

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



**“INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO
SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO
FRESCO Y ENDURECIDO”**

PRESENTADO POR:

**JUAN CARLOS REINA CARDOZA
MARVIN JOSE SANCHEZ BLANCO
ELMER ROLANDO SOLANO QUINTANILLA**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2010

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

MSc. ING. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN

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

Trabajo de graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título

:

**“INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO
SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y
ENDURECIDO”**

Presentado por

:

**JUAN CARLOS REINA CARDOZA
MARVIN JOSE SANCHEZ BLANCO
ELMER ROLANDO SOLANO QUINTANILLA**

Trabajo de Graduación Aprobado por

:

Docentes Directores

:

**INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJIA
ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO**

San Salvador, Agosto de 2010

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

INGRA. LESLY EMIDALIA MENDOZA MEJIA

ING. JOAQUIN MARIANO SERRANO CHOTO

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias principalmente a Dios todopoderoso, porque Él ha hecho posible que este Trabajo de Graduación llegue a su fin exitosamente, además porque nos ha protegido durante la elaboración del mismo y ha permitido que exista una buena comunicación y entendimiento entre nosotros.

Queremos agradecer además, a nuestros profesores y también coordinadores de esta investigación, **Ingra. Lesly E. Mendoza** e **Ing. Joaquín M. Serrano Choto**, por su comprensión, colaboración y por compartir sus conocimientos con nosotros, convirtiéndose así, en un apoyo fundamental por el cual ha sido posible la culminación de este trabajo.

Agradecemos también, al Ing. **Marvin Hamilton Sánchez Cañas** y a su hijo **Rafael Eduardo Sánchez** por toda la colaboración y apoyo brindado a nosotros durante la realización de este trabajo.

Queremos agradecer especialmente al personal del Laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador “Mario Ángel Guzmán Urbina”, **Ing. José Miguel Landaverde Quijada** y al **Tec. Carlos Morataya**, por la importantísima ayuda en la parte experimental que nos brindaron durante el desarrollo de la investigación.

Además, le agradecemos al **Ing. Guillermo Flores** y al **Ing. César Vega** de Holcim Concretos S.A. de C.V. El Salvador, por toda la ayuda y el apoyo que desinteresadamente nos han brindado durante toda la investigación. Le agradecemos al **Ing. Hugo Bonilla** de Holcim S.A. de C.V. El Salvador, por colaborarnos desinteresadamente, brindándonos una ayuda fundamental para el desarrollo de la investigación.

Finalmente queremos agradecer a nuestro profesor y coordinador general de trabajos de graduación de la Escuela de Ingeniería Civil, **Ing. José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo** y al director esta misma Escuela, **Ing. Fredy Fabricio Orellana** por su apoyo a lo largo de la elaboración de este Trabajo de Graduación.

Los Autores.

DEDICATORIA

*Toda escritura está inspirada por Dios. Y es útil
Para enseñar, para corregir, para guiar en el bien
He terminado mi carrera siempre fiel a la fe...
2da. Timoteo 3:16*

La culminación de mi carrera solo fue posible gracias al esfuerzo de muchas personas, quienes me dieron su apoyo y confianza en todo momento, pero especialmente quiero agradecer:

A Dios todo poderoso: Por iluminarme siempre en mi camino, darme fuerzas para lograr con éxito esta y muchas otras metas en mi vida.

A mis padres: **Juan Francisco Reina** y **Blanca Rosa Cardoza**, por su amor y apoyo incondicional en los momentos felices y difíciles de mi vida.

A mi hermano y esposa: **José Tito Reina** y **Iris Guadalupe de Reina** por su apoyo, confianza y cariño, el cual siempre me han brindado en los momentos buenos y malos; y por demostrarme con su hijo **Alejandro Reina Guardado** que Dios existe y lo podemos ver en una sonrisa de un niño, y en especial a mi hermana **Flor Idalia Reina** (Q.D.D.G) por hablarle a Dios de mí.

A mi tía e hijos: **Estela de Mejía**, **Geovany**, **Caro**, **Erika** y **Silvia** por recibirme en su casa todo el tiempo que estuve estudiando, por su apoyo, confianza y por ser más que una tía y primos, por ser mi madre y hermanos

A toda mi familia: A mis tíos, primos, abuelos y en especial a mi abuelo **Narciso Reina** (Q.D.D.G) por ser el ejemplo de fe más grande para mí.

A todos mis amigos: Por haber estado ahí cuando más los necesite y por haberme acompañado en toda mi carrera, y en especial a **Pedro Alexis Nieto** y a mis compañeros de tesis **Marvin José Sánchez Blanco** y **Elmer Rolando Solano Quintanilla**

Juan Carlos Reina Cardoza

DEDICATORIA

Este Trabajo de Graduación quiero dedicarlo y agradecerlo principalmente a Dios todopoderoso porque ha sido Él quien ha hecho posible su finalización y me ha dado muchísimas bendiciones en mi vida, me ha guiado y protegido durante estos años de estudio y principalmente, ha sido Él quien me ha brindado la sabiduría para conducirme por la vida.

También dedico este Trabajo de Graduación a mis padres, **Marvin Hamilton Sánchez Cañas** y **Adela Iris Blanco de Sánchez**, por la fe que me han transmitido, porque siempre han sido luz en mi vida, porque me han apoyado y educado en todo momento, me han brindado todo su amor y han depositado su confianza en mí desde mi nacimiento.

Se lo dedico además a mis hermanos, **Iris Carolina Sánchez Blanco**, **Iris Guadalupe Sánchez Blanco** y **Eliseo Andrés Sánchez Blanco**, por su ayuda y apoyo durante toda mi vida; quisiera agradecer especialmente a mi amigo y hermano **Rafael Eduardo Sánchez Blanco** por su importantísima ayuda y apoyo, no solo durante el desarrollo de este trabajo de graduación, sino durante toda la vida. Además, dedico este trabajo a mis otros familiares: todos mis abuelos que me acompañan desde el cielo, a mis todos mis tíos y primos, a quienes quiero muchísimo.

Quiero agradecer especialmente a alguien que para mí es muchísimo más que una compañera, a mi mejor amiga **Eunice Marcela Tobar Escobar**, por todo lo que ha hecho por mí desde el primer ciclo de mis estudios universitarios, porque ha podido comprenderme y tolerarme durante todo este tiempo, porque me ha brindado toda su confianza y apoyo, y porque ha estado conmigo siempre en las alegrías y me ha consolado en las tristezas, le agradezco principalmente por todo lo que he vivido junto a ella, y aunque a veces hayamos discutido, nunca dudé que Dios la puso en mi camino para ayudarme a salir adelante en la vida; le dedico este Trabajo porque es una persona que como a una hermana, quiero muchísimo.

Finalmente quisiera dedicar este trabajo a todos mis amigos a quienes quiero y a mis compañeros, quienes me han apoyado y con quienes he compartido durante toda mi vida y carrera universitaria. Le agradezco a **Astrid Ivania López**, a **Pedro Alexis Nieto**, y a **Oscar Eduardo Marroquín** por su ayuda y apoyo durante mis estudios; pero principalmente le agradezco a mis amigos **Elmer Rolando Solano** y **Juan Carlos Reina**, por haberme comprendido y tolerado durante el desarrollo de este trabajo de Graduación.

Marvin José Sánchez Blanco

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de graduación a:

Primero a Dios, por darme vida, fuerza y voluntad para concluir mis estudios universitarios y haberme regalado una familia excepcional que me ha apoyado y lo seguirá haciendo en todas las etapas de mi vida.

A mis padres **Julio Cesar Solano** y **Mirna Elizabeth Quintanilla de Solano**, por darme vida, protegerme, educarme, brindarme su cariño y apoyo incondicional sin importar el esfuerzo hecho, sabiendo que este logro en mi vida es un logro también para ellos.

A mi hermana **Jocelyn Elizabeth**, por compartir conmigo momentos buenos y malos, brindándome su cariño, apoyo y comprensión, demostrándome que siempre cuento con ella sin importar las circunstancias.

A mis abuelos **María Margarita**, **María Santos**, **José Roberto** (Q.D.D.G),y **Rafael Arsenio** (Q.D.D.G), por ser y haber sido importantísimos en mi vida, por su cariño, comprensión, apoyo y por ser un ejemplo a seguir en mi vida.

A mis bisabuelos **María Eufemia** (Q.D.D.G) e **Isaías** (Q.D.D.G), por haberme regalado una infancia inolvidable, por compartir conmigo sus últimos años de vida, brindarme todo su cariño, comprensión y apoyo.

A todos mis tíos, tías, primos, primas y demás familia, por brindarme su apoyo, comprensión y cariño.

A mis amigos y compañeros **Juan Carlos** y **Marvin**, por haberme brindado su amistad, compartir momentos buenos y malos, y haberme dado el privilegio de realizar con ellos esta investigación.

A mis demás amigos y compañeros, en especial a **Pedro Alexis Nieto** por brindarme su amistad y haber compartido momentos buenos y malos en todas las etapas de mi vida.

Elmer Rolando Solano Quintanilla

INDICE

RESUMEN	XIX
CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.4 OBJETIVOS	8
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
1.5 ALCANCES	10
1.6 LIMITACIONES	11
1.7 JUSTIFICACION	12
CAPITULO II: CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	13
2.1 INTRODUCCION.....	14
2.2 GENERALIDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	15
2.2.1 DEFINICION.....	15
2.2.2 TIPOS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	16
2.2.3 RELACION AGUA/CEMENTANTES (A/(C+P))	17
2.2.4 APLICACIONES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	18
2.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	19

2.3	COMPONENTES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	20
2.3.1	CEMENTO	20
2.3.1.1	Definición.....	20
2.3.1.2	Elección del tipo de cemento para la elaboración de concretos de alta resistencia	20
2.3.1.3	Características del cemento Portland Tipo I.....	23
2.3.1.4	Características del cemento Tipo HE	24
2.3.2	AGREGADOS	25
2.3.2.1	Agregados gruesos	25
2.3.2.2	Agregados finos.....	28
2.3.3	AGUA.....	30
2.3.4	ADITIVOS.....	32
2.3.4.1	Definición.....	32
2.3.4.2	Clasificación de los aditivos.....	33
2.3.4.3	Aditivos superplastificantes.....	34
2.3.4.4	Utilización de los aditivos superplastificantes.....	35
2.3.4.5	Compatibilidad cemento/superplastificante.....	36
2.3.4.6	Clasificación de los aditivos superplastificantes.	37
2.3.4.7	Superplastificantes a base de naftaleno sulfonato.....	38
2.3.4.8	Efectos de los superplastificantes sobre las propiedades del concreto	39
2.3.4.9	Elección del superplastificante para elaborar concreto de alta resistencia	41
2.4	CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO	42
2.4.1	REOLOGIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	42
2.4.2	MEZCLADO	43
2.4.3	CURADO.....	44
2.4.4	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	46
2.4.5.1.	Trabajabilidad.....	47
2.4.5.2.	Contenido de aire.....	52

2.5	PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	54
2.5.1	RESISTENCIA A LA COMPRESION	54
2.5.1.1	Medición.....	54
2.5.1.2	Resistencia a la compresión temprana del concreto de alta resistencia.	56
2.5.1.3	Efecto del aumento temprano de temperatura del concreto de alta resistencia sobre el esfuerzo a la compresión.....	58
2.5.1.4	Resistencia a la compresión a largo plazo.	59
2.5.2	MODULO DE ELASTICIDAD	59
	CAPITULO III: TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES A UTILIZAR	62
3.1	INTRODUCCION.....	63
3.2	GENERALIDADES.....	64
3.3	PARAMETROS FIJOS Y VARIABLES	65
3.3.1	PARAMETROS FIJOS	65
3.3.1.1	Condiciones de laboratorio.....	65
3.3.1.2	Agregados para el concreto	65
3.3.1.5	Aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.....	66
3.3.1.6	Método de proporcionamiento de las mezclas.....	67
3.3.1.7	Resistencias a la compresión en estudio.....	67
3.3.1.8	Revenimiento	67
3.3.1.9	Porcentaje de reducción de agua de mezclado	68
3.3.2	PARAMETROS VARIABLES	69
3.4	METODOLOGIA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO	70

3.5	ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACION	74
3.5.1	EJECUCION DE LA INVESTIGACION	74
3.5.1.1	FASE 1: Selección de los materiales	77
3.5.1.2	FASE 2: Definición de ensayos a realizar	79
3.5.1.3	FASE 3: Investigación de las propiedades de los materiales.....	80
3.5.1.4	FASE 4: diseño de mezclas	81
3.5.1.5	FASE 5: hechura de mezcla de concreto, elaboración de especímenes y ensayos al concreto en estado fresco.....	82
3.5.1.6	FASE 6: ensayos al concreto endurecido	84
3.5.1.7	FASE 7: Análisis de resultados	85
3.6	REQUISITOS DEL CONCRETO Y SUS COMPONENTES	86
3.6.1	REQUISITOS DEL CEMENTO	86
3.6.2	REQUISITOS DEL AGREGADO FINO.....	86
3.6.3	REQUISITOS DEL AGREGADO GRUESO	87
3.6.4	REQUISITOS DE LOS ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTES.	87
3.6.5	REQUISITOS DEL AGUA.....	88
3.6.6	REQUISITOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	89
3.7	SIMBOLIZACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO	90
CAPITULO IV: PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA		91
4.1	INTRODUCCION.....	92
4.2	RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA.....	93

4.3	CALCULO EXPERIMENTAL DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	109
4.3.1	DEFINICION DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION A UTILIZAR EN LA METODOLOGIA DE DISEÑO DEL COMITE ACI 211.4-93.....	109
4.3.2	DEFINICION DE LOS PORCENTAJES DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO PARA LAS MEZCLAS DE CONCRETO.....	116
4.3.3	PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA DISEÑAR LAS MEZCLAS DE CONCRETO.....	117
4.4	APLICACION DEL DISEÑO DE LA MEZCLA PROPUESTO POR EL COMITE ACI 211.4-93	119
4.4.1	PASO I: INFORMACION DE LOS MATERIALES.....	119
4.4.2	PASO II: SELECCION DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS.....	120
4.4.2.1	Selección del revenimiento.....	120
4.4.2.2	Resistencia del concreto requerida	121
4.4.3	PASO III: SELECCION DEL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO.....	123
4.4.4	PASO IV: SELECCION DEL VOLUMEN OPTIMO DE AGREGADO GRUESO.....	124
4.4.5	PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE	126
4.4.6	PASO VI: SELECCION DE LA RELACIÓN AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS $W/(C+P)$	130
4.4.7	PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO.	133
4.4.9	PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOS.	139
4.4.10	PASO X: SELECCION DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA OPTIMA DE LABORATORIO.	142
	CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS	150
5.1	INTRODUCCION.....	151

5.2	PRUEBAS AL CONCRETO.....	153
5.2.1	PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	153
5.2.1.1	Resultados de prueba de revenimiento.	154
5.2.1.2	Resultados de prueba de temperatura del concreto.....	155
5.2.1.3	Resultados de prueba de contenido de aire.....	156
5.2.1.4	Resultados de prueba de peso volumétrico.....	157
5.2.1.5	Resultados de prueba de tiempo de fraguado del concreto.....	159
5.2.2	PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	161
5.2.2.1	Resultados de prueba de resistencia a la compresión del concreto.....	161
5.2.2.2	Resultados del ensayo del módulo de elasticidad del concreto a compresión.	163
5.3	CORRELACIONES DE LOS RESULTADOS.....	165
5.3.1	CORRELACION ENTRE RESISTENCIA A COMPRESION Y LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE.....	165
5.3.2	CORRELACION ENTRE LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE EN LA MEZCLA Y EL PORCENTAJE DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO.	168
5.3.3	CORRELACION ENTRE RELACION AGUA / CEMENTANTES (W/(C+P)) CON RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ESTUDIO, TEORICA DE DISEÑO Y OBTENIDA A 28 DIAS.	171
5.3.4	CORRELACION ENTRE LOS MODULOS DE ELASTICIDAD OBTENIDOS Y TEORICOS, CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A 28 DIAS DE EDAD DE LAS DIFERENTES MEZCLAS. .	177
	CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	182
6.1	INTRODUCCION.....	183
6.2	CONCLUSIONES.....	184

6.2.1	PRUEBAS AL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO.	184
6.2.1.1	Ensayo de revenimiento ASTM C-143.	184
6.2.1.2	Ensayo de temperatura ASTM C-1074.	184
6.2.1.3	Ensayo de contenido de aire del concreto ASTM C-231.....	185
6.2.1.4	Ensayo de peso volumétrico del concreto ASTM C-138.....	186
6.2.1.5	Ensayo de tiempo de fraguado del concreto ASTM C-403.....	186
6.2.2	PRUEBAS AL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO ENDURECIDO.....	187
6.2.2.1	Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C-39.....	187
6.2.3	CORRELACION ENTRE RESISTENCIA A COMPRESION Y LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE.....	187
6.2.4	CORRELACION ENTRE LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE EN LA MEZCLA Y EL PORCENTAJE DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO.	189
6.2.5	CORRELACIÓN ENTRE RELACIÓN AGUA / CEMENTANTES ($W/(C+P)$) CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TEÓRICA DE DISEÑO Y OBTENIDA A 28 DIAS.....	190
6.2.5.1	Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento.	190
6.2.5.2	Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento.	191
6.2.5.3	Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento.	191
6.2.6	CORRELACION ENTRE LOS MODULOS DE ELASTICIDAD OBTENIDOS Y TEORICOS CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A 28 DIAS DE EDAD DE LAS DIFERENTES MEZCLAS. .	193

6.3 RECOMENDACIONES.....	194
6.3.1. SELECCION DE LOS MATERIALES.	194
6.3.2. DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO.....	195
6.3.3. ELABORACION DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	196
GLOSARIO.....	199
REFERENCIAS.....	204
BIBLIOGRAFIA	208
ANEXOS.....	214
ANEXO A: CARTA DE CERTIFICACION DE CALIDAD DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I	215
ANEXO B: HOJA TECNICA DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE “EUCON 37”.....	217
ANEXO C: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA SIGUIENDO LA METODOLOGIA DESCRITA POR EL COMITE ACI 211.4-93.....	222
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA A1, A2 Y A3.	223
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA B1, B2 Y B3.....	234
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA C1, C2 Y C3.....	245
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA D1, D2 Y D3.	256
ANEXO D: RESULTADOS DEL ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL CONCRETO SEGUN LA NORMA ASTM C-403	267

ANEXO E: RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 Y 28 DIAS DE EDAD SEGUN LA NORMA ASTM C-39	272
MEZCLAS “A”	273
MEZCLAS “B”.....	276
MEZCLAS “C”.....	279
MEZCLAS “D”	282
ANEXO F: RESULTADOS DE LOS ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO DEL CONCRETO Y DETERMINACION DE LA RELACION DE POISSON SEGUN LA NORMA ASTM C-469	285
MEZCLA “A1”	286
MEZCLA “A2”	289
MEZCLA “A3”	292
MEZCLA “B1”	295
MEZCLA “B2”	298
MEZCLA “B3”	301
MEZCLA “C1”	304
MEZCLA “C2”	307
MEZCLA “C3”	310
MEZCLA “D1”	313
MEZCLA “D2”	316
MEZCLA “D3”	319

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II: CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.....	13
Tabla 2.1: Clasificación de los concretos de alta resistencia	16
Tabla 2.2: Ventajas y desventajas de la utilización de concreto de alta resistencia	19
Tabla 2.3: Composición potencial de los compuestos y finura de los cementos Portland.	22
Tabla 2.4: Evaluación de algunos criterios para la elección del tipo de cemento Portland a utilizar para elaborar concreto de alta resistencia.	23
Tabla 2.5: Composición química, compuestos y finura del cemento Portland Tipo I.....	24
Tabla 2.6: Requerimientos físicos del cemento tipo HE, según ASTM C-1157	25
Tabla 2.7. Características de agregados gruesos utilizados en estudios de concretos de alto desempeño en el país	28
Tabla 2.8. Características de agregados finos utilizados en estudios de concretos de alto desempeño en el país	30
Tabla 2.9: Requerimientos de Desempeño del Concreto para el Agua de Mezclado	32
Tabla 2.10: Límites Químicos Opcionales para el Agua de Mezclado Combinada	32
Tabla 2.11: Clasificación de los aditivos según su función	33

Tabla 2.12: Clasificación de aditivos químicos, según ASTM C-494	34
Tabla 2.13 Resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia como una función de la relación agua/cemento.....	56
 CAPITULO III: TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES A UTILIZAR	
Tabla 3.1: Características de los agregados producidos en la Cantera CESSA “Plantel Comalapa”	78
Tabla 3.2: Ensayos a realizar al concreto en esta investigación	80
Tabla 3.3: Ensayos a realizar a los agregados en esta investigación	81
Tabla 3.4: Especificaciones de agregado fino para elaborar concreto.....	86
Tabla 3.5: Calidad de los agregados gruesos (especificaciones).	87
Tabla 3.6: Requisitos físicos de los aditivos reductores de agua de alto rango superplastificantes según norma ASTM C-494	88
Tabla 3.7: Requisitos del concreto en estado fresco.....	89
Tabla 3.8: Simbolización de especímenes para ensayo	90
 CAPITULO IV: PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA	
Tabla 4.1: Resultados de los ensayos realizados a los materiales para el diseño de las mezclas de concreto	93
Tabla 4.2: Resultado de ensayo de impurezas orgánicas.....	94
Tabla 4.3: Resultados de granulometría de agregado grueso. (Ensayo 1).....	95

