recipiente de $1/10 \text{ pie}^3$. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 12 Varilla compactadora de 5/8 pulg de diámetro. Fuente: Grupo de tesis.

El utilizado en este caso es el procedimiento de varillado, determinado por las condiciones que presenta la norma ASTM C 29, Sección 9.

Procedimiento.

El procedimiento es el mismo para el agregado grueso y fino. Primero se determinó la masa del recipiente vacío y luego la masa del recipiente con el agregado en estado suelto y varillado.

Para varillar el agregado se llenó el recipiente en tres capas iguales. A cada capa se le aplicaron 25 golpes de la varilla, igualmente distribuidos en toda la superficie. En la tercera capa se llenó el recipiente hasta rebalsarlo, después de varillarlo se niveló la superficie del agregado con los dedos o una regla enrasadora, por debajo del borde del recipiente.

En este ensayo se obtuvieron tres datos de la masa del recipiente con el agregado grueso, para sacar un promedio. Y se obtuvieron dos datos de la masa del recipiente con el agregado fino, para sacar un promedio. Los resultados se muestran en las Tablas No. 12, No.13 y No. 14.

4.2.4 Resistencia al desgaste del agregado grueso (Norma ASTM C 131 y Norma ASTM C 535)

Para la grava Tamaño No. 57 se siguió la norma ASTM C131 “Método de Ensayo Estándar para resistencia al desgaste del Agregado Grueso de tamaño pequeño por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles” y para la grava No. 4 se siguió la norma ASTM C 535 “Método de Ensayo Estándar para resistencia al desgaste del Agregado Grueso de tamaño Mayor por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles”.

Este método consiste en aplicarle al agregado grueso fuerzas de abrasión, impacto y trituración en un tambor rotatorio de acero conteniendo unas esferas de acero en su interior. Se obtendrá como resultado un porcentaje de desgaste que se utilizará como un indicador de calidad relativo a otras fuentes de agregado.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- a) *Máquina Los Ángeles*: la cual presenta todas las características necesarias mencionadas en la norma ASTM C 131, Sección 6.1 (Ver Fotografía No.13).
- b) *Balanza*: con una precisión de 0.1% de la carga sobre el rango requerido para este ensayo.
- c) *Carga*: consiste en esferas de acero de 46.8 mm aproximadamente de diámetro y masa de entre 390 y 445 gramos (Ver Fotografía No. 14). El número de esferas dependerá de la graduación de la muestra de ensayo (Ver Tabla No. 15).

Procedimiento

El procedimiento a seguir es el mismo para la grava Tamaño Máximo Nominal de 1” y de ¾”.

La muestra de ensayo se obtuvo de acuerdo con la Práctica C 702 tal y como lo establece la norma.



Fotografía No. 13 Máquina de los Ángeles. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 14 Esferas de acero. Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**PESO UNITARIO
ASTM C-29**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Arena
FECHA DE MUESTREO :	27/03/2012
FECHA DE ENSAYO :	27/03/2012
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
Volumen Nominal de Recipiente :	1/10 pie ³
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

SUELTO		VARILLADO	
A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	1.727	A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	1.727
B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.00284	B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.00284
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	5.660	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	6.077
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	5.737	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	6.079
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	5.890	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	5.762	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	6.078
C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	4.035	C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	4.351
PESO UNITARIO (kg/m3):	1421	PESO UNITARIO (kg/m3):	1532

FORMULAS:

C Masa Agregado Promedio: [MASA AGREGADO + RECIPIENTE (kg) PROMEDIO] - A = kg
 Peso Unitario: (C/B) = kg/m3

CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (cada año)

A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):		TEMPERATURA DEL AGUA (°C):	
D MASA VIDRIO (kg):		F MASA DEL AGUA (kg):	
E MASA RECIPIENTE + VIDRIO + AGUA (kg):		G DENSIDAD DEL AGUA (kg/m3):	
F MASA DEL AGUA = (E - A - D) =			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = F/G =			m3

Tabla No. 12 Peso Unitario del Agregado Fino. Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**PESO UNITARIO
ASTM C-29**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Grava Tamaño Máximo Nominal 1''
FECHA DE MUESTREO :	26/03/2012
FECHA DE ENSAYO :	26/03/2012
LABORATORISTAS :	Krischia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
Volumen Nominal de Recipiente :	1/3 pie ³
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

SUELTO		VARILLADO	
A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	5.430	A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	5.430
B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.0093	B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.0093
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	18.585	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	19..910
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	18.640	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	18.808
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	18.882	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	19.855
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	18.702	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	19.524
C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	13.272	C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	14.094
PESO UNITARIO (kg/m3):	1427	PESO UNITARIO (kg/m3):	1515

FORMULAS:

C Masa Agregado Promedio: [MASA AGREGADO + RECIPIENTE (kg) PROMEDIO] - A = kg
 Peso Unitario: (C/B) = kg/m3

CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (cada año)

A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):		TEMPERATURA DEL AGUA (°C):	
D MASA VIDRIO (kg):		F MASA DEL AGUA (kg):	
E MASA RECIPIENTE + VIDRIO + AGUA (kg):		G DENSIDAD DEL AGUA (kg/m3):	
F MASA DEL AGUA = (E - A - D) =			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = F/G =			m3

Tabla No. 13 Peso Unitario del Agregado Grueso TMN 1''. Fuente: Grupo de tesis.



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**PESO UNITARIO
ASTM C-29**

PROYECTO :	Tesis Manual del Constructor
UBICACIÓN :	Plantel Jiboa, La Paz
TIPO DE MUESTRA :	Grava Tamaño Máximo Nominal No. 3/4"
FECHA DE MUESTREO :	05/07/2012
FECHA DE ENSAYO :	05/07/2012
LABORATORISTAS :	Kriscia Mazariego, Lourdes Amaya, Karina Galdámez
REVISO :	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
Volumen Nominal de Recipiente :	1/3 pie ³
OBSERVACIONES :	

HOJA DE LABORATORIO

SUELTO		VARILLADO	
A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	5.444	A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):	5.444
B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.0093	B VOLUMEN RECIPIENTE (m3):	0.0093
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	18.953	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #1:	20.229
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	18.724	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #2:	19.941
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	18.904	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) #3:	20.200
MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	18.86	MASA RECIPIENTE + AGREGADO (kg) PROMEDIO:	20.123
C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	13.416	C MASA AGREGADO (kg) PROMEDIO:	14.679
PESO UNITARIO (kg/m3):	1443	PESO UNITARIO (kg/m3):	1578

FORMULAS:

C Masa Agregado Promedio: [MASA AGREGADO + RECIPIENTE (kg) PROMEDIO] - A = kg
 Peso Unitario: (C/B) = kg/m3

CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (cada año)

A MASA RECIPIENTE VACIO (kg):		TEMPERATURA DEL AGUA (°C):	
D MASA VIDRIO (kg):		F MASA DEL AGUA (kg):	
E MASA RECIPIENTE + VIDRIO + AGUA (kg):		G DENSIDAD DEL AGUA (kg/m3):	
F MASA DEL AGUA = (E - A - D) =			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE = F/G =			m3

Tabla No. 14 Peso Unitario del Agregado Grueso TMN 3/4". Fuente: Grupo de tesis.

Graduación	No. de esferas	Masa de la carga, g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Tabla No. 15 Carga a aplicar según graduación de la muestra de ensayo. Fuente: Norma ASTM C131 “Método de Ensayo Estándar para resistencia al desgaste del Agregado Grueso de tamaño pequeño por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles”.

La muestra fue reducida, lavada y secada al horno a 110 ± 5 °C durante un tiempo prudencial.

Luego de definir la graduación de la muestra de ensayo y el número de esferas, estas se colocaron en la máquina de ensayo Los Ángeles y se rotó a una velocidad de 30 a 33 rpm para 500 revoluciones.

Después del número de revoluciones prescritas, se descargó el material de la máquina y se hizo una separación de la muestra con la malla No. 12.

Se calculó la pérdida como un porcentaje de masa original de la muestra de ensayo haciendo la diferencia entre la masa original y final de la muestra de ensayo. Los resultados del agregado de tamaño menor y tamaño mayor se muestran en las Tablas No. 16 y No.17, respectivamente.

4.2.5 Contenido de humedad de los agregados

El aporte de agua de los agregados grueso y fino se determinó de acuerdo a la norma ASTM C 566 “Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado”, el cual consiste en medir la humedad en la muestra de ensayo.

El equipo utilizado fue:



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO EN MAQUINA LOS ANGELES
ASTM C-131**

PROYECTO:	Tesis Manual del Constructor		
MATERIAL:	Grava TMN ¾"		
UBICACIÓN:	Plantel Jiboa, La Paz		
FECHA DE ENSAYO:	05/07/2012		
GRADUACIÓN:	B	No. DE ESFERAS:	11
MASA DE LA CARGA:	5,000	REVOLUCIONES:	500
LABORATORISTAS:	Kriscia M., Lourdes A., Karina G.	REVISOR:	Tec. Julio Hernández Ing. Ricardo Burgos

MUESTRA No.	GRADUACIÓN TIPO	MASA INICIAL (g)	MASA FINAL (g)	DESGASTE (%)
1	B	5,000	4044.9	19

MUESTRA No. 1		MUESTRA No. 2	
Pasa - Retenido	Masa (g)	Pasa - Retenido	Masa (g)
3" - 2 1/2"		3" - 2 1/2"	
2 1/2" / 2"		2 1/2" / 2"	
2" - 1 1/2"		2" - 1 1/2"	
1 1/2" - 1"		1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"		1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"	2500	3/4" - 1/2"	
1/2" - 3/8"	2500	1/2" - 3/8"	
3/8" - 1/4"		3/8" - 1/4"	
1/4" - No.4		1/4" - No.4	
No.4 - No.8		No.4 - No.8	
Total		Total	

% Desgaste =
$$\frac{\text{MASA INI.} - \text{MASA FIN.} \times 100}{\text{MASA INICIAL}}$$

Tabla No. 16 Resistencia al Desgaste del Agregado de Tamaño Menor. Fuente: Grupo de tesis



**Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC**

*Urb. Madre Selva, 3ra etapa Av. El Espino y Boulevard Sur,
Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

**RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO EN MAQUINA LOS ANGELES
ASTM C-535**

PROYECTO:	Tesis Manual del Constructor		
MATERIAL:	Grava TMN 1"		
UBICACIÓN:	Plantel Jiboa, La Paz		
FECHA DE ENSAYO:	05/07/2012		
GRADUACIÓN:	3	No. DE ESFERAS:	12
MASA DE LA CARGA:	10,000	REVOLUCIONES:	1000
LABORATORISTAS:	Kriscia M., Lourdes A., Karina G.	REVISO:	Julio Hernández Ing. Ricardo Burgos

MUESTRA No.	GRADUACIÓN TIPO	MASA INICIAL (g)	MASA FINAL (g)	DESGASTE (%)
1	3	10,000	8113	19

MUESTRA No. 1		MUESTRA No. 2	
Pasa - Retenido	Masa (g)	Pasa - Retenido	Masa (g)
3" - 2 1/2"		3" - 2 1/2"	
2 1/2" / 2"		2 1/2" / 2"	
2" - 1 1/2"		2" - 1 1/2"	
1 1/2" - 1"	5000	1 1/2" - 1"	
1" - 3/4"	5000	1" - 3/4"	
3/4" - 1/2"		3/4" - 1/2"	
1/2" - 3/8"		1/2" - 3/8"	
3/8" - 1/4"		3/8" - 1/4"	
1/4" - No.4		1/4" - No.4	
No.4 - No.8		No.4 - No.8	
Total		Total	

% Desgaste =
$$\frac{\text{MASA INI.} - \text{MASA FIN.} \times 100}{\text{MASA INICIAL}}$$

Tabla No. 17 Resistencia al Desgaste del Agregado de Tamaño Mayor. Fuente: Grupo de tesis

- ✓ *Balanza*: que sirvió para obtener los pesos húmedos y secos de las muestras de ensayo de agregado fino y grueso.
- ✓ *Determinador de Humedad*: utilizado para conocer el contenido de humedad del agregado fino (Ver Fotografía No. 15).
- ✓ *Cocina eléctrica*: para secar la muestra de agregado grueso (Ver Fotografía No.16).
- ✓ *Recipientes*: taras para colocar las muestras de agregado grueso y fino.

Procedimiento.

La muestra para ensayo se obtuvo de acuerdo a la Práctica C 702. El tamaño de la muestra del agregado grueso se obtuvo conforme a la Tabla No. 18.

Se obtuvieron los pesos húmedos de dos muestras de agregado grueso y se sometieron al secado. Después de un tiempo aproximado de media hora, se determinaron los pesos secos de las muestras de agregado grueso y se calculó el contenido de humedad promedio como se indica en la norma ASTM C 566, Sección 8.1.

El contenido de humedad del agregado fino fue obtenido mediante un determinador de humedad, en el que una muestra con masa de 15 gramos es colocada en el aparato y luego de 35 minutos es reportado el porcentaje de humedad en la pantalla.

Los resultados del contenido de humedad del agregado grueso y fino utilizado para la elaboración de las mezclas de concreto con cemento ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE se muestran en la Tabla No. 24 y No. 25, respectivamente.



Fotografía No. 15 Determinador de humedad del agregado fino. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 16 Cocina eléctrica para el secado del agregado grueso. Fuente: Grupo de tesis.

4.3 Pruebas al cemento

Para verificar la resistencia del cemento se utilizó la norma ASTM C109/C109 M “Método de Ensayo Estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (usando especímenes de 2 pulgadas o de [50 mm])” donde se determina la resistencia a la compresión de los cubos de mortero y cuyos resultados se utilizaron para determinar el cumplimiento de las especificaciones del cemento.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado mm (pulg)	Masa de Peso Normal Muestra de Agregado, min (kg)
4.75 (0.187) (No. 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 ½)	6
50 (2)	8
63 (2 ½)	10
75 (3)	13
90 (3 ½)	16
100 (4)	25
150 (6)	50

Tabla No. 18 Tamaño de Muestra para Agregado. Fuente: Norma ASTM C 566 “Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por Secado”, Sección 6.2.

El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- ✓ *Pesas y dispositivos de peso*
- ✓ *Probetas graduadas*
- ✓ *Moldes para especímenes cúbicos de 2 pulgadas*(Ver Fotografía No. 17)
- ✓ *Mezclador mecánico:* con capacidad de 4.73 L(Ver Fotografía No. 18)
- ✓ *Mesa de flujo motorizada y molde de flujo* para obtener la fluidez del mortero (Ver Fotografía No. 19)
- ✓ *Espátula*
- ✓ *Apisonador* con cara plana y ángulos rectos a la longitud del apisonador, con dimensiones de ½ x 1x6 pulg (Ver Fotografía No. 20).

Procedimiento

La mezcla de mortero se realizó en un mezclador mecánico con una proporción de una parte de cemento por 2.75 partes de arena. Se elaboraron 6 cubos de mortero con cemento ASTM C 1157 Tipo GU y 12 cubos de mortero con cemento ASTM C 1157 Tipo HE.

La fluidez del mortero se comprobó con la mesa de flujo, colocando el molde en el centro de la mesa y llenándolo con mortero en 3 capas, compactando cada capa 20 veces con el apisonador.

Luego se engrasó la superficie y se retiró el molde. Inmediatamente la mesa se dejó caer 25 veces a una altura de $\frac{1}{2}$ pulgada en un tiempo de 15 segundos. La cantidad de agua utilizada fue la que le diera una fluidez al mortero de 110 ± 5 , el cual se midió con el calibrador tomando cuatro lecturas de los diámetros del mortero original a lo largo de las líneas marcadas en la parte superior de la mesa de flujo (Ver Fotografía No. 21). El total de las 4 lecturas del calibrador es igual al porcentaje de incremento del diámetro original del mortero.

Inmediatamente después de determinar el flujo del mortero, se mezcló nuevamente por 15 segundos y se procedió al llenado de los moldes previamente engrasados. Cada molde fue llenado en 3 capas compactando 32 veces cada una en cuatro rondas de 8 golpes. De igual forma se procedió para las dos capas siguientes, en un tiempo total no mayor de 2 minutos y 30 segundos después del mezclado. Luego se engrasaron las superficies para alisarlas.

El día siguiente al colado se desenmoldaron los cubos de mortero y fueron introducidos al tanque de curado para ser ensayados a la edad de 28 días y se obtuvieron las resistencias a la compresión. Los resultados de este ensayo para los cementos ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE se muestran en las Tablas No. 19 y No. 20, respectivamente.



Fotografía No. 17 Moldes para especímenes cúbicos de cemento. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 18 Mezclador Mecánico con capacidad de 4.73 L. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 19 Mesa de flujo motorizada. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 20 Apisonador de goma dura, dimensiones de $\frac{1}{2}$ x 1x6 pulg. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 21 Toma de lectura de los diámetros del mortero. Fuente: Grupo de tesis.

4.4 Elaboración de mezclas de concreto

La elaboración de las mezclas se hizo de acuerdo a la Norma ASTM C 192/C 192 M “Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo”. Esta práctica provee los requerimientos estandarizados para la preparación de materiales, mezclado de concreto y elaboración y curado de especímenes de concreto bajo condiciones de laboratorio.

Para la elaboración de las mezclas se reprodujeron cada una de las dosificaciones que publica la Tabla del Manual del Constructor (Ver Tabla No. 1).

El equipo que se utilizó fue el siguiente:

- ✓ *Concreteira*: con capacidad de 50 litros, marca Gilson Mixer. Modelo No. 59015C, Serial No. 59015C0251 (Ver Fotografía No. 22).

- ✓ *Carretilla*: para almacenar y transportar el concreto hasta el lugar del colado de los especímenes cilíndricos (Ver Fotografía No. 23).
- ✓ *Recipiente para peso volumétrico*: con volumen de 7.03 litros y una masa de 2.43 kg (Ver Fotografía No. 24)
- ✓ *Equipo para revenimiento*: consiste en un molde metálico con forma de cono truncado con una base de 8 pulg de diámetro, en la parte superior 4 pulg de diámetro y una altura de 12 pulg; base y varilla compactadora de acero recta y lisa con diámetro de 5/8 pulg y 24 pulg de longitud, con uno de sus extremos redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg (Ver Fotografía No. 25)
- ✓ *Termómetro para concreto*: utilizado para medir la temperatura del concreto recién mezclado en un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la temperatura se estabilice. El termómetro utilizado tiene un rango de 0 a 50° C y aproximación de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (Ver Fotografía No. 26).
- ✓ *Equipo adicional*: regla enrasadora, cucharón, espátula, pala, martillo de goma. (Ver Fotografía No. 23).

Procedimiento.

Se realizaron las bachadas de tal manera que el volumen fuera el necesario para elaborar 9 especímenes cilíndricos por cada dosificación.

Antes de iniciar la rotación en la concreteira, se adicionó el agregado grueso con un poco de agua de mezclado, y se inició el mezclado; luego se adicionó el agregado fino y se rotó la concreteira para mezclar. El cemento y agua fueron añadidos con la concreteira en movimiento, pero también se puede añadir parando la concreteira después de dar algunas revoluciones, siguiendo el orden antes descrito.

CUBOS DE MORTERO CON CEMENTO ASTM C-1157 TIPO GU							
N°	FECHA DE EMPAQUE DEL CEMENTO	FECHA DE ELABORACIÓN DE CUBOS	FECHA DE RUPTURA DE CUBOS	PESO CUBOS (g)	CARGA (lbf)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO (psi)
1	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	275.4	15930	3980	4080
2	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	279.6	18940	4740	
3	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	276.6	17620	4410	
4	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	274.6	13690	3420	
5	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	275.5	15270	3820	
6	23/03/2012	28/05/2012	26/06/2012	277.7	16370	4090	

Tabla No. 19 Resultados de resistencia del cemento ASTM C 1157 Tipo GU. Fuente: Grupo de tesis.

CUBOS DE MORTERO CON CEMENTO ASTM C-1157 TIPO HE							
N°	FECHA DE EMPAQUE DEL CEMENTO	FECHA DE ELABORACIÓN DE CUBOS	FECHA DE RUPTURA DE CUBOS	PESO CUBOS (g)	CARGA (lbf)	RESISTENCIA (psi)	PROMEDIO (psi)
1	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	281.9	15410	3850	3870
2	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.0	14910	3730	
3	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	284.1	15180	3800	
4	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.0	16350	4090	
5	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	282.9	15430	3860	
6	23/03/2012	30/05/2012	27/06/2012	284.2	15640	3910	
7	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.6	16570	4140	4140
8	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.9	16420	4110	
9	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.6	15850	3960	
10	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	282.4	16720	4180	
11	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	285.8	17430	4360	
12	18/04/2012	30/05/2012	27/06/2012	283.2	16340	4090	

Tabla No. 20 Resultados de resistencia del cemento ASTM C 1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 22 Concretera Gilson Mixer. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 23 Carretilla y Equipo adicional.



Fotografía No. 24 Recipiente para peso volumétrico. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 25 Equipo de revenimiento. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 26 Termómetro para concreto, calibrado. Fuente: Grupo de tesis.

Luego que todos los componentes del concreto estaban en la concreteira, se mezclaron por 3 minutos seguidos de 3 minutos de reposo, y posteriormente 2 minutos de mezclado final. Durante el periodo de reposo se realizó la prueba de revenimiento. En los casos que no se obtuvo el revenimiento buscado se agregó más agua al concreto, se mezcló nuevamente y se repitió la prueba de revenimiento.

Cuando el revenimiento buscado fue obtenido, dentro de un rango de 2 ½ pulg a 3 pulg, el concreto fue depositado en la carretilla con la concreteira rotando. El termómetro fue introducido en la mezcla para determinar la temperatura y se obtuvo también el peso volumétrico llenando el recipiente designado con concreto fresco en tres capas, varillando cada una con 25 golpes, luego golpeando el recipiente con un mazo con cabeza de hule de 10 a 12 veces. Luego se obtuvo la masa del recipiente más la mezcla de concreto. El peso volumétrico fue calculado dividiendo la masa del concreto fresco entre el volumen del recipiente. Los resultados se muestran en las Tablas No. 24 y No. 25.

El concreto fue transportado en la carretilla hasta el sitio donde los moldes cilíndricos serían colados. El moldeado de los especímenes se realizó dentro de los 15 minutos después de terminada la mezcla de concreto, tal como se

especifica en la norma ASTM C 172 “Práctica Estándar para Muestreo de Concreto Fresco”, Sección 4.1.2.

4.5 Pruebas al concreto fresco

Las pruebas de laboratorio que se le realizaron al concreto fresco son las siguientes:

4.5.1 Asentamiento en cono de Abrams o Revenimiento (ASTM C 143)

Este método de ensayo está normado bajo la ASTM C 143 “Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico”; y consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono truncado. El molde es levantado verticalmente y el concreto se derrama. La distancia vertical entre la posición original y la desplazada del centro de la cara superior del concreto es medida y reportada como el revenimiento del concreto. El revenimiento es un indicador de la consistencia o fluidez de una mezcla, y este es un componente importante de la trabajabilidad.