Tabla 4.4: Resultados de granulometría de agregado grueso. (Ensayo 2).....	97
Tabla 4.5: Resultados de granulometría de agregado fino. (Ensayo 1).	99
Tabla 4.6: Resultados de granulometría de agregado fino (Ensayo 2).	101
Tabla 4.7: Resultados de gravedad específica y absorción (Agregado grueso).	103
Tabla 4.8: Resultados de gravedad específica y absorción (Agregado fino).....	104
Tabla 4.9: Resultados de Peso Volumétrico Suelto (Agregado grueso).	105
Tabla 4.10: Resultados de Peso Volumétrico Varillado (Agregado grueso).....	106
Tabla 4.11: Resultados de Peso Volumétrico Suelto (Agregado fino).....	107
Tabla 4.12: Resultados de Peso Volumétrico Varillado (Agregado fino).	108
Tabla 4.13: Resultados de ensayos a compresión de mezclas de prueba a 7 días. .	110
Tabla 4.14: Resultados a 7 días de edad para resistencia en estudio de 500 kg/cm²	110
Tabla 4.15: Resultados a 7 días de edad para resistencia en estudio de 650 kg/cm²	112
Tabla 4.16: Resultados de estimaciones para resistencia en estudio de 650 Kg/cm²	113
Tabla 4.17: Resultados de estimaciones utilizados para establecer las resistencias de diseño para las resistencias en estudio de 500 y 650 kg/cm²	114
Tabla 4.18: Resistencias a la compresión requeridas y de diseño a utilizar en la metodología del comité ACI 211.4-93	115

Tabla 4.19: Definición de los porcentajes de reducción de agua a utilizar en las mezclas de concreto	117
Tabla 4.20: Información de las propiedades de los materiales	120
Tabla 4.21: Revenimiento recomendado para concreto con y sin HRWR	121
Tabla 4.22: Tamaño máximo sugerido de agregado grueso.....	123
Tabla 4.23: Volumen óptimo de agregado grueso por unidad de volumen	125
Tabla 4.24: Estimación de agua de mezclado y contenido de aire del concreto fresco	127
Tabla 4.25: Estimación de la $W/(C+P)$ máxima para concretos hechos sin HRWR	131
Tabla 4.26: Estimación de la $W/(C+P)$ máxima para concretos hechos con HRWR	132
Tabla 4.27: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1....	139
Tabla 4.28: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1, después de las correcciones por humedad de los agregados.	141
Tabla 4.29: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1 para ensayo en laboratorio.....	143
Tabla 4.30: Resumen de proporciones de los componentes de la mezcla A1.	149
CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS	150
Tabla 5.1: Resultados de la prueba de revenimiento a las doce mezclas de concreto.....	154

Tabla 5.2: Resultados de la prueba de temperatura a las doce mezclas de concreto.....	155
Tabla 5.3: Resultados de la prueba de contenido de aire a las doce mezclas de concreto.....	156
Tabla 5.4: Resultados de la prueba de peso volumétrico a las doce mezclas de concreto.....	158
Tabla 5.5: Resultados de la prueba de tiempo de fraguado del concreto.	159
Tabla 5.6: Resultados promedio de pruebas de resistencia a la compresión a 7 y 28 días de edad.	162
Tabla 5.7: Resultados promedio de pruebas de módulo de elasticidad.	163
Tabla 5.8: Correlación entre resistencia a la compresión y tasa de dosificación de aditivo.....	165
Tabla 5.9: Correlación entre la tasa de dosificación de aditivo y el porcentaje de reducción de agua de mezclado.	168
Tabla 5.10: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida.....	172
Tabla 5.11: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida.....	177

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO III: TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES A UTILIZAR	62
Figura 3.1: Secuencia de actividades para elaborar las mezclas de concreto de alta resistencia	71
Figura 3.2: Secuencia del proceso de investigación del trabajo de graduación	76
Figura 3.3: Ubicación geográfica de la Cantera de la empresa Holcim El Salvador, S.A. de C.V. “Plantel Comalapa”	77
CAPITULO IV: PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA	91
Figura 4.1: Gráfico de análisis granulométrico (agregado grueso, Ensayo 1).	96
Figura 4.2: Gráfico de análisis granulométrico (agregado grueso, Ensayo 2).	98
Figura 4.3: Gráfico de análisis granulométrico (agregado fino, Ensayo 1).	100
Figura 4.4: Gráfico de análisis granulométrico (agregado fino, Ensayo 2).	102
Figura 4.5: Gráfico de resistencia de diseño contra resistencia obtenida a 7 días de los especímenes elaborados con las mezclas de prueba para resistencia en estudio de 500 kg/cm^2	111
Figura 4.6: Gráfico de resistencia de diseño contra resistencia obtenida a 7 días de los especímenes elaborados con las mezclas de prueba para resistencia en estudio de 650 kg/cm^2	113
Figura 4.7: Gráfico para obtener las resistencias supuestas alcanzadas a 28 días de las mezclas en estudio de 550 y 600 kg/cm^2	114

Figura 4.8: Ecuaciones para el cálculo de la resistencia de diseño.....	121
Figura 4.9: Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr}).....	122
Figura 4.10: Cálculo del peso de agregado grueso para una unidad de volumen de concreto.....	126
Figura 4.11: Cálculo de contenido de vacíos del agregado fino.....	128
Figura 4.12: Cálculo ajuste en la cantidad de agua de mezclado.	129
Figura 4.13: Cálculo de la cantidad de agua de mezclado final.....	130
Figura 4.14: Ajuste de la resistencia a la compresión de diseño (f_{cr}), para obtener la $W/(C+P)$ máxima.	132
Figura 4.15: Cálculo del contenido de material cementicio.	134
Figura 4.16: Cálculo del volumen de cemento Portland en la mezcla A1.....	135
Figura 4.17: Cálculo del volumen de agregado grueso en la mezcla A1.	136
Figura 4.18: Cálculo del volumen de agua en la mezcla A1.....	137
Figura 4.19: Cálculo del volumen de agregado fino en la mezcla A1.....	137
Figura 4.20: Cálculo peso de agregado fino en la mezcla A1.....	138
Figura 4.21: Cálculo del ajuste por humedad del agregado grueso en la mezcla A1.	140
Figura 4.22: Cálculo del ajuste por humedad del agregado fino en la mezcla A1.	140
Figura 4.23: Cálculo del ajuste por humedad del agua en la mezcla A1.	141

Figura 4.24: Volumen de mezcla A1 para ensayo en laboratorio.....	142
Figura 4.25: Proporciones de mezcla A1 para ensayo en laboratorio.....	143
Figura 4.26: Ajuste por uso de aditivo en las proporciones de mezcla A1.	144
Figura 4.27: Calculo de proporciones de mezcla A1 luego de corrección por aditivo.	145
Figura 4.28: Calculo de proporciones de mezcla A1 en condición “Triple S” de los agregados.	146
Figura 4.29: Calculo del rendimiento real de mezcla A1.	147
Figura 4.30: Calculo proporciones de mezcla A1 para 1 m³ y 1 yd³.	148
CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS	150
Figura 5.1: Correlación entre resistencia a la compresión y tasa de dosificación de aditivo.....	166
Figura 5.2: Correlación entre la tasa de dosificación de aditivo y el porcentaje de reducción de agua de mezclado.....	169
Figura 5.3: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento.....	172
Figura 5.4: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento.....	173

- Figura 5.5: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento.174**
- Figura 5.6: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla A.....178**
- Figura 5.7: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla B.178**
- Figura 5.8: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla C.....179**
- Figura 5.9: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla D.....179**
- Figura 5.10: Grafico de tendencia entre módulo de elasticidad y resistencia a la compresión obtenida.....181**

RESUMEN

El trabajo de graduación denominado, “INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”, tiene como objetivo principal cuando se finalice, establecer la influencia del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Para esto, se propuso diseñar doce mezclas de concreto para alcanzar resistencias a la compresión de 500, 550, 600 y 650 kg/cm², utilizando tres tasas de dosificación de aditivo superplastificante de 600, 1200 y 1800 ml/100 kg de cemento para cada resistencia, y tomando en cuenta parámetros fijos como por ejemplo el revenimiento (en el rango de 5 a 8 pulgadas) que sirvan para establecer propiedades del concreto como su trabajabilidad y consistencia.

Antes de definir los diseños definitivos de las doce mezclas de concreto de alta resistencia, se realizaron mezclas de prueba para definir el porcentaje de reducción de agua de mezclado que genera el aditivo superplastificante, considerando la trabajabilidad de estas; también se realizaron ensayos a la compresión de mezclas de prueba para ajustar la resistencia de diseño que se utilizó en la metodología de diseño según el ACI. 211.4, esto con el objetivo de evitar un excesivo sobre diseño de la mezclas de concreto.

Después de tener los diseños de las doce mezclas de concreto definitivos, se reprodujo cada una de estas, realizando los siguientes ensayos al concreto en estado fresco: revenimiento, contenido de aire, temperatura y peso volumétrico; también se realizaron ensayos al concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión a 7 y 28 días de edad y modulo de elasticidad; esto con el objetivo de determinar la influencia de la tasa de dosificación de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

El trabajo está dividido en seis capítulos, los cuales se detallan brevemente a continuación:

El primer capítulo titulado “GENERALIDADES”, donde se detallan los antecedentes, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y se definen los alcances y las limitaciones de la investigación.

En el segundo capítulo titulado: “CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA”, se expone un resumen general de la tecnología del concreto de alta resistencia, elaborado con el objetivo de puntualizar el contenido teórico a utilizar y facilitar la comprensión del lector de los capítulos posteriores.

El capítulo tercero titulado: “TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO Y ESPECIFICACIONES A UTILIZAR”, comprende la parte experimental de la investigación, la descripción de la metodología que se desarrollará, las pruebas seleccionadas, los requisitos de los componentes del concreto, ya sea en estado fresco o endurecido. Concluyendo con la codificación que se le dará a los especímenes de cada una de las mezclas de concreto.

En el cuarto capítulo titulado “PROPUESTA DEL DISEÑO DE MEZCLA”, se detallan los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los componentes del concreto, para verificar su calidad, también se definen los porcentajes de reducción de agua de mezclado para cada mezcla de concreto y la resistencia de diseño a utilizar en la metodología propuesta por el ACI 211.4, concluyendo con la aplicación de esta metodología de diseño mediante el ejemplo del diseño de una mezcla (aclarando que los diseños de las doce mezclas de concreto se realizaron utilizando una hoja de cálculo y se muestran en el Anexo C).

Los resultados de las pruebas realizadas al concreto y el análisis de éstas se muestran en el quinto capítulo titulado: “ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS”.

Para finalizar, se desarrollan las conclusiones de la investigación experimental y las recomendaciones del trabajo, la cuales se presentan en el sexto capítulo titulado: “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

El presente capítulo detalla la base de la investigación teórica y práctica, sobre el estudio de la “influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido”. Para llevar a cabo dicha investigación, es necesario establecer previamente los lineamientos a seguir, y de esta forma contar con una guía adecuada para desarrollarla.

Con este propósito, resulta necesario conocer los antecedentes y evolución del concreto de alta resistencia a nivel internacional y nacional, además, en este capítulo se describe el planteamiento del problema, en el cual se describe la necesidad de realizar la presente investigación. También se plantean el objetivo general y los objetivos específicos, en los que se expone lo que se pretende lograr al desarrollar este estudio.

En el capítulo son definidos los alcances y limitaciones para precisar el rumbo de la investigación y finalmente se describe la justificación en la cual se determina la necesidad y/o importancia de resolver el problema planteado a través de esta investigación.

1.2 ANTECEDENTES

Con el pasar del tiempo, los avances tecnológicos y el incremento demográfico, en nuestro país y en el mundo se ha visto la necesidad de realizar obras civiles que requieren concretos con resistencias superiores al concreto normal, estos son los denominados concretos de alta resistencia.

Este tipo de concreto se ha utilizado para construir obras alrededor del mundo como:

- El edificio TwoUnionSquare en Seattle en 1989
- El edificio Bauer-Druck en Colonia, Alemania
- Puente Boknasunder en Olso, Noruega.
- Túnel submarino del canal de la Mancha que une Francia e Inglaterra.
- Water Tower Place, Chicago Illinois en 1976.
- Puente Confederación, Isla Principe Edward, Canada.
- Puente HappyHollow, en Tennessee, USA.
- Puente Sagadahoc, Maine.
- Puente SunshineSkyway, Florida.
- Torres Petronas, Kuala Lumpur, Malasia.

En nuestro país este tipo de concreto se ha comenzado a utilizar recientemente para construir obras civiles, por ejemplo:

- Reparación del vertedero de presa hidroeléctrica 15 de septiembre.
- Torre Futura en el World Trade Center en San Salvador.
- Pasos a desnivel en el AMSS, entre otros.

Estos tipos de concreto se diferencian de los normales por las características de los materiales que los componen; se considera que los concretos de alta resistencia son aquellos que tienen resistencias a la compresión por encima de 420 kg/cm^2 .

Para el concreto de alta resistencia es necesario dosificar sus componentes de manera diferente a las del concreto normal, así, por ejemplo, para el concreto de alta resistencia se necesitan tener relaciones agua/cementantes que oscilen alrededor de 0.30 a 0.50, la cual es una relación a/c relativamente baja comparada con la del concreto normal (0.50 para concreto de 280 Kg/cm^2).

Ya que para este tipo de concreto se usan relaciones agua/cementantes bajas, existen propiedades del concreto en estado fresco que se ven afectadas negativamente (la homogeneidad y la trabajabilidad son algunas de estas), para evitar este tipo de inconvenientes, es necesario utilizar aditivos que mejoren las propiedades del concreto.

El tipo de aditivo que se utiliza para elaborar concreto de alta resistencia, son los superplastificantes, que son aditivos reductores de agua de alto rango, los cuales obedecen a las normas ASTM C 494 o su equivalente AASHTO M 194 (tipo B).

La presente investigación tratará de establecer las variaciones que el concreto de alta resistencia utilizado en el país puede sufrir en sus propiedades mecánicas, debido a la aplicación de aditivo superplastificante en diferentes dosificaciones, además, se estudiarán los módulos de elasticidad de este mismo, a fin de obtener valores reales producto del diseño y elaboración de mezclas con agregados que se usan en nuestro medio, y que puedan ser utilizados en los diseños de las construcciones que actualmente utilizan este tipo de concreto en El Salvador.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para elaborar concretos en general es conveniente utilizar agregados de buena calidad y el concreto de alta resistencia no es la excepción, debido a esto, en esta investigación se ha visto la necesidad de determinar si los componentes que se utilizan en la elaboración del concreto de alta resistencia cumplen con las especificaciones establecidas para el diseño de mezclas de concreto.

Además, para este tipo de concreto se deben obtener relaciones agua/cementantes bajas, lo cual genera dificultades en el mezclado así como en la trabajabilidad en estado fresco; por lo cual es imprescindible el uso de aditivos que faciliten la elaboración y comportamiento de este tipo de concreto.

En este sentido, se observa la necesidad de conocer la influencia que tiene el aditivo superplastificante aplicado en diferentes tasas, sobre las propiedades de este tipo de concreto en estado fresco y endurecido, principalmente trabajabilidad y resistencia. Debido a lo anterior, con esta investigación se busca establecer el rango adecuado de dosificaciones de este aditivo para este tipo de concreto, dentro del cual no se vean afectadas negativamente las propiedades anteriormente mencionadas.

Adicionalmente se estudiara el módulo de elasticidad en este tipo de concreto (del cual se obtiene la medida de la rigidez del concreto); conociendo que en gran medida los diseños de las estructuras se realizan a partir de las propiedades de los materiales con que se van a construir (entre ellos el concreto), resulta importante conocer el módulo de

elasticidad que se obtiene con los materiales que se utilizan para la fabricación de este tipo de concreto en el país, para poder realizar diseños más apropiados a las condiciones, ya que actualmente en El Salvador este parámetro se adopta considerando valores de otros lugares, los cuales han sido producto de estudios elaborados con materiales distintos y en condiciones diferentes a las existentes en nuestro medio.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la Influencia de la tasa de aditivo superplastificante, en las propiedades del concreto de alta resistencia en estado fresco y endurecido

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Definir los componentes y las propiedades en estado fresco (trabajabilidad) y endurecido (resistencia a la compresión y módulo de elasticidad) del concreto de alta resistencia usado para la construcción de obras civiles en El Salvador.
- Establecer la calidad necesaria de los componentes (agregados, cemento) para elaborar concreto de alta resistencia
- Establecer diseños de mezclas utilizando diferentes tasas de aditivo superplastificante dentro del rango determinado por el fabricante, con el cual se obtengan valores de resistencia entre 500 a 700 kg/cm² y revenimientos de 5 a 8 pulgadas, considerándolos así como concretos de alta resistencia y con buena trabajabilidad.

- Evaluar en base a la norma de ensayo de resistencia a la compresión del concreto (ASTM C-39) y a la prueba de revenimiento del concreto (ASTM C-143), si con los diseños de mezclas establecidos se obtienen valores de resistencia y trabajabilidad dentro de los rangos anteriormente definidos.
- Inspeccionar en base a la determinación de parámetros como contenido de aire, peso volumétrico, temperatura y tiempo de fraguado, que el concreto en estado fresco cumpla con ciertos requisitos establecidos en normas. (ASTM C-94, ASTM C-494)
- Encontrar los módulos de elasticidad del concreto de alta resistencia a partir de las pruebas de laboratorio que se realicen a las mezclas cuyos valores de resistencia y trabajabilidad se encuentren dentro de los rangos establecidos anteriormente.
- Comparar los módulos de elasticidad encontrados a partir de las pruebas de laboratorio con los usados en el diseño y construcción de obras civiles en el país.

1.5 ALCANCES

Debido a la creciente necesidad en nuestro medio de utilizar concretos de alta resistencia para la construcción de obras civiles la presente investigación pretende aportar conocimientos sobre el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia, estableciendo:

- Agregados que cumplan con las especificaciones establecidas para el diseño de mezclas.
- La dosificación apropiada de aditivo superplastificante a través de la cual se obtenga un concreto con buena trabajabilidad (revenimiento de 5 a 8 pulgadas) y alta resistencia, sin que este experimente cambios negativos en algunas propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, principalmente: trabajabilidad y resistencia.
- Un diseño de mezclas que brinde resistencias entre el rango de 500 a 700 kg/cm², de acuerdo a los valores con que se diseñan las obras civiles en el país que requieran este tipo de concreto.
- Los módulos de elasticidad reales de las mezclas de concreto de alta resistencia elaboradas con componentes de calidad que se encuentren en el mercado local; y cuyos valores de resistencia y trabajabilidad se encuentren dentro de los rangos establecidos anteriormente.

1.6 LIMITACIONES

- Una limitante de la investigación surge del hecho que los agregados que se utilizarán, y que deberán cumplir con las especificaciones para el diseño de mezclas, serán tomados todos del mismo banco, por lo que los resultados que se obtendrán estarán sujetos a las propiedades de los agregados utilizados para la realización de la investigación.
- Las mezclas elaboradas en esta investigación se realizaran utilizando solamente un tipo de aditivo, siendo este un superplastificante, por esta razón los resultados obtenidos de los ensayos realizados al concreto estarán de acuerdo al tipo de aditivo utilizado.
- Debido a los alcances de esta investigación solo se estudiaran los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio a las mezclas con aditivo superplastificante que hayan superado los requerimientos previamente establecidos de revenimiento esperado, para luego realizar las pruebas de resistencia y evaluar sus resultados.

1.7 JUSTIFICACION

Debido a la necesidad cada vez más grande que se tiene en el país de realizar construcciones en altura que requieren concretos de alta resistencia, se cree necesario realizar una investigación sobre la “INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”

Dado que es imperativo utilizar aditivos superplastificantes para elaborar este tipo de concreto se considera necesario determinar el rango más adecuado de tasas en el que estos mejoren al máximo su trabajabilidad sin afectar sus propiedades mecánicas.

Por tanto, se ha propuesto realizar esta investigación, la cual brindara información sobre el comportamiento de las mezclas de concreto de alta resistencia utilizando diferentes tasas de aditivo superplastificante, tanto en estado fresco mediante el ensayo de revenimiento, como en estado endurecido mediante el ensayo de resistencia a la compresión y la determinación del modulo de elasticidad.

Con la realización de este trabajo de graduación, se pretende obtener un documento que compile los resultados obtenidos de la realización de los ensayos de laboratorio, sirviendo estos de insumos para el diseño de mezclas de concreto de alta resistencia, o como apoyo didáctico para el conocimiento de esta temática.

**CAPITULO II:
CONCRETO DE ALTA
RESISTENCIA**

2.1 INTRODUCCION

El Concreto de Alta resistencia, debe poseer propiedades muy particulares, tanto en estado fresco como en estado endurecido; en estado fresco debe poseer una buena trabajabilidad, lo cual solo se logra mediante el uso de aditivos superplastificantes en la mezcla, ya que debido a su baja relación agua/cemento este no se puede hidratar satisfactoriamente solo con agua.

Debido a que este tipo de concreto se diseña a partir de relaciones agua/cemento bajas, en estado endurecido se pueden obtener resistencias a la compresión superiores a las de un concreto normal, mejorando a la vez, aspectos como resistencia a la flexión y durabilidad, aunque esto también depende de la calidad de los materiales que conforman la mezcla, ya que contribuyen grandemente a mejorar las propiedades de este tipo de concreto, tanto en su estado fresco como endurecido.

En el presente capítulo, se detallan los aspectos más relevantes de la tecnología del concreto de alta resistencia, como definiciones, las aplicaciones de este tipo de concreto, ventajas y desventajas sobre su utilización, características principales de los materiales adecuados para conformar las mezclas de concretos de alta resistencia, propiedades del concreto en estado fresco, finalizando con las propiedades mecánicas de este tipo de concreto.

2.2 GENERALIDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

2.2.1 DEFINICION

La definición del concreto de alta resistencia ha evolucionado a medida que la resistencia del concreto utilizado ha aumentado, según el ACI un concreto de alta resistencia es aquel que alcanza una resistencia igual o superior a 500 Kg/cm^2 a los 28 días, las mezclas de este tipo de concreto se deben diseñar partiendo de una relación agua/cemento baja, para poder alcanzar altas resistencias, a este tipo de concreto usualmente se puede considerar de alto desempeño, pero para ello debe poseer también otras características como una apropiada trabajabilidad y durabilidad; para lograr eso generalmente se le debe adicionar un aditivo superplastificante.

Con el uso de los aditivos superplastificantes para disminuir las relaciones agua/cementantes en lugar de ser utilizados exclusivamente como fluidificantes para concretos convencionales, se encontró que los concretos con una relación agua/cementantes muy baja tenían también otras características mejoradas, tales como: consistencia más alta, módulo elástico más alto, mayor resistencia al esfuerzo a la flexión, permeabilidad más baja, mejor resistencia a la abrasión y mayor durabilidad¹.