El método de revenimiento es aplicable a concreto plástico que contiene agregado grueso con tamaño de hasta 1 ½ pulg. Este ensayo debe hacerse sin interrupción y terminarse en un tiempo de 2 ½ minutos.

El ACI 211.1 establece límites de revenimientos en mezclas donde se usa vibración para consolidar el concreto, para aplicarlos en diferentes tipos de construcción cuando el revenimiento de una mezcla no ha sido especificado (Ver Tabla No. 21). En esta investigación se buscó obtener revenimientos dentro de los límites de 2 ½ a 3 ½ pulgadas, aunque en algunas mezclas no se lograron esos revenimientos debido a su dosificación.

La prueba de revenimiento no se considera aplicable al concreto no plástico y no cohesivo. Los concretos con revenimientos menores a 0.5 pulgadas pueden no ser lo suficientemente plásticos; y concretos con revenimiento mayor a 9 pulgadas pueden no ser lo suficientemente cohesivos, por lo cual el ensayo sería poco significativo¹⁷. En las mezclas con revenimientos de 0 a 1 pulgada (Ver Fotografía No. 27) se obtuvieron especímenes con formación de colmenas; en el Capítulo V se menciona específicamente en que mezclas se da este fenómeno.

La formación de colmenas se debe a la segregación de los componentes del concreto, y uno de los factores importantes para que no ocurra segregación es una adecuada dosificación de la mezcla.

Tipos de Construcción	Revenimiento, pulg.	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	8	2
Zapatas, campanas y muros de subestructura	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	5	2

Tabla No. 21 Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción. Fuente: Apéndice 5, Manual de la Práctica del concreto, ACI 211.1

* Pueden incrementarse en 1 pulg cuando no se usa vibración para consolidar el concreto.

El tamaño de la muestra de concreto, para determinar el revenimiento, fue obtenida de acuerdo a la práctica ASTM C 172 “Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado”.

¹⁷ Norma ASTM C143, Método de Ensayo Estándar para Asentamiento en cono de Abrams o Revenimiento.

Los instrumentos que se utilizaron para realizar esta prueba fueron:

- ✓ *Molde metálico*: con forma en la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulg de diámetro, en la parte superior 4 pulg de diámetro y una altura de 12 pulg. Según la norma ASTM C 143 los diámetros individuales y la altura tendrán una tolerancia de $\pm 1/8$ de pulg en las dimensiones prescritas.

- ✓ *Base*: se utilizó para contener el concreto del revenimiento.

- ✓ *Apisonador*: se utilizó una varilla de acero recta y lisa con diámetro de 5/8 pulg y 24 pulg de longitud, con uno de sus extremos redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg.

- ✓ *Equipo adicional*: cucharón, espátula, cinta métrica.

Procedimiento.

Se humedeció el molde y se colocó en una superficie plana, húmeda y no absorbente. El molde se sujetó firmemente por el operador en el lugar de llenado, colocándose sobre las dos piezas para pie. De la muestra de concreto se llenó el molde en 3 capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde. Cada capa fue apisonada con 25 golpes de la varilla, distribuyéndolos uniformemente sobre la sección de la capa.

Llenada y apisonada la capa superior, se alisó la superficie de concreto rodando la varilla. Inmediatamente se removi6 el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en direcci6n vertical a una distancia de 12 pulg en 5 ± 2 segundos (Ver Fotografía No. 27).

Inmediatamente se midi6 el revenimiento con cinta métrica, determinando la diferencia vertical entre el borde del molde y el centro desplazado de la cara superior del concreto. En los casos en que no se obtuvo el revenimiento buscado,

la muestra se depositó de nuevo en la concretora y se mezcló adicionando más agua, nuevamente se tomó el revenimiento en un tiempo máximo de 2 ½ minutos. Este proceso sólo se hizo en las mezclas trabajables y con menor contenido de grava, es decir, en las que era posible mejorar su revenimiento adicionando agua sin que esta se segregara.

En la Fotografía No. 27 se puede ver un revenimiento de cero pulgadas, fenómeno que se dio en las mezclas más gravosas y con poca trabajabilidad.

Los resultados de revenimiento para cada tipo de dosificación se muestran en las Tablas No. 24 y No. 25.



Fotografía No. 27 Revenimiento o asentamiento en cono Abrams de cero pulgadas. Fuente: Grupo de tesis.

4.5.2 Temperatura del concreto (ASTM C 1064)

Para la determinación de la temperatura se siguió la norma ASTM C 1064 “Método de Ensayo Estándar para Temperatura del Concreto de Cemento

Portland Recién Mezclado”, la cual consiste en la medición de la temperatura del concreto fresco. Este puede ser utilizado para verificar los requisitos especificados para la temperatura del concreto.

El instrumento utilizado fue únicamente el dispositivo medidor de temperatura, con rango de 0 °C a 50 °C y una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1^{\circ}\text{F}$), y la carretilla para el transporte del concreto fresco.

Procedimiento.

El dispositivo medidor de temperatura fue colocado en la mezcla de concreto fresco de modo que la porción del sensor de temperatura estuviera sumergido un mínimo de 3 pulg (Ver Fotografía No. 28). El concreto superficial se presionó suavemente alrededor del dispositivo medidor de temperatura para que la temperatura ambiental no afectara la lectura. Después de un período mínimo de 2 minutos se leyó y registró la temperatura.

4.6 Elaboración de especímenes.

Una vez elaborada la mezcla de concreto se procede a elaborar los especímenes, siguiendo la norma ASTM C 192 “Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo”. Los moldes cilíndricos empleados son de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de alto (Ver Fotografía No. 29).

Antes de colar el concreto en los moldes, éstos fueron limpiados y debidamente armados de modo que no existan fugas de agua de la mezcla al verter el concreto en ellos. Además los cilindros se engrasaron para garantizar un fácil desenmolde, usando aceite para motor que no causa una reacción química con el concreto.

El concreto se colocó en capas en los moldes utilizando un cucharón, el número de capas está determinado por la norma ASTM C 192; en la Tabla No. 22 se establece que para cilindros de 6 pulgadas de diámetro, el colado se realiza en tres capas de igual profundidad.

La consolidación de los especímenes dependió del revenimiento obtenido en cada mezcla. Para mezclas con revenimiento menor de 1 pulgada, que en su mayoría fueron las mezclas gravosas y poco trabajables se usó vibración externa. La mesa de vibrado usada en laboratorio es de la marca Syntron, Modelo BP-511-D1, F.O. B97553, 230 V 60 Hz 2.3 A (Ver Fotografía No. 30).

En mezclas con revenimiento mayor de 1 pulgada se usó el varillado. Se utilizó una barra de apisonado de acero con un extremo de apisonado redondeado, con un diámetro de 5/8 de pulgada y 24 pulgadas de longitud según la Tabla No. 23. A cada capa de concreto se le aplicó 25 golpes con la barra distribuidos sobre toda la superficie, teniendo el cuidado que la barra penetrara toda la capa que se estaba compactando y 1 pulgada de la capa inferior. El número de golpes fue determinado según la Tabla No. 23.

Después de varillar cada capa se distribuyeron de 10 a 15 golpes a los extremos del molde usando un mazo con cabeza de hule de peso 1.25 ± 0.5 lb (Ver Fotografía No. 31).

Al llenar los moldes de concreto se esperó aproximadamente 30 minutos para enrasar y hacerle un acabado liso a la superficie. La superficie de cada espécimen tuvo un acabado plano y nivelado con la superficie del molde. Por cada dosificación se elaboraron de ocho a nueve especímenes de concreto.



Fotografía No. 28 Medición de la temperatura del concreto fresco. Fuente: Grupo de tesis.

Tipo y tamaño de espécimen	Modo de Consolidación	Número de capas aproximadamente igual espesor
Cilindros		
Diámetro, pulg. [mm]		
3 ó 4 [75 hasta 100]	Varillado	2
6 [150]	Varillado	3
9 [225]	Varillado	4
hasta 9 [225]	Vibración	2
Prismas y cilindros horizontales de flujo plástico:		
Espesor, pulg. [mm]		
hasta 8 [200]	Varillado	2
más de 8 [200]	Varillado	3 ó más
hasta 8 [200]	Vibración	1
más de 8 [200]	Vibración	2 ó más

Tabla No.22 Número de Capas requeridas para los especímenes. Fuente: Norma ASTM C 192 “Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo”, Sección 7.4.1.

Cilindros		
Diámetro de cilindro, pulg. [mm]	Diámetro de varilla pulg. [mm]	Número de golpes/Capa
3 [75] hasta < 6 [150]	3/8 [10]	25
6 [150]	5/8 [16]	25
8 [200]	5/8 [16]	50
10 [250]	5/8 [16]	75
Vigas y Prismas		
Área de la Superficie Superior del Espécimen pulg. ² [cm ²]	Diámetro de Varilla pulg. [mm]	Número de golpes/Capas
25 [160] o menos	3/8 [10]	25
26 a 49 [165 a 310]	3/8 [10]	Uno por cada 1 pulg. ² [7 cm ²] de superficie
50 [320] o más	5/8 [6]	Uno por cada 2 pulg. ² [14 cm ²] de superficie
Cilindros de flujo Plástico Horizontales		
Diámetro de cilindro pulg. [mm]	Diámetro de Varilla pulg. [mm]	Número de golpes/capa
6 [150]	5/8 [6]	50 en total, 25 a lo largo de ambos lados de del eje

Tabla No. 23 Diámetro de Varilla y Número de golpes/Capa a ser Usados en el Moldeado de Especímenes de Ensayo. Fuente: Norma ASTM C 192 “Práctica Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo”, Sección 7.4.2



Fotografía No. 29 Moldes de 6 x 12 pulg. Fuente: Grupo de tesis.

Mezcla No.	Proporción volumétrica	Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)	Humedad Arena (%)	Humedad Grava (%)	Revenimiento (pulg)	Temperatura (°C)	Peso Volumétrico (kg/m ³)
1	1:1.5:1.5	12.6	0.53	0.55	173	8.26	0.40	2.50	28	2291
2	1:1.5:2	11.3	0.48	0.64	236	6.85	0.80	3.00	29	2310
3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	133	6.85	0.60	3.25	26	2299
4	1:1.5:3	9.3	0.37	0.79	199	5.5	1.80	0.50	26.5	2400
5	1:2:2	9.8	0.55	0.55	185	3.66	0.30	3.50	26	2343
6	1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	189	3.66	0.30	2.75	27.5	2346
7	1:2:3	8.4	0.47	0.71	136	8.22	0.40	2.25	25	2370
8	1:2:3.5	7.8	0.44	0.76	163	7.30	1.30	2.00	25	2380
9	1:2:4	7.3	0.41	0.82	110	8.12	2.50	0.00	25	2314
10	1:2.5:2.5	8.3	0.58	0.58	163	6.45	0.60	2.50	25	2307
11	1:2.5:3	7.6	0.54	0.65	151	7.1	0.50	2.50	25	2337
12	1:2.5:3.5	7.2	0.51	0.71	133	7.1	0.50	1.00	25	2349
13	1:2.5:4	6.7	0.48	0.77	143	7.1	0.50	1.00	25	2331
14	1:3:4	6.3	0.53	0.71	119	8.32	2.10	0.00	24.5	2371
15	1:3:4.5	5.9	0.50	0.75	113	6.74	1.40	1.00	24	2339
16	1:3:5	5.6	0.47	0.79	102	6.74	1.40	1.00	24	2333
17	1:3:6	5.5	0.47	0.94	123	8.97	1.50	0.00	24.5	2330

Tabla No. 24 Resumen de resultados utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU para 1 m³ de concreto. Fuente: Grupo de tesis

Mezcla No.	Proporción volumétrica	Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)	Humedad Arena (%)	Humedad Grava (%)	Revenimiento (pulg)	Temperatura (°C)	Peso Volumétrico (kg/m ³)
1	1:1.5:1.5	12.6	0.53	0.55	198	8.26	0.40	3.00	29	2298
2	1:1.5:2	11.3	0.48	0.64	142	6.85	0.80	3.50	26.5	2310
3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	219	7.62	0.50	2.50	26.5	2367
4	1:1.5:3	9.3	0.37	0.79	109	7.62	0.50	1.50	26	2416
5	1:2:2	9.8	0.55	0.55	224	3.66	0.30	3.50	27	2334
6	1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	148	13.55	1.10	3.50	27	2336
7	1:2:3	8.4	0.47	0.71	137	8.22	0.40	3.25	25	2398
8	1:2:3.5	7.8	0.44	0.76	141	13.55	0.80	1.00	24	2378
9	1:2:4	7.3	0.41	0.82	114	8.12	2.50	0.00	25	2295
10	1:2.5:2.5	8.3	0.58	0.58	160	6.45	0.60	2.50	25	2307
11	1:2.5:3	7.6	0.54	0.65	210	8.00	1.50	2.25	24	2370
12	1:2.5:3.5	7.2	0.51	0.71	147	8.32	2.10	2.25	25	2361
13	1:2.5:4	6.7	0.48	0.77	151	8.32	2.10	3.00	24	2372
14	1:3:4	6.3	0.53	0.71	151	8.32	2.10	0.00	24.5	2372
15	1:3:4.5	5.9	0.50	0.75	114	6.74	1.40	1.00	25	2339
16	1:3:5	5.6	0.47	0.79	95	8.97	1.50	1.00	24	2333
17	1:3:6	5.5	0.47	0.94	123	8.97	1.50	0.00	24	2330

Tabla No. 25 Resumen de resultados utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo HE para 1 m³ de concreto. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 30 Mesa Vibratoria Syntron. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 31 Mazo con cabeza de goma. Fuente: Grupo de tesis.

4.7 Curado de especímenes

Aproximadamente 16 horas después de colar el concreto, se desenmoldaron los especímenes y se rotularon para su fácil identificación. La nomenclatura utilizada fue la siguiente:

1. Tipo de cemento, ya sea GU o HE.
2. El tipo de dosificación según la tabla de dosificaciones del Manual del Constructor (Ver Tabla No. 1).
3. La fecha de elaboración del espécimen en números, primero el mes seguido del día.
4. El número del espécimen.

Por ejemplo, un espécimen elaborado el 15 de Mayo, usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU de dosificación 1:1.5:1.5, es identificado como GU-1-515-1.

Una vez identificados todos los especímenes, fueron colocados en el tanque de curado del laboratorio el cual tiene dimensiones de 230 cm de largo, 95 cm de ancho y 60 cm de altura (Ver Fotografía No. 32), siguiendo las indicaciones de la norma ASTM C 192/C 192 M. Los especímenes permanecieron sumergidos en agua a temperatura ambiente, hasta la fecha del ensayo de resistencia a compresión.

4.8 Pruebas al concreto endurecido

4.8.1 Resistencia a la compresión (ASTM C 39)

La resistencia a la compresión se realizó bajo la norma ASTM C 39/C 39 M “Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto”, la cual consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto con un peso unitario mayor de 800 kg/m^3 . Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, revoltura, procedimiento de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, fabricación y edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.



Fotografía No. 32 Tanque de curado. Fuente: Grupo de tesis.

Los instrumentos utilizados en esta prueba fueron:

- a) *Máquina de ensayo*: Marca ELE International, Modelo 36-0650/06, Serial No. 0202, 220 VAC, 60 Hz. 8600 psi/595 BAR. Velocidad máxima de carga de 230 kg/s, tolerancia $0.25 \pm 0.05 \text{ kg/s}$. Razón de carga dentro del rango de $35 \pm 7 \text{ psi/s}$ ($0.25 \pm 0.05 \text{ MPa/s}$).
- b) *Equipo adicional*: cinta métrica, balanza.

Procedimiento.

Los especímenes cilíndricos debidamente identificados se removieron del almacenado húmedo para determinar su masa y sus dimensiones cuidando que permanecieran húmedos hasta el momento del ensayo (Ver Fotografías No. 33 y No. 34).

Luego, el operador del laboratorio colocó los cilindros en la máquina de ensayo siguiendo las indicaciones de la norma ASTM C 39/C 39 M, y se obtuvieron las cargas máximas aplicadas a cada uno de los especímenes. (Ver Fotografía No. 35). Para cada cilindro se obtuvo el esfuerzo de compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo por el área de la sección transversal. Además se determinó el tipo de falla, masa del espécimen y peso volumétrico.

Todos los especímenes para una edad determinada fueron ensayados con la tolerancia de tiempo permisible prescritos en la Tabla No. 26. La precisión de un operador simple en ensayos de cilindros individuales de 6 x 12 pulg (150 por 300 mm) hechos con una revoltura de concreto bien mezclada se da para cilindros hechos en un ambiente de laboratorio y bajo condiciones de campo normales. La Tabla No. 27 muestra los rangos aceptables.



Fotografía No. 33 Diámetro del espécimen. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 34 Altura del espécimen. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 35 Especimen sometido a esfuerzo de compresión. Fuente: Grupo de tesis.

Edad	Tolerancia permisible de tiempo de ensayo
24 horas	± 0.5 hrs ó 2.1%
3 días	2 hrs ó 2.8%
7 días	6 hrs ó 3.6%
28 días	20 hrs ó 3%
90 días	2 días o 2.2%

Tabla No. 26 Tolerancia permisible de tiempo de ensayo. Fuente: ASTM C 39/C 39 M “Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

Los cilindros ensayados con rangos de fuerza individual fuera de la norma se eliminaron y no se tomaron en cuenta para sacar el promedio de la resistencia.

Un sólo operador	Coeficiente de variación	Rango aceptable en fuerza individual de cilindros	
		2 cilindros	3 cilindros
6 x 12 pulg (150 x 300 mm)		2 cilindros	3 cilindros
Condiciones de laboratorio	2.4%	6.6%	7.8%
Condiciones de campo	2.9%	8.0%	9.5%
4 x 8 pulg (100 x 200 mm) Condiciones de laboratorio	3.2%	9.0%	10.6%

Tabla No. 27 Rango aceptable en fuerza individual de cilindros. Fuente: ASTM C 39/C 39 M “Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

Los resultados a la compresión de los especímenes de concreto a la edad de 3, 7 y 28 días se muestran en las Tablas No. 28 a la No. 61.

Los tipos de falla que pueden presentar los cilindros de concreto son 6, y se ilustran en la Figura No. 2.

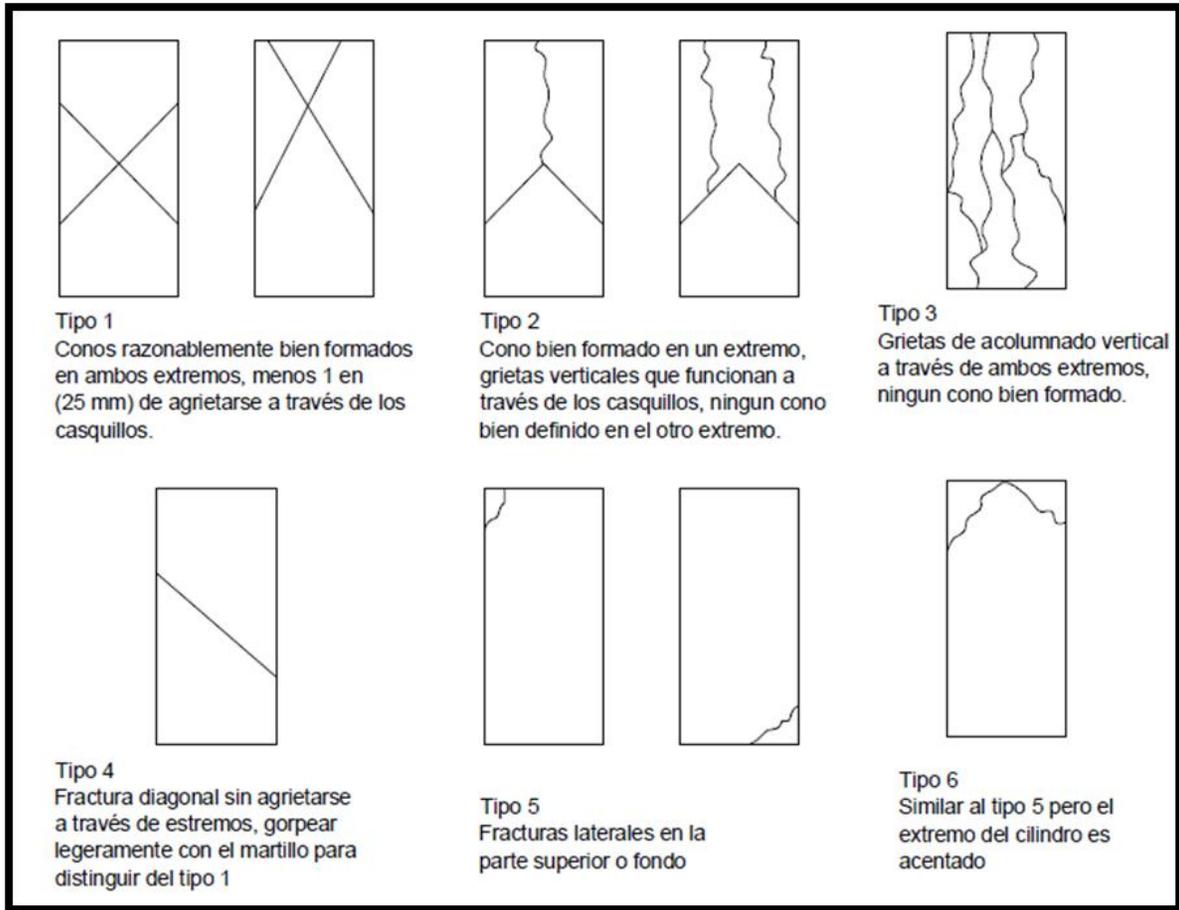


Figura No. 2 Tipos de falla. Fuente: Norma ASTM C 39/C 39 M “Método de Ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto”



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :		Revisión de dosificaciones del Manual del Constructor										
UBICACION :		Santa Elena, Antiguo Cuscatlán										
LABORATORISTAS:		Krischia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya										
SUPERVISO:		Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos										
OBSERVACIONES:												
Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:1.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU												
Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	09/04	12/04	3	2.5	15.1	30.5	179.1	12690	2323	38860	217	6
2	09/04	12/04	3	2.5	15.1	30.5	179.1	12736	2332	36970	206	6
3	09/04	12/04	3	2.5	15.1	30.5	179.1	12839	2351	37120	207	5
										Prom.	210	
4	09/04	16/04	7	2.5	15.2	30.5	181.5	12660	2287	51270	283	6
5	09/04	16/04	7	2.5	15.2	30.6	181.5	12775	2301	54060	298	5
6	09/04	16/04	7	2.5	15.1	30.4	179.1	12967	2382	53280	298	5
										Prom.	293	
7	09/04	07/05	28	2.5	15.1	30.5	179.1	12865	2355	69410	388	5
8	09/04	07/05	28	2.5	15.1	30.3	179.1	12888	2375	77220	431	5
9	09/04	07/05	28	2.5	15.0	30.3	176.7	12754	2382	75470	427	5
										Prom.	415	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 28 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 1 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del Manual del Constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:1.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	09/04	12/04	3	3	15.1	30.5	179.1	12784	2341	25940	145	5
2	09/04	12/04	3	3	15.1	30.5	179.1	12755	2335	25380	142	6
										Prom.	143	
3	09/04	16/04	7	3	15.1	30.4	179.1	12727	2338	43760	244	5
4	09/04	16/04	7	3	15.1	30.4	179.1	12836	2358	45310	253	3
5	09/04	16/04	7	3	15.2	30.3	181.5	12645	2300	43960	242	5
										Prom.	247	
6	09/04	07/05	28	3	15.1	30.5	179.1	12888	2360	63990	357	5
7	09/04	07/05	28	3	15.1	30.5	179.1	12813	2346	66380	371	5
										Prom.	364	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 29 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión Mezcla No. 1 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:2, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	16/04	19/04	3	3.0	15.0	30.7	176.7	12530	2310	24980	141	5
2	16/04	19/04	3	3.0	15.1	30.7	179.1	12740	2317	24630	138	5
3	16/04	19/04	3	3.0	15.1	30.6	179.1	12780	2332	27530	154	6
										Prom.	144	
4	16/04	23/04	7	3.0	15.2	30.4	181.5	12686	2300	42260	233	5
5	16/04	23/04	7	3.0	15.1	30.5	179.1	12734	2331	41040	229	3
6	16/04	23/04	7	3.0	15.1	30.6	179.1	12851	2345	38480	215	5
										Prom.	226	
7	16/04	14/05	28	3.0	15.1	30.5	179.1	12798	2343	60650	339	3
8	16/04	14/05	28	3.0	15.0	30.5	176.7	12919	2397	66300	375	5
9	16/04	14/05	28	3.0	15.1	30.6	179.1	12915	2357	64690	361	5
										Prom.	358	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 30 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 2 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



*Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:2, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	16/04	19/04	3	3.5	15.1	30.3	179.1	12732	2346	15460	86	6
2	16/04	19/04	3	3.5	15.2	30.4	181.5	12799	2320	16500	91	2
										Prom.	89	
3	04/06	11/06	7	3.5	15.1	30.6	179.1	13072	2385	23050	129	5
4	04/06	11/06	7	3.5	15.1	30.5	179.1	13090	2397	24210	135	5
										Prom.	132	
5	04/06	02/07	28	3.5	15.1	30.4	179.1	13060	2399	46230	258	3
6	04/06	02/07	28	3.5	15.1	30.5	179.1	12787	2341	40940	229	5
7	04/06	02/07	28	3.5	15.1	30.4	179.1	12790	2349	42570	238	5
										Prom.	241	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = kg / cm²

$$1 \text{ MPa} = 10.1971 \text{ kg/cm}^2$$

Tabla No. 31 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 2 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	16/04	19/04	3	3.25	15.2	30.4	181.5	12972	2352	15480	85	2
2	16/04	19/04	3	3.25	15.2	30.3	181.5	12904	2347	16130	89	5
										Prom.	87	
3	04/06	11/06	7	2.75	15.1	30.5	179.1	13125	2403	32540	182	5
4	04/06	11/06	7	2.75	15.1	30.5	179.1	13172	2412	29200	163	5
5	04/06	11/06	7	2.75	15.1	30.4	179.1	13132	2412	30800	172	5
										Prom.	172	
6	04/06	02/07	28	2.75	15.1	30.5	179.1	13000	2380	65390	365	5
7	04/06	02/07	28	2.75	15.1	30.4	179.1	13203	2425	59720	333	5
8	04/06	02/07	28	2.75	15.1	30.5	179.1	13193	2415	63550	355	2
										Prom.	351	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 32 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-20163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	07/05	10/05	3	2.5	15.2	30.5	181.5	13044	2357	15260	84	5
2	07/05	10/05	3	2.5	15.2	30.5	181.5	13150	2376	16350	90	5
3	07/05	10/05	3	2.5	15.1	30.4	179.1	13083	2403	13980	78	5
										Prom.	84	
4	07/05	14/05	7	2.5	15.1	30.5	179.1	13044	2388	24700	138	5
5	07/05	14/05	7	2.5	15.1	30.4	179.1	12997	2387	26410	147	5
6	07/05	14/05	7	2.5	15.2	30.5	181.5	13027	2354	26110	144	5
										Prom.	143	
7	07/05	04/06	28	2.5	15.1	30.5	179.1	12983	2377	37420	209	5
8	07/05	04/06	28	2.5	15.2	30.4	181.5	13078	2371	38850	214	5
										Prom.	212	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 33 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 3 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



*Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:3, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	14/08	17/08	3	0.5	15.1	30.4	179.1	13103	2407	19920	111	5
2	14/08	17/08	3	0.5	15.1	30.4	179.1	13100	2406	19160	107	5
										Prom.	109	
3	14/08	21/08	7	0.5	15.1	30.4	179.1	13086	2404	29160	163	6
4	14/08	21/08	7	0.5	15.1	30.4	179.1	13105	2407	30260	169	6
										Prom.	166	
5	14/08	11/09	28	0.5	15.2	30.5	181.5	13102	2367	49620	273	6
6	14/08	11/09	28	0.5	15.1	30.5	179.1	13118	2402	49210	275	6
										Prom.	274	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 34 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:1.5:3, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	07/05	10/05	3	1.5	15.1	30.3	179.1	13165	2426	18320	102	5
2	07/05	10/05	3	1.5	15.2	30.3	181.5	13236	2407	17600	97	5
										Prom.	100	
3	04/06	11/06	7	1.5	15.1	30.5	179.1	13163	2410	28070	157	5
4	04/06	11/06	7	1.5	15.1	30.5	179.1	13116	2401	28600	160	5
5	04/06	11/06	7	1.5	15.1	30.5	179.1	12995	2379	27470	153	5
										Prom.	157	
6	04/06	02/07	28	1.5	15.1	30.5	179.1	13163	2410	36230	202	5
7	04/06	02/07	28	1.5	15.1	30.5	179.1	13089	2396	38880	217	5
8	04/06	02/07	28	1.5	15.1	30.5	179.1	13150	2408	38600	216	5
										Prom.	212	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 35 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 4 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:2, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	14/05	17/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12895	2361	17510	98	5
2	14/05	17/05	3	3.5	15.1	30.4	179.1	12822	2355	17030	95	5
3	14/05	17/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12903	2362	16570	93	5
										Prom.	95	
4	14/05	21/05	7	3.5	15.1	30.5	179.1	12907	2363	27350	153	5
5	14/05	21/05	7	3.5	15.2	30.5	181.5	12916	2334	26850	148	5
6	14/05	21/05	7	3.5	15.0	30.4	176.7	12740	2372	26800	152	5
										Prom.	151	
7	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.4	179.1	12944	2378	46440	259	5
8	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.4	179.1	12864	2363	46590	260	3
9	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.4	179.1	12892	2368	46880	262	5
										Prom.	260	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm ²		
1 MPa= 10.1971kg/cm ²												

Tabla No. 36 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:2, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	14/05	17/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12808	2345	16320	91	6
2	14/05	17/05	3	3.5	15.0	30.5	176.7	12829	2380	16000	91	6
										Prom.	91	
4	14/05	21/05	7	3.5	15.1	30.5	179.1	12799	2343	28100	157	5
5	14/05	21/05	7	3.5	15.1	30.5	179.1	12890	2360	24720	138	5
6	14/05	21/05	7	3.5	15.2	30.4	181.5	12848	2329	26880	148	5
										Prom.	148	
7	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.6	179.1	12875	2350	47990	268	2
8	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.5	179.1	12862	2355	46640	260	5
9	14/05	11/06	28	3.5	15.1	30.6	179.1	12872	2349	46420	259	5
										Prom.	263	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = **kg / cm²**

1 MPa= 10.1971 kg/cm²

Tabla No. 37 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 5 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	14/05	17/05	3	2.75	15.1	30.4	179.1	13048	2397	15000	84	6
2	14/05	17/05	3	2.75	15.2	30.5	181.5	13053	2358	14120	78	5
3	14/05	17/05	3	2.75	15.2	30.4	181.5	12981	2353	15630	86	5
										Prom.	83	
4	14/05	21/05	7	2.75	15.1	30.4	179.1	13134	2413	23620	132	6
5	14/05	21/05	7	2.75	15.1	30.4	179.1	13129	2412	24180	135	6
										Prom.	133	
6	14/05	11/06	28	2.75	15.1	30.5	179.1	13083	2395	45500	254	5
7	14/05	11/06	28	2.75	15.1	30.5	179.1	13035	2386	46000	257	5
8	14/05	11/06	28	2.75	15.1	30.5	179.1	13055	2390	46440	259	2
										Prom.	257	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm ²		
1 MPa= 10.1971kg/cm ²												

Tabla No. 38 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 6 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	15/05	18/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12794	2342	13590	76	6
2	15/05	18/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12954	2372	14960	84	5
3	15/05	18/05	3	3.5	15.1	30.5	179.1	12987	2378	14880	83	6
										Prom.	81	
4	15/05	22/05	7	3.5	15.2	30.4	181.5	12936	2345	22130	122	5
5	15/05	22/05	7	3.5	15.1	30.5	179.1	12989	2378	23460	131	5
6	15/05	22/05	7	3.5	15.1	30.5	179.1	12989	2378	23380	131	5
										Prom.	128	
7	15/05	12/06	28	3.5	15.1	30.5	179.1	12900	2362	38990	218	5
8	15/05	12/06	28	3.5	15.1	30.5	179.1	13100	2398	38570	215	5
										Prom.	217	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = **kg / cm²**

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 39 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 6 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:3, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	21/05	24/05	3	2.25	15.0	30.5	176.7	13070	2425	12910	73	2
2	21/05	24/05	3	2.25	15.1	30.5	179.1	13173	2412	13240	74	3
3	21/05	24/05	3	2.25	15.1	30.4	179.1	13136	2413	12150	68	3
										Prom.	72	
4	21/05	28/05	7	2.25	15.1	30.5	179.1	13248	2426	18590	104	2
5	21/05	28/05	7	2.25	15.1	30.5	179.1	13180	2413	20050	112	6
6	21/05	28/05	7	2.25	15.1	30.5	179.1	13142	2406	19980	112	5
										Prom.	109	
7	21/05	18/06	28	2.25	15.1	30.5	179.1	13241	2424	38020	212	5
8	21/05	18/06	28	2.25	15.1	30.5	179.1	13186	2414	34700	194	5
9	21/05	18/06	28	2.25	15.1	30.5	179.1	38800	7104	38800	217	5
										Prom.	208	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm ²		
1 MPa= 10.1971kg/cm ²												

Tabla No. 40 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 7 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:3, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	21/05	24/05	3	3.25	15.2	30.5	181.5	13153	2377	11450	63	3
2	21/05	24/05	3	3.25	15.1	30.5	179.1	13155	2409	10660	60	2
3	21/05	24/05	3	3.25	15.1	30.5	179.1	13159	2409	10950	61	3
										Prom.	61	
4	21/05	28/05	7	3.25	15.2	30.5	181.5	13117	2370	16160	89	5
5	21/05	28/05	7	3.25	15.2	30.4	181.5	13207	2394	15010	83	5
6	21/05	28/05	7	3.25	15.1	30,6	179.1	13114	2393	16470	92	5
										Prom.	88	
7	21/05	18/06	28	3.25	15.1	30.4	179.1	13174	2420	27080	151	5
8	21/05	18/06	28	3.25	15.1	30.4	179.1	13117	2409	26600	149	5
										Prom.	150	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm ²		
1 MPa= 10.1971kg/cm ²												

Tabla No. 41 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 7 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:3.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	28/08	31/08	3	2.00	15.1	30.3	179.1	12998	2395	9360	52	3
2	28/08	31/08	3	2.00	15.1	30.5	179.1	13033	2386	9760	55	2
										Prom.	53	
3	28/08	04/09	7	2.00	15.1	30.4	179.1	13098	2406	16090	90	6
4	28/08	04/09	7	2.00	15.1	30.4	179.1	13090	2404	15850	89	6
										Prom.	89	
5	28/08	25/09	28	2.00	15.1	30.4	179.1	13175	2420	34450	192	6
6	28/08	25/09	28	2.00	15.1	30.4	179.1	13192	2423	31000	173	5
										Prom.	183	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971 kg/cm²												

Tabla No. 42 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 8 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:3.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	28/05	31/05	3	1.0	15.1	30.4	179.1	13057	2398	8070	45	6
2	28/05	31/05	3	1.0	15.1	30.5	179.1	13092	2397	8420	47	6
										Prom.	46	
3	28/05	04/06	7	1.0	15.1	30.4	179.1	13230	2430	19280	108	5
4	28/05	04/06	7	1.0	15.1	30.5	179.1	13099	2398	17400	97	5
5	28/05	04/06	7	1.0	15.1	30.5	179.1	13142	2406	19250	107	5
										Prom.	104	
6	28/05	25/06	28	1.0	15.1	30.5	179.1	13200	2417	30630	171	5
7	28/05	25/06	28	1.0	15.1	30.5	179.1	13337	2442	28270	158	5
										Prom.	164	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = **kg / cm²**

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 43 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 8 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:4, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	16/07	19/07	3	0.00	15.2	30.5	181.5	12319	2226	13240	73	5
2	16/07	19/07	3	0.00	15.2	30.5	181.5	12450	2250	13300	73	5
										Prom.	73	
3	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12655	2317	18810	105	3
4	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12365	2264	17860	100	2
5	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12497	2288	18470	103	6
										Prom.	103	
6	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12514	2291	31890	178	5
7	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12668	2319	29100	162	5
8	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.6	179.1	12624	2304	32590	182	2
										Prom.	174	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 44 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 9 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2:4, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	16/07	19/07	3	0.00	15.3	30.5	183.9	12654	2257	13280	72	5
2	16/07	19/07	3	0.00	15.2	30.5	181.5	12548	2267	13650	75	6
										Prom.	74	
3	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12350	2261	20240	113	3
4	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12503	2289	16430	92	5
5	16/07	23/07	7	0.00	15.1	30.6	179.1	12517	2284	20150	113	5
										Prom.	106	
6	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12762	2337	26640	149	2
7	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12473	2284	29700	166	3
8	16/07	13/08	28	0.00	15.1	30.6	179.1	12353	2254	28730	160	5
										Prom.	158	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 45 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 9 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	12/06	15/06	3	2.50	15.1	30.4	179.1	13064	2400	10120	57	3
2	12/06	15/06	3	2.50	15.2	30.7	181.5	13147	2360	10240	56	3
3	12/06	15/06	3	2.50	15.0	30.5	176.7	12789	2373	9080	51	2
										Prom.	55	
4	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	12857	2354	14420	81	5
5	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.6	179.1	12801	2336	14380	80	5
6	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	12846	2352	14050	78	3
										Prom.	80	
7	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	13072	2393	27240	152	5
8	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12735	2332	29020	162	5
9	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	13095	2398	30410	170	5
										Prom.	161	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 46 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 10 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:2.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	12/06	15/06	3	2.50	15.1	30.4	179.1	12761	2344	15610	87	5
2	12/06	15/06	3	2.50	15.1	30.5	179.1	12821	2347	15380	86	6
3	12/06	15/06	3	2.50	15.1	30.7	179.1	12848	2337	16160	90	6
										Prom.	88	
4	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	12855	2354	25160	140	5
5	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	12773	2339	24930	139	6
6	12/06	19/06	7	2.50	15.1	30.6	179.1	12864	2348	24720	138	5
										Prom.	139	
7	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12842	2351	39140	219	5
8	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12845	2352	36300	203	4
9	12/06	10/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12866	2356	38640	216	3
										Prom.	212	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 47 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 10 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:3, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	18/06	21/06	3	2.50	15.1	30.6	179.1	12765	2329	7300	41	5
2	18/06	21/06	3	2.50	15.1	30.6	179.1	13009	2374	6550	37	3
										Prom.	39	
3	18/06	25/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	13941	2552	11990	67	5
4	18/06	25/06	7	2.50	15.1	30.5	179.1	12911	2364	12160	68	6
										Prom.	67	
5	18/06	16/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12950	2371	23050	129	6
6	18/06	16/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	12815	2346	21450	120	2
7	18/06	16/07	28	2.50	15.1	30.5	179.1	13061	2391	22950	128	5
										Prom.	126	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 48 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 11 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:3, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	21/08	24/08	3	2.25	15.1	30.4	181.5	12835	2358	12070	67	6
										Prom.	67	
2	21/08	28/08	7	2.25	15.1	30.4	179.1	12888	2367	19510	109	6
3	21/08	28/08	7	2.25	15.1	30.4	179.1	12939	2377	18710	104	6
										Prom.	107	
4	21/08	18/09	28	2.25	15.2	30.5	181.5	13022	2353	32460	179	6
5	21/08	18/09	28	2.25	15.1	30.5	179.1	13114	2401	30440	170	6
										Prom.	175	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = **kg / cm²**

1 MPa= 10.1971 kg/cm²

Tabla No. 49 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 11 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.
Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:3.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	18/06	21/06	3	1.50	15.1	30.5	179.1	13185	2414	8310	46	5
2	18/06	21/06	3	1.50	15.1	30.5	179.1	12820	2347	9060	51	2
3	18/06	21/06	3	1.50	15.1	30.6	179.1	12961	2365	8910	50	5
										Prom.	49	
4	18/06	25/06	7	1.50	15.2	30.6	181.5	12867	2317	15810	87	5
5	18/06	25/06	7	1.50	15.2	30.6	181.5	12995	2340	15120	83	5
6	18/06	25/06	7	1.50	15.1	30.5	179.1	12800	2344	15070	84	5
										Prom.	85	
7	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	12977	2376	29130	163	6
8	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	13008	2381	28950	162	5
9	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	13029	2385	23900	133	3
										Prom.	153	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 50 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 12 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:3.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	25/06	28/06	3	2.25	15.2	30.5	181.5	13045	2357	14510	80	6
2	25/06	28/06	3	2.25	15.2	30.5	181.5	13020	2353	14730	81	5
										Prom.	81	
3	25/06	02/07	7	2.25	15.2	30.5	181.5	13350	2412	20460	113	3
4	25/06	02/07	7	2.25	15.2	30.5	181.5	12985	2346	21140	117	5
5	25/06	02/07	7	2.25	15.2	30.5	181.5	13007	2350	22440	124	5
										Prom.	118	
6	25/06	23/07	28	2.25	15.2	30.5	181.5	12985	2346	34180	188	5
7	25/06	23/07	28	2.25	15.2	30.5	181.5	13382	2418	32760	181	2
										Prom.	184	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 51 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 12 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:4, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	18/06	21/06	3	1.50	15.2	30.5	181.5	13190	2383	8280	46	6
2	18/06	21/06	3	1.50	15.1	30.5	179.1	12725	2330	8100	45	6
										Prom.	45	
3	18/06	25/06	7	1.50	15.2	30.5	181.5	12806	2314	7700	42	3
4	18/06	25/06	7	1.50	15.1	30.4	179.1	12593	2313	7430	41	5
										Prom.	42	
5	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	12972	2375	19970	111	5
6	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	12941	2369	21620	121	5
7	18/06	16/07	28	1.50	15.1	30.5	179.1	12922	2366	20530	115	5
										Prom.	116	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 52 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 13 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:2.5:4, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	25/06	28/06	3	3.00	15.1	30.4	179.1	13043	2396	11730	66	5
2	25/06	28/06	3	3.00	15.1	30.4	179.1	12944	2378	12170	68	5
										Prom.	67	
3	25/06	02/07	7	3.00	15.1	30.4	179.1	13177	2420	17180	96	5
4	25/06	02/07	7	3.00	15.1	30.4	179.1	12986	2385	17410	97	5
5	25/06	02/07	7	3.00	15.1	30.4	179.1	13388	2459	15800	88	5
										Prom.	94	
6	25/06	23/07	28	3.00	15.1	30.4	179.1	12865	2363	29500	165	6
7	25/06	23/07	28	3.00	15.1	30.4	179.1	12998	2388	30670	171	5
										Prom.	168	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 53 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 13 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:4, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	25/06	28/06	3	0.00	15.1	30.5	179.1	13035	2387	10190	57	5
2	25/06	28/06	3	0.00	15.1	30.5	179.1	12919	2365	10770	60	5
										Prom.	59	
3	25/06	02/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12895	2361	17320	97	5
4	25/06	02/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12865	2355	16960	95	5
										Prom.	96	
5	25/06	23/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12775	2339	24560	137	3
6	25/06	23/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	13030	2386	26870	150	6
7	25/06	23/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12843	2351	24110	135	3
										Prom.	141	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 54 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 14 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:4, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	25/06	28/06	3	0.00	15.1	30.5	179.1	12953	2372	11430	64	5
2	25/06	28/06	3	0.00	15.1	30.5	179.1	12958	2372	11620	65	5
										Prom.	64	
3	25/06	02/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12980	2376	17530	98	5
4	25/06	02/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12963	2373	16370	91	3
										Prom.	95	
5	25/06	23/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	13007	2381	28430	159	6
6	25/06	23/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12972	2375	28140	157	3
										Prom.	158	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =											kg / cm²	
											1 MPa= 10.1971kg/cm²	

Tabla No. 55 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 14 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:4.5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	02/07	05/07	3	1.00	15.1	30.6	179.1	13041	2380	6170	34	4
2	02/07	05/07	3	1.00	15.1	30.5	179.1	12818	2347	6740	38	3
										Prom.	36	
3	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12970	2375	7950	44	3
4	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12954	2372	8290	46	3
5	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	13210	2419	7160	40	3
										Prom.	43	
6	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12975	2376	15140	85	5
7	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	13015	2383	14930	83	4
8	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12963	2373	15020	84	5
										Prom.	84	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 56 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 15 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:4.5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	02/07	05/07	3	1.00	15.2	30.5	181.5	12978	2345	9080	50	3
2	02/07	05/07	3	1.00	15.2	30.5	181.5	12845	2321	8790	48	3
										Prom.	49	
3	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	13006	2381	16370	91	5
4	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	13074	2394	18070	101	5
5	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.6	179.1	12880	2350	16820	94	3
										Prom.	95	
6	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12967	2374	24370	136	4
7	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12895	2361	23030	129	3
8	02/07	30/07	28	1.00	15.2	30.4	181.5	13000	2357	24550	135	6
										Prom.	133	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) =

kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 57 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 15 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



*Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164*

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:5, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	02/07	05/07	3	1.00	15.2	30.5	181.5	12965	2343	5190	29	5
2	02/07	05/07	3	1.00	15.2	30.6	181.5	12680	2284	4950	27	5
										Prom.	28	
3	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12882	2359	9240	52	5
4	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	13315	2438	9500	53	5
5	02/07	09/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12920	2365	8450	47	5
										Prom.	51	
6	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12598	2307	10490	59	3
7	02/07	30/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12364	2264	10350	58	6
										Prom.	58	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) = kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 58 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 16 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:5, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	03/07	06/07	3	1.00	15.1	30.5	179.1	12382	2267	10610	59	5
2	03/07	06/07	3	1.00	15.1	30.5	179.1	12941	2369	11190	62	5
										Prom.	61	
3	03/07	10/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12604	2308	13010	73	5
4	03/07	10/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	13094	2397	14530	81	5
5	03/07	10/07	7	1.00	15.1	30.5	179.1	12971	2375	13520	75	5
										Prom.	76	
6	03/07	31/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12735	2332	17860	100	2
7	03/07	31/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12555	2299	17190	96	5
8	03/07	31/07	28	1.00	15.1	30.5	179.1	12895	2361	18850	105	2
										Prom.	100	

Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm²) =

kg / cm²

1 MPa= 10.1971kg/cm²

Tabla No. 59 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 16 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:6, cemento ASTM C1157 Tipo GU

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	03/07	06/07	3	0.00	15.2	30.4	181.5	12565	2278	4570	25	3
2	03/07	06/07	3	0.00	15.2	30.5	181.5	12730	2300	4320	24	3
										Prom.	25	
3	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	13302	2435	7190	40	5
4	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	13044	2388	6810	38	5
5	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12900	2362	6680	37	3
										Prom.	38	
6	03/07	31/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	13050	2389	11000	61	2
7	03/07	31/07	28	0.00	15.0	30.6	176.7	12977	2400	10350	59	5
8	03/07	31/07	28	0.00	15.1	30.5	179.1	12740	2333	11680	65	2
										Prom.	62	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 60 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 17 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU.