La producción de este tipo de concreto requiere un mayor estudio de sus componentes y un control de calidad más exigente en comparación con el concreto normal o convencional.

2.2.2 TIPOS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

La clasificación de los concretos de alta resistencia ha sido resultado de la combinación de la experiencia y los últimos avances en la tecnología del mismo; para clasificar este tipo de concreto, la escala de alta resistencia ha sido dividida en cinco clases diferentes, las cuales se definen por valores de resistencia a la compresión, en un aumento de 25 MPa entre cada una de ellas², como se presenta en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Clasificación de los concretos de alta resistencia

Resistencia a la	MPa	50-75	75-100	100-125	125-150	150 ó +
Compresión	Kg/cm²	510-765	765-1020	1020-1275	1275-1530	1530 ó +
Clase de concreto de alta resistencia		I	II	III	IV	V

FUENTE: P-C. AÍTCIN, "Concreto De Alto Desempeño".

Los valores de resistencia a la compresión especificados para las diferentes clases de concreto de alta resistencia (Tabla 2.1) no deben ser considerados como absolutos ya que corresponden a valores promedio obtenidos a 28 días; curados en condiciones estándar aplicadas en el curado del concreto convencional, por lo cual se deberá tomar en consideración la desviación estándar de la producción del concreto.

2.2.3 RELACION AGUA/CEMENTANTES (A/(C+P))

Originalmente este término se definió como la relación que existen entre el peso del agua utilizada para la mezcla y el peso del cemento, pero con el tiempo y la utilización de otros materiales cementantes para la elaboración de mezclas, este término es conocido como relación agua /materiales cementicios (micro-sílice, cenizas volantes, puzolanas naturales, etc.).

La relación agua/cementantes es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del concreto pues influye significativamente en la resistencia final de este; una relación agua/cementantes baja produce concretos con mayores resistencias que una relación agua/cementantes alta, por otra parte, entre más alta es esta relación, el concreto se vuelve más trabajable.

Según el Comité ACI 211.4 “Guía para la selección de las proporciones de concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes” para elaborar concretos de alta resistencia la relación agua/cementantes debe oscilar entre 0.30 y 0.49³, tomando en cuenta la resistencia requerida y el tamaño máximo del agregado grueso a utilizar en la mezcla.

2.2.4 APLICACIONES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Debido a la evolución en los diseños de las estructuras y en los procesos constructivos, ha aumentado el uso de concretos de alta resistencia, ya que estos han proporcionado la solución más adecuada a muchos problemas; entre las principales aplicaciones de este tipo de concreto tenemos:

- Para poner en servicio elementos estructurales (vigas, columnas, losas, etc.) en menor tiempo, principalmente en carreteras.
- Construcción de edificios altos, reduciendo la sección transversal de las columnas, aumentando así el área útil.
- En la edificación de superestructuras como puentes con largos claros, mejorando la calidad de los elementos.
- Para satisfacer necesidades específicas en aplicaciones especiales como: durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la compresión y flexión, para edificar estructuras como: presas, cubiertas de graderías, cimentaciones marinas, estacionamientos, pisos industriales de tráfico pesado, etc.

2.2.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Debido a que el concreto de alta resistencia puede ser usado en la construcción de muchos tipos de estructuras, este ha sustituido el empleo de otros materiales de construcción, a continuación se presenta un cuadro con algunas de las ventajas y desventajas de sustituir algunos materiales de construcción por el uso de concreto de alta resistencia:

Tabla 2.2: Ventajas y desventajas de la utilización de concreto de alta resistencia

Ventajas	Desventajas
Posibilidad de disminuir secciones transversales de los elementos estructurales.	Se requiere personal capacitado para su manejo
Rapidez en la construcción.	Sensible a las variaciones de las materias primas
Uso eficiente del cemento.	Mayor precio unitario de material.
Uso eficiente de la mano de obra.	Requiere excelentes condiciones de curado.
Su módulo de deformación es más elevado y, por tanto, tienen un menor acortamiento debido a esfuerzos axiales.	Necesidad de utilizar aditivos para mejorar las propiedades de trabajabilidad de la mezcla para la colocación del concreto en la obra.
El peso propio global de la estructura es inferior, pudiendo suponer cierta reducción de la cimentación.	Cualquier adición de agua, cemento o aditivo en obra alterará su diseño, perjudicando la calidad del concreto.
Aumento de la vida útil de la estructura del edificio. El incremento de la resistencia característica del concreto lleva asociada una mayor capacidad y, por tanto, una mayor resistencia ante el ataque de agentes agresivos externos al mismo.	Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

FUENTE: Presentación digital: Tipos de concretos especiales, CESSA.

2.3 COMPONENTES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

2.3.1 CEMENTO

2.3.1.1 Definición

El cemento es un material finamente molido de color gris verdoso, el cual al mezclarse con agua tiene la propiedad de fraguar o endurecer; el cemento más conocido es el Cemento Portland, el cual surgió de las investigaciones de Joseph Aspdin, al calcinar a una temperatura elevada una mezcla de caliza y arcilla (Clinker), logrando un excelente aglomerante con propiedades hidráulicas; por lo tanto el Cemento Portland es un ligamento hidráulico que se obtiene al moler finamente el clinker de cemento Portland con un cantidad de yeso que está en el rango de 4 a 5 %.

2.3.1.2 Elección del tipo de cemento para la elaboración de concretos de alta resistencia

La elección del tipo de cemento que se utilizara para la elaboración de concreto de alta resistencia es la primera decisión crítica que se hará, esto a pesar de que se decida utilizar otro u otros tipos de materiales cementantes adicionales, ya que debido al aumento de resistencia a la compresión, el desempeño del cemento se vuelve fundamental en cuanto a la reología (la reología examina el comportamiento de los cuerpos sólidos, líquidos e intermedios entre ambos, que se deforman y fluyen por efecto de las fuerzas que actúan en ellos, es decir, cuerpos que tienen cierta plasticidad) y la resistencia.

Con la mayoría de cementos actuales se puede fabricar concretos de alta resistencia clase I, pero no todos estos cementos pueden utilizarse para fabricar concretos clase II, por lo que para fabricar concretos clase IV y V son muy pocos los tipos cementos que se pueden utilizar (ver tabla 2.1). Las diferentes marcas de un tipo de cemento ASTM se comportan de diferente modo cuando se fabrican concretos de alta resistencia, unos se comportan de manera adecuada en términos de resistencia final, pero lo hacen muy pobremente en términos de comportamiento reológico⁴, o viceversa.

La reología de un cemento específico viene determinada por el control del C_3A (Aluminato Tricálcico, este contribuye al desarrollo de resistencia en los primeros días ya que es el primer compuesto en hidratarse), conforme mas reactivo sea este compuesto más fácil será el control de su reología, o de otra manera entre menor sea la cantidad de C_3A en la composición química de un cemento se facilitara el control de su reología; desde la perspectiva de resistencia el cemento deberá estar finamente molido, y contener una cantidad justa de C_3S (Silicato Tricálcico, es el compuesto más abundante en el cemento y aporta principalmente las resistencias iniciales), para no afectar el comportamiento reológico.

Al analizar las propiedades químicas y los requisitos de los cinco tipos de cemento Portland según la norma ASTM C-150 “Especificación normalizada para los Cementos Portland”, se puede observar que ninguno de ellos posee las características ideales para fabricar concreto de alta resistencia, los cementos tipo II y V contienen la

cantidad adecuada de C_3A , pero por lo general no son finamente molidos y su contenido de C_3S se mantiene bajo para disminuir el calor de hidratación; los cementos tipo III son adecuados en cuanto al contenido de C_3S , pero inadecuados en cuanto al contenido de C_3A y finura, en cuanto al cemento tipo I este presenta una finura correcta, pero en algunos casos los contenidos de C_3A pueden ser demasiado altos, esto se puede observar en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Composición potencial de los compuestos y finura de los cementos

Portland.

TIPO	COMPOSICIÓN POTENCIAL DE LOS COMPUESTOS DEL CEMENTO, % (PROMEDIO)				FINURA BLAINE, m ² /kg (PROMEDIO)
	C ₃ S	C ₂ S*	C ₃ A	C ₄ AF**	
I	54	18	10	8	369
II	55	19	6	11	377
III	55	17	9	8	548
IV	42	32	4	15	340
V	54	22	4	13	373

*Silicato Dicálcico

**Ferroaluminatotetracálcico

FUENTE: Diseño y control de mezclas de concreto. EB201. P.C.A..

Debido a que no existe en el mercado un cemento ideal para la producción de concreto de alta resistencia, ya que en algunos casos se usa el tipo I, en otros el tipo II y a veces el tipo III, la elección del cemento a utilizar debe apegarse a las consideraciones hechas anteriormente y se debe tratar de escoger el mejor cemento disponible (o el menos malo) ya que los requisitos de resistencia y reología se contradicen, en la tabla 2.4 se evalúan algunos criterios para la elección del tipo de cemento que se puede utilizar para la elaboración de concreto de alta resistencia .

Tabla 2.4: Evaluación de algunos criterios para la elección del tipo de cemento Portland a utilizar para elaborar concreto de alta resistencia.

Tipo	Contenido de C ₃ A (% promedio)	Contenido de C ₃ S (% promedio)	Finura Blaine (m ² /kg promedio)
TIPO I	Adecuado*	Adecuado*	Adecuado
TIPO II	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado
TIPO III	Inadecuado	Adecuado	Inadecuado
TIPO V	Adecuado	Inadecuado	Inadecuado

*En algunos casos el contenido de C₃A es muy alto, lo cual es inadecuado.

FUENTE: P-C. AITCIN, "Concreto De Alto Desempeño", Capítulo 7. Sección 7.3. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá

En El Salvador los tipos de cemento que se utilizan para fabricar concreto de alta resistencia son el Portland Tipo I y el Tipo HE.

2.3.1.3 Características del cemento Portland Tipo I

En el país el cemento Portland tipo I es fabricado en base a la norma ASTM C-150, este es un cemento hidráulico sin adiciones, es decir que está compuesto únicamente de clínker y yeso. El yeso permite la manipulación y colocación de las mezclas de concreto antes de que inicie el fraguado (endurecimiento), ya que sin él, los concretos y morteros fraguarían excesivamente rápido y no podrían trabajarse.

Debido a las altas resistencias del cemento Portland TIPO I, éste es ideal para ser utilizado en concretos estructurales para la construcción de grandes obras, tales como: puentes, pasos a desnivel, edificios, elementos de concreto pre y pos-tensado, etc.

De igual forma, debido al desarrollo de altas resistencias a la compresión a edades tempranas, es utilizado para la fabricación de productos de concreto, tales como: bloques, tubos, pilas, adoquines y otros prefabricados; en la tabla 2.5 se presentan algunas propiedades en la composición química del cemento Portland Tipo I.

Tabla 2.5: Composición química, compuestos y finura del cemento Portland Tipo I.

Tipo de cemento Portland	Composición Química % (Promedio)						Na ₂ Oeq. (Prom.)	Composición Potencial de los Compuestos % (Promedio)				Finura Blaine m ² /Kg (Promedio)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
I	20.5	5.4	2.6	63.9	2.1	3.0	0.61	54	18	10	8	369

FUENTE: Diseño y control de mezclas de concreto. EB201. P.C.A..

2.3.1.4 Características del cemento Tipo HE

Este tipo de cemento en el país es fabricado con base en la norma ASTM C-1157 “Especificación normalizada para cementos hidráulicos por rendimiento”, este es un cemento hidráulico por desempeño, el cual posee la misma composición química del cemento Tipo I, pero con la adición de puzolana y filler en proporciones específicas en la molienda final.

Debido a sus características de alta resistencia inicial, este cemento es principalmente adecuado para la construcción de pavimentos de concreto, estabilización de suelos y bases granulares; en la tabla 2.6 se muestran los requerimientos físicos del cemento tipo HE según la norma ASTM C-1157

Tabla 2.6: Requerimientos físicos del cemento tipo HE, según ASTM C-1157

CARACTERÍSTICA	VALOR
Finura	*
Autoclave, cambio de longitud, máx. %	0.80
Tiempo de fraguado inicial	45 minutos, mínimo 420 minutos, máximo
Contenido de aire por volumen de mortero %	**
Rango de resistencia	1 día: 102 Kg/cm ² (10 MPa) 3 días: 173 Kg/cm ² (17 MPa)

*Ambas cantidades retenidas se efectuaron mediante tamizado húmedo en el tamiz de 45 micras (# 325) de superficie específica por el aparato de permeabilidad con aire en m²/kg, los resultados de las pruebas se presentaran en todos los certificados solicitados por el fabricante.

**El contenido de aire se presentara en todos los certificados de resultados de la prueba solicitada por el fabricante. Un valor dado en el mortero no asegura necesariamente que sea el contenido de aire deseado que se obtendrá en el concreto.

FUENTE: ASTM C-1157 "Especificación normalizada para cementos hidráulicos por rendimiento"

2.3.2 AGREGADOS

2.3.2.1 Agregados gruesos

Los agregados gruesos adecuados para elaborar concretos de alta resistencia, consisten en gravas o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores de 5 mm; muchos estudios han demostrado que al utilizar agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de 9.5 mm a 12.5 mm ($\frac{3}{8}$ a $\frac{1}{2}$ pulg.) se obtienen resistencias más elevadas⁵. Estos agregados deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C-33; la elección del agregado grueso se vuelve más importante en cuanto aumenta la resistencia a la compresión de un concreto, las rocas duras y densas trituradas como la caliza, dolomita y rocas ígneas de tipo plutónico (granito, sienita, diorita, gabro, etc.), han sido utilizadas con éxito como agregado grueso en aplicaciones de concreto de alta resistencia⁶.

La forma de agregado grueso también es muy importante desde el punto de vista reológico, durante el proceso de trituración es primordial generar partículas de forma cubica, en vez de planas y alargadas, ya que estas son débiles y tienden a producir mezclas duras que requieren más agua o aditivo superplastificante para lograr la trabajabilidad requerida.

Desde el punto de vista de forma y resistencias; los mejores agregados gruesos para elaborar concreto de alta resistencia son las gravas glaciares o mejor aun las gravas fluvioglaciares, porque generalmente están hechas de la parte más resistente y dura de las rocas trituradas por el glaciar, ya que estas han sido lavadas profundamente por el agua que fluye desde el glaciar que se derrite⁷.

Este tipo de agregados no son fáciles de encontrar, y para este caso sería imposible encontrarlos debido a la zona geográfica en que se encuentra el país, debido a esto los agregados usados son las gravas fluviales, que aunque no son tan buenas como las glaciares o fluvioglaciares, por lo general sus partículas no son tan duras y resistentes, además su superficie es lisa debido a la acción de pulido a la que están expuestas, generalmente su superficie no esta tan limpia, disminuyendo considerablemente la adherencia con la pasta de cemento, lo cual provoca fallas prematuras en el concreto.

Debido a esto la selección de agregado grueso debe hacerse después de examinar con mucha atención la mineralogía y petrografía de las rocas de las que provienen los

agregados, para asegurarse que todas las partículas son lo suficientemente resistentes para evitar fallas prematuras en el concreto de alta resistencia.

Como se ha mencionado la elección del agregado grueso que se utilizara para la elaboración de concreto de alto resistencia requiere un conocimiento amplio de las características del material, a continuación se presentan algunas recomendaciones para la elección de estos.

- Debido a la mayor adherencia mecánica de las partículas de perfil angular, la piedra triturada produce resistencias mayores que la grava redondeada, pero la angulosidad acentuada debe ser evitada, ya que requiere altos contenidos de agua para presentar buena trabajabilidad, lo cual no es conveniente ya que aumentaría la relación agua/cemento o uso de superplastificantes en concretos de alta resistencia.
- Para concretos de alta resistencia, se considera que el agregado ideal debe ser 100% triturado, de perfil angular y textura rugosa, limpio, duro, resistente, poco absorbente, de preferencia con el menor porcentaje de partículas planas y alargadas.

En investigaciones realizadas sobre concreto de alto desempeño en nuestro país, en las cuales se obtuvieron resistencias superiores a los 420 kg/cm^2 ; en la tabla 2.7 se muestran las características de los agregados.

Tabla 2.7. Características de agregados gruesos utilizados en estudios de concretos de alto desempeño en el país

NOMBRE DE LA INVESTIGACION	PROCEDENCIA	TIPO DE MATERIAL	TMA*	PESO VOLUMETRICO (Promedio)	GRAVEDAD ESPECIFICA (Promedio)	ABSORCION (Promedio)
“Estudio de concretos con alta resistencia a la agresión provocada por la contaminación del medio ambiente”. Tesis UES 1994	Pedreira “La Cascada” (Rio San Antonio, San Diego, La Libertad)	Grava triturada, de un yacimiento de Basalto.	19mm. ó ¾ pulg	1556 kg/cm ³ (suelto)	2.64	2.4
“Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador”. Tesis UES 2004.	Pedreira “La Cantera” (Km 57 ½ Carretera al Puerto de La Libertad, San Diego, La Libertad)	Grava triturada, de un yacimiento de Basalto.	12.5mm. ó ½ pulg	1384 kg/cm ³ (suelto) 1436 kg/cm ³ (Varillado)	2.45	2.8

*TMA: Tamaño máximo del agregado

FUENTE: Tabla elaborada a partir de las características del material determinadas en las investigaciones mencionadas.

2.3.2.2 Agregados finos

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm, son pocos los estudios llevados a cabo para optimizar las características del agregado fino para aplicaciones en concreto de alta resistencia, generalmente la distribución del tamaño de las partículas de agregado fino ha permanecido dentro de los límites recomendados para concreto normal por ASTM C-33, sin embargo el agregado fino elegido debe de tener módulo de finura en el rango de 2.7 a 3.0.⁸

El uso de arena gruesa se sustenta en el hecho de que, en todas las mezclas de concreto de alta resistencia, la cantidad de cemento y cementantes es alta, por lo tanto existe una cantidad suficiente de partículas finas, y no es necesario el uso de arena fina para mejorar

trabajabilidad o evitar segregación, además, el uso de arena gruesa provoca una mínima disminución en la cantidad de agua de mezclado, lo cual es ventajoso en cuanto a la resistencia y permite un corte más fácil de la pasta de cemento durante el mezclado. El uso de uno u otro tipo de arena es indiferente en cuanto a sus ventajas, siempre y cuando esta sea clara y no tenga arcilla o sedimentos, la arena natural debe contener una cantidad mínima de partículas de grosor mayor a 5 mm porque, generalmente estas partículas no son muy resistentes y pueden convertirse en un punto débil en el concreto. Debido a que la calidad del agregado fino para elaborar concretos de alta resistencia es muy importante, a continuación se presentan algunas recomendaciones para escoger este tipo de agregado:

- Un agregado fino con un perfil redondeado y una textura suavizada requiere menos agua de mezclado en el concreto, por esta razón es más recomendado el uso de este tipo de agregado cuando se requiere concretos con bajas relaciones agua/cementantes.
- Las arenas con módulos de finura por debajo de 2.5 dan concretos con consistencias densas, que los hace difíciles de compactar, por el contrario las arenas con módulos de finura igual o mayor a 3.0 dan los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencias a la compresión; para concretos de alta resistencia se recomienda usar arenas con un módulo de finura cercano a 3.0.
- Para concretos con relaciones agua/cementantes bajas las cantidades de materiales cementantes son generalmente altas, por lo que, la granulometría del agregado fino no tiene mucha importancia.

Como se mencionó anteriormente, en el país se han realizado investigaciones de concreto de alto desempeño, obteniendo resistencias superiores a 420 kg/cm^2 , en la tabla 2.8 se muestran las características de los agregados finos utilizados.

Tabla 2.8. Características de agregados finos utilizados en estudios de concretos de alto desempeño en el país

NOMBRE DE LA INVESTIGACION	PROCEDENCIA	TIPO DE MATERIAL	MODULO DE FINURA (Promedio)	PESO VOLUMETRICO (Promedio)	GRAVEDAD ESPECIFICA (Promedio)	ABSORSION (Promedio)
“Estudio de concretos con alta resistencia a la agresión provocada por la contaminación del medio ambiente”. Tesis UES 1994	Plantel de “Gravas El Pacifico”, Rio Jiboa, La Paz.	Arena Natural proveniente de la degradación de rocas basálticas	2.77	1526 kg/cm^3 (suelto) 1582 kg/cm^3 (Compactado)	2.62	3.7
“Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador”. Tesis UES 2004.	Reservas de Concretera Salvadoreña, procedente del Km 40 Carretera Troncal del Norte, Aguilares, San Salvador)	Arena natural proveniente de la degradación por intemperismo	2.63	1407 kg/cm^3 (suelto) 1610. kg/cm^3 (Compactado)	2.48	4.7

FUENTE: Tabla elaborada a partir de las características del material determinadas en las investigaciones mencionadas.

2.3.3 AGUA

En el concreto, el agua ocupa un papel predominante en las reacciones del cemento durante el estado plástico, el proceso de fraguado y el estado endurecido del concreto; el agua se emplea en el concreto en dos diferentes formas, como ingrediente en la elaboración de las mezclas (agua de mezclado) y como medio de curado de las estructuras recién construidas.

Según la norma ASTM C-1602, el agua de mezclado consiste en:

- Tanda de agua (agua pesada o medida por la planta suministradora)
- Hielo
- Agua añadida por el operador del camión
- Agua libre en los agregados
- Agua introducida en la forma de añadidura cuando esta agua incrementa la relación agua-cemento de los materiales en más de 0.01

Es permitido el uso de agua potable para consumo humano como agua de mezclado en concreto sin el examen de conformidad con los requerimientos de esta especificación. El agua de mezclado que está total o parcialmente compuesta de fuentes de agua que no son potables o que provienen de las operaciones de producción del concreto son permitidas para ser usadas en cualquier proporción en concordancia con los límites cualificados de los requerimientos de la Tabla 2.9. Para la opción del solicitante y cuando sea apropiado para la construcción, cualquiera de los límites opcionales encontrados en la Tabla 2.10 será especificado al momento de ordenar el concreto de acuerdo a la sección de Información de Órdenes de la Especificación C 94/C 94M.

Tabla 2.9: Requerimientos de Desempeño del Concreto para el Agua de Mezclado

	Límites	Métodos de Ensayo
Resistencia a compresión, % min, control a los 7 días ^{AB}	90	C 31/C 31M, C 39/C 39M
Tiempo de colocación, desviación del control, h:min ^A	1:00 antes, de la referencia ó 1:30 después.	C 403/C 403M
^A Las comparaciones serán basadas en las proporciones corregidas para un diseño de mezcla de concreto representativo del suministro de agua cuestionable y una mezcla de control usando un 100% de agua potable o agua destilada. (Ver anexo A1). ^B La fuerza a la compresión resultante estará basada en por lo menos dos especímenes estándar de ensayo hechos de una muestra compuesta.		

FUENTE: Norma ASTM C-1602/ C-1602M – 06. Especificación Estándar para Agua de Mezclado Usada en la Producción de Concreto de Cemento Hidráulico.

Tabla 2.10: Límites Químicos Opcionales para el Agua de Mezclado Combinada

	Límites	Método de Ensayo
Concentración máxima en agua de mezclado combinada; ppm ^B		
A. Cloruros como Cl, ppm		
1- En concreto pre-esforzado, cubiertas de puentes o designado de otra manera.	500 ^C	C 114
2- Otro concreto reforzado en ambientes húmedos o contenedores de aluminio empotrado o metales no semejantes o con metales galvanizados con la forma: stay-in-place	1,000 ^C	C 114
B. Sulfatos como SO ₄ , ppm	3,000	C 114
C. Alcalis como (Na ₂ O + 0.658K ₂ O), ppm	600	C 114
D. Total de sólidos por masa, ppm	50,000	C 1603
^A Límites especificados ^B ppm es la abreviación para partes por millón. ^C Los requerimientos para el concreto en ACI 318 gobernarán cuando el fabricante pueda demostrar que estos límites para el agua de mezclado pueden ser excedidos. Para condiciones que permitan el uso del acelerador cloruro de calcio (CaCl ₂) como una adición, es permitido que el solicitante renuncie a la limitación de cloruro.		

FUENTE: Norma ASTM C-1602/ C-1602M – 06. Especificación Estándar para Agua de Mezclado Usada en la Producción de Concreto de Cemento Hidráulico.

2.3.4 ADITIVOS

2.3.4.1 Definición

Según el ACI 116.R, los aditivos son materiales distintos del agua, agregados, cemento hidráulico, y adiciones que se utilizan como ingredientes del concreto y se añaden a la

mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades, para que se adecuen mejor a las condiciones de trabajo, haciendo posible un adecuado transporte, comportamiento durante y después de colocado o para reducir los costos de producción.

El término “aditivo”, abarca un amplio campo de materiales y productos; algunos de los cuales son generalmente muy usados, mientras otros tienen una aplicación limitada.

2.3.4.2 Clasificación de los aditivos

Los aditivos se pueden clasificar de distintas formas, esto depende de las características de cada tipo; en la tabla 2.11 se presenta una clasificación basada en la función que el aditivo realiza en la mezcla de concreto:

Tabla 2.11: Clasificación de los aditivos según su función

TIPO DE ADITIVO	DESCRIPCIÓN
Aditivos inclusores de aire:	Se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto, lo cual mejora la durabilidad de concretos que estarán expuestos a ciclos de congelación y deshielo.
Aditivos reductores de agua	Se emplean para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para un revenimiento especificado, disminuyen la relación agua/cemento, por lo que se obtiene un aumento de resistencia.
Aditivos retardantes	Se emplean para compensar los efectos acelerante que el clima cálido puede producir al fraguado del concreto o para retrasar el fraguado inicial en colados difíciles.
Aditivos acelerantes	Se utilizan cuando es necesario desencofrar antes del tiempo que las especificaciones contractuales fijan y/o para poner en servicio la obra antes de lo previsto.
Aditivos superplastificantes	Son aditivos reductores de alto rango, que se agregan a los concretos de bajo revenimiento o de baja relación agua/cemento (de alta resistencia), para producir concretos fluidos de alto revenimiento; la condición esencial que se busca al emplear un aditivo superplastificante consiste en aumentar transitoriamente la fluidez de las mezclas de concreto, sin afectar las propiedades potenciales del concreto endurecido, sin embargo, deben tenerse presente los posibles efectos secundarios que se originan a partir de aditivos reductores de agua a fin de prevenirlos, para esto se deben realizar los ensayos correspondientes.

FUENTE: Guía de clases de Tecnología del Concreto, UES, 2009

Según la norma ASTM C-494 “Especificación normalizada para los aditivos químicos para concreto” los aditivos químicos son del tipo A al tipo G, las características de reducción en el agua de mezclado y de fraguado inicial para cada tipo de aditivo, se deben comparar con las de un mezcla de concreto de control que no contiene el aditivo; según su formulación estos aditivos, pueden ser usados para propósitos propios de cada caso, como se describe en la tabla 2.12.

Tabla 2.12: Clasificación de aditivos químicos, según ASTM C-494

TIPO DE ADITIVO	CARACTERISTICA
TIPO A	REDUCTOR DE AGUA
TIPO B	RETARDANTE
TIPO C	ACELERANTE
TIPO D	REDUCTOR DE AGUA Y RETARDANTE
TIPO E	REDUCTOR DE AGUA Y ACELERANTE
TIPO F	REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO
TIPO G	REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y RETARDANTE

FUENTE: Guía de clases de Tecnología del Concreto, UES, 2009

En la presente investigación se profundizara en el conocimiento de los aditivos superplastificantes, ya que este será el tipo de aditivo que se utilizara en el diseño y elaboración de las mezclas de concreto de alta resistencia.

2.3.4.3 Aditivos superplastificantes

Como ya se definió anteriormente (Tabla 2.11), los aditivos superplastificantes, son reductores de agua de alto rango, según la norma ASTM C 494 están clasificados como los tipos F y G, estos se agregan a concretos de bajo revenimiento y baja relación

agua/cementantes (como en el caso de concretos de alta resistencia), para producir “concretos fluidos de alto revenimiento” que puedan colocarse con poca o ninguna compactación y sin que produzcan sangrados y exudaciones perjudiciales en el concreto.

Esta clase de aditivos produce un considerable aumento en la trabajabilidad de los morteros y concretos, sin modificar su contenido de agua, la duración de los efectos generalmente es temporal y variable, los morteros y concretos con trabajabilidad constante pueden lograrse con pequeñas cantidades de agua, ahorrando 12 a 25% del agua de mezclado⁹.

2.3.4.4 Utilización de los aditivos superplastificantes

La incorporación de aditivos superplastificantes en la mezcla de concreto asegura por un tiempo limitado una fluidez tal que el concreto se pueda acomodar por sí mismo, asegurando así su compactación por su propio peso y evitando la utilización de equipos de vibración.

Como ya se menciona, con este tipo de aditivos se puede obtener una reducción en el agua de mezclado de 12 a 25%, bajando así la relación agua/cementantes; esta reducción en el contenido de agua y en la relación agua/cementantes permite producir concretos con las siguientes características¹⁰:

- Resistencias últimas a compresión arriba de 700 kg/cm².
- Mayores adquisiciones de resistencia a edad temprana.
- Menor penetración del ion cloruro.

- Concreto menos porosos, menos permeables y más durables.
- Así como otras propiedades favorables que están asociadas con los concretos que tiene relación agua/cementantes bajas.

De lo anterior se puede decir, que es posible producir mezclas de concretos altamente trabajables con relaciones agua/cementantes bajas, logrando así altas resistencias tempranas y tardías¹¹, o en otras palabras elaborar concretos de alta resistencia que sean altamente trabajables.

2.3.4.5 Compatibilidad cemento/superplastificante.

Al igual que los aditivos comunes, los aditivos superplastificantes se pueden comportar de manera diferente con distintos tipos de cemento, con ciertas combinaciones, pueden ocurrir efectos indeseables que varían desde un efecto retardante excesivo, hasta un endurecimiento prematuro, dependiendo de la dosis y del tipo de componente químico del aditivo y de la composición química del mismo cemento¹².

Actualmente a partir de la composición química de un cemento y un superplastificante particular es imposible determinar el tipo de comportamiento reológico que se podría esperar en mezclas con baja relación agua/cementantes¹³. Por lo que debido a la complejidad de los fenómenos químicos involucrados es necesario hacer las mezclas y ver cómo trabajan. Debido a que la fabricación de concreto en lotes de prueba consume tiempo, materiales y energía, se han desarrollado varios métodos más fáciles de aplicar y

repetir, los cuales involucran una cantidad de materiales menor, generalmente se basan en el estudio del comportamiento de una lechada.

Básicamente son dos los métodos simplificados que se utilizan con mayor frecuencia: el método de mini revenimiento y el del cono Marsh, la ventaja del primero es que requiere menos material para llevarse a cabo; pero la lechada se evalúa en un comportamiento más bien estático, mientras que en el otro se requiere más material y la lechada se prueba en una condición más dinámica, el uso de cualquiera de los dos métodos es un asunto de preferencia personal.

2.3.4.6 Clasificación de los aditivos superplastificantes.

Los superplastificantes comerciales pueden clasificarse ampliamente en cuatro categorías, de acuerdo a la naturaleza química de su base¹⁴, como se muestra a continuación:

- Policondensado de formaldehído y melanina sulfonatado, también llamado melanina sulfonato.
- Policondensado de formaldehído y naftaleno sulfonatado
- Lignosulfonato.
- Policarboxilatos.

En esta investigación se utilizara un aditivo superplastificante del tipo “Policondensado de formaldehído y naftaleno sulfonatado, por lo que se profundizara en el conocimiento de este tipo de aditivo.

2.3.4.7 Superplastificantes a base de naftaleno sulfonato

Este tipo de superplastificantes se venden en forma de líquido café, con un 40 a 42% de partículas sólidas, también están disponibles en forma sólida como un polvo café, ambas presentaciones están generalmente disponibles como sales de sodio o calcio, pero más a menudo como sales de sodio.

Existen algunas aplicaciones en las cuales los requisitos de aceptación obligan el uso de la sal de calcio, por ejemplo, cuando se utilizan agregados reactivos al álcali para hacer concreto; por otra parte, en las aplicaciones de alta resistencia se han usado con mayor frecuencia la sal de sodio, ya que es la que más se produce.

Los superplastificantes de naftaleno se han usado, en su mayoría y casi en todas partes, para producir concreto de alta resistencia, a la pregunta de por qué se utilizan los superplastificantes de naftalenos en vez de los de melanina, lo usuarios contestan lo siguiente¹⁵:

- Los superplastificantes naftalenos tienen mayor contenido de sólidos, por lo tanto son más eficaces por unidad de costo para lograr un cierto grado de trabajabilidad.
- Con este tipo de superplastificante es más fácil controlar la reología del concreto de alta resistencia debido al ligero retraso que se produce en el fraguado.
- Los superplastificantes naftalenos son más baratos; al haber más fabricantes competidores existe mayor poder de negociación.
- La calidad del servicio y la fiabilidad de algunas marcas específicas son excelentes.

- En este caso también, algunos productores de concreto de alta resistencia admiten con franqueza que se iniciaron con superplastificantes naftalenos y se mantiene con ellos porque todavía obtienen buenos resultados.

2.3.4.8 Efectos de los superplastificantes sobre las propiedades del concreto

Los efectos específicos de los aditivos superplastificantes varían según los tipos de cemento, la relación agua/cementantes, la dosificación del aditivo, la temperatura de mezclado, la temperatura ambiente y otras características que pueden darse en la obra, como ya se menciono anteriormente, las razones principales por las cuales se usan en el concreto esta clase de aditivos, son básicamente; para solucionar problemas de manejabilidad, resistencia y durabilidad.

Los aditivos superplastificantes generan efectos en las propiedades del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido, a continuación se mencionaran algunos de estos efectos:

- **Efectos en las propiedades en estado fresco:** al concreto al que se le ha adicionado un aditivo superplastificante, se caracteriza por un gran revenimiento y sus altos valores de fluidez; por lo que la trabajabilidad del concreto queda mejorada, ya que esta aumenta sin incrementar el contenido de agua de la mezcla, ó también se puede mantener la misma trabajabilidad en la mezcla y disminuir su contenido de agua, facilitando así la colocación y compactación el concreto.

La reducción de agua varía dependiendo de la dosificación del aditivo y del tipo de mezcla, esta puede llegar hasta 25%¹⁶, esta reducción tiene como objetivos: incrementar la resistencia del concreto sin aumentar el contenido de cemento y disminuir la porosidad de la pasta, haciendo más impermeable y durable el concreto, entre los beneficios de esta reducción de agua en el concreto fresco, está la reducción del contenido de agua sin modificar excesivamente el tiempo de fraguado; como desventaja, se presenta en ocasiones el uso de estos aditivos incluyen aire al concreto, y/o retrasan demasiado la pérdida de revenimiento y/o la contracción por secado.

- **Efectos en las propiedades en estado endurecido:** la adición de un aditivo superplastificante en una mezcla de concreto puede mejorar las propiedades del concreto endurecido, a corto como a largo plazo, entre estas se pueden mencionar:
 - Alta resistencia.
 - Propiedades mecánicas especiales a corta y larga edad.
 - Gran resistencia al impacto a la abrasión.
 - Gran estabilidad de volumen.
 - Gran durabilidad en condiciones y ambientes severos.

El efecto de este tipo de aditivos, es que neutralizan las cargas superficiales de las partículas de cemento causando una extrema dispersión, lo cual es el resultado de una eficiente y completa hidratación del cemento, aumentando a su vez el

desarrollo de la resistencia en el concreto; estos aditivos generalmente logran incrementos en la resistencia a la flexión del concreto (MR), pero estos no son proporcionalmente tan grandes como los incrementos en la resistencia a la compresión ($f'c$); las resistencias más elevadas, son obtenidas principalmente con aditivos superplastificantes que contienen lignosulfonatos y más especialmente los adicionados con cloruros¹⁷.

2.3.4.9 Elección del superplastificante para elaborar concreto de alta resistencia

Cuando se elabora concreto de alta resistencia, la elección del aditivo superplastificantes muy importante; debido a que no todos los tipos y marcas de aditivo reaccionan de la misma manera con un tipo de cemento en particular; la experiencia demuestra que no todos los superplastificantes comerciales poseen la misma eficacia a la hora de dispersar las partículas de cemento en mezcla, reducir la cantidad de agua de mezcla y controlar la reología de mezclas con relaciones agua/cementantes muy bajas durante la primera hora posterior al contacto del agua con el cemento¹⁸.

Esta situación se debe parcialmente a que los requisitos de aceptación actuales para superplastificantes se desarrollaron en una época en la cual estos se usaban principalmente para fluidificar concretos convencionales, estas condiciones de uso están lejos de ser las que prevalecen en mezclas de alta resistencia, por lo que en ocasiones surgen problemas de compatibilidad al utilizar un cemento y un superplastificante que reúnan por completo sus estándares de aceptación.

2.4 CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO

2.4.1 REOLOGIA DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

La reología es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia, desde el punto de vista de la resistencia es necesario usar una relación agua/cementantes lo más baja posible, dado que el concreto de alta resistencia debe ser colocado y transportado con relativa facilidad usando procedimientos de construcción convencionales.

“En las aplicaciones de campo, el concreto usualmente debe tener una trabajabilidad adecuada durante cerca de una hora y media. En las plantas de pre-moldeados, donde la colocación es más rápida, suele ser suficiente asegurar una alta trabajabilidad de hasta media hora.”¹⁹

La reología del concreto está regulada generalmente por factores físicos y químicos, entre los factores físicos están la distribución del tamaño del grano y la forma de los agregados. En los concretos con relaciones agua/cementantes muy bajas, la distribución del tamaño del grano y distribución de las partículas de cemento también juega un papel importante en la determinación de la reología del concreto fresco. Entre los factores químicos se encuentra la reactividad inicial del cemento y los materiales cementantes suplementarios cuando está en contacto con el agua.

2.4.2 MEZCLADO

El concreto de alta resistencia se produce de la misma manera que el concreto convencional, también es utilizado el mismo equipo para producirlo, aunque este, casi siempre requiere de una secuencia de mezclado más prolongada que la del concreto convencional. Naturalmente, todo el equipo empleado para pesar y dosificar los materiales debe ser exacto, pues es necesario que los materiales que han sido seleccionados y controlados sean pesados de forma exacta, y así, poder obtener la trabajabilidad y resistencia previstas.

“Las dosificaciones de las mezclas de concreto de alta resistencia son susceptibles a cualquier variación, especialmente en cuanto al contenido de agua. Un aumento de 3 a 5 litros de agua de mezclado por metro cúbico, puede representar también una disminución de 10 a 20 MPa (100 a 200 kg/cm²aproximadamente) de resistencia a la compresión. De igual manera, el dispositivo que administra el aditivo superplastificante debe ser muy preciso, porque cualquier variación en la dosis puede provocar un problema en cuanto a trabajabilidad, segregación o retraso.

El concreto de alto desempeño requiere períodos de mezclado más extensos que el concreto de resistencia convencional, pero es difícil fijar normas precisas. El período de mezclado se debe establecer según cada caso. El mezclado se optimiza de forma tal que un aumento en el tiempo de mezclado no incrementa la homogeneidad o la trabajabilidad del concreto”²⁰

Existe un punto de controversia en cuanto al mezclado, este es decidir cuándo es el momento más adecuado para introducir el superplastificante a la mezcla; actualmente existen tres formas de pensar respecto a esto, y cada una considera que su enfoque es mejor que los otros; estos enfoques son:

- Todos los superplastificantes se introducen en la mezcla al mismo tiempo.
- Al comenzar el mezclado se agregan aproximadamente $2/3$ del superplastificante, y el último tercio hasta el final.
- Parte del aditivo se agrega durante la dosificación, de modo que el concreto sale de la planta de dosificación con un revenimiento de aproximadamente 100 mm para que todavía tenga un revenimiento de al menos 50 mm cuando llegue al lugar de trabajo. El superplastificante restante se agrega entonces y así se obtiene el revenimiento previsto.

Cualquiera que sea el enfoque que se elija para introducir el superplastificante, es necesario mencionar que para obtener una trabajabilidad adecuada el revenimiento del concreto de alta resistencia no debe ser mayor a 230 mm.

2.4.3 CURADO

El curado garantiza que la temperatura y el contenido de humedad sean satisfactorios en el concreto por un periodo de tiempo, el cual empieza inmediatamente después de la

colocación (colado) y del acabado, para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas en el concreto²⁰; para los concretos convencionales, el curado con agua es necesario para garantizar el más alto grado de hidratación posible y, en consecuencia para obtener la mayor resistencia y la menor permeabilidad.

El concreto sin curado seca más o menos rápido dependiendo de su relación agua/cementantes y nunca alcanzara su mayor resistencia ni su máxima durabilidad; el curado temprano siempre es mejor que el curado tardío y, en el caso de los concretos convencionales, un curado es mejor que ningún curado.

La idea de que el concreto de alto desempeño necesita curarse todavía es un tema de controversia; algunos dicen que el concreto de alto desempeño debe ser curado como cualquier concreto convencional; otros dicen que, debido a su muy densa microestructura, el concreto de alto desempeño no necesita curado alguno²¹.

“Curar apropiadamente es siempre vital para bajar, en la medida de lo posible, la contracción final de un concreto convencional para que no se agriete; pero el curado apropiado es más importante en el caso de un concreto de alta resistencia.”²²

“En el concreto convencional, la contracción final es, en esencia, de origen térmico y es causada por el secado, mientras que en el concreto de alta resistencia pueden desarrollarse contracciones severas como:

- en estado plástico, debido al muy bajo índice de exudación del concreto de alto desempeño;
- en estado endurecido, debido a la auto-deseccación que sigue al rápido e intenso desarrollo de la hidratación del cemento;
- al gradiente térmico creado por el desarrollo no homogéneo de la temperatura dentro de la masa de concreto durante su enfriamiento.”²²

En el concreto de alta resistencia siempre existen estos tres mecanismos fundamentales que reducen su volumen aparente, y lastimosamente no hay todavía un método universal comprobado para curar el concreto de alta resistencia.

“La forma más adecuada de curar el concreto de alto desempeño es, en principio, muy sencilla: el concreto de alto desempeño debe ser curado con agua durante tanto tiempo como sea posible”²²

2.4.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El ACI menciona algunas propiedades del concreto en estado fresco que son críticas: trabajabilidad, compactación, estabilidad, consistencia, etc. Los conceptos comunes abarcan todas estas propiedades en definiciones como “la facilidad con que el concreto puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado” o “la habilidad del concreto para fluir”, etc.

Estas definiciones son subjetivas pero enlazan las palabras comúnmente usadas con factores físicos que pueden ser medidos. Las pruebas usualmente realizadas al concreto en estado fresco miden intrínsecamente sus propiedades reológicas, sin embargo un mejor entendimiento de las propiedades del concreto en estado fresco es necesario para poder predecir su flujo.

El concreto en estado fresco es realmente una suspensión concentrada de partículas sólidas (agregados) en un líquido viscoso (pasta de cemento), la pasta de cemento a su vez no es un fluido homogéneo y está compuesta de partículas (granos de cemento) en un líquido (agua). Por lo tanto el concreto en estado fresco en una escala macroscópica fluye como un líquido.

Para conocer las propiedades del concreto en estado fresco es necesario establecer diversos parámetros como: peso volumétrico, revenimiento, contenido de aire y tiempo de fraguado. Esta investigación se enfocará en las siguientes propiedades del concreto en estado fresco: trabajabilidad (la cual se determinará por medio del parámetro revenimiento) y contenido de aire del concreto.

2.4.5.1. Trabajabilidad

La trabajabilidad se puede definir como la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir la compactación deseada de la mezcla, aunque según el ACI también se puede definir como: la propiedad del concreto o mortero en estado fresco la cual

determina la facilidad y homogeneidad con la cual puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado.

Como ya se mencionó anteriormente, en esta investigación el parámetro que será utilizado para determinar la trabajabilidad es el revenimiento del concreto.