Fuente: Grupo de tesis.



Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto
Laboratorio de Investigaciones ISCYC



Urb. Madre Selva, 3^{ra} etapa Av. El Espino y Boulevard Sur, Antiguo
Cuscatlán La Libertad Tel. 2505-0162 y 2505-0163 Fax. 2505-0164

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

PROYECTO :	Revisión de dosificaciones del manual del constructor
UBICACION :	Santa Elena, Antiguo Cuscatlán
LABORATORISTAS:	Kriscia Mazariego, Karina Galdámez, Lourdes Amaya
SUPERVISO:	Tec. Julio Hernández, Ing. Ricardo Burgos
OBSERVACIONES:	

Cilindros de concreto con proporción 1:3:6, cemento ASTM C1157 Tipo HE

Cilindro No.	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Edad (días)	Rev. (pulg)	Diam (cm)	Alt (cm)	Área (cm ²)	Peso (g)	Pes-Vol (kg/m ³)	Carga (kg)	Resist (kg/cm ²)	Tipo de Falla
1	03/07	06/07	3	0.00	15.1	30.5	179.1	13028	2385	4900	27	3
2	03/07	06/07	3	0.00	15.2	30.5	181.5	12838	2320	5370	30	3
										Prom.	28	
3	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12919	2365	6670	37	5
4	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12626	2312	7370	41	5
5	03/07	10/07	7	0.00	15.1	30.5	179.1	12688	2323	6840	38	3
										Prom.	39	
6	03/07	31/07	28	0.00	15.1	30.6	179.1	12910	2356	12660	71	3
7	03/07	31/07	28	0.00	15.2	30.5	181.5	12270	2217	12830	71	3
8	03/07	31/07	28	0.00	15.2	30.5	181.5	13065	2361	11180	62	3
										Prom.	68	
Resistencia a la Compresión : Carga (kg)/ Área (cm ²) =										kg / cm²		
1 MPa= 10.1971kg/cm²												

Tabla No. 61 Resultados de ensayo de laboratorio de resistencia a la compresión de Mezcla No. 17 usando cemento ASTM C1157 Tipo HE.

Fuente: Grupo de tesis.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE

RESULTADOS

5.1 Introducción

Es de gran importancia conocer las propiedades básicas de los agregados que se utilizarán para la elaboración de una mezcla de concreto ya que nos indican si estos son de buena calidad y si cumplen con los requerimientos especificados en las normas. En este capítulo se analizan propiedades como granulometría, gravedad específica, absorción, peso unitario y resistencia al desgaste del agregado grueso. Además se hace un análisis a los resultados obtenidos de resistencia a la compresión de todas las dosificaciones de concreto y a la tabla de dosificaciones del Manual del Constructor.

5.2 Análisis de resultados de las pruebas realizadas a los agregados

5.2.1 Análisis de granulometría

5.2.1.1 Granulometría del Agregado Grueso

Efectuadas las pruebas granulométricas de las diferentes muestras de agregados pétreos, se determinó que la grava a utilizar para las dosificaciones No. 1, 2, 3, 5 y 7 con cemento Tipo GU y las No. 1 hasta la No. 8 con cemento Tipo HE, es Tamaño No. 4 según los rangos proporcionados por la norma ASTM C 33 (Ver Anexo 1). En el Gráfico No. 3 se observa que los agregados están dentro de los límites granulométricos y por lo tanto son aptos para ser usados en la elaboración de concreto.

Las mezclas No. 4, 8 y de la No. 9 hasta la No. 17 utilizando cemento Tipo GU y las No. 9 hasta la No. 17 utilizando cemento Tipo HE, fueron elaboradas con un agregado grueso que según los rangos proporcionados por la norma ASTM C 33 (Ver Anexo 1), se clasifica como grava No. 57. Del Gráfico No. 4 se observa que los agregados están dentro de los límites granulométricos establecidos por la norma y pueden ser usados en la elaboración de concreto.

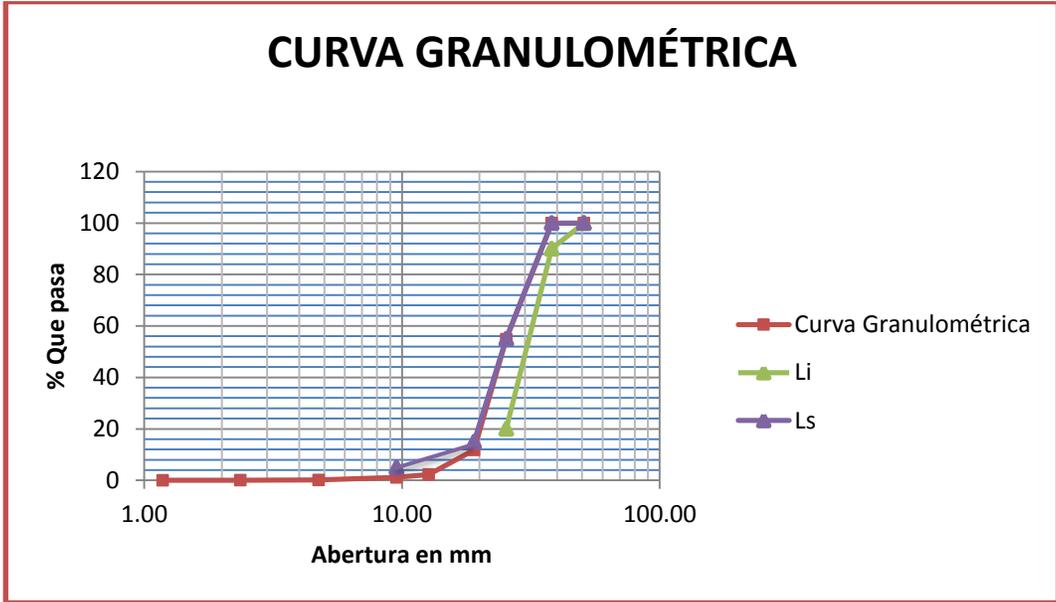


Gráfico No. 3 Curva granulométrica del agregado grueso Tamaño No. 4. Fuente: Grupo de tesis.

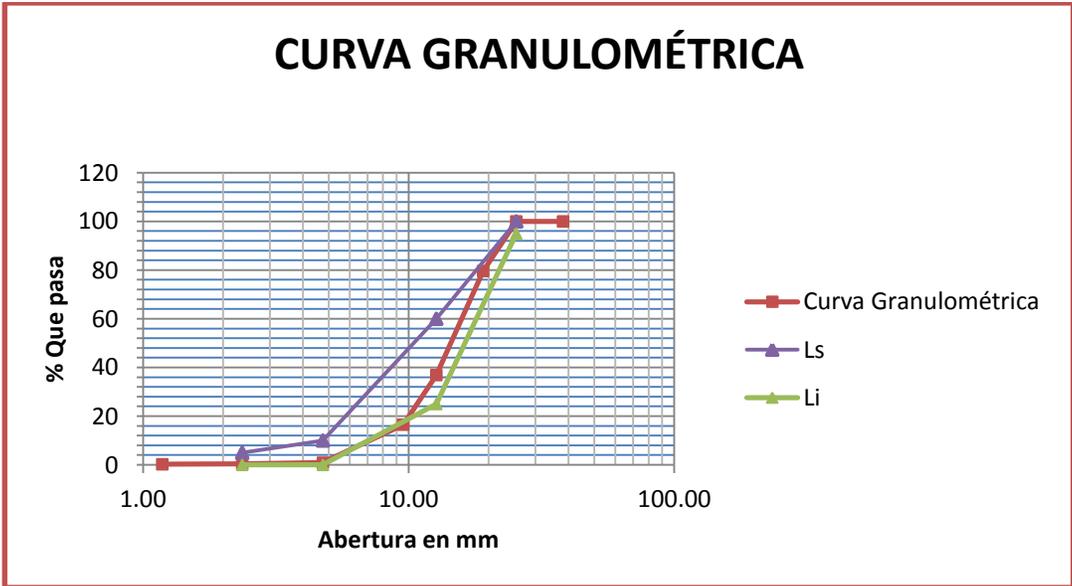


Gráfico No. 4 Curva granulométrica del agregado grueso Tamaño No. 57. Fuente: Grupo de tesis.

5.2.1.2 Granulometría del Agregado Fino

El Gráfico No. 5 muestra la curva granulométrica de la arena utilizada para la elaboración de las mezclas de concreto y se determina que la arena está dentro de los rangos establecidos por la norma, y por lo tanto es bien graduada y apta para utilizarse en la realización de concreto. El módulo de finura de la arena es de 2.99, lo que la clasifica como arena media.

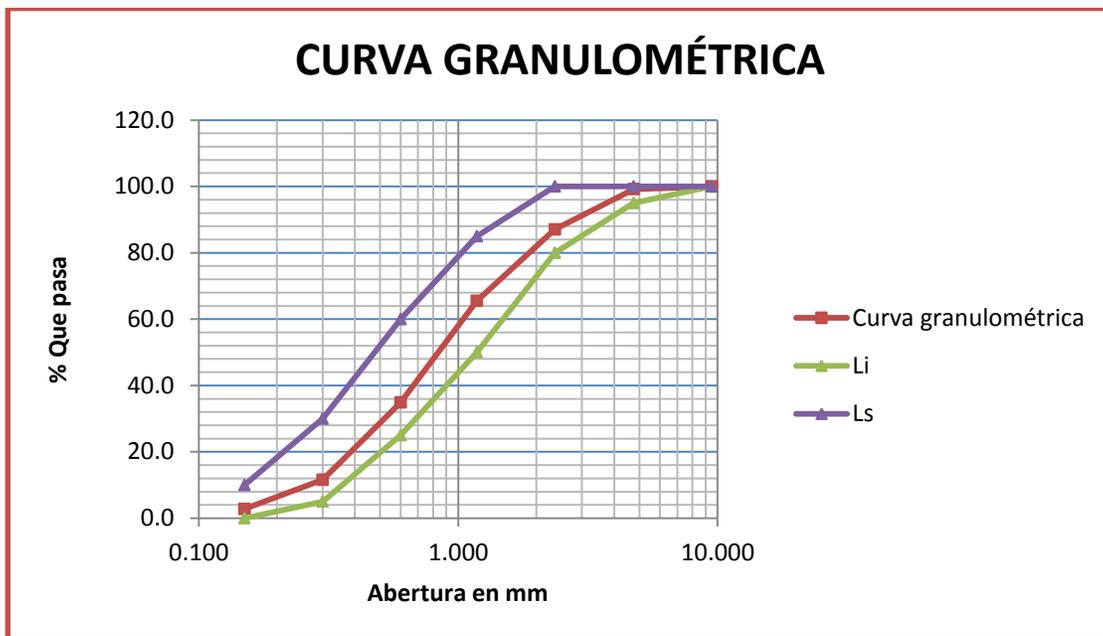


Gráfico No. 5 Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: Grupo de tesis.

5.2.2 Análisis de gravedad específica y absorción

5.2.2.1 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso

La gravedad específica nos permite hacer una relación entre el peso de los agregados y el volumen que ocupa dentro de la mezcla. El término gravedad

específica se refiere a la densidad de la partícula individual y no a la masa de agregado como un entero.

Típicamente los agregados de peso normal tienen gravedades específicas que varían de 2.4 a 2.9; y la capacidad de absorción se requiere para balancear las necesidades de agua en la mezcla de concreto, y generalmente tienen niveles de absorción del 0.2% al 4%¹⁸.

En la Tabla No. 62 y No. 63 se presentan un resumen de los resultados del ensayo realizado al agregado grueso Tamaño No. 57 y No. 4.

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	VALOR PROMEDIO
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.60	2.53	2.57
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.65	2.60	2.63
ABSORCION (%)	2.00	2.94	2.47

Tabla No. 62 Gravedad específica y absorción del agregado grueso Tamaño No. 57. Fuente: Grupo de tesis.

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1	MUESTRA 2	VALOR PROMEDIO
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.62	2.64	2.63
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.67	2.68	2.68
ABSORCION (%)	1.80	1.70	1.75

Tabla No. 63 Gravedad específica y absorción del agregado grueso Tamaño No. 4. Fuente: Grupo de tesis.

Según los valores calculados los dos tamaños de grava utilizados están dentro del rango típico de gravedad específica del agregado grueso. Y los resultados de absorción también están dentro del rango establecido de niveles de absorción para el agregado grueso.

¹⁸Kosmatka, Steven H.;Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU. 2004. Pág 114-115.

5.2.2.2 Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino

Al igual que en las gravas, la gravedad específica y absorción permite hacer una relación entre el peso de los agregados y el volumen que ocupa dentro de la mezcla. Generalmente la gravedad específica de los agregados finos varía de 2.4 a 2.9, al igual que los agregados gruesos. Sin embargo el nivel de absorción en los agregados finos varía del 0.2% al 5%¹⁹. Los resultados se muestran en la Tabla No. 64. La gravedad específica calculada de la arena y la absorción están dentro de los rangos típicos establecidos.

DESCRIPCION	MUESTRA 1	MUESTRA 2	VALOR PROMEDIO
GRAVEDAD ESPECIFICA SECA	2.41	2.42	2.42
GRAVEDAD ESPECIFICA SSS	2.53	2.53	2.53
ABSORCION (%)	4.70	4.30	4.51

Tabla No. 64 Gravedad Específica y Absorción del Agregad Fino. Fuente: Grupo de tesis.

5.2.3 Análisis del Peso Unitario de los agregados

Los valores típicos del peso unitario en agregados de peso normal varían de 1200 kg/m³ a 1750 kg/m³. En la Tabla No. 65 se muestran los resultados de los ensayos y se observa que estos se encuentran dentro del rango establecido.

Agregado	Varillado (kg/m ³)	Suelto (kg/m ³)
Grava Tamaño No. 4	1515	1427
Grava Tamaño No. 57	1578	1443
Arena	1532	1421

Tabla No. 65 Resultados de Peso Unitario de los agregados grueso y fino. Fuente: Grupo de tesis.

¹⁹ Tesis "Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura Tecnología del Concreto", Universidad de San Simón.

5.2.4 Análisis de la resistencia al desgaste del agregado grueso

La grava Tamaño No. 4 fue ensayada bajo la norma ASTM C 535, sin embargo se puede aplicar también la norma ASTM C 131 para determinar la resistencia de agregados gruesos de hasta 1 ½ pulgadas, y bajo la cual fue ensayada la grava No. 57. Los resultados se presentan en las Tablas No. 66 y No. 67.

MASA INICIAL (g)	MASA FINAL (g)	DESGASTE (%)
10,000	8,113.0	19.00

Tabla No. 66 Desgaste de la grava Tamaño No. 4. Norma ASTM C 535, Método 3.

Fuente: Grupo de tesis.

MASA INICIAL (g)	MASA FINAL (g)	DESGASTE (%)
5,000	4,044.9	19.00

Tabla No. 67 Desgaste de la grava Tamaño No. 57. Norma ASTM C 131, Método B.

Fuente: Grupo de tesis.

Los dos tamaños de grava tienen la misma procedencia y el mismo porcentaje de desgaste, a pesar de que fueron ensayados por métodos diferentes. La Especificación ASTM C 33 considera que los agregados que suelen tener pérdidas menores del 50% son de alta resistencia al desgaste. Por lo tanto los resultados obtenidos indican que los dos tamaños de grava ensayados tienen alta resistencia al desgaste y son de buena calidad.

5.3 Análisis de resultados de las pruebas realizadas al concreto fresco

5.3.1 Análisis de Revenimiento

El rango establecido de revenimiento en esta investigación fue de 2 ½ a 3 ½ pulgadas.

En el concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo GU el valor mínimo obtenido fue de cero pulgadas, y el valor máximo, de 3.5 pulgadas. Las Mezclas No. 1-3, 5-8, 10 y 11 están dentro del rango antes mencionado.

En el concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo HE, el valor mínimo obtenido fue de cero pulgadas y el valor máximo, de 3.5 pulgadas. Las Mezclas No. 1-3, 5-7, 10 y 13 están dentro del rango establecido.

5.3.2 Análisis de Peso Volumétrico

Los concretos con peso volumétrico menor a 2400 kg/m³ son considerados de peso normal. En los concretos elaborados con cemento ASTM C 1157 Tipo GU, el valor mínimo fue de 2291 kg/m³, y el valor máximo fue de 2400 kg/m³. El valor promedio de las 17 mezclas es de 2338 kg/m³.

En los concretos elaborados con cemento ASTM C 1157 Tipo HE, el valor mínimo fue de 2295 kg/m³, y el valor máximo fue de 2416 kg/m³ en la mezcla No. 4, el cual se clasifica como concreto pesado. El valor promedio de las 17 mezclas es de 2348 kg/m³.

5.3.3 Análisis de Temperatura

En el concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo GU, el valor mínimo obtenido fue de 24°C, y el valor máximo de 29°C. El valor promedio de las temperaturas de las 17 mezclas es de 25.6 °C.

Para las mezclas elaboradas con cemento ASTM C 1157 Tipo HE, el valor mínimo obtenido fue de 24°C, y el valor máximo de 29 °C. El valor promedio de las temperaturas de las 17 mezclas es de 25.4 °C.

Las temperaturas obtenidas están por debajo del límite de temperatura para el concreto (32 °C) y no afectan el comportamiento del concreto ya que no se dieron fisuras ni grietas por contracción del concreto endurecido.

5.4 Análisis de resultados de las pruebas realizadas al concreto endurecido

A partir de los datos obtenidos y presentados en las Tablas No. 28 hasta la Tabla No. 61, se graficó el desarrollo de la resistencia a compresión de los concretos durante un periodo de 28 días para ambos tipos de cemento.

En los Gráficos No. 6 al No. 14, donde se graficaron las resistencias del concreto a 3, 7 y 28 días de las Mezclas No. 1 a la No. 9, el concreto elaborado con cemento Tipo GU alcanzo mayores resistencias que el elaborado con cemento Tipo HE durante los 28 días, exceptuando la mezcla No. 5 en la que las resistencias del concreto son aproximadamente iguales para los dos tipos de cemento. Las bolsas de cemento que se utilizaron para las mezclas correspondían a una fecha de empaque de 23/03/2012; como se puede observar en la Tabla No. 19 y en la Tabla No. 20, la resistencia del cemento Tipo GU a los 28 días es mayor que la resistencia del cemento Tipo HE.

De la Mezcla No. 10 a la No. 17, las resistencias del concreto elaborado con cemento Tipo HE son mayores que los elaborados con cemento Tipo GU, lo cual se puede apreciar en los Gráficos No. 15 al No. 22. La resistencia del concreto se ve influenciada por la resistencia del cemento utilizado.

En los Gráficos No. 23 y No. 24 se presentan las resistencias obtenidas a cada edad de ensayo de las 17 mezclas del Manual del Constructor elaboradas en laboratorio.

En el Gráfico No. 25 se muestran las resistencias a compresión a 28 días de las mezclas elaboradas con los dos cementos en estudio, ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE; y las resistencias de las mezclas presentadas en la Tabla del Manual del Constructor, elaboradas con cemento ASTM C 150 Tipo I.