- Revenimiento

- *Medición*

La prueba de medición del revenimiento está regida bajo la norma ASTM C-143, aunque esta sea criticada en cuanto a su valor científico y tecnológico, se seguirá usando por más tiempo para controlar la trabajabilidad del concreto, sea este convencional o de alta resistencia.

El revenimiento del concreto se ve afectado por muchos factores, desde el punto de vista reológico, este principalmente depende de factores como la forma y angulosidad del agregado, además, de la cantidad de pasta que haya sido utilizada para su elaboración, así como la fluidez que esta posea.

La práctica de medición del revenimiento en el concreto convencional es relativamente fácil si se le compara con la medición del revenimiento en concreto de alta resistencia, ya que en el concreto convencional, después de unos pocos segundos el cono de concreto deja de deformarse o colapsar, y mantiene una altura estable. Además cuando se ejecuta

bien la práctica, el valor del revenimiento se puede seguir obteniendo con una variación de ± 10 mm. Pero, a diferencia del concreto convencional, en el concreto de alta resistencia, la medición del revenimiento no es tan fácil porque el cono de concreto no deja de deformarse y seguir colapsando debido a los aditivos superfluidificantes con que se elabora, entonces, es difícil decidir en qué momento se debe registrar la altura del cono que poco a poco está colapsando. Ahora bien, que para los concretos de alta resistencia fluidos, es bien común observar que el concreto se derrama por los bordes del tablero del cono estándar sobre el cual se llevó a cabo la prueba.

- *Factores que influyen en el revenimiento*

Hay una gran cantidad de factores que afectan al revenimiento del concreto, pero desde la parte reológica, estos se pueden clasificar en dos categorías: los que se relacionan con la forma del agregado, y los que tienen que ver con el comportamiento reológico de la pasta de cemento en sí.

“Los principales factores que están relacionados con el agregado y que afectan el revenimiento del concreto, son: la cantidad total de agregado grueso/fino, sus respectivas distribuciones granulométricas y las formas de las partículas de los agregados, tanto para el concreto convencional como para el de alto desempeño. El comportamiento reológico de la pasta de cemento del concreto convencional tiene que ver con la relación agua/cementantes. Cuanto mayor sea la relación, más diluidas en agua están las partículas finas, de modo que, físicamente, el agua juega un papel clave en la reología de la pasta de

cemento hidratada cuando la relación agua/cementantes es alta (por ejemplo, 0.50). Con un valor de la relación agua/cementantes tan elevado, las partículas cementantes están lejos unas de otras dentro de la pasta que su interacción, no afecta particularmente el revenimiento del concreto. La cantidad de aire incluido también afecta drásticamente el revenimiento de un concreto convencional, cosa que está bien documentada”²³.

“Cuando la relación agua/cementantes disminuye y la dosificación del superplastificante aumenta, desde el punto de vista reológico, la situación comienza a complicarse, ya que el agua por sí misma deja de desempeñar un papel fundamental en la reología de la pasta de cemento. El cemento y las partículas ligantes interactúan físicamente, y eso se ve afectado por su forma, su distribución granulométrica y su reactividad química.

Además, el superplastificante utilizado para deflocular las partículas de cemento, interactúa con las partículas de cemento en hidratación, por lo que ahora tenemos un conjunto muy complejo de factores que influyen en la reología del concreto de alto desempeño. En este aspecto, se ha demostrado que el contenido de sulfato de cemento y su tasa de disolución cumplen un papel clave, que no es tan importante en el caso del concreto convencional.”²⁴

Es obvio que, a medida que la relación agua/cementantes disminuya, el asunto se volverá más complejo y se comenzara a utilizar términos como “pegajoso” para describir la consistencia del concreto de alta de alta resistencia.

- *Pérdida de revenimiento.*

No existe mucha información teórica sobre este aspecto, porque la mayoría de autores e investigadores dicen que debido a que las partículas de los materiales cementantes suplementarios son menos reactivas en el concreto fresco, su efecto reológico se limita a la parte física.

El hecho de usar materiales cementantes suplementarios (Adiciones), desde el punto de vista práctico, es adecuado para resolver los problemas que generan pérdidas de revenimiento, y estos materiales han sido utilizados desde la década de 1970 cuando comenzaban a surgir los concretos de alta resistencia.

Las únicas limitaciones que impiden utilizar materiales cementantes suplementarios (adiciones por ejemplo), y reemplazar parcialmente el cemento del concreto de alta resistencia, están relacionadas con el progreso de las resistencias tempranas y la resistencia ante la abrasión provocada por el hielo y el deshielo. La durabilidad de estas mezclas ante el congelamiento y el deshielo no se ha llegado a comprobar todavía, es más, no se sabe si las pruebas para determinar la durabilidad ante el congelamiento y el deshielo son las apropiadas. También se puede utilizar una inclusión de aire para resolver el problema; esta, no causara daño desde el punto de vista reológico, aunque resultara que se perderá algo de la resistencia.

2.4.5.2. Contenido de aire

- *El concreto de alta resistencia sin aire incluido*

“No es esencial realizar una medición repetidamente del contenido de aire de un concreto de alta resistencia sin inclusión de aire, pero es recomendable medirlo para poder verificar la masa unitaria. Por lo general, los concretos de alta resistencia pueden atrapar del 1% al 3% de aire, ya que las mezclas suelen ser más pegajosas que las del concreto convencional, a menor relación agua/cementantes, mas pegajoso será el concreto, sin embargo, con algunas combinaciones de cemento y superplastificante, es posible elaborar concretos con una relación agua/cementantes de 0.30, donde la cantidad de aire atrapado se encuentre entre 1% y 1.5% cuando la fluidez de la mezcla se ajusta con cuidado. Pero a medida que la relación agua/cementantes baja de 0.30 se hace más difícil disminuir la cantidad de aire atrapado por debajo de 1.5% a 2%.”²⁵

“Se ha observado un fenómeno extraño al hacer la mezcla de algunos concretos de alta resistencia después de una sobredosificación de superplastificante cuando se utilizaba una alta cantidad de agua de mezclado. El concreto de alto desempeño se volvió muy fluido y tendía a atrapar un gran volumen de grandes burbujas de aire, lo cual provocaba lo que se ha llamado “concreto burbujeante” o “efecto champagne”; las grandes burbujas de aire tienden a flotar fuera del concreto, pero parecen regenerarse tan fácilmente como desaparecen durante el mezclado. Cuando se coloca en los moldes, esta clase de mezcla es propensa a severa segregación y se retarda mucho. Después de endurecida, dicha

mezcla contiene un alto volumen de vacíos de gran tamaño, los cuales disminuyen de forma drástica la resistencia a la compresión.”²⁶

Ahora bien, cuando la preocupación más grande es la resistencia a la compresión (tal es el caso de los concretos sin aire incluido), es importante mantener la cantidad de aire atrapado tan baja como se pueda para poder evitar disminuciones en la resistencia. Además, los últimos MPa son difíciles de alcanzar, por lo que no debe discriminarse ningún método utilizado para disminuir el contenido de aire atrapado.

2.5 PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Es necesario aclarar que al concreto de alta resistencia se le pueden estudiar diferentes parámetros para evaluar sus propiedades mecánicas (Módulo de ruptura, resistencia a la tracción, Resistencia a la fatiga, Flujo plástico y contracción, entre otros), pero en esta investigación solamente se tratará con la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad, por lo que la información teórica se encuentra referida solamente a estas dos propiedades.

2.5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION

2.5.1.1 Medición

Obviamente la resistencia de un concreto de alta resistencia es mucho más elevada que la de un concreto normal; cuando excede los 60 MPa, esta no es tan fácil de medir de la forma adecuada, esta está regida bajo la norma ASTM C-39 “Método para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”.

La resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia se incrementa a medida que la relación agua/cementantes disminuye al igual que en el concreto convencional. Pero esta ley de la relación agua/cementantes, solo puede ser aplicada hasta que la resistencia a

la trituración de los agregados se convierta en la resistencia más baja del concreto de alta resistencia. Lo anterior pasa cuando al comparar los agregados con la pasta hidratada del cemento, estos resultan ser menos resistentes, al llegar a este punto, la resistencia ya no se incrementara disminuyendo la relación agua/cementantes. Así, la forma para incrementar la resistencia a la compresión de un concreto que presente dichas características, es usar agregado grueso más resistente.

“Debido a los múltiples factores que afectan la relación entre f'_c y la relación agua/cementantes, es imposible establecer todavía una relación general entre la proporción agua/cementantes y la resistencia a la compresión que puede alcanzar un concreto de alta resistencia, incluso cuando el agregado grueso es lo suficientemente resistente. Sin embargo, los valores que se muestran en la siguiente tabla, pueden servir para predecir la máxima resistencia a la compresión que se puede alcanzar con diferentes rangos de relación agua/cementantes.

Puede que si se toman en cuenta la gran cantidad de combinaciones de los materiales utilizados en la fabricación de concretos de alta resistencia y sus propiedades resulta difícil ser más específico. Solamente realizar series de pruebas de resistencia a la compresión pueden producir los valores reales alcanzables en un lugar en particular.”²⁷

En la tabla 2.13 se muestran algunos valores de resistencia a la compresión de concretos de alta resistencia en función de la relación agua/cementantes.

Tabla 2.13 Resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia como una función de la relación agua/cemento

A / C	Rangos máximos de la resistencia a la compresión
0.40 - 0.35	50 a 75 MPa
0.35 - 0.30	75 a 100 MPa

FUENTE: P-C. AITCIN, "Concreto De Alto Desempeño", Capítulo 16. Sección 16.1 Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.

“Hay otros factores importantes que están relacionados con la resistencia a la compresión que requieren particular atención. Algunos de ellos son:

- La resistencia a la compresión temprana del concreto de alto desempeño;
- La influencia de la temperatura máxima alcanzada en la etapa temprana sobre la resistencia a la compresión del concreto;
- El desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto a largo plazo;
- La resistencia de los núcleos comparada con la de los especímenes perforados.”²⁸

2.5.1.2 Resistencia a la compresión temprana del concreto de alta resistencia.

El endurecimiento del concreto se ve bastante influenciado por las cantidades utilizadas de retardante y superplastificante, que se han agregado a fin de bajar la relación agua/cementantes hasta un punto necesario donde se asegure que se está alcanzando la resistencia a la compresión requerida, y a la misma vez que conserva la trabajabilidad deseada para hacer más fácil su colocación durante el tiempo necesario.

Cuando se diseña una mezcla, se puede establecer un control sobre la resistencia temprana del concreto de alta resistencia, dado que la disminución de la relación agua/cementantes se puede lograr de dos distintas maneras: utilizando un superplastificante que ayude a disminuir el contenido de agua de mezclado; incrementando la cantidad de cemento y, de esta forma, el volumen de agua a utilizar, requiriendo así de menos aditivo superplastificante para alcanzar la trabajabilidad deseada.

“Aunque también debe recalarse que con el uso de altas dosis de superplastificante, y a veces de retardante, es posible demorar significativamente la reacción de hidratación, pero cuando la hidratación comienza, se desarrolla muy rápidamente. Por lo tanto, cuando se trata con concreto prefabricado, es mejor formular el concreto de alta resistencia con una alta cantidad de cemento en lugar de diseñarlo con la menor cantidad de agua posible.

Si se utiliza una relación agua/cementantes que oscile entre 0.30 y 0.35 a una temperatura ambiente de aproximadamente 20 °C, es posible obtener una alta resistencia temprana de 20 a 30 MPa (de 200 a 300 kg/cm²) en 24 horas. Pero con frecuencia es difícil obtener una alta resistencia temprana antes de 12 horas con el concreto de alto desempeño. Además, cabe mencionar que dos o tres horas adicionales de curado a 20 °C pueden significar una gran diferencia en la resistencia a compresión temprana de este tipo de concreto.”²⁹

2.5.1.3 Efecto del aumento temprano de temperatura del concreto de alta resistencia sobre el esfuerzo a la compresión.

Durante las 24 a 48 horas iniciales después de su colocación, la temperatura del concreto sufre un incremento significativo, y en algunas partes masivas de concreto de alta resistencia, se llegan a registrar valores máximos de temperatura entre 65 y 70°C.

El incremento en la temperatura del concreto está directamente relacionado con la cantidad de cemento realmente hidratado, y este aumento de temperatura no es una función de la cantidad total de cemento que se encuentra en la mezcla. Cuando la relación agua/cementantes es muy baja en los concretos, el factor que limita la cantidad de cemento hidratado es la escasez del agua de mezclado, y por esto, también la temperatura máxima se ve limitada aunque la mezcla posea una alta cantidad de cemento.

En el concreto normal, un aumento en la resistencia temprana es causado por el calentamiento externo temprano, pero este también produce una disminución en su resistencia a los 28 días. En el caso del concreto de alta resistencia no parece ser así, ya que la temperatura se incrementa en el mismo rango de temperaturas debido a la súbita hidratación que sufre el concreto. Se ha encontrado que la resistencia a la compresión medida a los 28 días en núcleos extraídos es similar a la resistencia a la compresión medida en especímenes de curado estándar de la misma edad.

2.5.1.4 Resistencia a la compresión a largo plazo.

Cuando se realizan pruebas a compresión a especímenes curados con agua a 28 días, debe entenderse que una parte del agua de curado penetra dentro de los especímenes a través de su superficie externa y de este modo un borde más o menos grueso de concreto continua hidratándose alrededor de toda la pieza generando mayor resistencia en el espécimen. Además, en un elemento estructural la hidratación se detiene por la falta de agua, o también, debido a una humedad relativa demasiado baja en el sistema poroso.

Entonces, es obvio que la resistencia a la compresión a los 28 días de un espécimen curado con agua, no guarda ninguna relación directa con la del concreto en la estructura, y podrían ser resultados significativamente alejados de la resistencia a la compresión en la obra. No debe sorprender, entonces, que la resistencia a la compresión de los núcleos de 1 año no sea demasiado diferente a la resistencia a la compresión medida a los 28 días; y que la resistencia de este espécimen sea, casi siempre, significativamente menor que la de especímenes estándar curados en agua durante un año.

2.5.2 MODULO DE ELASTICIDAD

La resistencia del concreto no es el único criterio a tener en cuenta para el diseño y el cálculo de una estructura, pues la rigidez del mismo suele tener la misma o mayor

importancia. El diagrama esfuerzo – deformación en la compresión de un concreto, suministra el factor más importante a partir del cual se deducen las ecuaciones para el cálculo de elementos de concreto reforzado: el módulo de elasticidad del concreto, que desde luego da una medida de la rigidez del material³⁰.

En el diseño, es de gran importancia conocer el módulo de elasticidad del concreto a la hora de calcular las deformaciones de los diferentes elementos que componen una determinada estructura. La determinación del módulo de elasticidad en esta investigación está regida por la norma ASTM C-469 “Método para determinar el Módulo de Elasticidad estático y coeficiente de Poisson del concreto en compresión”.

Se han establecido una relación directa entre el módulo de elasticidad del concreto y su resistencia a la compresión (a mayor resistencia mayor módulo de elasticidad), sin embargo, el módulo de elasticidad del concreto depende en gran medida de la calidad de los agregados y su proporción dentro de la mezcla. En general, se han propuesto numerosas ecuaciones, todas ellas experimentales, para obtener el valor del módulo de elasticidad, una de estas ecuaciones, es la propuesta en la Norma técnica para el diseño y construcción de estructuras de concreto de El Salvador:

$$E_c = 0.14 * W_c^{1.5} \sqrt{f'_c} \quad \text{Para: } 1400 \text{ kg/m}^3 \leq W_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$$

Dónde:

- E_c = Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm^2 .
- W_c = Peso unitario del concreto en kg/m^3 .

- $f'c$ = Resistencia del concreto en kg/cm^2 .

Otra de las ecuaciones propuestas que relaciona el modulo de elasticidad con el valor de resistencia a la compresión del concreto es la propuesta por la Norma técnica complementaria para diseño y construcción (México 1991), la cual establece que:

$$Ec = 14,000 * \sqrt{f'c} \quad \text{Para concretos por } Wc \geq 2200 \text{ kg/m}^3$$

Dónde:

- Ec = Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm^2 .
- Wc = Peso unitario del concreto en kg/m^3 .
- $f'c$ = Resistencia del concreto en kg/cm^2 .

**CAPITULO III:
TRABAJO EXPERIMENTAL
EN LABORATORIO Y
ESPECIFICACIONES A UTILIZAR**

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se explica la metodología a seguir para desarrollar el trabajo experimental de laboratorio, con este fin, se establecen parámetros fijos y parámetros variables que permitan llevar un procedimiento de manera ordenada y que puedan servir de guía para explicar las posibles variaciones que se presenten en los resultados de las diferentes pruebas a realizar.

Además, se establece el número de mezclas de concreto a elaborar y se explica detalladamente la metodología a utilizar para el diseño de estas, las resistencias que se espera obtener en cada una, el número de especímenes de prueba que serán elaborados por mezcla, las tasas de dosificación de aditivo y porcentajes de reducción de agua de cada mezcla; también se detallan las pruebas y ensayos a realizar al concreto para establecer diferentes parámetros que nos permitan conocer algunas de las propiedades en estado fresco y endurecido de las mezclas de concreto, por ejemplo: prueba de revenimiento, prueba de resistencia a la compresión, etc.

A fin de seguir una guía ordenada de procedimientos en la metodología de investigación se definen las fases que van desde la selección de los materiales, hasta el análisis de resultados; además, se muestran los requisitos que deben cumplir cada uno de los materiales a utilizar para elaborar las mezclas de concreto, así como los requisitos que debe cumplir el concreto en estado fresco; finalmente aparece la forma de simbolización de los especímenes de ensayo que serán elaborados para cada una de las mezclas.

3.2 GENERALIDADES

En la presente investigación los componentes de cada mezcla de concreto serán: cemento hidráulico (Portland tipo I), como materiales de relleno se utilizarán, agregado grueso (Grava # 89, según ASTM C 33-03), agregado fino (Arena triturada, según ASTM C 33-03), agua y aditivo (Reductor de agua de alto rango superplastificante); cada una de las mezclas elaboradas con los componentes antes mencionados, se prevé que cumplan con el nivel de trabajabilidad esperado en estado fresco (revenimiento entre los valores de 5 a 8 pulgadas) y las características mecánicas en estado endurecido para el concreto de alta resistencia (Los valores de resistencia se encuentran en el rango de 500 a 650 kg/cm², ó según la clasificación de los concretos de alta resistencia tipo I, ver tabla 2.1).

Todas las características de los componentes de las mezclas de concreto deben determinarse previamente al diseño de las mezclas, ya que estas sirven como datos de inicio para los cálculos de las proporciones de las mezclas con diferentes relaciones agua/cementantes y dosificaciones de aditivo que se elaboraran según la metodología propuesta por el Comité ACI 211.4-93. Al elaborar concreto de alta resistencia, las características de los materiales son diferentes a las de concreto normal, por lo que, los materiales elegidos para realizar esta investigación poseen características confiables de calidad para elaborar este tipo de concreto, las cuales serán verificadas mediante la realización de las pruebas de laboratorio pertinentes.

3.3 PARAMETROS FIJOS Y VARIABLES

3.3.1 PARAMETROS FIJOS

Debido a las características de esta investigación, se deben precisar aquellos parámetros fijos, los cuales se detallan a continuación.

3.3.1.1 Condiciones de laboratorio

La realización de las pruebas a los componentes del concreto, la elaboración de las mezclas y las pruebas al concreto en estado fresco y endurecido se realizaran en el Laboratorio de Suelos y Materiales “Mario Ángel Guzmán Urbina” de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (UES); las pruebas de laboratorio mencionadas anteriormente será efectuadas por los realizadores de esta investigación, a excepción de aquellas en que se requiera la colaboración de personal especializado en la utilización de algún tipo de equipo.

3.3.1.2 Agregados para el concreto

Los agregados que se utilizaran para la elaboración de la mezclas poseerán propiedades y características adecuadas para elaborar concreto de alta resistencia (Capítulo IV); el agregado fino (arena) que se utilizara en todas las mezclas es arena triturada, procedente de la misma cantera (ver sección 3.5.1.1); en cuanto al agregado grueso (grava) que se usara en todas las mezclas, este tendrá un tamaño máximo nominal (TMN) de 3/8” y será de una misma cantera (ver sección 3.5.1.1)

3.3.1.3 Cemento

El cemento que se utilizara para la elaboración de todas las mezclas de concreto es de origen local, del tipo de cemento Portland Tipo I, elaborado con base en la norma ASTM C-150, según los fabricantes, este tipo de cemento alcanza resistencias superiores de 5000 psi a 28 días.

3.3.1.4 Agua

La norma ASTM C-1602 (ver tabla 2.6 y 2.7) indica los requisitos de calidad del agua para la elaboración de concreto hidráulico, para esta investigación se utilizara agua potable, proveniente de la red pública de ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados) que abastece al Laboratorio de Suelos y Materiales “Mario Ángel Guzmán Urbina” de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de El Salvador (UES).

3.3.1.5 Aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante

El tipo de aditivo que se utilizara para elaborar las mezclas de concreto es un tipo de aditivo que pertenece a la familia de aditivos superplastificantes, específicamente del tipo de superplastificantes a base de naftaleno sulfonato (ver sección 2.3.4.7 de este documento), es un líquido fluido marrón oscuro, el cual, cuando se agrega al concreto no cambia la apariencia natural de este, no contiene cloruros adicionados en su formulación, es compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes, cloruro de calcio y muchos otros aditivos, considerando que cada material debe ser adicionado al

concreto por separado; para la elaboración de las mezclas de concreto se tomarán tasas de dosificación de aditivo dentro del rango especificado en la hoja técnica del producto.

3.3.1.6 Método de proporcionamiento de las mezclas

Las proporciones de los componentes de todas las mezclas de concreto de alta resistencia se obtendrán mediante la utilización de la metodología propuesta por el Comité ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones de concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes”; y los especímenes de cada mezcla serán el resultado de una sola batchada.

3.3.1.7 Resistencias a la compresión en estudio.

Las resistencias a la compresión en estudio para la elaboración de las mezclas se fijará de acuerdo al rango de resistencias que corresponden a concretos de alta resistencia del tipo I (ver sección 2.2.2), estas serán las siguientes: 500 kg/cm², 550 kg/cm², 600 kg/cm² y 650 kg/cm²; las que servirán para el proporcionamiento de las mezclas de concreto.