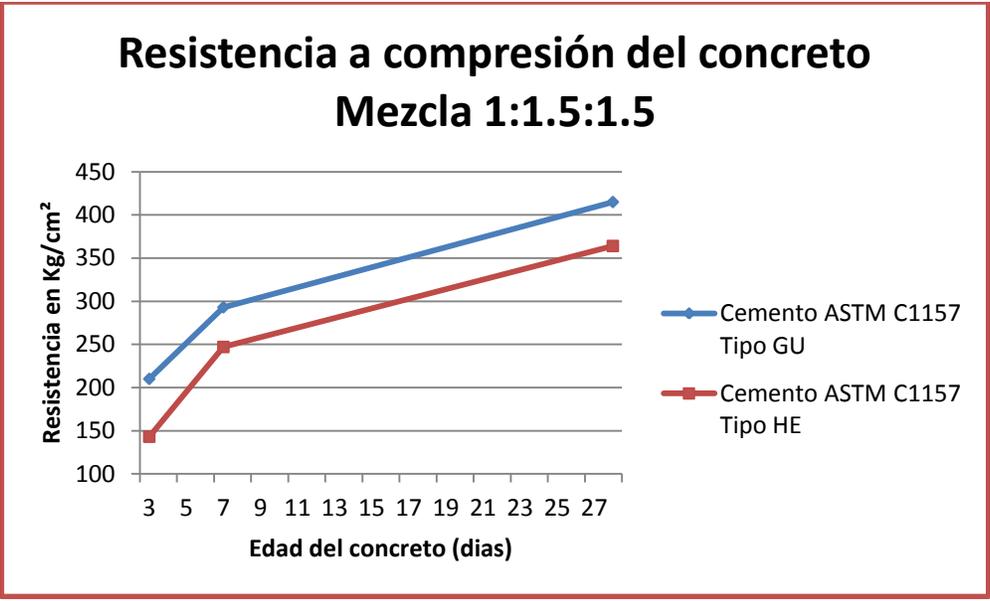


Gráfico No. 6 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:1.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

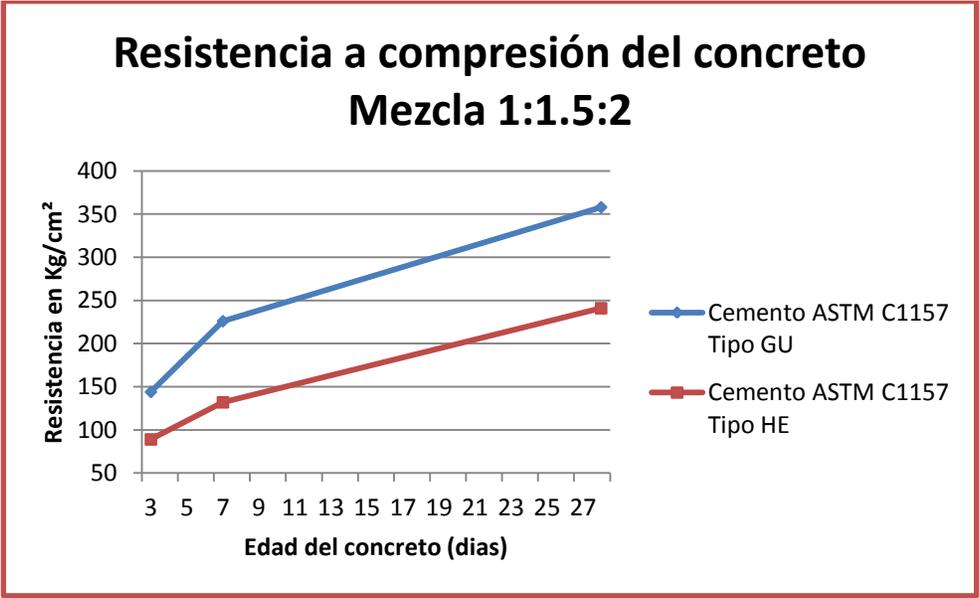


Gráfico No. 7 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:2 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

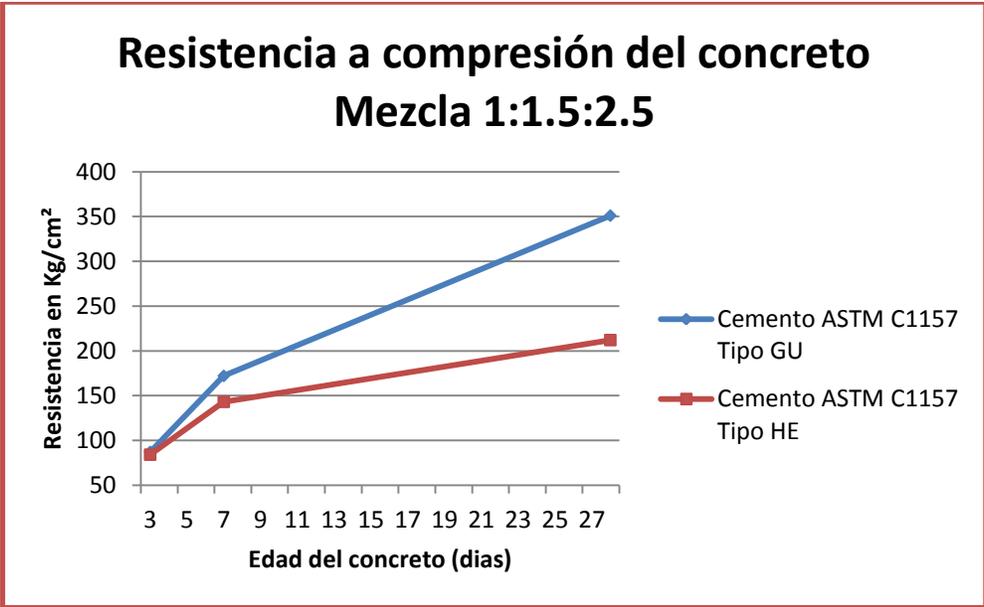


Gráfico No. 8 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

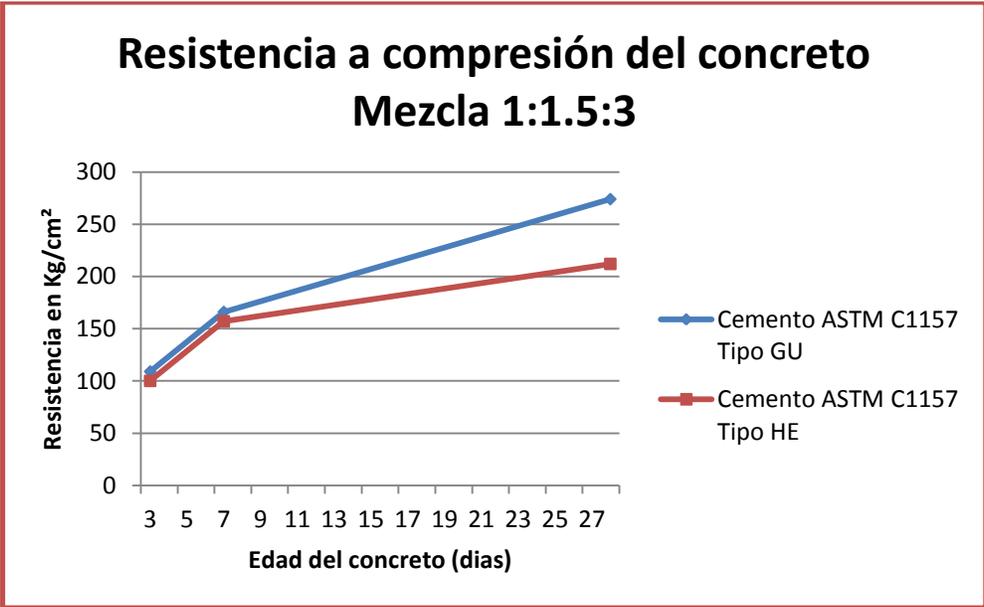


Gráfico No. 9 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:1.5:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

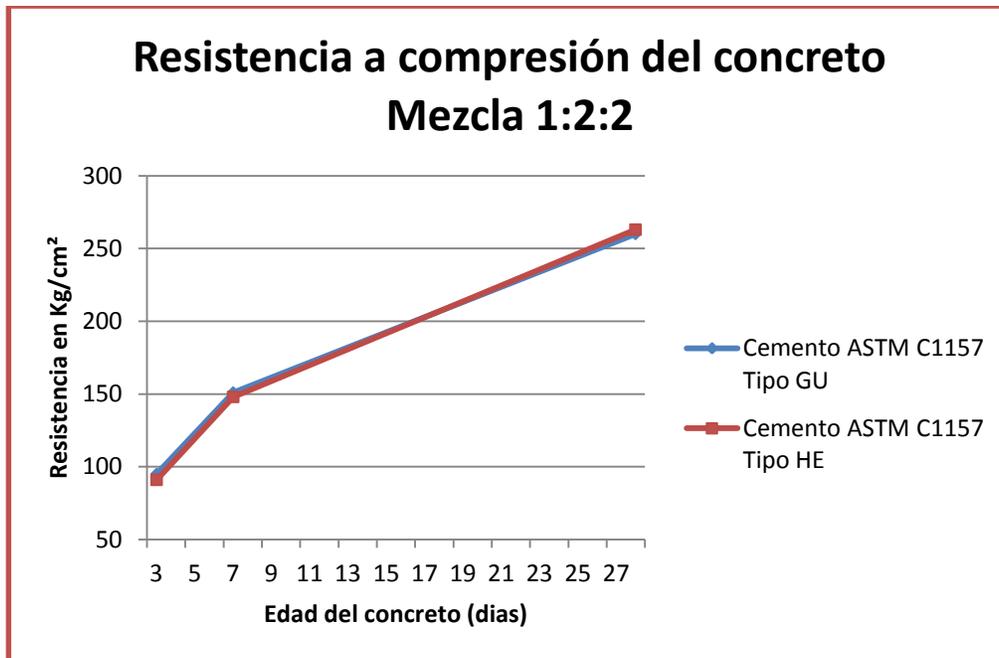


Gráfico No. 10 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:2 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

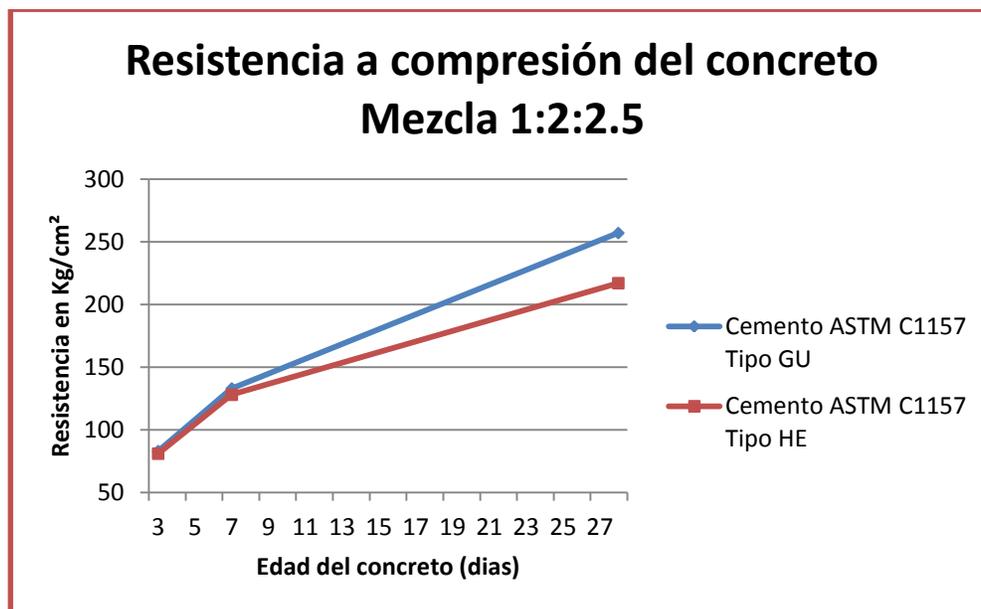


Gráfico No. 11 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

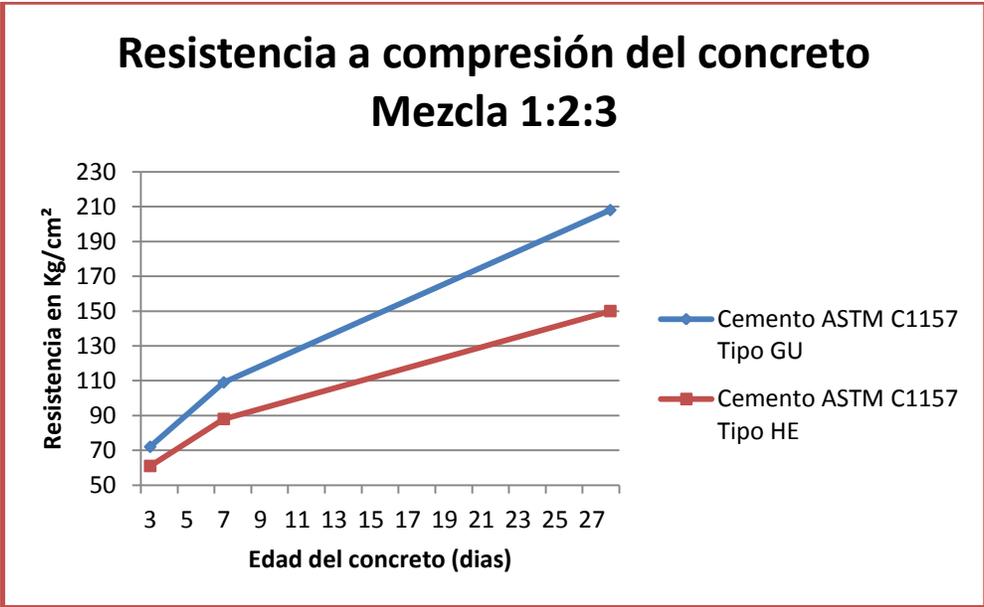


Gráfico No. 12 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

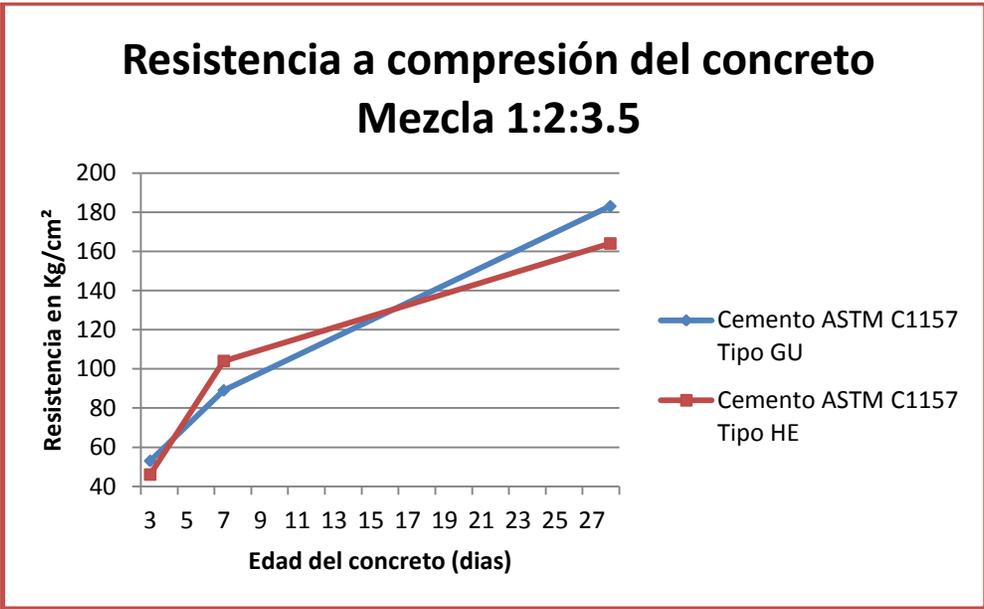


Gráfico No. 13 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:3.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

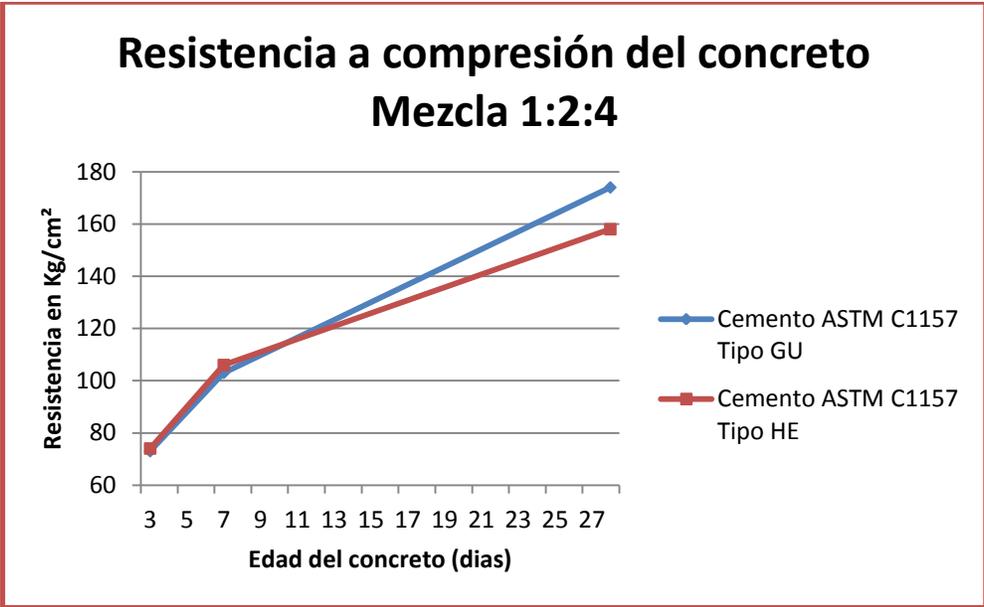


Gráfico No. 14 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis

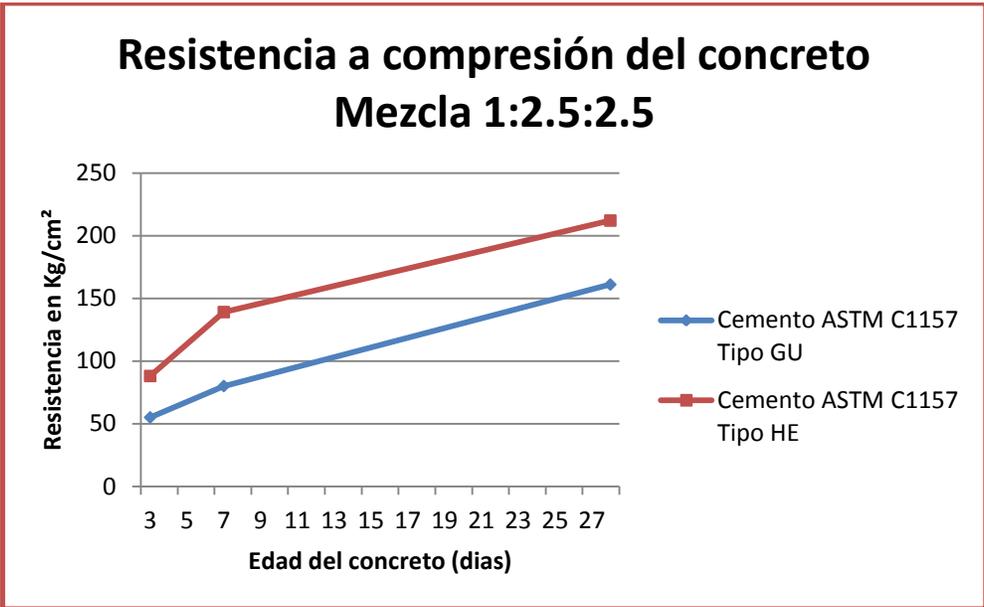


Gráfico No. 15 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:2.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

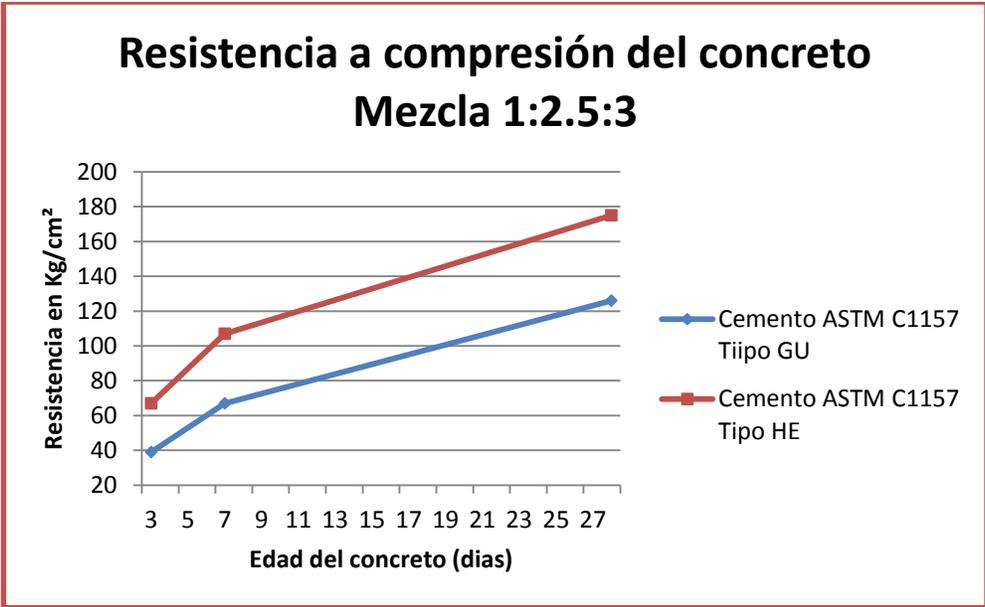


Gráfico No. 16 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:3 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis

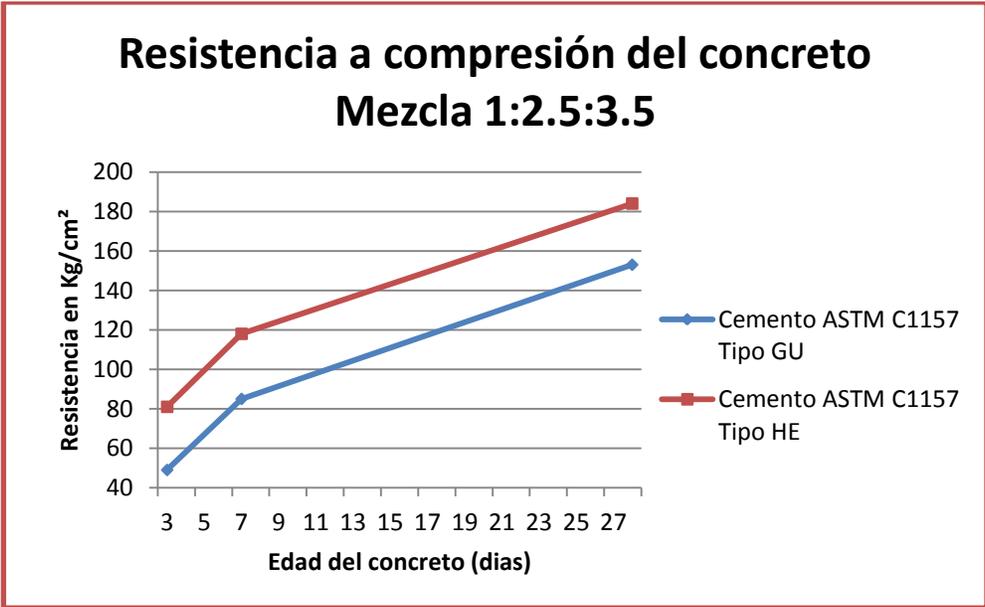


Gráfico No. 17 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:3.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

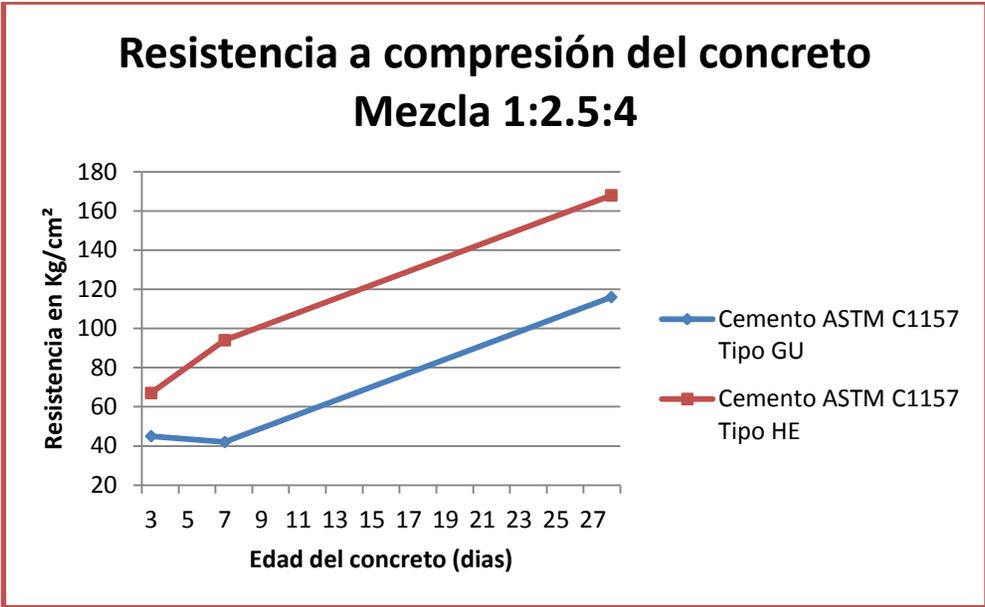


Gráfico No. 18 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:2.5:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