3.3.1.8 Revenimiento

Este parámetro se fijará en el rango de 5 a 8 pulgadas, esto considerando ya el uso del aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante, pero también se considerara para el diseño de las mezclas según el Comité ACI 211.4-93 un revenimiento de 2 pulgadas antes de añadir el aditivo.

3.3.1.9 Porcentaje de reducción de agua de mezclado

La reducción de agua de mezclado se realizará de acuerdo al rango especificado en la norma ASTM C-494 para aditivos del tipo A y F (aditivos reductores de agua y aditivos reductores de agua de alto rango, respectivamente), ya que el aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante que se utilizará se rige bajo esas especificaciones.

Antes de realizar cualquier reducción en el agua de mezclado, es necesario que se elaboren mezclas de prueba sin aditivo, con el fin de determinar la cantidad de agua adicional a la establecida por el diseño, que ha de ser agregada al concreto para conseguir la trabajabilidad deseada, y establecer así una nueva cantidad de agua de mezclado sobre la que será aplicado el porcentaje de reducción de agua que genera una tasa de dosificación específica de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.

Para establecer el porcentaje adecuado de reducción de agua de mezclado para cada una de las mezclas con diferente dosificación de aditivo, se aplicarán diferentes reducciones a cada mezcla para poder obtener por prueba y error, el porcentaje de reducción adecuado que genere la consistencia y trabajabilidad deseada en el concreto, esta última será determinada a través de la medición del parámetro de revenimiento (según norma ASTM C-143) de cada una de las mezclas de prueba que se elaboren; de este modo, la tasa adecuada de reducción de agua de mezclado será la que haya sido capaz de generar valores de revenimiento comprendidos dentro del rango de 5 a 8 pulgadas.

3.3.2 PARAMETROS VARIABLES

Debido a las características de esta investigación, los parámetros variables que se considerarán se detallan a continuación.

- Temperatura del concreto durante la realización de cada una de las mezclas
- Contenido de humedad de los agregados
- Contenido de aire del concreto de alta resistencia para diferentes resistencias a la compresión.
- Tiempo de fraguado de las mezclas de concreto de alta resistencia con diferente dosificación de aditivo superplastificante.
- Configuración de la disposición de los agregados, la estructura que conforma cada espécimen en cuanto a la disposición de cada partícula de agregado grueso y fino.

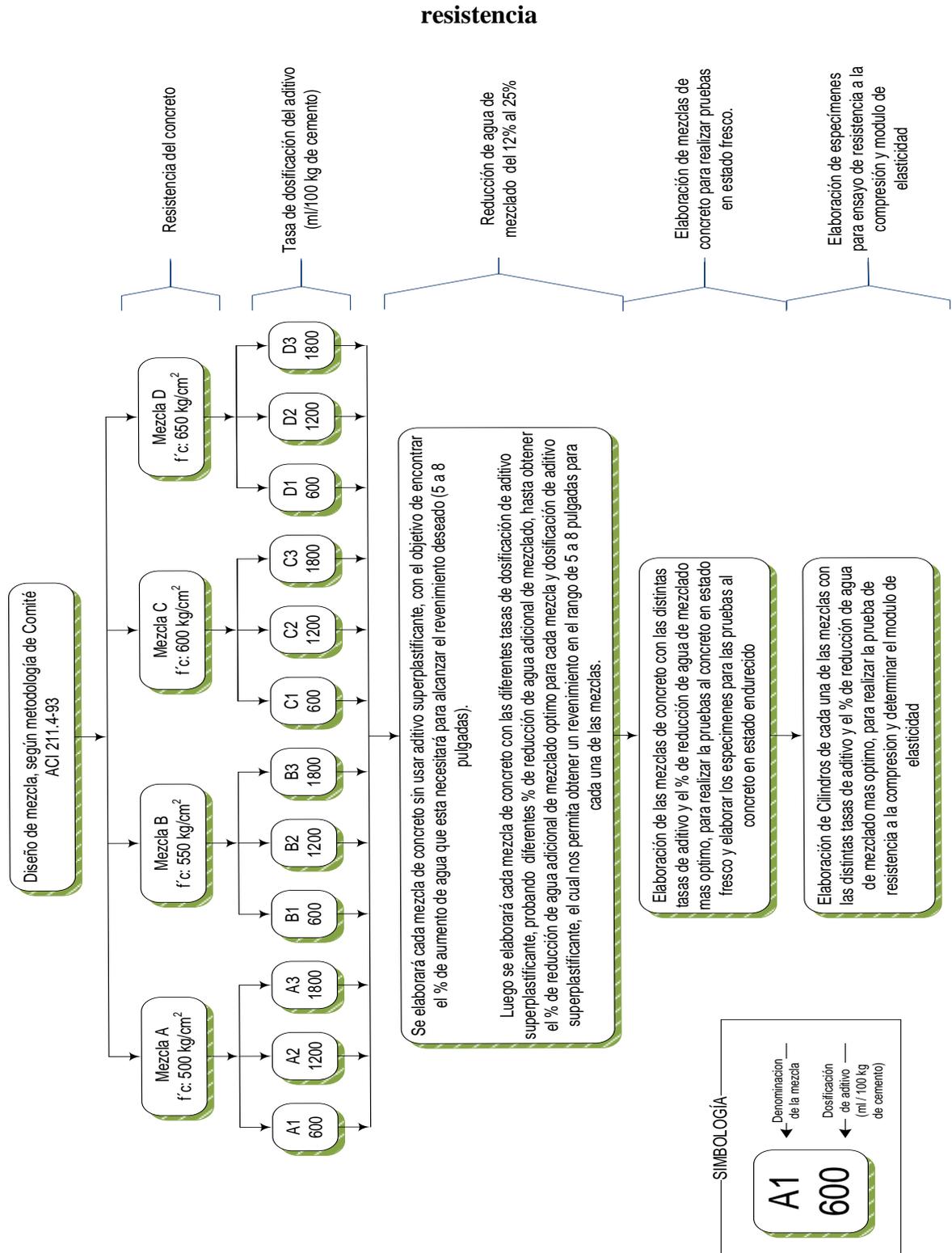
3.4 METODOLOGIA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIO

Partiendo de cuatro diferentes resistencias a la compresión a los 28 días, que son 500, 550, 600 y 650 Kg/cm², y que serán denominadas cada una por su letra correlativa (A, B, C, D), el trabajo experimental de laboratorio consistirá en elaborar 12 mezclas resultantes de la aplicación de 3 diferentes tasas de dosificación de aditivo para cada una de estas resistencias, la simbología de cada mezcla estará compuesta por la letra que identifica la resistencia (A, B, C, D) y un número correlativo que identifique la tasa de dosificación de aditivo (1, 2, 3) (ver figura 3.1).

Los componentes de cada una de las mezclas (agregados, agua y cemento) poseen las mismas propiedades físicas en cada una de las batchadas, de este modo, la variable a tomar en cuenta en la investigación será únicamente la variación de la tasa de dosificación de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.

El cemento a utilizar está regido por la norma ASTM C-150, según lo mencionado en la sección 3.3.1.3 de este documento, los agregados que se utilizaran para el diseño y elaboración de las mezclas proceden de la misma fuente según lo especificado en la sección 3.3.1.2; el aditivo que se utilizará es el indicado anteriormente en la sección 3.3.1.5.

Figura 3.1: Secuencia de actividades para elaborar las mezclas de concreto de alta resistencia



Las dosificaciones de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante a utilizar para elaborar las mezclas serán de 600, 1200 y 1800 mililitros por cada 100 kilogramos de cemento (ver figura 3.1) y las tasas de reducción de agua de mezclado se determinaran de acuerdo a lo expuesto en la sección 3.3.1.9 de este documento.

El procedimiento de diseño de las mezclas iniciara con el estudio de las propiedades de los agregados, a fin de poder verificar si son aptos para utilizarse en la elaboración de mezclas de concreto; después se realizara el cálculo teórico experimental para el diseño de cada mezcla y así, elaborar el diseño definitivo para cada una de las 12 mezclas establecidas.

Previo a la elaboración de cada una de las mezclas, se realizara un muestreo de los agregados para conocer su contenido de humedad y hacer las correcciones por humedad y adsorción correspondientes a cada diseño.

Cada una de las mezclas a realizar será inspeccionada, por medio de la recolección de información de los proporcionamientos de cada uno de los materiales que la constituyen; para cada una de las mezclas en estado fresco se medirán los parámetros de temperatura (ASTM C-1064), contenido de de aire (ASTM C-231), revenimiento del concreto de cada mezcla para controlar su trabajabilidad (ASTM C-143), tiempo de fraguado del concreto (ASTM C-403); para el concreto endurecido se estudiará la resistencia a la compresión en cilindros (ASTM C-39) y el módulo de elasticidad (ASTM C-469). Para determinar que

la mezcla cumple en cuanto a trabajabilidad se tomara como parámetro principal el revenimiento, cuyo resultado debe estar entre los valores de 5 a 8 pulgadas.

Cada una de las mezclas se elaborara mecánicamente en una maquina concretera con una capacidad de 0.17 m³, para cada una de las mezclas se elaborará concreto para 13 cilindros, 5 cilindros se ensayaran a las edades de 7 días, y 5 a 28 días de edad, y los 3 restantes serán utilizados para la determinación del módulo de elasticidad.

La resistencia a la compresión será medida en cilindros de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura, mientras que el módulo de elasticidad se medirá en cilindros de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura; todos los especímenes serán curados según lo establece la norma ASTM C-192 hasta el día de su ensayo.

3.5 ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACION

La presente investigación está estructurada según lo contemplado en la sección 1.5 de este documento, en la cual se pretende determinar las siguientes relaciones:

- Correlación entre resistencia a compresión y la tasa de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.
- Correlación entre la tasa de dosificación de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante en la mezcla y el porcentaje de reducción de agua de mezclado.
- Correlación entre relación agua / cementantes ($W/(C+P)$) y resistencia a la compresión teórica de diseño y obtenida a 28 días.
- Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos y la resistencia a la compresión del concreto a 28 días de edad de las diferentes mezclas.

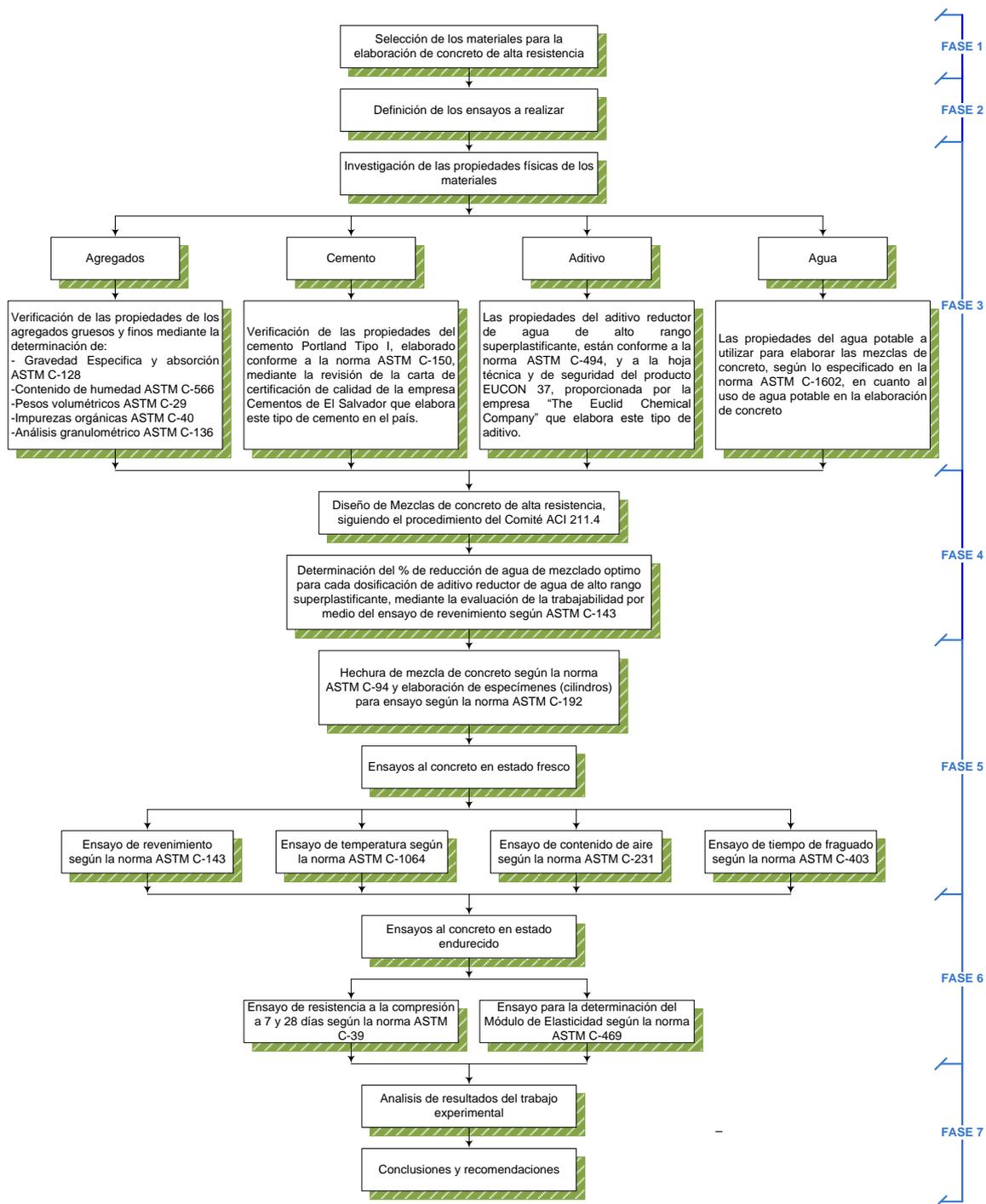
3.5.1 EJECUCION DE LA INVESTIGACION

La metodología se describe para toda la estructura de la investigación definida en la sección 3.5 de este documento, de la siguiente manera (ver figura 3.2):

- FASE 1: Selección de los materiales.
- FASE 2: Definición de los ensayos a realizar.

- FASE 3: Investigación de las propiedades de los materiales.
- FASE 4: Diseños de mezclas para resistencias especificadas.
- FASE 5: Hechura de mezclas, elaboración de especímenes y ensayo al concreto en estado fresco.
- FASE 6: Ensayos al concreto endurecido.
- FASE 7: Análisis de resultados.

Figura 3.2: Secuencia del proceso de investigación del trabajo de graduación

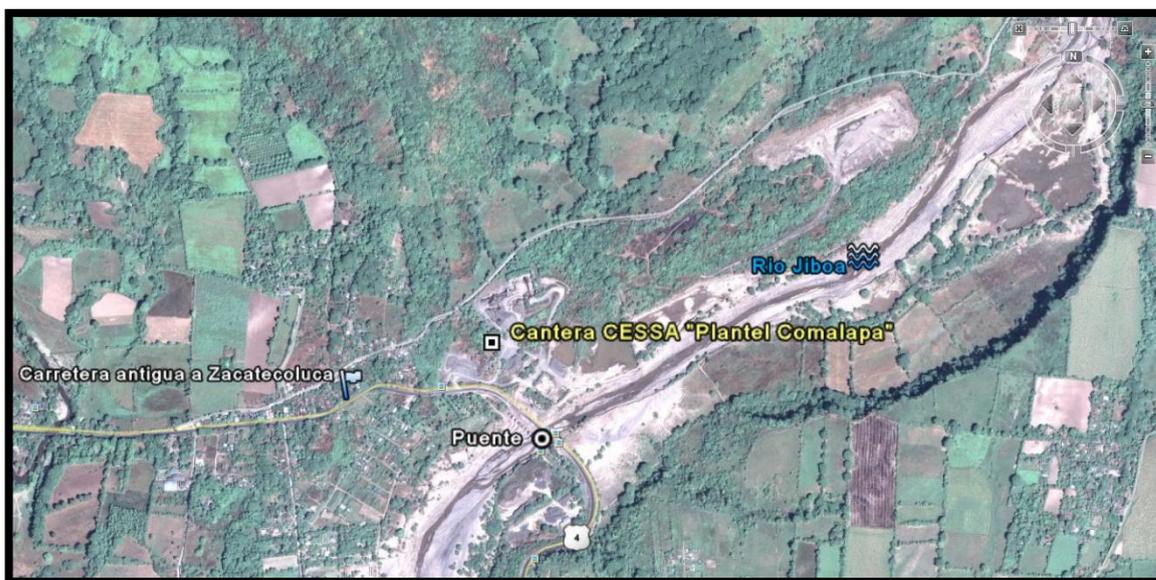


3.5.1.1 FASE 1: Selección de los materiales

- Agregados

Los materiales a utilizar en la elaboración de todas las mezclas de concretos en esta investigación proceden de una misma fuente respectivamente, el agregado grueso (grava) y el agregado fino (arena), proceden de las reservas de material de la empresa Holcim El Salvador, S.A. de C.V. división de Holcim Concretos, S.A. de C.V. (Plantel Central) para la producción de concreto, los cuales a su vez, proceden de la Cantera de la empresa Holcim El Salvador, S.A. de C.V. “Plantel Comalapa”, La Paz, la cual está ubicada en el Km 42 ½ de la carretera antigua a Zacatecoluca, en la figura 3.3 se observa la ubicación geográfica de la cantera.

Figura 3.3: Ubicación geográfica de la Cantera de la empresa Holcim El Salvador, S.A. de C.V. “Plantel Comalapa”



FUENTE: Tomada de Google Earth, 2007

Esta cantera está formada por un banco sedimentario compuesto de rocas volcánicas que se han depositado ahí debido al arrastre del río Jiboa, en este yacimiento se encuentran tamaños de roca desde chispa y arenas hasta bolones de 42'' de diámetro, los cuales son triturados con una trituradora de mandíbula para reducir su tamaño y luego pasar a la zona de producción de los agregados para concreto.

En esta cantera existe un laboratorio de materiales, el cual se encarga de realizar los ensayos correspondientes a los agregados, para verificar su calidad y garantizar que estos cumplen con las especificaciones; algunos de estos parámetros se muestran en la tabla 3.1

**Tabla 3.1: Características de los agregados producidos en la Cantera CESSA
“Plantel Comalapa”**

CARACTERISTICA	VALOR
Pasante del Tamiz # 200	Arena natural: 1% - 1.5% Arena triturada: 1.5%
Contenido de orgánicos (según carta de colores)	Arena natural: 1 - 2 Arena triturada: menor de 1
Gravedad Especifica	Arena natural: 2.45 Arena triturada: 2.55 - 2.60 Grava: 2.60
Absorción	Arena natural: 2.50% - 5.00% Arena triturada: 2.00% - 2.50% Grava: 2.00% - 4.00%

FUENTE: Datos proporcionados por el laboratorio de control de calidad de la Cantera CESSA “Plantel Comalapa”

- Cemento

El tipo de cemento a utilizar es Portland tipo I (según ASTM C-150) como lo especifica la sección 2.3.1.3 de este documento, el motivo de la selección de este tipo de cemento es

que genera altas resistencias a la compresión, en el Anexo A, se presenta la carta de certificación de calidad proporcionada por el proveedor, las cuales garantizan la calidad del cemento.

- Aditivo superplastificante

En el caso del aditivo, se utilizará un solo tipo de aditivo para elaborar todas las mezclas, del tipo superplastificante a base de naftaleno sulfonato, este es un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante, y según la hoja técnica del producto (Anexo B) proporcionada por el proveedor, cumple por completo con los requerimientos de la norma ASTM C 494 para los aditivos tipo A y F.

- Agua

El agua que se utilizará para elaborar todas las mezclas será potable, según lo especificado en la sección 3.3.1.4 de este documento.

3.5.1.2 FASE 2: Definición de ensayos a realizar

Debido a la naturaleza de esta investigación, los ensayos de laboratorio se regirán bajo los procedimientos indicados en las normas americanas ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materias, por sus siglas en ingles); estos ensayos se dividirán en dos grupos principales, un grupo estará conformado por los ensayos al concreto en estado fresco: ensayo de revenimiento, contenido de aire, tiempo de fraguado (a algunas mezclas) y temperatura de la mezcla. El otro grupo de ensayos corresponderán a los especímenes

(cilindros) de concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión y determinación del módulo de elasticidad. En la Tabla 3.2 se muestra los grupos de ensayos y las normas a utilizar para elaborar las mezclas de concreto de alta resistencia en esta investigación.

Tabla 3.2: Ensayos a realizar al concreto en esta investigación

Estado del concreto	Pruebas de laboratorio	Norma
Fresco	Revenimiento de concreto de cemento hidráulico	ASTM C-143
	Temperatura de concreto de cemento hidráulico	ASTM C-1064
	Contenido de aire del concreto	ASTM C-231
	Tiempo de fraguado del concreto	ASTM C-403
Endurecido	Determinación de esfuerzos a compresión en cilindros de concreto	ASTM C-39
	Método para determinar el Módulo de Elasticidad estático y coeficiente de Poisson del concreto en Compresión	ASTM C-469

FUENTE: Los autores

3.5.1.3 FASE 3: Investigación de las propiedades de los materiales

El análisis de las propiedades físicas de los agregados (grava y arena) es muy importante, ya que estos influyen en gran medida en el cálculo de las proporciones de mezcla, este es el caso de propiedades como: gravedad específica, absorción, contenido de humedad, pesos volumétricos (suelos y varillados). Los resultados de estos parámetros (tanto para la arena y la grava) se obtendrán mediante la realización de las pruebas respectivas a los agregados (según las normas ASTM), las cuales serán realizadas por el grupo de investigación; además se realizaran los ensayos de impurezas orgánicas (solamente a la arena) y el análisis granulométrico para verificar la calidad de los agregados.

En la tabla 3.3 se presentan los ensayos a realizar a los agregados en esta investigación para verificar su calidad.