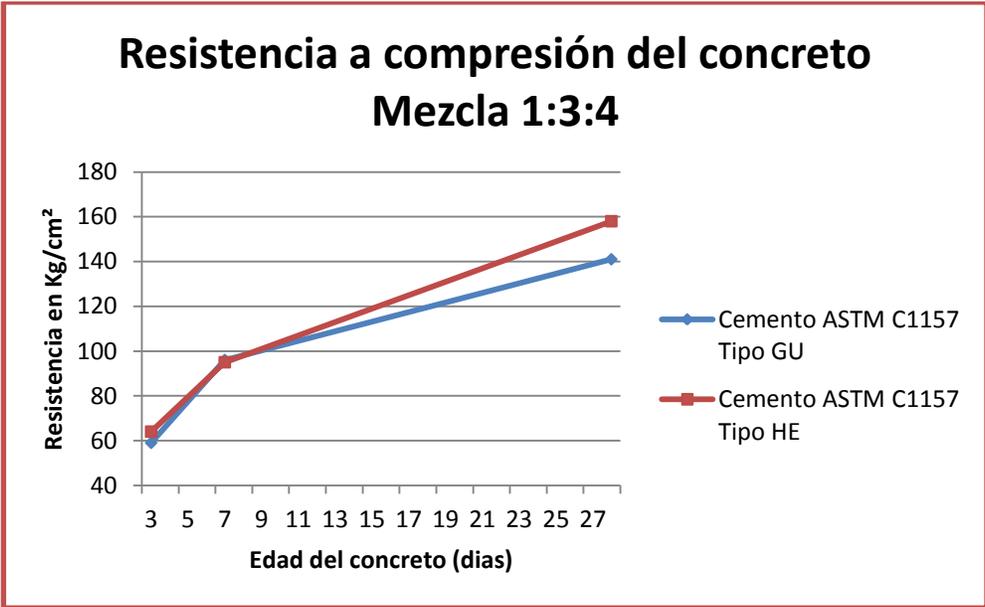


Gráfico No. 19 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:4 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

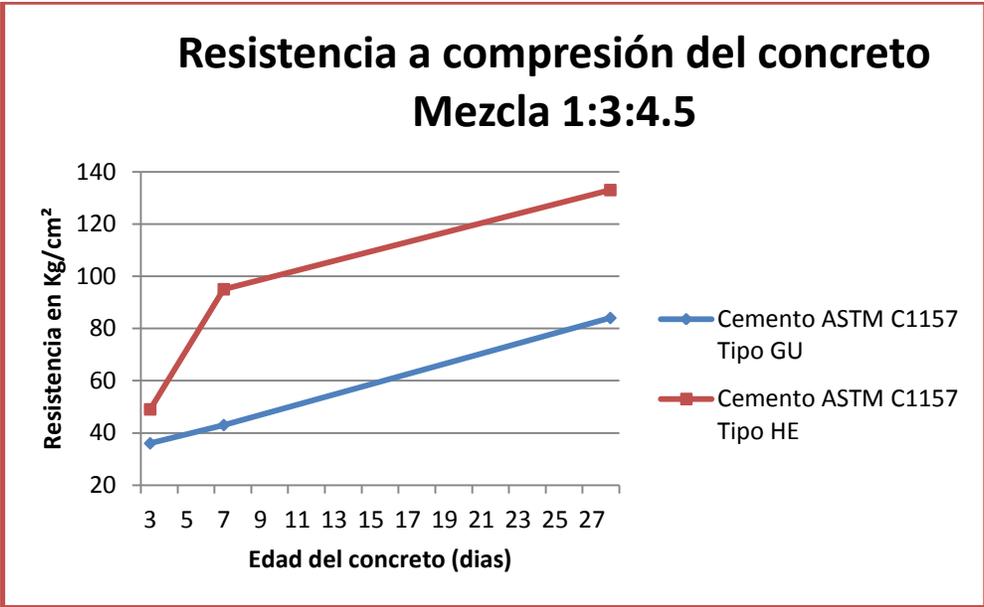


Gráfico No. 20 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:4.5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

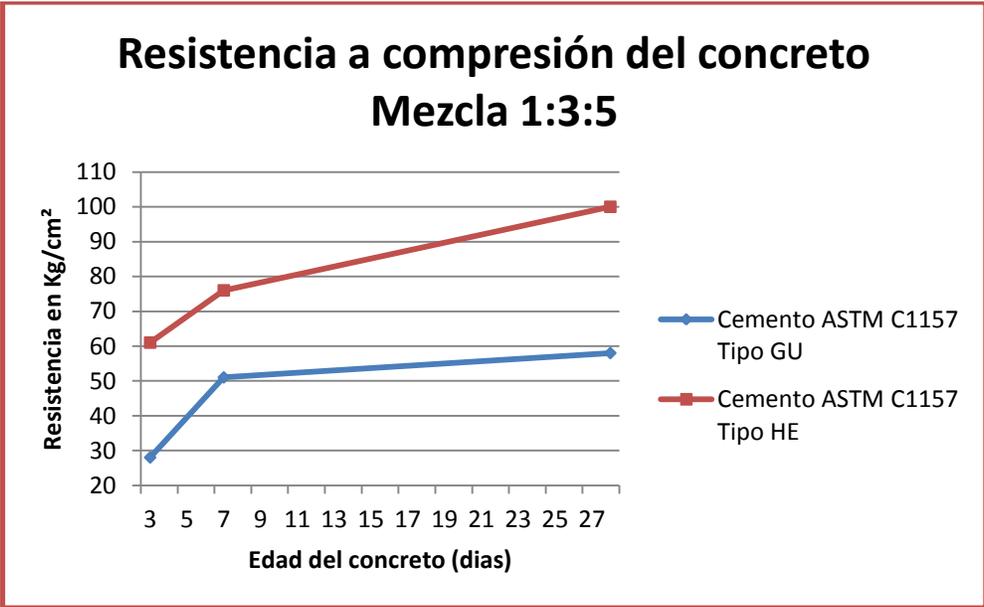


Gráfico No. 21 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:5 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

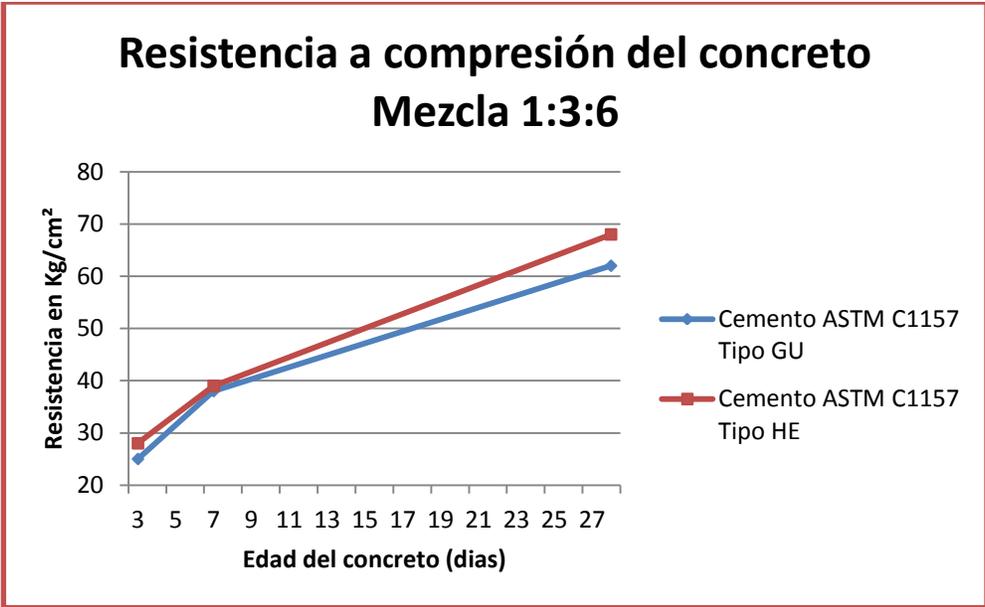


Gráfico No. 22 Desarrollo de resistencia a la compresión del concreto, mezcla 1:3:6 usando cemento ASTM C1157 Tipo GU y cemento ASTM C1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

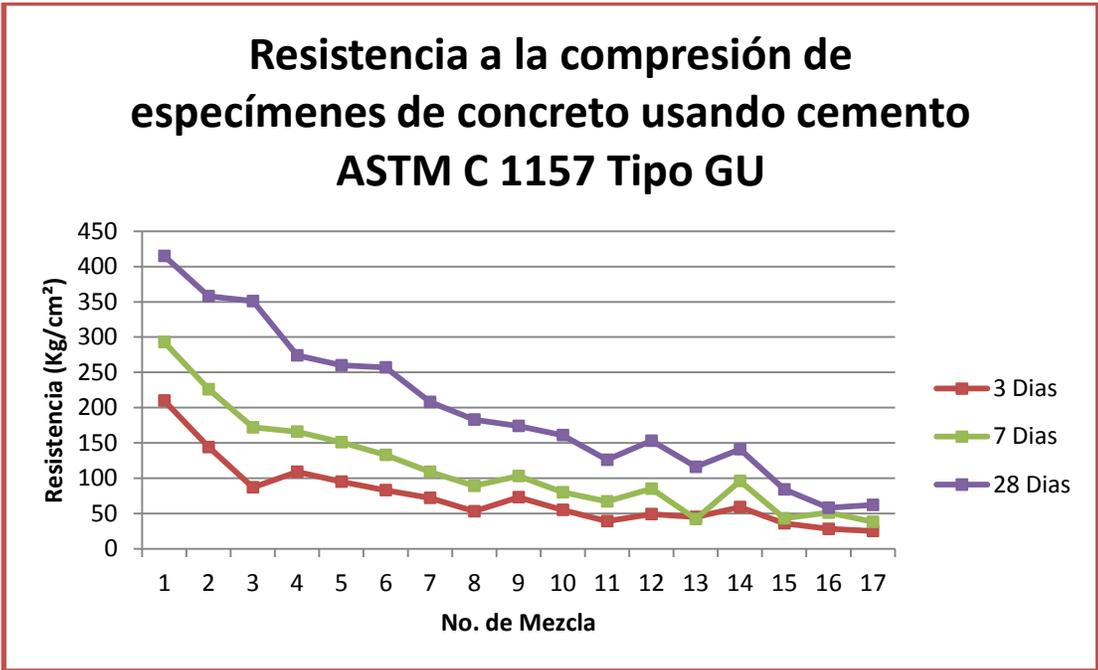


Gráfico No. 23 Resistencias de las 17 mezclas de concreto utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU. Fuente: Grupo de tesis.

Resistencia a la compresión de especímenes de concreto usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE

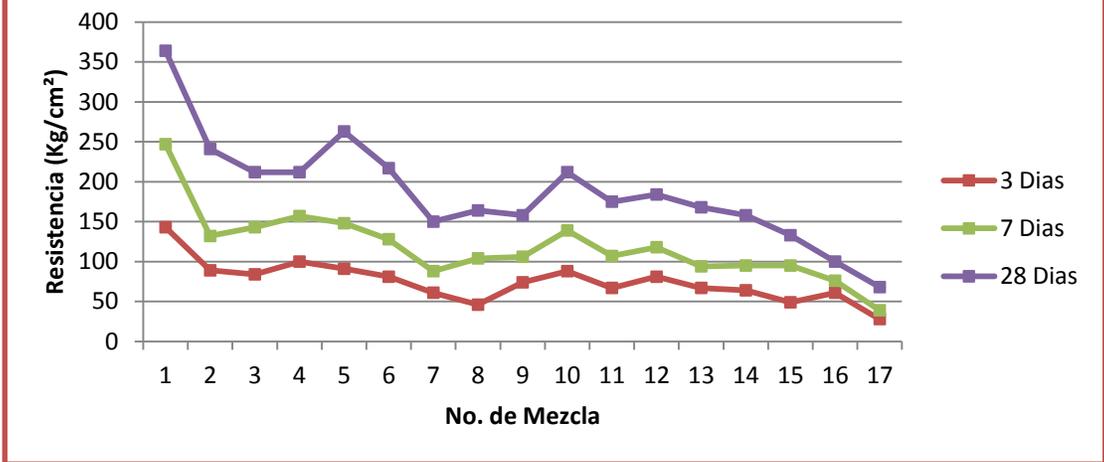


Gráfico No. 24 Resistencias de las 17 mezclas de concreto utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

Resistencias a los 28 días de las 17 dosificaciones

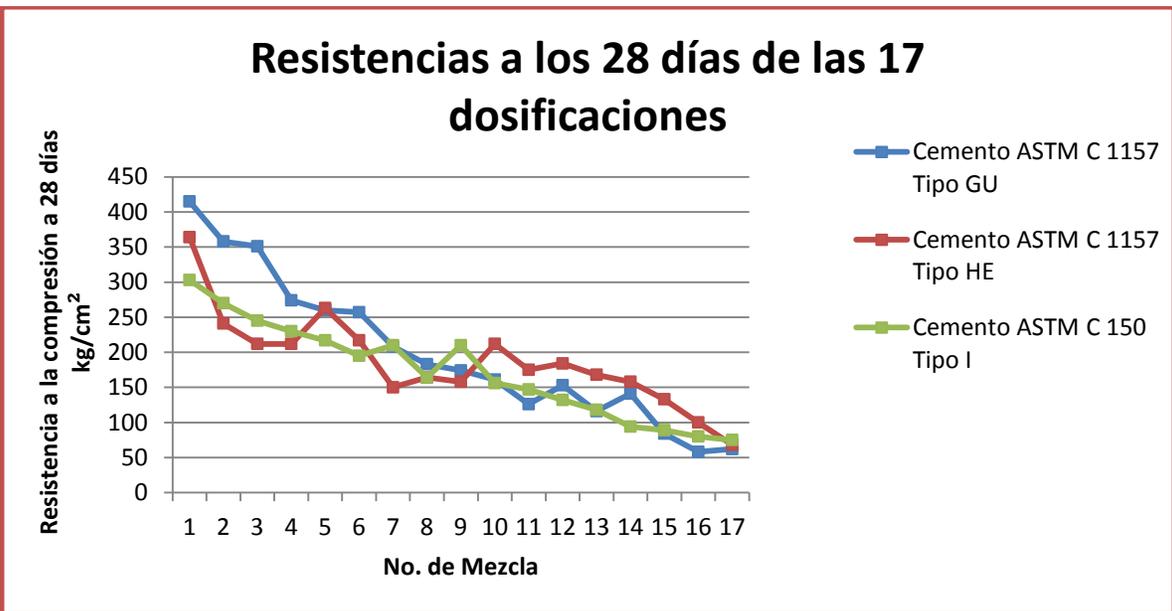


Gráfico No. 25 Resistencias a los 28 días de las 17 dosificaciones usando cemento Tipo I, Tipo GU y Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

5.5 Cálculo de resistencias teóricas y relaciones agua/cemento del Manual del Constructor

Se calcularon las resistencias teóricas máximas y las relaciones agua/cemento de cada dosificación con la información contenida en la Tabla del Manual del Constructor, para hacer la comparación respectiva con las resistencias a los 28 días presentadas en la tabla y con las obtenidas en laboratorio. También se calcularon las relaciones agua/cemento de los datos de laboratorio.

A continuación se da un ejemplo de los cálculos hechos para la obtención de la resistencia teórica máxima de la Mezcla No. 1 utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU.

Mezcla 1:1.5:1.5

Cálculo del agua de mezcla

Datos:

Contenido de humedad de la arena: 8.26%

Volumen de arena: 0.53 m³

Contenido de humedad de la grava: 0.4%

Volumen de grava: 0.55 m³

$$\text{Agua en arena} = \frac{\text{Cont. de Hum.} \times \text{Vol. de arena}}{100}$$

$$\text{Agua en arena} = \frac{8.26 \times 0.53}{100} = 0.04378 \text{ m}^3 \approx 43.78 \text{ L.}$$

$$\text{Agua en grava} = \frac{\text{Cont. de Hum.} \times \text{Vol. de grava}}{100}$$

$$\text{Agua en grava} = \frac{0.4 \times 0.55}{100} = 0.0022 \text{ m}^3 \approx 2.2 \text{ L.}$$

$$\text{Agua contenida en agregados} = 43.78 + 2.2 = 45.98 \text{ L.}$$

Corrección por Absorción de los agregados

Datos:

Absorción de grava Tamaño No. 4 = 1.75 %

Peso Unitario Varillado grava Tamaño No. 4 = 1515 kg/m³

Peso Unitario Varillado arena = 1532 kg/m³

Absorción arena = 4.51%

$$\text{Corrección de agua en la grava} = (\text{Abs} - \text{Hum}) * \text{Vol de grava} * \text{PUV}_{\text{Grava}}$$

$$\text{Corrección de agua en la grava} = (1.75 - 0.4)/100 * (0.55) * (1515)$$

$$\text{Corrección de agua en la grava} = 11.72 \text{ L}$$

$$\text{Corrección de agua en la arena} = (\text{Abs} - \text{Hum}) * \text{Vol de arena} * \text{PUV}_{\text{Arena}}$$

$$\text{Corrección de agua en la arena} = (4.51 - 8.26)/100 * (0.53) * (1532)$$

$$\text{Corrección de agua en la arena} = - 30.45 \text{ L}$$

$$\text{Agua adicional} = 11.72 + (- 30.45)$$

$$\text{Agua adicional} = - 18.73 \text{ L.}$$

El signo negativo indica que los agregados utilizados para la Mezcla No. 1 utilizando cemento ASTM C 1157 Tipo GU, aportaron agua a la mezcla de concreto. Las correcciones por absorción de los agregados para cada mezcla se muestran en la Tabla No. 68.

Agua incorporada a la mezcla = 173 L

Agua total = 173 + (-18.73) = 154.3 L

Revenimiento = 2 ½ pulg

Agua tabulada (Ver Tabla No. 1) = 226 L

Litros menos de agua = 226 – 154.3 = 72 L

Cálculo de la Relación Agua/Cemento real

Esta se calculó con el agua total incorporada a la mezcla y el cemento utilizado para 1 m³ de concreto.

Datos:

Agua = 154.3 L.

El peso de 1 litro de agua es de 1 kg, por lo que 154.3 L es igual a 154.3 kg.

Cemento Tipo GU = 12.6 bolsas ≈ 535.5 kg

$$A/C_{Real} = \frac{154.3 \text{ kg}}{535.5 \text{ kg}} = 0.288$$

Cálculo de la Relación Agua/Cemento tabulada

Datos:

Agua = 226 L = 226 kg

Cemento Tipo I = 12.6 bolsas ≈ 535.5 kg

$$A/C_{tabulada} = \frac{226 \text{ kg}}{535.5 \text{ kg}} = 0.422$$

Cálculo de la resistencia teórica con cemento ASTM C 150 Tipo I

A partir de la relación A/C de la mezcla No. 1 según el Manual del Constructor, se obtiene la resistencia máxima teórica de la ecuación del gráfico

“Resistencia a la compresión a 28 días vrs Relación Agua/Cemento” (Ver Anexo 2).

Para una relación A/C de 0.422, la resistencia máxima de compresión es:

$$Y = 1198.9e^{-2.559x}$$

$$Y = 1198.9e^{-2.559(0.422)}$$

$$Y = 407 \text{ kg/cm}^2$$

La resistencia máxima teórica, f'_{cr} , de 407 kg/cm^2 corresponde a un concreto utilizando cemento bajo la norma ASTM C 150 Tipo I. De la misma forma se hicieron los cálculos para cada dosificación y cada tipo de cemento en estudio. Las Tablas No. 69 y No. 70 muestran los resultados obtenidos de agua incorporada a la mezcla, relaciones agua/cemento y resistencias teóricas.

5.6 Análisis de Tabla de dosificaciones del Manual del Constructor

En este apartado se analiza la información que presenta el Manual del Constructor, enfocándose en la cantidad de cemento, cantidad de agua y resistencia a la compresión de las 17 mezclas de concreto. Es importante recordar que el cemento utilizado por el Manual del Constructor es ASTM C 150 Tipo I.

En el Gráfico No. 26 se muestra la resistencia a compresión que proporciona el Manual del Constructor y la resistencia máxima teórica, según el gráfico de Resistencia a la compresión a 28 días vrs Relación Agua/Cemento, ACI 211.1 y cuyos datos se muestran en la Tabla No. 69.

Del Gráfico No. 26 se observa que las resistencias tabuladas están por debajo de la resistencia máxima teórica. La Mezcla No. 9, según el Manual tiene

una resistencia de 210 Kg/cm², la cual es la misma resistencia teórica, sin embargo esto puede ser un error ya que para un concreto con dosificación 1:2:4 generalmente se alcanzan resistencias de aproximadamente 160 Kg/cm².

Mezcla No.	Corrección de agua para mezclas con cemento Tipo GU (L)				Corrección de agua para mezclas con cemento Tipo HE (L)			
	Agua en Grava	Agua en Arena	Agua incorporada a la mezcla	Agua Total	Agua en Grava	Arena	Agua incorporada a la mezcla	Agua Total
1	11.72	-30.45	173	154	11.72	-30.45	198	179
2	9.59	-17.21	236	228	9.59	-17.21	142	134
3	12.88	-15.41	133	130	12.88	-15.41	219	216
4	8.02	-5.61	199	201	-0.62	-5.61	109	103
5	12.58	7.16	185	205	12.58	7.16	224	244
6	14.64	6.64	189	210	14.64	6.64	148	169
7	15.13	-26.71	136	124	15.13	-26.71	137	125
8	13.47	-18.81	163	158	5.40	-18.81	141	128
9	-0.37	-22.68	110	87	-0.37	-22.68	114	91
10	16.43	-17.24	163	162	16.43	-17.24	160	159
11	19.40	-21.43	151	149	19.40	-21.43	210	208
12	21.19	-20.24	133	134	21.19	-20.24	147	148
13	22.98	-19.05	143	147	22.98	-19.05	151	155
14	3.98	-30.94	119	92	3.98	-30.94	151	124
15	12.16	-17.08	113	108	12.16	-17.08	114	109
16	12.81	-16.06	102	99	12.81	-16.06	95	92
17	13.81	-32.11	123	105	13.81	-32.11	123	105

Tabla No. 68 Corrección de agua por absorción de los agregados. Fuente: Grupo de tesis.

NOTA: El signo negativo indica aporte de agua y el signo positivo indica demanda de agua, a la mezcla.