Tabla 3.3: Ensayos a realizar a los agregados en esta investigación

Prueba	Norma
Muestreo de agregados	ASTM D-75
Reducción a tamaño de prueba	ASTM C-702
Análisis granulométrico	ASTM C-136
Impurezas orgánicas	ASTM C-40
Gravedad específica y absorción	ASTM C-127 (agregado grueso) ASTM C-128 (agregado fino)
Contenido de humedad	ASTM C-566
Peso volumétrico	ASTM C-29

FUENTE: Los autores

La calidad del cemento como ya se mencionó en la sección 3.5.1.1 de este documento, está sustentada en la carta de calidad, la cual fue proporcionada por el proveedor; la calidad del aditivo, está determinada por las especificaciones proporcionada por el proveedor mediante la hoja técnica de este según lo especificado en la sección 3.5.1.2 de este documento.

3.5.1.4 FASE 4: diseño de mezclas

Como ya se estableció anteriormente, en esta investigación serán realizados 12 diseños de mezclas para cuatro diferentes resistencias, (cuatro diseños por cada resistencia variando en estos únicamente la tasa de dosificación del aditivo); para diseñar la mezcla se seguirá

lo establecido por el Comité ACI 211.4. Todo el proceso de diseño de mezcla se muestra en el siguiente capítulo de este documento.

3.5.1.5 FASE 5: hechura de mezcla de concreto, elaboración de especímenes y ensayos al concreto en estado fresco.

- *Hechura de la mezcla de concreto en laboratorio y elaboración de especímenes (cilindros) de ensayo*

Para realizar mezclas de concreto, el procedimiento a realizar esta indicado por las normas ASTM C-192 “Práctica estándar para la elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto para ensayo”.

- *Prueba de revenimiento*

El procedimiento para realizar esta prueba esta descrito por la norma ASTM C-143 “Método estándar de ensayo para revenimiento del concreto de cemento hidráulico”; esta prueba tendrá resultados variables en la investigación, debido a las diferentes dosificaciones de aditivo que se usaran al elaborar las mezclas.

- *Fabricación, curado y almacenamiento de especímenes de concreto elaborados en laboratorio*

La forma de elaborar y curar los especímenes a utilizar se encuentra contenida en la norma ASTM C 192 “Práctica estándar ara elaboración y curado de especímenes de

concreto para ensayo”; además, en esta práctica se muestra el procedimiento para la preparación de materiales, mezclado de concreto.

- Ensayo de temperatura

Un concreto con temperaturas superiores a 32 °C, tiende a evaporar agua con mayor facilidad, generando en la superficie “Agrietamiento por secado”, el cual genera esfuerzos indeseables en la masa de concreto. Para evitar que el concreto presente dicho problema la medición de la temperatura del concreto recién mezclado es de suma importancia.

La norma ASTM C 1064 “Método estándar de ensayo para temperatura de concreto de cemento portland recién mezclado”, determina el procedimiento para la toma de temperatura del concreto recién mezclado.

- Ensayo de contenido de aire del concreto

El contenido de aire se define como: el volumen de aire en el concreto fresco, ya sea en el espacio de poros en los agregados o en la pasta de cemento. La norma ASTM C-231 “Método estándar para determinar el contenido de aire del concreto fresco por el método de presión”, indica el procedimiento a seguir para realizar el ensayo en campo y laboratorio de todos los tipos de concreto, exceptuando aquellos elaborados con agregados ligeros y sumamente porosos.

- Ensayo de tiempo de fraguado del concreto

En la construcción de cualquier elemento de concreto las etapas de transporte, colocación y compactación requieren un periodo de tiempo considerable para ejecutarlas de una manera adecuada, esto se debe realizar antes que el concreto comience a fraguar, la norma ASTM C-403 “Método estándar de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencias a la penetración”, define al tiempo de fraguado inicial como el tiempo transcurrido desde la interacción cemento-agua, hasta el desarrollo de una resistencia a la penetración por parte de la mezcla de 35.7 kg/cm^2 (500 psi), y al tiempo de fraguado final como el tiempo transcurrido desde la interacción cemento-agua hasta que la mezcla desarrolle una resistencia a la penetración de 280 kg/cm^2 (4000 psi).

3.5.1.6 FASE 6: ensayos al concreto endurecido

Las pruebas que se realizaran al concreto en estado endurecido son las que se definieron anteriormente (ver tabla 3.1) de este documento, se realizaran con el objeto de conocer la influencia que tiene el aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante aplicado en diferentes tasas a diferentes resistencias en la mezcla de concreto.

- Resistencia del concreto a la compresión

El procedimiento para evaluar la resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto se encuentra en la norma ASTM C-39 “Método estándar de ensayo para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto”.

- Determinación del módulo de elasticidad

El procedimiento para determinar el módulo de elasticidad de los especímenes de concreto está contenido en la norma ASTM C-469 “Método para determinar el Módulo de Elasticidad estático y coeficiente de Poisson del concreto en Compresión”.

3.5.1.7 FASE 7: Análisis de resultados

Al haber realizado todas las pruebas y registrado todos los resultados de los ensayos, se procederá al análisis para obtener las correlaciones buscadas.

3.6 REQUISITOS DEL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

3.6.1 REQUISITOS DEL CEMENTO

Los requisitos que debe satisfacer el cemento que se utilizara para realizar las mezclas de concreto en esta investigación estarán regidos por la norma ASTM C-150, para el cemento Portland Tipo I, según lo especificado en la sección 2.3.1.3 de este documento.

3.6.2 REQUISITOS DEL AGREGADO FINO

Los requisitos que debe satisfacer el agregado fino (arena) están especificados en la sección 2.3.2.2 de este documento, las especificaciones utilizadas en esta investigación para elaborar concreto aparecen en la tabla 3.4.

Tabla 3.4: Especificaciones de agregado fino para elaborar concreto

Prueba de laboratorio	Requisitos
Análisis granulométrico	ASTM C-33
Gravedad específica y absorción	$2.4 < G_s < 2.9$ Abs% $< 6.0\%$
Impurezas orgánicas	Color estándar 3 Máximo

FUENTE: Curso “Fundamentos de tecnología del concreto” ISCYC (2006)

3.6.3 REQUISITOS DEL AGREGADO GRUESO

Los requisitos que el agregado grueso debe cumplir, están señalados en la sección 2.3.2.1 de este documento. Las especificaciones utilizadas en esta investigación para los agregados gruesos se encuentran en la tabla 3.5 que se presenta a continuación:

Tabla 3.5: Calidad de los agregados gruesos (especificaciones).

Ensayos de laboratorio	Requisitos
Análisis Granulométrico	Según ASTM C 33
Peso Unitario	1260-1750 kg/m ³
Gravedad específica y absorción	$2.4 < G_s < 2.9$ Abs% < 4%

FUENTE: Curso “Fundamentos de tecnología del concreto” ISCYC (2006)

3.6.4 REQUISITOS DE LOS ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTES.

Los requisitos que debe satisfacer el aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante, están especificados en la sección 2.3.4.7 de este documento, en la tabla 3.6 se establece los requerimientos físicos para este tipo de aditivos según la norma ASTM C-494.

Tabla 3.6: Requisitos físicos de los aditivos reductores de agua de alto rango superplastificantes según norma ASTM C-494

Ensayos	Requisitos
Contenido de agua. Max % de control	88
Tiempo de fraguado inicial, desviación de concreto de control (h:min) ^A	Desde 1:00 después a 3:30 después
Tiempo de fraguado final, desviación de concreto de control (h:min) ^A	Hasta 3:30 después
Esfuerzo de compresión. Mín. % de control. ^B	
1 día	125
3 días	125
7 días	115
28 días	110
6 meses	100
1 año	100

^A Los valores en la tabla son los permitidos e incluyen una variación normas según los resultados de prueba.
^B El esfuerzo de compresión del concreto (conteniendo el aditivo de mezcla bajo prueba en su mezcla) a cualquier edad de prueba no deberá ser menor de 90% de la resistencia obtenida en pruebas previas a cualquier edad. El objetivo de este límite es el de requerir que el esfuerzo de compresión del concreto que contenga el aditivo bajo cualquier prueba no debe disminuir con la edad.

FUENTE: Norma ASTM C 494 tabla 1.

3.6.5 REQUISITOS DEL AGUA

Dado que el agua a utilizar es la que proporciona ANDA a la red local de suministro para uso doméstico, no se le aprecia olor, sabor, ni color; debido a que el agua cuenta con antecedentes en la fabricación del concreto con buenos resultados, no se observa la necesidad de realizar pruebas para verificar la calidad de esta.

En la sección 2.3.3 de este documento, se muestran los requisitos que el agua debe cumplir para poder ser utilizada en la elaboración de concreto.

3.6.6 REQUISITOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El concreto en estado fresco debe satisfacer algunos requisitos, estos se muestran en la tabla 3.7 que a continuación se presenta:

Tabla 3.7: Requisitos del concreto en estado fresco

Pruebas de laboratorio	Requisitos
Hechura de mezcla	Según ASTM C-192
Temperatura del concreto	32 °C Máxima(según ASTM C-94)
Revenimiento	5 - 8 Pulgadas utilizando aditivo

FUENTE: Los autores.

3.7 SIMBOLIZACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO

Lo primero para establecer la simbolización de los especímenes de concreto fue identificar cada una de las mezclas como se definió en la sección 3.4 de este documento. Así la simbolización de los especímenes queda determinada por una letra que identifica el f^c que se desea obtener, seguido de un número comprendido entre 1 y 3 que representa las tasa de dosificación, este número se encuentra seguido de un guion y de otro número respectivo a cada espécimen a elaborar que estará comprendido entre 1 y 13 debido a que serán elaborados 13 especímenes, 5 que serán probados a compresión a los 7 días, 5 que serán probados a compresión a 28 días, y 3 que serán utilizados para evaluar el módulo de elasticidad. En la tabla 3.8 se presenta la simbolización que se utilizara para evaluar las características en estado endurecido de cada una de las mezclas de concreto.

Tabla 3.8: Simbolización de especímenes para ensayo

Resistencia a compresión		Tasa de dosificación de aditivo		No correlativo de espécimen	Ejemplo
Kg/cm ²	Simbología	ml/100 kg de cemento	Simbología		
500	A	600	1	1...13	A1-7
		1200	2	1...13	
		1800	3	1...13	
550	B	600	1	1...13	B3-9
		1200	2	1...13	
		1800	3	1...13	
600	C	600	1	1...13	C2-13
		1200	2	1...13	
		1800	3	1...13	
650	D	600	1	1...13	D1-1
		1200	2	1...13	
		1800	3	1...13	

FUENTE: Los autores de esta investigación.

**CAPITULO IV:
PROPUESTA DE DISEÑO
DE MEZCLA**

4.1 INTRODUCCION

En el capítulo que a continuación se presenta, se explica el procedimiento utilizado para la elaboración de los diseños de las mezclas de concreto de alta resistencia que se estudian en esta investigación.

Antes de realizar cualquier diseño es necesario que se conozcan ciertos parámetros que determinen las propiedades de los agregados con que se cuenta y que además se utilicen para conocer si los agregados cumplen con los requerimientos exigidos para el tipo de concreto a elaborar; es por esto que en este capítulo también se presentan los resultados de los diferentes ensayos como lo son: impurezas orgánicas, análisis granulométrico de agregado grueso y de agregado fino, gravedad específica del agregado grueso y del agregado fino, peso volumétrico del agregado fino y del agregado grueso, y gravedad específica del cemento.

Lo siguiente que presenta el capítulo es el cálculo experimental del diseño de las mezclas de concreto de alta resistencia en donde se definen los once pasos en los que ha sido dividido el procedimiento de diseño dichos pasos se han establecido según el procedimiento proporcionado por el comité ACI 211.4-93, y posteriormente se presenta detalladamente la forma de desarrollar cada paso del diseño realizando una aplicación de dicho procedimiento.

4.2 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO A LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA

Como se especificó en la sección 3.5.1.3 de este documento, los ensayos que se realizaron para verificar las propiedades de los materiales a utilizar para elaborar las mezclas de concreto se presentan en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Resultados de los ensayos realizados a los materiales para el diseño de las mezclas de concreto

Ensayo de laboratorio	Norma usada	Resultado	Requisito	Referencias
Impurezas orgánicas	ASTM C 40	Menor que 1	Menor o igual a 3	Tabla 4.2
Granulometría agregado grueso	ASTM C 136	Grava # 89 según ASTM C 33	Según ASTM C 33	Tabla 4.3 y Tabla 4.4
Granulometría agregado fino	ASTM C 136	$MF_{PROM} = 2.98$	Según ASTM C 33 $2.9 < MF < 3.1$	Tabla 4.5 y Tabla 4.6
Gravedad específica y absorción agregado grueso	ASTM C 128	$G_s = 2.54$ $\%Abs = 3.60\%$	$2.4 < G_s < 2.9$ $\%Abs < 4\%$	Tabla 4.7
Gravedad específica y absorción agregado fino	ASTM C 128	$G_s = 2.64$ $\%Abs = 2.50\%$	$2.4 < G_s < 2.9$ $\%Abs < 6\%$	Tabla 4.8
Peso volumétrico agregado grueso	ASTM C 29	$PVS = 1677.557 \text{ kg/m}^3$ $PVV = 1699.757 \text{ kg/m}^3$	PVS 1260- 1750 kg/m^3	Tabla 4.9 Tabla 4.10
Peso volumétrico agregado fino	ASTM C 29	$PVS = 1678.238 \text{ kg/m}^3$ $PVV = 1758.595 \text{ kg/m}^3$	--	Tabla 4.11 Tabla 4.12
Gravedad específica del cemento	--	$G_s = 3.10$	--	Anexo A
Propiedades del aditivo	--	--	--	Anexo B

FUENTE: Resultados de los ensayos realizados

Los resultados de la tabla 4.1 reflejan que las características de los materiales son las adecuadas para elaborar concreto de alta resistencia según lo especificado en la sección 2.3 de este documento. A continuación se muestran los resultados de los ensayos realizados.

Tabla 4.2: Resultado de ensayo de impurezas orgánicas.

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>																				
<p>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGANICAS EN EL AGREGADO FINO (ASTM C-40)</p>																					
Proyecto: <i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>		Reporte N°: <u>1</u>																			
Ubicación: <i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</i>		Hoja N°: <u>1</u>																			
Procedencia: <i>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</i>		Fecha: <u>03/03/2010</u>																			
Ensayo N°: <u>1</u>																					
Muestras <u>1</u>																					
Muestra No	1	1	1																		
Ensayo No	1	1	1																		
Recipiente No	1	2	3																		
Peso de muestra de ensayo (gr.)	209.50	209.40	209.30																		
% de soda Caustica en la solucion	3%	3%	3%																		
Volumen de muestra (ml)	4.50	4.50	4.50																		
Volumen de muestra + solucion (ml)	7.00	7.00	7.00																		
<p>CARTA DE COLORES PARA ENSAYO DE IMPUREZAS ORGANICAS EN ARENAS ASTM C-40</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">COLOR</th> <th style="width: 45%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 40%;">OBTENIDA EN RECIPIENTES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Arena limpia</td> <td style="text-align: center;">1, 2 y 3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Arena poco contaminada</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Arena que necesita lavarse</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Arena con mucha materia organica</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">Arena que debe rechazarse</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				COLOR	DESCRIPCION	OBTENIDA EN RECIPIENTES		Arena limpia	1, 2 y 3		Arena poco contaminada			Arena que necesita lavarse			Arena con mucha materia organica			Arena que debe rechazarse	
COLOR	DESCRIPCION	OBTENIDA EN RECIPIENTES																			
	Arena limpia	1, 2 y 3																			
	Arena poco contaminada																				
	Arena que necesita lavarse																				
	Arena con mucha materia organica																				
	Arena que debe rechazarse																				
OBSERVACIONES _____ _____ _____																					

Tabla 4.3: Resultados de granulometría de agregado grueso. (Ensayo 1)

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"				
Proyecto: <u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>		Reporte N°: <u>1</u>			
Ubicación: <u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>		Hoja N°: <u>1</u>			
Procedencia: <u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>		Fecha: <u>03/03/2010</u>			
Ensayo N°: <u>1</u>					
Muestra N°: <u>1</u>					
ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-136					
Peso inicial: <u>471.40</u> g.					
MALLA	PESO RETENIDO (KG.)	CANTIDAD RETENIDA		% ACUMULADO QUE PASA	
		PARCIAL		ACUMULADO	
1/2	0	0%	0%	0%	100%
3/8	0	0%	0%	0%	100%
N°4	183.04	38.83%	39%	39%	61%
N°8	180.48	38.29%	38%	77%	23%
N°16	58.75	12.46%	12%	90%	10%
N°50	39.3	8.34%	8%	98%	2%
PASA N°50	9.83	2.09%	2%	100%	0%
TOTAL	471.40	100.00%	100%		
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____					

Figura 4.1: Gráfico de análisis granulométrico (agregado grueso, Ensayo 1).

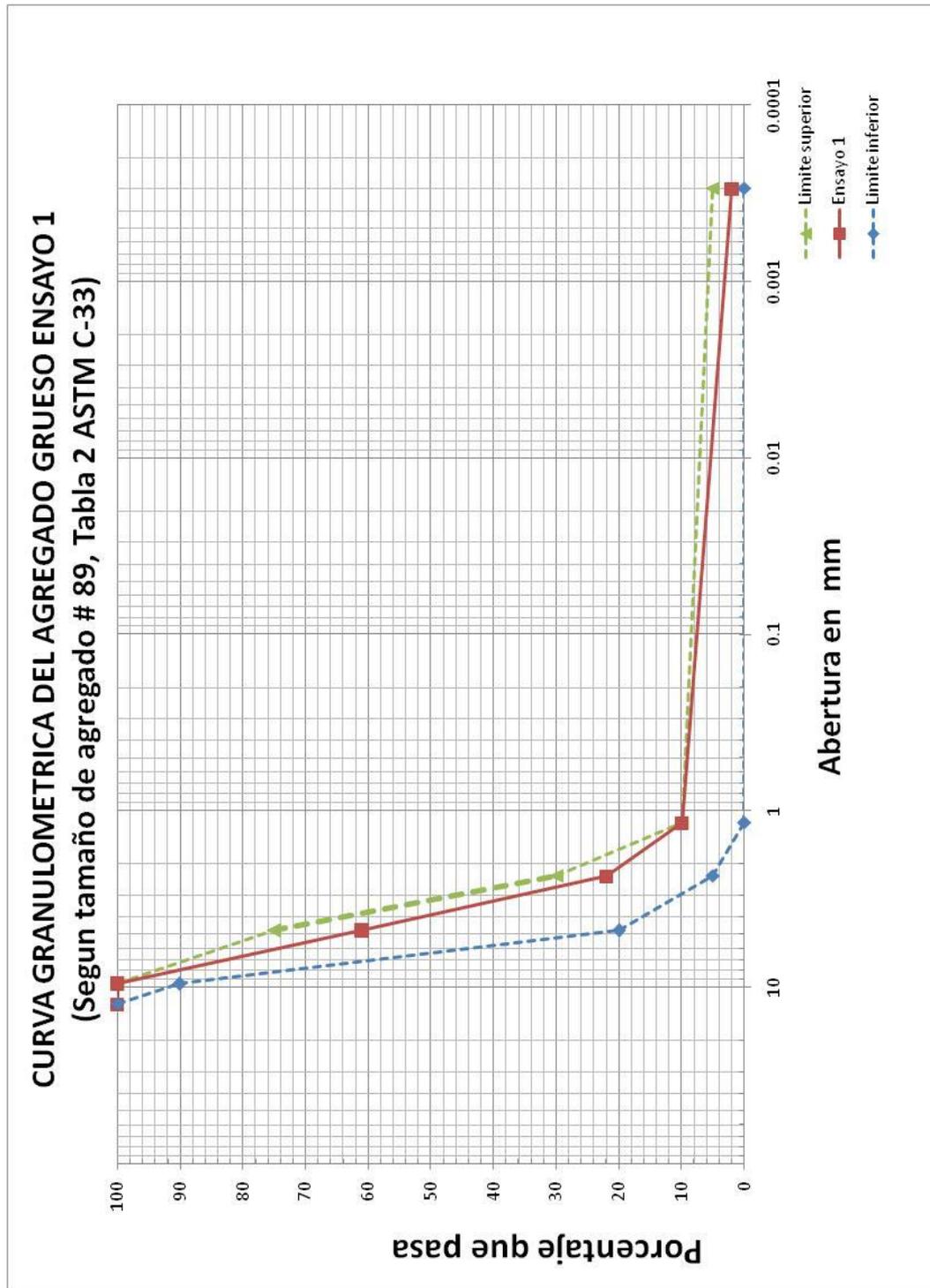


Tabla 4.4: Resultados de granulometría de agregado grueso. (Ensayo 2)

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
Proyecto:	<i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>	Reporte N°: <u>1</u>
Ubicación:	<i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</i>	Hoja N°: <u>2</u>
Procedencia:	<i>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</i>	Fecha: <u>03/03/2010</u>
Ensayo N°:	<u>2</u>	
Muestra N°:	<u>1</u>	

**ENSAYO GRANULOMETRICO
DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C-136**

Peso inicial: 516.00 g.

MALLA	PESO RETENIDO (KG.)	CANTIDAD RETENIDA		% ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO	
1/2	0.00	0%	0%	100%
3/8	2.60	0.50%	1%	99%
N°4	212.82	41.24%	41%	58%
N°8	190.01	36.82%	37%	21%
N°16	57.06	11.06%	11%	10%
N°50	42.71	8.28%	8%	2%
PASA N°4	10.80	2.09%	2%	0%
TOTAL	516.00	100.00%	100%	

OBSERVACIONES: _____

Figura 4.2: Gráfico de análisis granulométrico (agregado grueso, Ensayo 2).