Mezcla No.	Agua tabulada (L)	Agua total (L)	Reducción de agua (L) *	Rev (pulg)	A/C tabulada	A/C real	Cemento Tipo I		Cemento Tipo GU
							Resistencia teórica (kg/cm ²)	Resistencia MC (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)
1	226	154	72	2.50	0.422	0.288	407	303	415
2	221	228	-7	3.00	0.460	0.476	369	270	358
3	216	130	86	3.25	0.503	0.304	331	245	351
4	207	201	6	0.50	0.524	0.510	314	230	274
5	227	205	22	3.50	0.545	0.492	297	217	260
6	226	210	16	2.75	0.584	0.544	269	195	257
7	216	124	92	2.25	0.605	0.348	255	210	208
8	212	158	54	2.00	0.640	0.476	233	164	183
9	211	87	124	0.00	0.680	0.280	210	160	174
10	232	162	70	2.50	0.658	0.460	223	156	161
11	222	149	73	2.50	0.687	0.461	207	147	126
12	220	134	86	1.00	0.719	0.438	190	132	153
13	218	147	71	1.00	0.766	0.516	169	118	116
14	224	92	132	0.00	0.837	0.344	141	94	141
15	217	108	109	1.00	0.865	0.431	131	89	84
16	215	99	116	1.00	0.903	0.415	119	80	58
17	180	105	75	0.00	0.770	0.448	167	75	62

Tabla No. 69 Reducción de agua y Resistencia usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU. Fuente: Grupo de tesis.

* Los valores negativos indican agua adicionada a la mezcla.

Mezcla No.	Agua tabulada (L)	Agua total (L)	Reducción de agua (L) *	Rev (pulg)	A/C tabulada	A/C real	Cemento Tipo I		Cemento Tipo HE
							Resistencia teórica (kg/cm ²)	Resistencia MC (kg/cm ²)	Resistencia obtenida (kg/cm ²)
1	226	179	47	3.00	0.422	0.335	407	303	364
2	221	134	87	3.50	0.460	0.280	369	270	241
3	216	216	0	2.50	0.503	0.504	331	245	212
4	207	103	104	1.50	0.524	0.260	314	230	212
5	227	244	-17	3.50	0.545	0.585	297	217	263
6	226	169	57	3.50	0.584	0.438	269	195	217
7	216	125	91	3.25	0.605	0.351	255	210	150
8	212	128	84	1.00	0.640	0.385	233	164	164
9	211	91	120	0.00	0.680	0.293	210	160	158
10	232	159	73	2.50	0.658	0.451	223	156	212
11	222	208	14	2.25	0.687	0.644	207	147	175
12	220	148	72	2.25	0.719	0.484	190	132	184
13	218	155	63	3.00	0.766	0.544	169	118	168
14	224	124	100	0.00	0.837	0.463	141	94	158
15	217	109	108	1.00	0.865	0.435	131	89	133
16	215	92	123	1.00	0.903	0.386	119	80	100
17	180	105	75	0.00	0.770	0.448	167	75	68

Tabla No. 70 Reducción de agua y Resistencia usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

* Los valores negativos indican agua adicionada a la mezcla.

La tendencia de los puntos graficados para la resistencia de cada mezcla es lineal, ya que los valores del coeficiente de correlación lineal (R) se acercan mucho al valor de 1, y la resistencia tiende a disminuir de la Mezcla No. 1 a la Mezcla No. 17.

Del Gráfico No. 26 se observa que las resistencias tabuladas están por debajo de la resistencia máxima teórica. La Mezcla No. 9, según el Manual tiene una resistencia de 210 kg/cm², la cual es la misma resistencia teórica, sin embargo esto puede ser un error ya que para un concreto con dosificación 1:2:4 generalmente se alcanzan resistencias de aproximadamente 160 kg/cm². La tendencia de los puntos graficados para la resistencia de cada mezcla es lineal, ya que los valores del coeficiente de correlación lineal (R) se acercan mucho al valor de 1, y la resistencia tiende a disminuir de la Mezcla No. 1 a la Mezcla No. 17.

El Gráfico No. 27 muestra las variaciones en el contenido de cemento C 150 Tipo I de las mezclas. Las primeras dosificaciones son las que contienen más cantidad de cemento. Se observa que el contenido de cemento tiende a disminuir en las primeras cuatro dosificaciones y aumenta en la quinta dosificación; ese fenómeno se observa en los tres grupos de mezclas que se presentan en el Gráfico No. 27. En cada grupo se puede decir que la variación del contenido de cemento se comporta de forma casi lineal, ya que los valores de R se acercan mucho al valor de 1.

Con respecto a la cantidad de agua, el Gráfico No. 28 muestra que para las Mezclas No. 1-4 el agua va decreciendo, pero que para la mezcla No. 5 aumenta a un valor parecido a la cantidad de agua de la Mezcla No. 1. En este caso el comportamiento del contenido de agua se puede agrupar de igual forma como se muestra en la Tabla No. 71; la cantidad de agua de las mezclas del Grupo I y II tienden a presentar una función lineal, sin embargo para el caso del Grupo III y IV la variación de contenido de agua no permite considerar un comportamiento lineal, sobre todo en el Grupo IV ya que la diferencia entre el agua de la Mezcla No. 16 y No. 17 es muy grande.

Resistencia del concreto tabulada y máxima de mezclas del Manual del Constructor

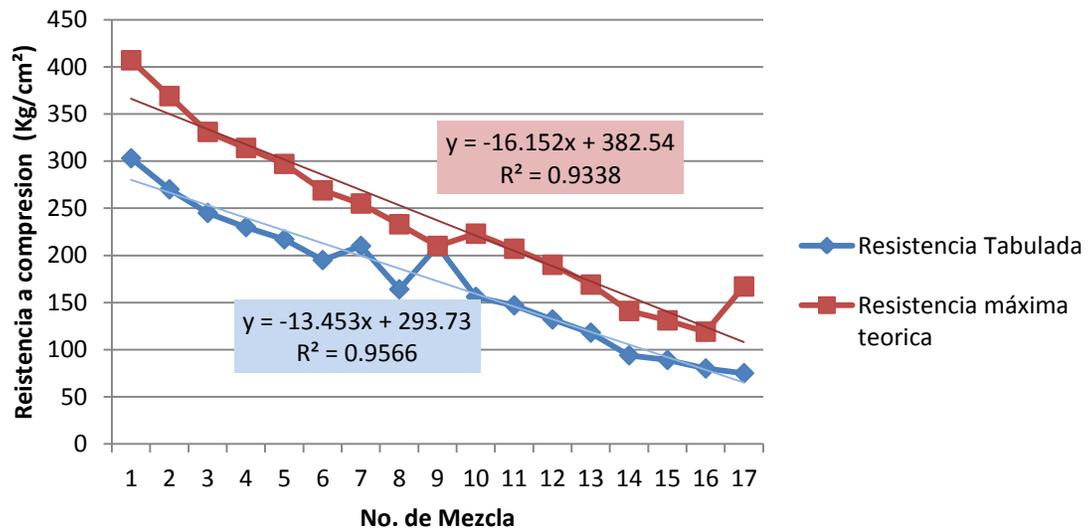


Gráfico No. 26 Resistencia a compresión para mezclas del Manual del Constructor, resistencia tabulada y resistencia máxima teórica para concreto con cemento ASTM C150 Tipo I. Fuente: Grupo de tesis.

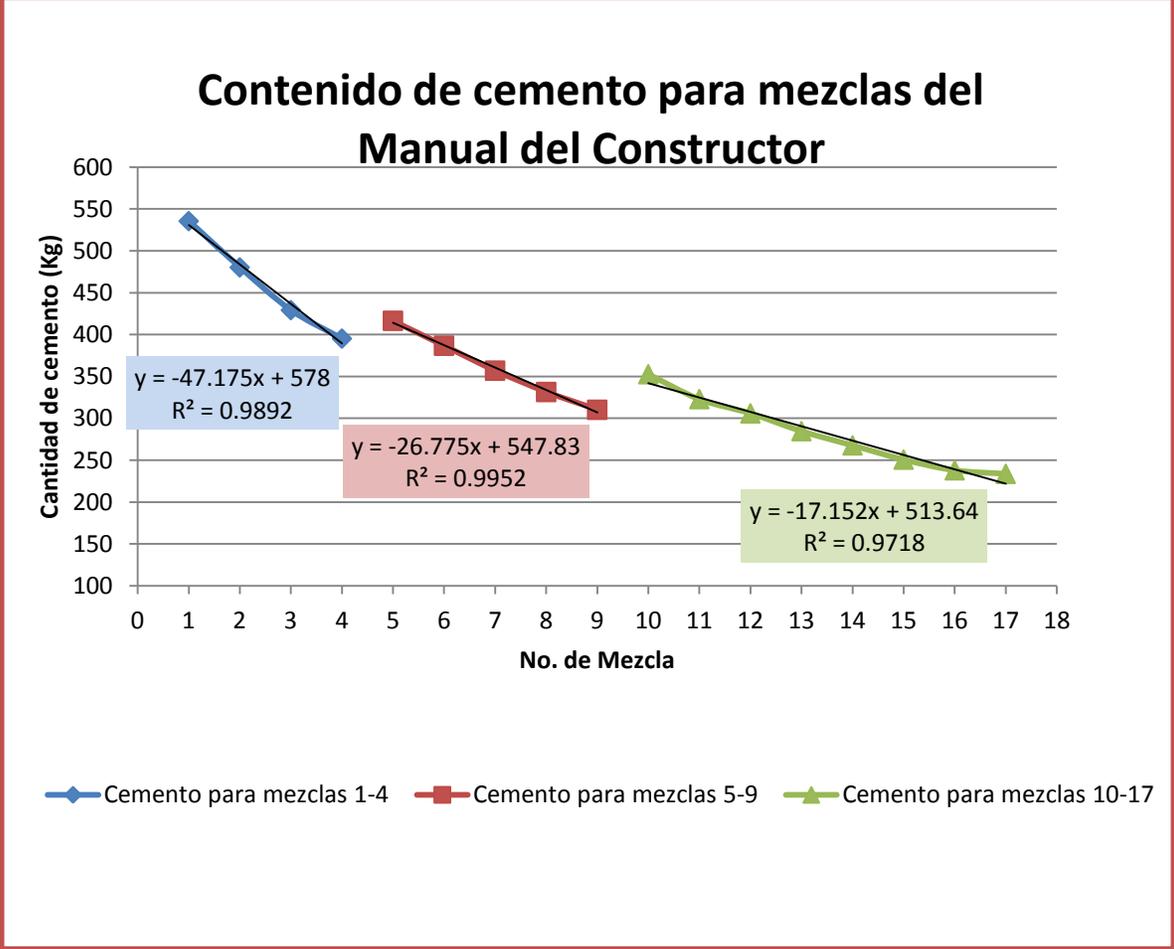


Gráfico No. 27 Contenido de cemento ASTM C 150 Tipo I para las 17 Mezclas del Manual del Constructor. Fuente: Grupo de tesis.

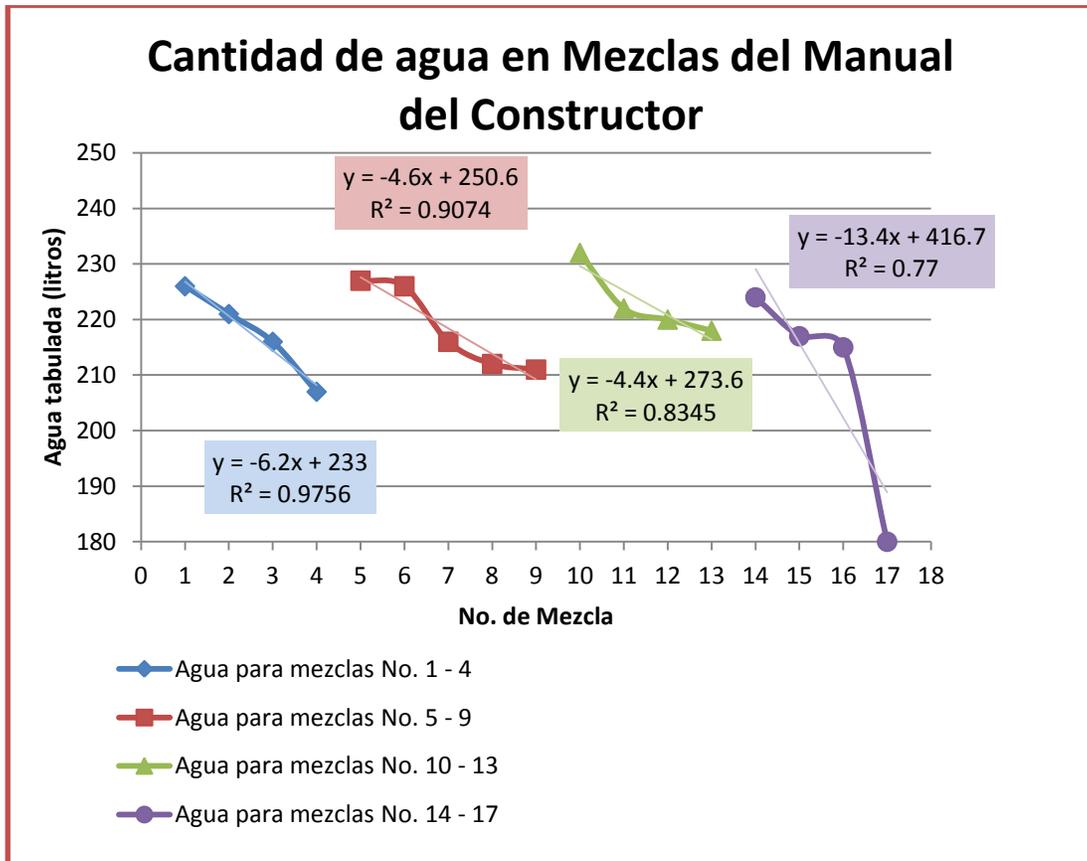


Gráfico No. 28 Cantidad de agua tabulada para las 17 Mezclas del Manual del Constructor. Fuente: Grupo de tesis.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

6.1 Introducción

Durante el desarrollo del proyecto se observó que el concreto encierra toda una serie de aspectos a tomar en cuenta al momento de elaborarlo. En este último capítulo se hace referencia a dichos aspectos a través de conclusiones a las que se llegaron al final de la investigación y también se dan recomendaciones a tomar en cuenta para la elaboración de concreto.

6.2 Conclusiones

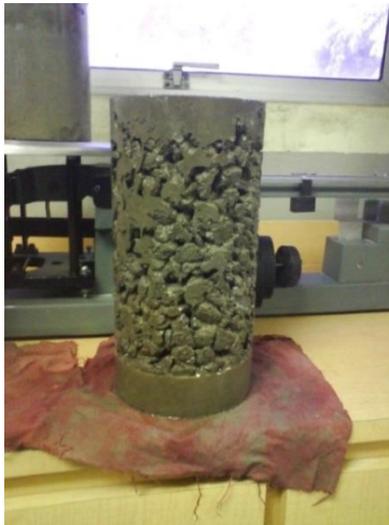
- Una mezcla de concreto con menor cantidad de cemento resulta ser más económico, pero es poco aplicable en la construcción debido a su baja resistencia a la compresión. En todas las dosificaciones de la Tabla del Manual del Constructor, la parte de cemento es igual pero su volumen disminuye conforme aumenta el volumen de los agregados, y por lo tanto la resistencia va en decrecimiento. Además se puede observar que algunas dosificaciones tienen el mismo volumen al sumar sus partes de cemento y agregados, como es el caso de las Mezclas No. 3 y No. 5 del Grupo I y II, respectivamente, pero esto no significa que tendrán la misma resistencia ya que el contenido de pasta en el concreto difiere una de la otra.
- Las inadecuadas condiciones de conservación y el prolongado almacenamiento del cemento originan caídas en la resistencia. Según la empresa HOLCIM El Salvador, la resistencia especificada a los 28 días del cemento Tipo HE es de 4200 psi (Ver Anexo 3) y la del cemento Tipo GU es de 4000 psi (Ver Anexo 4). Sin embargo, la resistencia alcanzada, resultado de las pruebas de laboratorio a los 28 días, del cemento ASTM C 1157 Tipo HE fue de 3870 psi (Fecha de empaque 23/03/12) y de 4140 psi (Fecha de empaque 12/04/12); y del cemento ASTM C 1157 Tipo GU fue de 4080 psi (Fecha de empaque 23/03/12). La resistencia del cemento influye en la resistencia del concreto, esto se ve reflejado por ejemplo en las

Gráficas No. 6 a la No. 15, donde se observa que las mezclas elaboradas con cemento Tipo GU obtuvieron mayores resistencias que las elaboradas con cemento Tipo HE.

- La tabla del Manual del Constructor presenta un decrecimiento en sus resistencias conforme va disminuyendo la cantidad de cemento en la mezcla y la relación agua/cemento va aumentando, sin embargo no se da a conocer ninguna información del revenimiento. En las tablas elaboradas con los resultados de esta investigación se especifica el revenimiento obtenido, el cual fue muy difícil mantenerlo constante, que fue la idea inicial; por lo tanto las resistencias no tienen la misma tendencia que las del Manual del Constructor.
- El agua contenida en los agregados influye en la relación agua/cemento del concreto, ya que estos pueden aportar o demandar agua a la mezcla durante su elaboración y por lo tanto afectan la resistencia del concreto. Cuando la relación agua/cemento aumenta, la resistencia a la compresión del concreto disminuye. En el Grupo IV se obtuvieron relaciones agua/cemento altas debido a que estas dosificaciones tienen poca cantidad de cemento en comparación con la cantidad de los agregados. En consecuencia se obtuvieron resistencias menores.
- Los concretos con gran cantidad de grava en comparación con la cantidad de arena y cemento, son poco trabajables y es muy difícil lograr obtener resistencias altas. La trabajabilidad disminuye conforme va aumentando el volumen de los agregados en los cuatro grupos para cada tipo de cemento. En los concretos con poca trabajabilidad se dio la formación de colmenas a causa de la escasez de pasta en la mezcla y la segregación de la grava del mortero (Ver Fotografías No. 36 y No. 37).



Fotografía No. 36 Espécimen de concreto con formación de colmenas en la tercera capa de colado. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 37 Formación de colmenas en todo el espécimen de concreto. Fuente: Grupo de tesis.

En las mezclas del Grupo I usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU se obtuvieron concretos trabajables y pastosos, con revenimientos de 2 ½ a 3 ¼ pulgadas, exceptuando la Mezcla No. 4 con un revenimiento de ½ pulgada. Usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE se obtuvieron

revenimientos de 2 ½ a 3 ½ pulgadas, excepto la Mezcla No. 4 con revenimiento de 1 ½ pulgada. Los especímenes no presentaron formación de colmenas.

En las mezclas del Grupo II usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU, los concretos fueron trabajables y pastosos, con revenimientos de 2 a 3 ½ pulgadas y con ausencia de colmenas; excepto la Mezcla No. 9 que tuvo poca trabajabilidad y un revenimiento de cero, observándose especímenes con colmenas. Usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE, las Mezclas No. 5, 6 y 7 tuvieron revenimientos de 3 ¼ a 3 ½ pulgadas y los especímenes no presentaron colmenas; mientras que las Mezclas No. 8 y 9 fueron poco trabajables con revenimientos de 1 y cero pulgadas, respectivamente, y los especímenes presentaron formación de colmenas.

En las mezclas del Grupo III usando cemento ASTM C 1157 Tipo GU, los concretos de las Mezclas No. 10 y 11 fueron trabajables con revenimientos de 2 ½ pulgadas a pesar de tener menos pasta que los grupos anteriores. Los especímenes no presentaron formación de colmenas. Las Mezclas No. 12 y 13 tuvieron un revenimiento de 1 pulgada y poca trabajabilidad. Debido al poco contenido de pasta no se les agregó más agua para aumentar el revenimiento ya que esto causaría segregación en las mezclas; en los especímenes se observaron colmenas. Usando cemento ASTM C 1157 Tipo HE, los concretos fueron trabajables y con revenimientos de 2 ¼ a 3 pulgadas. Los especímenes no presentaron colmenas, a excepción de los especímenes elaborados con la Mezcla No. 13.

En las mezclas del Grupo IV, los concretos con cemento ASTM C 1157 Tipo GU y Tipo HE, resultaron muy gravosas, con muy baja trabajabilidad y revenimientos de 0 a 1 pulgada. Los especímenes presentaron formación de colmenas en toda su área. En las mezclas de

este grupo es difícil obtener revenimientos mayores de 1 pulgada ya que son propensas a que se segregue la grava del mortero.

Los especímenes elaborados con las mezclas de concreto con revenimiento de 0 a 1 pulgada, se consolidaron utilizando el método de vibrado externo; sin embargo siempre se presentaron colmenas en dichos cilindros.

- Las tablas elaboradas a partir de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación se presentan a continuación:

Grupo	Mezcla No.	Proporción	1 m ³ de concreto				Rev (pulg)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
			Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)		
I	1	1:1.5:1.5	12.6	0.53	0.55	154	2.50	415
	2	1:1.5:2	11.3	0.48	0.64	228	3.00	358
	3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	130	3.25	351
	4	1:1.5:3	9.3	0.37	0.79	201	0.50	274
II	5	1:2:2	9.8	0.55	0.55	205	3.50	260
	6	1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	210	2.75	257
	7	1:2:3	8.4	0.47	0.71	124	2.25	208
	8	1:2:3.5	7.8	0.44	0.76	158	2.00	183
	9	1:2:4	7.3	0.41	0.82	87	0.00	174
III	10	1:2.5:2.5	8.3	0.58	0.58	162	2.50	161
	11	1:2.5:3	7.6	0.54	0.65	149	2.50	126
	12	1:2.5:3.5	7.2	0.51	0.71	134	1.00	153
	13	1:2.5:4	6.7	0.48	0.77	147	1.00	116
IV	14	1:3:4	6.3	0.53	0.71	92	0.00	141
	15	1:3:4.5	5.9	0.50	0.75	108	1.00	84
	16	1:3:5	5.6	0.47	0.79	99	1.00	58
	17	1:3:6	5.5	0.47	0.94	105	0.00	62

Tabla No. 71 Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo GU. Fuente: Grupo de tesis.

Grupo	Mezcla No.	Proporción	1 m ³ de concreto				Rev (pulg)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
			Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Grava (m ³)	Agua (L)		
I	1	1:1.5:1.5	12.6	0.53	0.55	179	3.00	364
	2	1:1.5:2	11.3	0.48	0.64	134	3.50	241
	3	1:1.5:2.5	10.1	0.43	0.71	216	2.50	212
	4	1:1.5:3	9.3	0.37	0.79	103	1.50	212
II	5	1:2:2	9.8	0.55	0.55	244	3.50	263
	6	1:2:2.5	9.1	0.51	0.64	169	3.50	217
	7	1:2:3	8.4	0.47	0.71	125	3.25	150
	8	1:2:3.5	7.8	0.44	0.76	128	1.00	164
	9	1:2:4	7.3	0.41	0.82	91	0.00	158
III	10	1:2.5:2.5	8.3	0.58	0.58	159	2.50	212
	11	1:2.5:3	7.6	0.54	0.65	208	2.25	175
	12	1:2.5:3.5	7.2	0.51	0.71	148	2.25	184
	13	1:2.5:4	6.7	0.48	0.77	155	3.00	168
IV	14	1:3:4	6.3	0.53	0.71	124	0.00	158
	15	1:3:4.5	5.9	0.50	0.75	109	1.00	133
	16	1:3:5	5.6	0.47	0.79	92	1.00	100
	17	1:3:6	5.5	0.47	0.94	105	0.00	68

Tabla No. 72 Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto elaborado con cemento ASTM C 1157 Tipo HE. Fuente: Grupo de tesis.

En la Tabla No. 71 y No. 72 las mezclas se han distribuido en cuatro grupos, basándose en la parte de volumen del cemento y de la arena; por ejemplo, el Grupo I consiste en las mezclas que tienen 1 parte de cemento y 1.5 partes de arena que se mantiene constante, la variante es la parte de grava.

Las cantidades de cemento, grava y arena son las mismas que las que se presentan en el Manual del Constructor, sin embargo la cantidad de agua sí varía. Por ese motivo se presenta el dato del revenimiento obtenido para que el usuario de dichas tablas adopte una idea de la influencia del agua de la mezcla en el revenimiento, en la relación agua/cemento y en la resistencia.

Es importante mencionar que los valores de resistencia a la compresión están en función de muchos aspectos, por ejemplo el revenimiento, la relación agua-cemento, las propiedades de los componentes utilizados, etc.; por lo que los datos presentados en las Tablas No. 71 y 72 no son los únicos valores que se pueden llegar a obtener con cada proporción.

Según la Tabla No. 4 “Clasificación Actual del Concreto por su Resistencia”, los resultados se pueden clasificar según su resistencia. En lo que respecta a los concretos elaborados con cemento Tipo GU, las Mezclas No. 7 a la No. 17 son de resistencia baja, mientras que las Mezclas No. 1 a la No. 6 son de resistencia normal. Para los concretos elaborados con cemento Tipo HE, las Mezclas de la No. 1 a la No 6 y la Mezcla No. 10 son de resistencia normal, mientras que las restantes son de resistencias bajas.

- La formación de colmenas en los especímenes de concreto influye en el tipo de falla que se dará al ser sometido a compresión. Los tipos más comunes de fallas que presentaron los especímenes de concreto sin colmenas al ser sometidos a compresión fueron Tipo 5 y 6 en los Grupos I, II y III (Ver Fotografía No. 38). El Grupo IV, cuyos especímenes presentaron formación de colmenas, presentó en su mayoría fallas Tipo 3 (Ver Fotografía No. 39). Durante la realización de las pruebas a compresión se pudo observar que para una misma dosificación y edad de ruptura, los especímenes con colmenas tienen menor capacidad de resistencia a la compresión que los especímenes sin presentación de colmenas.



Fotografía No. 38 Espécimen con falla Tipo 5. Fuente: Grupo de tesis.



Fotografía No. 39 Espécimen con falla Tipo 3. Fuente: Grupo de tesis.

- Al elaborar y curar concreto en condiciones de laboratorio se obtienen resistencias a la compresión diferentes de los concretos elaborados y curados en el sitio de la obra, ya que en laboratorio se tiene un control

riguroso de los componentes del concreto a través de los ensayos normalizados que permiten conocer sus características, lo que da una garantía de la calidad del concreto elaborado. Los resultados de laboratorio deben servir para comparar los resultados del concreto elaborado en el sitio del proyecto.

- Las dosificaciones del Manual del Constructor no son del todo aplicables para la elaboración de concreto, debido que algunas mezclas tienen muy baja resistencia. Sin embargo, las aplicaciones del concreto en la industria de la construcción son muy amplias, y queda a criterio de los ingenieros civiles y arquitectos el uso de la tabla del Manual del Constructor para elaborar concreto en un proyecto.

6.3 Recomendaciones

A partir de las conclusiones mencionadas en el apartado anterior, se recomienda:

- Es importante verificar la calidad y la resistencia especificada del cemento que se va a utilizar en una mezcla, ya que es un aspecto que influye en la resistencia que puede llegar a alcanzar un elemento de concreto. No se deben utilizar bolsas de cemento que tengan más de dos meses de almacenamiento, salvo que los ensayos demuestren que está en condiciones satisfactorias.
- Se pueden mejorar los resultados de resistencia a compresión obtenidos de una mezcla de concreto cambiando la relación agua/cemento, especialmente el agua; siempre tomando en cuenta que la mezcla sea plástica y manejable. En el caso de los especímenes de concreto elaborados con cemento ASTM C 1157 Tipo GU las Mezclas No. 4, 9, 12, 13 y todas las mezclas de Grupo IV no es posible bajar su relación agua/cemento, ya que su revenimiento es muy bajo. De los elaborados con

cemento Tipo HE las Mezclas No. 8, 9 y todas las mezclas del Grupo IV no se pueden mejorar. Mejorar los resultados de las mezclas de concreto se refiere a que éstas alcancen mayores resistencias sin la inclusión de un aditivo ni mayor cantidad de cemento.

- Conocer las propiedades físicas de los agregados que se utilizarán en una mezcla de concreto para tener un indicador de calidad en la mezcla. Entre las propiedades físicas más importantes está el contenido de humedad y la granulometría de los agregados. Es necesario conocer el contenido de humedad de los agregados antes de la elaboración del concreto ya que en campo es muy difícil que los agregados se encuentren secos o en condición saturado superficialmente secos. Además se recomienda hacer correcciones por absorción de los agregados para determinar si se harán modificaciones en el agua de diseño, ya que la cantidad de agua puede aumentar o disminuir. También hay que considerar el tamaño del agregado grueso, ya que cuando el agregado grueso es muy grande afecta en la trabajabilidad del concreto. Los agregados a utilizar en una mezcla de concreto deben ser de buena calidad, ya que estos ocupan el mayor porcentaje en peso y volumen, en una revoltura de concreto; y si estos son de baja calidad el concreto no podría alcanzar las resistencias deseadas.
- En las mezclas con revenimiento menores a 1.5 pulgadas, se recomienda seguir el método de Consistómetro de Vebe para medir la consistencia de la mezcla, bajo la norma ASTM C 1170 “Método de Ensayo Estándar para determinación de la consistencia y la densidad del concreto compactado con rodillo usando una mesa vibratoria”.
- Al elaborar mezclas de concreto gravosas y poco trabajables, en donde los especímenes presentaron formación de colmenas se puede realizar lo siguiente:
 - ✓ Utilizar el método de consolidación más apropiado.

- ✓ Un buen mezclado y adecuado transporte de la mezcla.
 - ✓ Cambiar la granulometría del agregado, ya que al cambiar el tamaño del agregado grueso se puede evitar la segregación.
 - ✓ Utilizar un aditivo que sea plastificante para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.
-
- En un proyecto donde se construirán grandes edificaciones a base de concreto es recomendable hacer un diseño de mezcla. Los resultados que se muestran con esta investigación pueden servir de guía para conocer cuanta resistencia puede llegar a alcanzar un elemento de concreto usando un tipo determinado de cemento. Se observa que las mezclas de Grupo IV no pueden tener mucha aplicabilidad en la construcción, sobre todo en elementos de concreto sometido a grandes fuerzas de compresión.

GLOSARIO

Agregado: Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable.

Colmena: se le llama así a las oquedades que se producen en el concreto.

Concreto: El concreto es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra machacada y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales.

Concreto fresco: Es aquel concreto recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable, en el cual no se produce el fraguado ni el endurecimiento y adopta la forma del encofrado.

Concreto endurecido: Es aquel que tras el proceso de hidratación ha pasado del estado plástico al estado rígido.

Concreto ciclópeo: Es el concreto simple en cuya masa se incorporan grandes piedras o bloques; y q no contiene armadura. Es aquel que está complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo, de 10" cubriendo hasta el 30 %, como máximo del volumen total; éstas deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple. El concreto ciclópeo no se considera concreto estructural.

Fraguado del concreto: Cuando el cemento y el agua entran en contacto, se inicia una reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de la mezcla. Dentro del proceso general de endurecimiento se presenta un estado en que la mezcla pierde apreciablemente su plasticidad y se vuelve difícil de manejar; tal estado corresponde al fraguado inicial de la mezcla. A medida que

se produce el endurecimiento normal de la mezcla, se presenta un nuevo estado en el cual la consistencia ha alcanzado un valor muy apreciable; este estado se denomina fraguado final.

Humedad dentro del concreto: La distribución de la humedad en una estructura de concreto está determinada por la composición del concreto, el curado y el microclima en las diferentes partes de la estructura. Las diferencias en las condiciones de humedad entre el sistema de poros y el microclima circundante causarán un flujo de humedad hacia adentro y fuera de la superficie de concreto y en la profundidad de la estructura.

Segregación del concreto: La segregación implica separación del agregado grueso del mortero o separación de la pasta de cemento del agregado. Esto puede causar bajas resistencias y mayores contracciones en el concreto.

BIBLIOGRAFÍA

➤ Libros

- Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Primera Edición Portland Cement Association. Estados Unidos 2004.

➤ Tesis

- Selvin Alvarado, Nelson Guzmán, Geovany Henríquez. “Comportamiento del concreto en climas tropicales para las principales zonas de El Salvador”. Trabajo de grado (Ingeniería Civil). Universidad Nacional de El Salvador. 2009.
- Mariela Quiroz, Lucas Salamanca, “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de Tecnología del hormigón”. Universidad de San Simón.

➤ Artículos

- Ing. Ricardo Burgos Oviedo, Resultado de la Investigación sobre las Dosificaciones de Mezclas de Concreto publicadas en el Manual del Constructor. Septiembre 2009.

➤ Revistas

- ISCYC, Año 10 Número 38. Septiembre 2005

➤ Normativas

- ASTM C 131. Método de Ensayo Estándar para la resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

- ASTM C 535. Método de Ensayo Estándar para resistencia al desgaste del Agregado Grueso de tamaño Mayor por Abrasión e Impacto en la Máquina Los Ángeles.
- ASTM C 136. Método de Ensayo Estándar para análisis por malla de agregados grueso y fino.
- ASTM C 33. Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
- ASTM C 128. Método de Ensayo Estándar para gravedad específica y absorción del agregado fino.
- ASTM C 127. Método de Ensayo Estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción del agregado grueso.
- ASTM C 29/ C 29. Método de Ensayo Estándar para Densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados.
- ASTM C 566. Método de Ensayo Estándar para Medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado.
- ASTM C 1064. Método de Ensayo Estándar para Temperatura del concreto Portland recién mezclado.
- ASTM C 143/C 143. Método de Ensayo Estándar para revenimiento del concreto de cemento hidráulico.
- ASTM C39/ C39. Método de Ensayo Estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto.
- ASTM C 109. Método de Ensayo Estándar de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in. o [50-mm])
- ASTM C 1602. Especificación para el agua de mezcla utilizada en la fabricación de concreto.

- Norma ASTM C 192/C 192. Método de Ensayo Estándar para Elaboración y Curado en el Laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.
- ASTM C 702. Práctica Normalizada para Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo.
- ASTM C 172. Práctica Normalizada para muestreo de concreto recién mezclado.
- ASTM E 11. Especificación estándar para mallas tejidas de alambre de prueba y tamices de ensayo.

ANEXOS

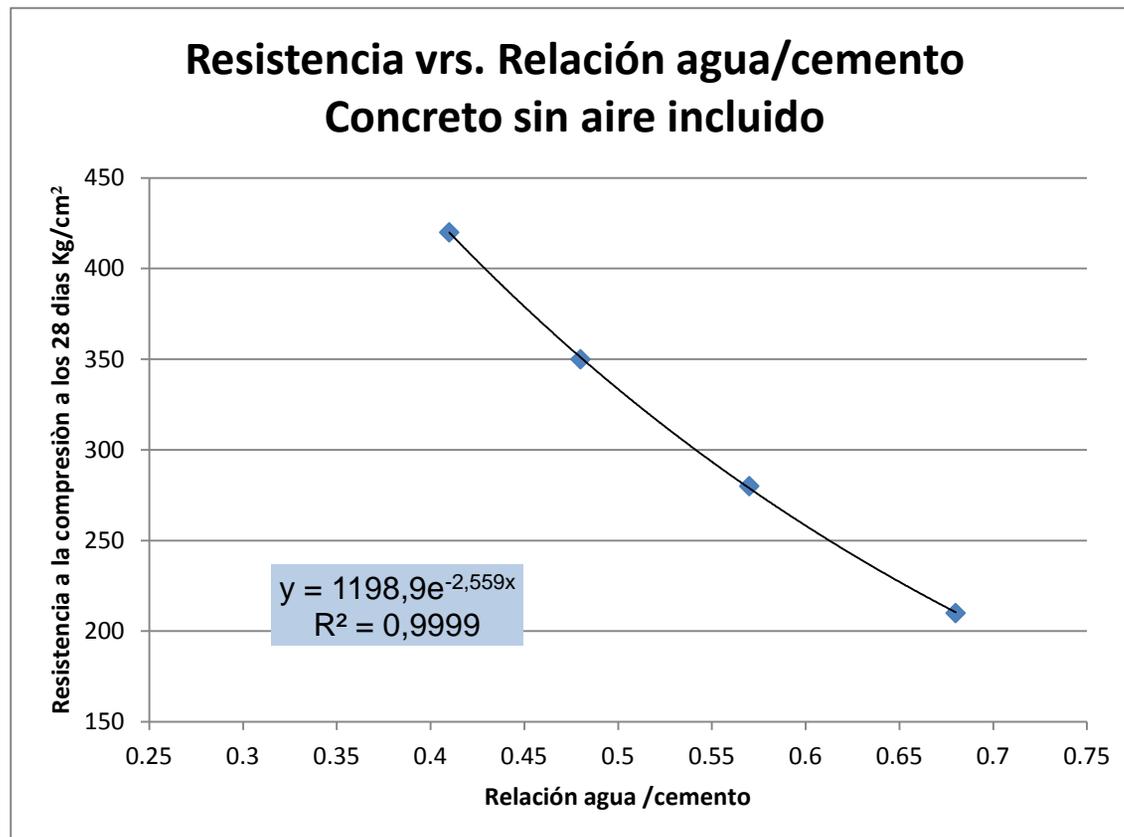
TAMAÑOS STÁNDAR DE AGREGADO GRUESO.

Cantidades más finas que cada malla de laboratorio (abertura cuadrada), peso %

Número del tamaño	Tamaño Nominal, Abertura cuadrada.	100-mm (4-in.)	90-mm (3½-in.)	75-mm (3-in.)	63-mm (2½-in.)	50-mm (2-in.)	37.5-mm (1½-in.)	25-mm (1-in.)	19.0-mm (¾-in.)	12.5-mm (½-in.)	9.5-mm (3/8-in.)	4.75-mm (No 4.)	2.36-mm (No 8)	1.18-mm (No 16.)	300-µm (No 50.)	150-µm (No 100.)
1	90 hasta 37.5-mm (¾ hasta 1½ -in.)	100	90 hasta 100	...	25 hasta 60	...	0 hasta 15	...	0 hasta 5	...	...	...	...	...	...	...
2	63 hasta 37.5-mm (2½ hasta 1½ -in.)	...	...	100	90 hasta 100	35 hasta 70	0 hasta 15	...	0 hasta 5	...	...	...	...	...	...	...
24	63 hasta 19.0-mm (2½ hasta ¾-in.)	...	...	100	90 hasta 100	...	25 hasta 60	...	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...	...	...	...	...
3	50 hasta 25.0-mm (2 hasta 1-in.)	...	...	...	100	90 hasta 100	35 hasta 70	0 hasta 15	...	0 hasta 5	...	...	...	...	...	...
357	50 hasta 4.75-mm (2-in hasta No 4)	...	...	...	100	95 hasta 100	...	35 hasta 70	...	10 hasta 30	...	0 hasta 5	...	...	...	...
4	37.5 hasta 19.0-mm (1½ hasta ¾-in.)	...	...	...	...	100	90 hasta 100	...	20 hasta 55	0 hasta 15	...	0 hasta 5	...	...	...	...
467	37.5 hasta 4.75-mm (1½ hasta No 4)	...	...	...	...	100	95 hasta 100	...	35 hasta 70	...	10 hasta 30	0 hasta 5	...	...	...	...
5	25.0 hasta 12.5-mm (1 hasta ½ -in.)	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	20 hasta 55	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...	...	...	...
56	25.0 hasta 9.5-mm (1 hasta 3/8 -in.)	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	40 hasta 75	15 hasta 35	0 hasta 15	0 hasta 5	...	...	...	...
57	25.0 hasta 4.75-mm (1-in hasta No 4-in.)	...	...	...	...	...	100	95 hasta 100	...	25 hasta 60	...	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...	...
6	19.0 hasta 9.5-mm (¾ hasta 3/8-in.)	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	20 hasta 55	0 hasta 15	0 hasta 5	...	...	...	...
67	19.0 hasta 4.75-mm (¾-in hasta No 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	...	20 hasta 55	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...	...
68	19.0 hasta 2.36-mm (¾-in hasta No 8)	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	...	30 hasta 65	5 hasta 25	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...
7	12.5 hasta 4.75-mm (½-in hasta No 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	40 hasta 70	0 hasta 15	0 hasta 5	...	...	...
78	12.5 hasta 2.36-mm (½-in hasta No 8)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	40 hasta 75	5 hasta 25	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...
8	9.5 hasta 2.36-mm (3/8-in hasta No 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 hasta 100	10 hasta 30	0 hasta 10	0 hasta 5	...	...
89	9.5 hasta 1.18-mm (3/8-in hasta No 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 hasta 100	20 hasta 55	5 hasta 30	0 hasta 10	0 hasta 5	...
9	4.75 hasta 1.18-mm (No 4 hasta No 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 hasta 100	10 hasta 40	0 hasta 10	0 hasta 5	...
10	4.75-mm (No 4 hasta 0º.)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 hasta 100	...	...	...	10 hasta 30

Fuente: Norma ASTM C 33

ANEXO 1

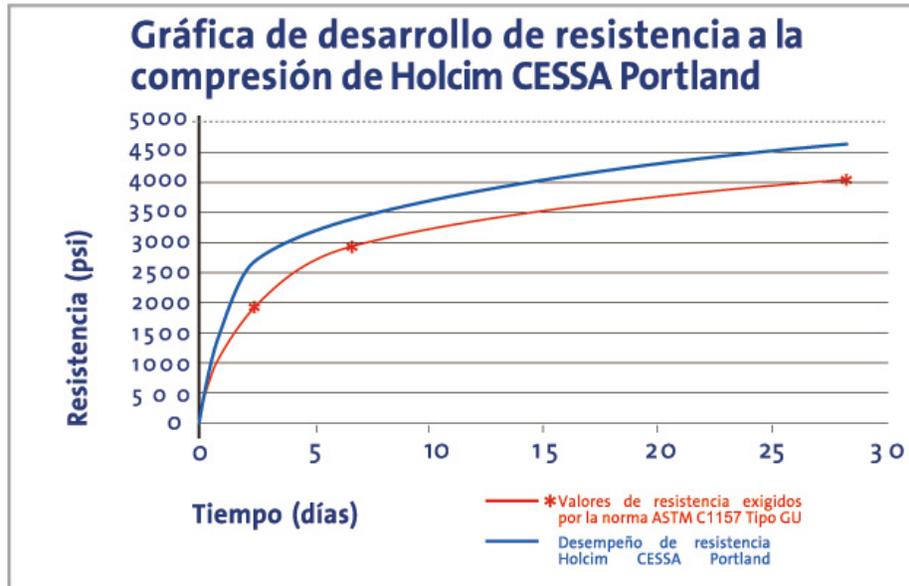


Relación agua-cemento y la
resistencia a la compresión del
concreto, para cementos ASTM C 150
Tipo I

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua / cemento (W / C) por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	----
350	0,48	0,4
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Fuente: ACI 211.1

ANEXO 2

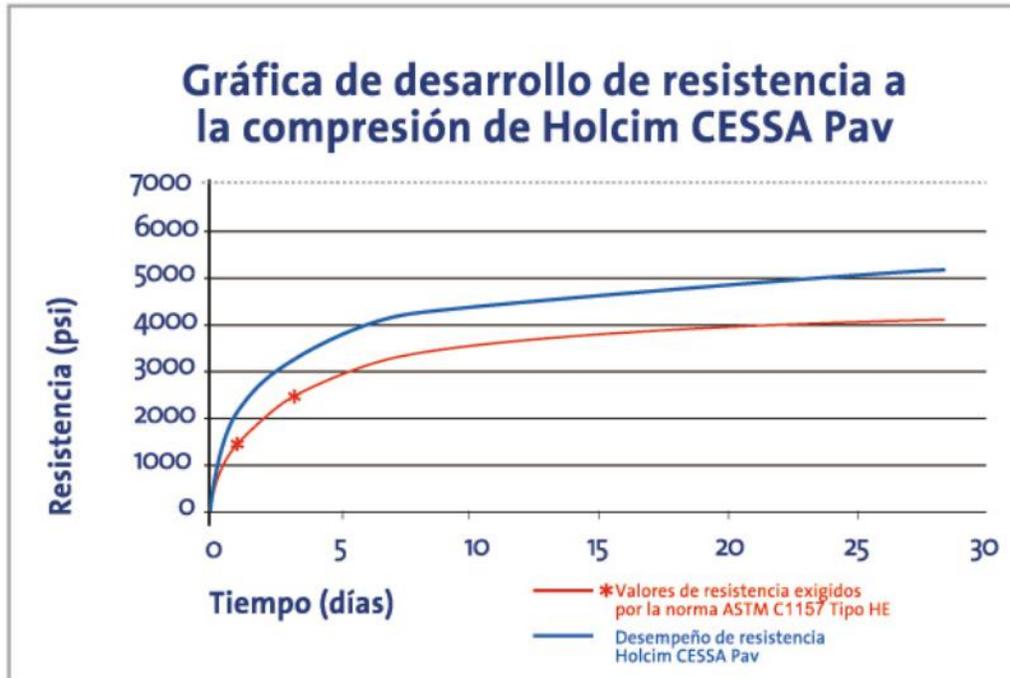


Características Técnicas:

Fabricado con base en la norma ASTM C 1157 Tipo GU (GU=Uso general). Este cemento alcanza resistencias a la compresión mayores a los 4200 psi (libras por pulgadas cuadrada) a los 28 días.

Proceso de Producción Certificado y Acreditado:

- Norma de gestión de Calidad ISO 9001:2008
- Norma de gestión Medioambiental ISO 14001: 2004
- Laboratorio de Control de Calidad acreditado ISO 17025 : 2005



Características Técnicas:

Fabricado con base en la norma ASTM C 1157 Tipo HE (He= Alta resistencia a edades tempranas). Este cemento alcanza resistencias a la compresión mayores a los 4400 psi (libras por pulgada cuadrada) a los 28 días. Debido a sus componentes y características de fabricación, con este cemento se pueden lograr altas resistencias a edades tempranas.

Proceso de Producción Certificado y Acreditado:

- Norma de gestión de Calidad ISO 9001:2008
- Norma de gestión Medioambiental ISO 14001: 2004
- Laboratorio de Control de Calidad acreditado ISO 17025 : 2005

ANEXO 4