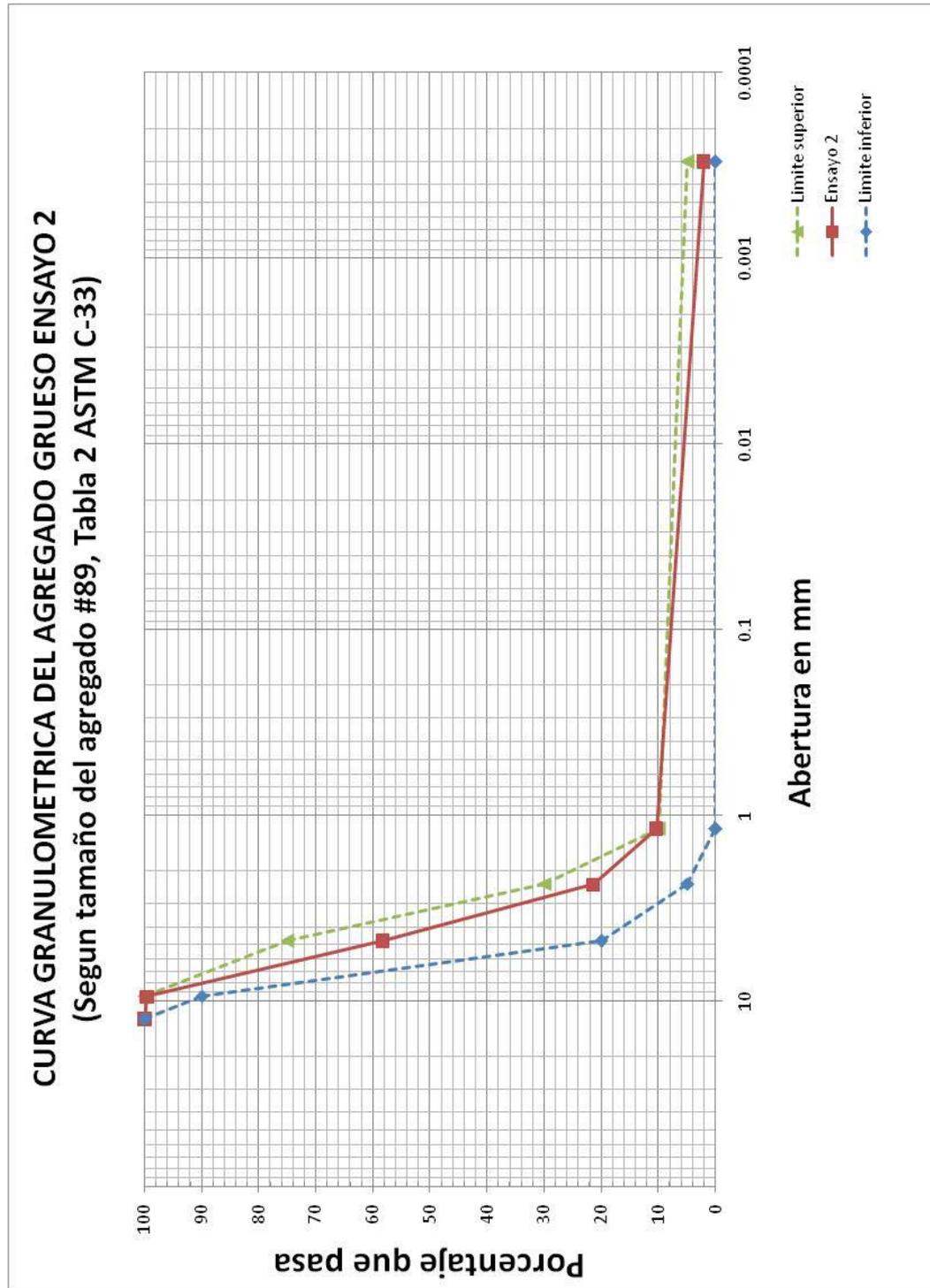


Tabla 4.5: Resultados de granulometría de agregado fino. (Ensayo 1).

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>				
Proyecto: <u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>		Reporte N°: <u>1</u>			
Ubicación: <u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>		Hoja N°: <u>1</u>			
Procedencia: <u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>		Fecha: <u>03/03/2010</u>			
Ensayo N°: <u>1</u>					
Muestra N°: <u>1</u>					
<p>ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO ASTM C-136</p>					
Peso inicial: <u>342.50</u> g.					
MALLA	PESO RETENIDO (gr.)	CANTIDAD RETENIDA		% ACUMULADO QUE PASA	
		PARCIAL		ACUMULADO	
3/8"	0.00	0.00%	0%	0%	100%
# 4	0.21	0.06%	0%	0%	100%
# 8	58.56	17.10%	17%	17%	83%
# 16	100.84	29.44%	29%	47%	53%
# 30	69.00	20.15%	20%	67%	33%
# 50	52.97	15.47%	15%	82%	18%
# 100	33.01	9.64%	10%	92%	8%
FONDO	27.91	8.15%	8%	100%	0%
TOTAL	342.50	100.00%	100%		
<p>CALCULO DEL MODULO DE FINURA</p>					
$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulado retenido \#4 - \#100}}{100} = \frac{305\%}{100} = 3.05$					
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____					

Figura 4.3: Gráfico de análisis granulométrico (agregado fino, Ensayo 1).

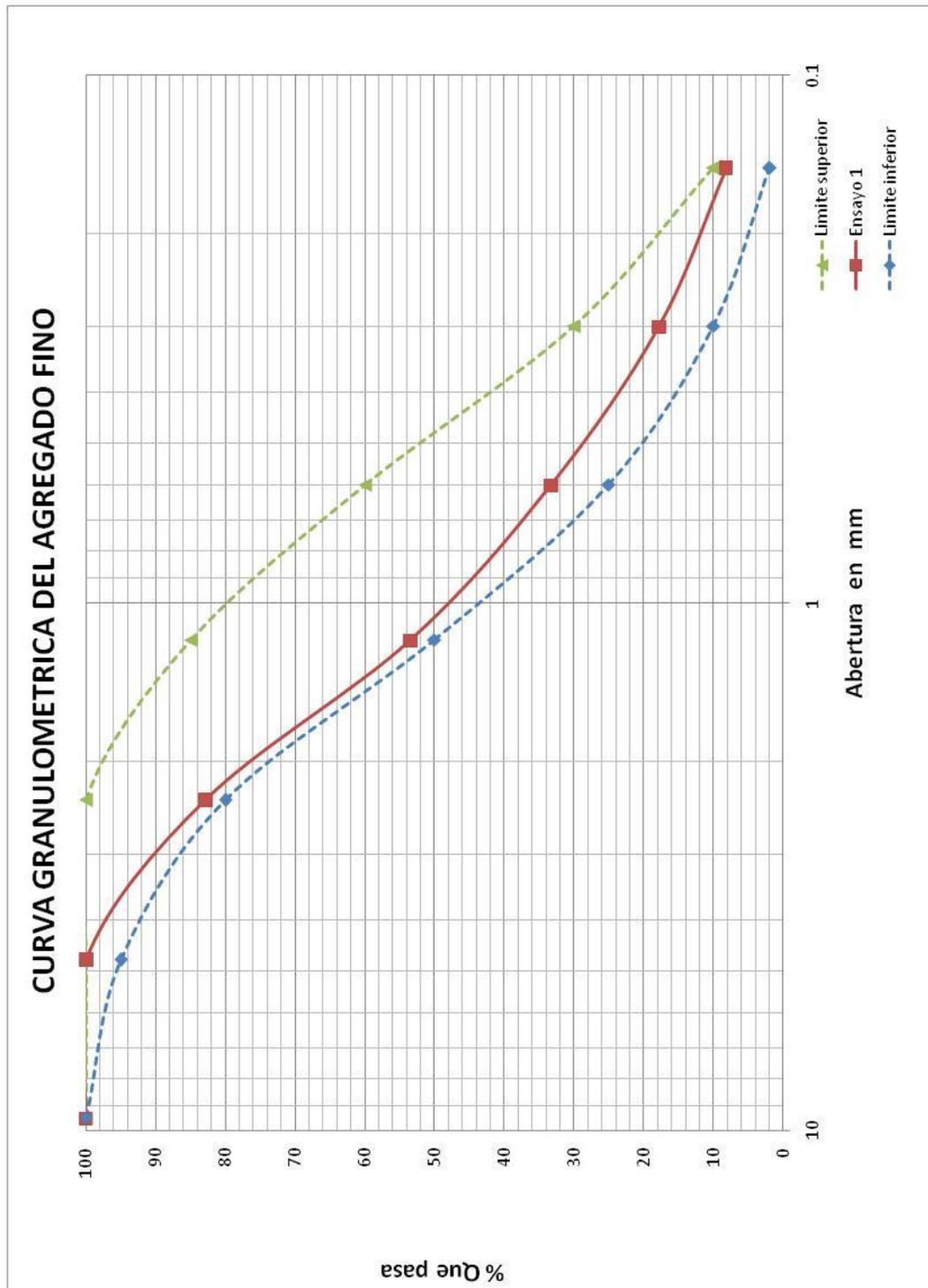


Tabla 4.6: Resultados de granulometría de agregado fino (Ensayo 2).

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
Proyecto:	<i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>	Reporte N°: <u>1</u>
Ubicación:	<i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil</i>	Hoja N°: <u>2</u>
Procedencia:	<i>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</i>	Fecha: <u>03/03/2010</u>
Ensayo N°:	<u>2</u>	
Muestra N°:	<u>1</u>	

**ENSAYO GRANULOMETRICO
DEL AGREGADO FINO
ASTM C-136**

Peso inicial: 329.10 g.

MALLA	PESO RETENIDO (gr.)	CANTIDAD RETENIDA			% ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL	ACUMULADO		
3/8"	0.00	0.00%	0%	0%	100%
# 4	0.61	0.19%	0%	0%	100%
# 8	52.31	15.89%	16%	16%	84%
# 16	88.80	26.98%	27%	43%	57%
# 30	64.40	19.57%	20%	63%	37%
# 50	54.48	16.55%	17%	79%	21%
# 100	35.64	10.83%	11%	90%	10%
FONDO	32.86	9.98%	10%	100%	0%
TOTAL	329.10	100.00%	100%		

CALCULO DEL MODULO DE FINURA

$$MF = \frac{\sum \% \text{Acumulado retenido \#4 - \#100}}{100} = \frac{291\%}{100} = 2.91$$

OBSERVACIONES:

Figura 4.4: Gráfico de análisis granulométrico (agregado fino, Ensayo 2).

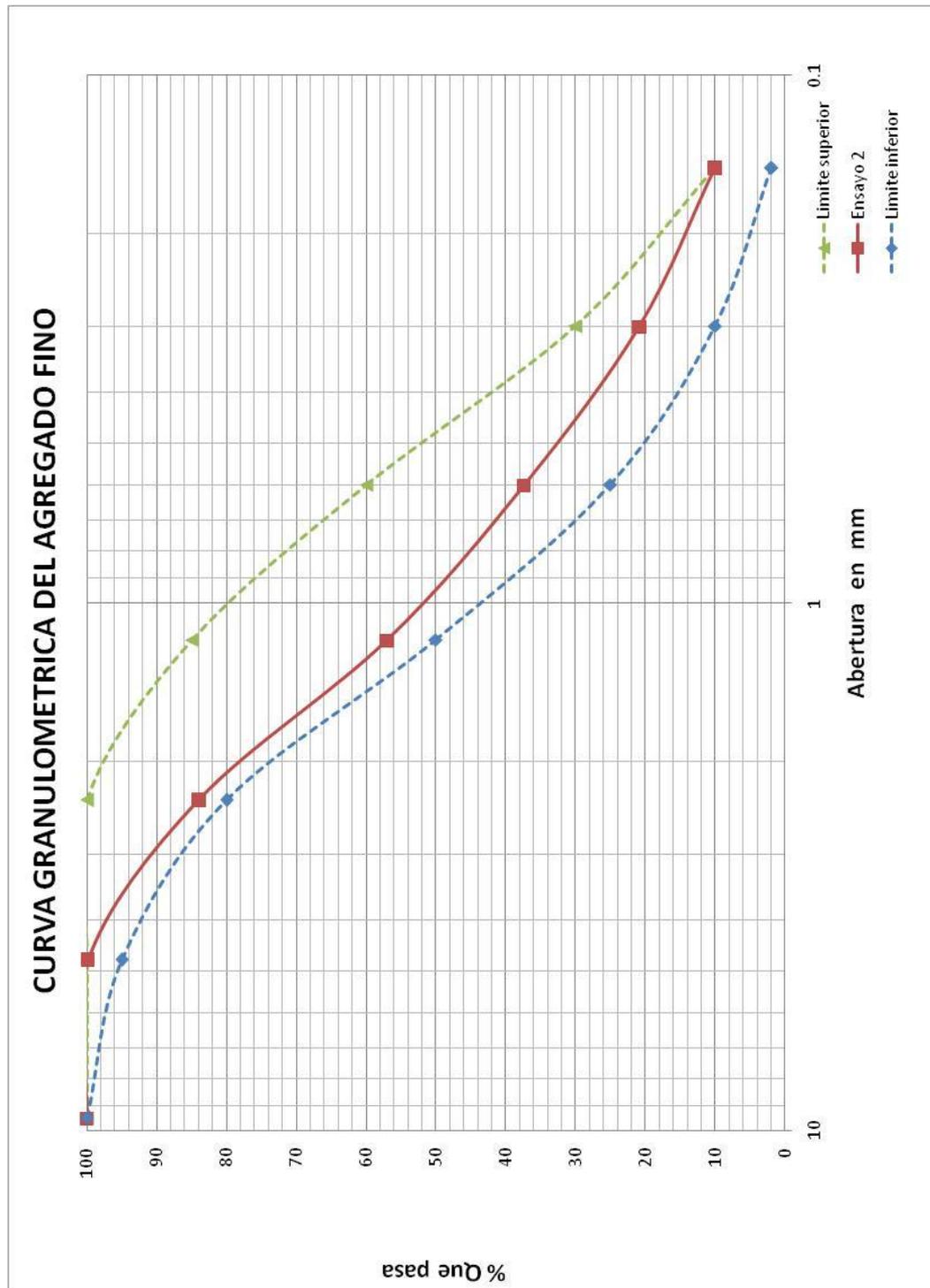


Tabla 4.7: Resultados de gravedad específica y absorción (Agregado grueso).

		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"			
DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE GRAVA (ASTM C-128)					
Proyecto:	<i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>			Reporte Nº:	1
Ubicación:	<i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</i>			Hoja Nº:	1
Procedencia:	<i>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</i>			Fecha:	24/03/2010
Ensayo Nº:	1				
Muestra Nº:	1				

Muestra No	1	1	1
Ensayo No	1	2	3
No de Picnometro	1	2	3
Peso de Picnometro + agua (aforado) g	1475.00	1448.10	1460.00
Peso de grava sss g	500.00	500.60	500.10
Peso de Picnometro + agua + grava sss (aforado)	1778.80	1750.50	1763.90
Gravedad especifica Bulk sss	2.55	2.53	2.55
Peso seco de grava g	482.80	483.10	482.7
Peso de agua g	17.20	17.50	17.40
Absorcion %	3.56%	3.62%	3.60%
Promedio de gravedad especifica Bulk sss	2.54		
Promedio de Absorcion %	3.60%		

OBSERVACIONES: Debido a que el TMN del agregado grueso es de 3/8", se ha decidido realizar el ensayo siguiendo la metodologia utilizada para agregado fino (ASTM C-128)

Tabla 4.8: Resultados de gravedad específica y absorción (Agregado fino).

	FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"	
DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO FINO (ASTM C-128)		
Proyecto:	<i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>	Reporte N°: <u>1</u>
Ubicación:	<i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</i>	Hoja N°: <u>1</u>
Procedencia:	<i>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</i>	Fecha: <u>24/03/2010</u>
Ensayo N°:	<u>1</u>	
Muestra N°:	<u>1</u>	

Muestra No	1	1	1
Ensayo No	1	2	3
No de Picnometro	1	2	3
Peso de Picnometro + agua (aforado) g	1475.00	1448.10	1460.00
Peso de arena sss g	505.40	509.60	505.10
Peso de Picnometro + agua + arena sss	1789.80	1765.00	1772.60
Gravedad especifica Bulk sss	2.65	2.64	2.62
Peso seco de arena g	493.10	496.50	493.4
Peso de agua g	12.30	13.10	11.70
Absorcion %	2.49%	2.64%	2.37%
Promedio de gravedad especifica Bulk sss	2.64		
Promedio de Absorcion %	2.50%		

OBSERVACIONES: _____

Tabla 4.9: Resultados de Peso Volumétrico Suelto (Agregado grueso).

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>	
<p>DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SUELTO ASTM C-29</p>		
Proyecto: <u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>	Reporte Nº:	<u>1</u>
Ubicación: <u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>	Hoja Nº:	<u>3</u>
Procedencia: <u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>	Fecha:	<u>18/03/2010</u>
Ensayo Nº: <u>1</u>		
Muestra Nº: <u>1</u>		
Material: <u>GRAVA</u>	# de molde:	<u>1</u>
	Altura de molde:	<u>16.4</u>
	Diametro de molde:	<u>15.1</u>
	Peso de molde (kg):	<u>2.832</u>
	Volumen de molde (cm ³):	<u>2936.89</u>

ENSAYO No		1	2	3	4	5
Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832
Peso de molde + material	Kg	7.810	7.774	7.680	7.750	7.78
Peso de material	Kg	4.978	4.942	4.848	4.918	4.948
Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937
Peso volumetrico suelto	Kg/m ³	1694.990	1682.733	1650.726	1674.561	1684.776
Promedio	Kg/m ³	1677.557				

OBSERVACIONES:

Tabla 4.10: Resultados de Peso Volumétrico Varillado (Agregado grueso).

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>																																																	
<p>DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO VARILLADO ASTM C-29</p>																																																		
Proyecto: <u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>	Reporte N°: <u>1</u>																																																	
Ubicación: <u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>	Hoja N°: <u>1</u>																																																	
Procedencia: <u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>	Fecha: <u>18/03/2010</u>																																																	
Ensayo N°: <u>1</u>																																																		
Muestra N°: <u>1</u>																																																		
Material: <u>GRAVA</u>																																																		
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <td># de molde:</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Altura de molde:</td> <td style="text-align: center;">16.4</td> </tr> <tr> <td>Diametro de molde:</td> <td style="text-align: center;">15.1</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde (kg):</td> <td style="text-align: center;">2.832</td> </tr> <tr> <td>Volumen de molde (cm³):</td> <td style="text-align: center;">2936.89</td> </tr> </table>	# de molde:	1	Altura de molde:	16.4	Diametro de molde:	15.1	Peso de molde (kg):	2.832	Volumen de molde (cm ³):	2936.89																																							
# de molde:	1																																																	
Altura de molde:	16.4																																																	
Diametro de molde:	15.1																																																	
Peso de molde (kg):	2.832																																																	
Volumen de molde (cm ³):	2936.89																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">ENSAYO No</th> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 10%;">1</th> <th style="width: 10%;">2</th> <th style="width: 10%;">3</th> <th style="width: 10%;">4</th> <th style="width: 10%;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de molde</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">2.832</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde + material</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">7.827</td> <td style="text-align: center;">7.825</td> <td style="text-align: center;">7.812</td> <td style="text-align: center;">7.829</td> <td style="text-align: center;">7.827</td> </tr> <tr> <td>Peso de material</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">4.995</td> <td style="text-align: center;">4.993</td> <td style="text-align: center;">4.980</td> <td style="text-align: center;">4.997</td> <td style="text-align: center;">4.995</td> </tr> <tr> <td>Volumen de molde</td> <td style="text-align: center;">m³</td> <td style="text-align: center;">0.002937</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico varillado</td> <td style="text-align: center;">Kg/m³</td> <td style="text-align: center;">1700.779</td> <td style="text-align: center;">1700.098</td> <td style="text-align: center;">1695.671</td> <td style="text-align: center;">1701.460</td> <td style="text-align: center;">1700.779</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td style="text-align: center;">Kg/m³</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">1699.757</td> </tr> </tbody> </table>		ENSAYO No		1	2	3	4	5	Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832	Peso de molde + material	Kg	7.827	7.825	7.812	7.829	7.827	Peso de material	Kg	4.995	4.993	4.980	4.997	4.995	Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	Peso volumetrico varillado	Kg/m ³	1700.779	1700.098	1695.671	1701.460	1700.779	Promedio	Kg/m ³	1699.757				
ENSAYO No		1	2	3	4	5																																												
Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832																																												
Peso de molde + material	Kg	7.827	7.825	7.812	7.829	7.827																																												
Peso de material	Kg	4.995	4.993	4.980	4.997	4.995																																												
Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937																																												
Peso volumetrico varillado	Kg/m ³	1700.779	1700.098	1695.671	1701.460	1700.779																																												
Promedio	Kg/m ³	1699.757																																																
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____																																																		

Tabla 4.11: Resultados de Peso Volumétrico Suelto (Agregado fino).

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>																																																		
<p>DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SUELTO ASTM C-29</p>																																																			
Proyecto:	<u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>	Reporte N°: <u>1</u>																																																	
Ubicación:	<u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>	Hoja N°: <u>4</u>																																																	
Procedencia:	<u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>	Fecha: <u>18/03/2010</u>																																																	
Ensayo N°:	_____																																																		
Muestra N°:	_____																																																		
Material:	<u>ARENA</u>																																																		
	# de molde:	1																																																	
	Altura de molde:	16.4																																																	
	Diametro de molde:	15.1																																																	
	Peso de molde (kg):	2.832																																																	
	Volumen de molde (cm ³):	2936.89																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO No</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de molde</td> <td>Kg</td> <td>2.832</td> <td>2.832</td> <td>2.832</td> <td>2.832</td> <td>2.832</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde + material</td> <td>Kg</td> <td>7.742</td> <td>7.762</td> <td>7.772</td> <td>7.790</td> <td>7.738</td> </tr> <tr> <td>Peso de material</td> <td>Kg</td> <td>4.910</td> <td>4.930</td> <td>4.940</td> <td>4.958</td> <td>4.906</td> </tr> <tr> <td>Volumen de molde</td> <td>m³</td> <td>0.002937</td> <td>0.002937</td> <td>0.002937</td> <td>0.002937</td> <td>0.002937</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico suelto</td> <td>Kg/m³</td> <td>1671.837</td> <td>1678.647</td> <td>1682.052</td> <td>1688.181</td> <td>1670.475</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>Kg/m³</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">1678.238</td> </tr> </tbody> </table>	ENSAYO No		1	2	3	4	5	Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832	Peso de molde + material	Kg	7.742	7.762	7.772	7.790	7.738	Peso de material	Kg	4.910	4.930	4.940	4.958	4.906	Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	Peso volumetrico suelto	Kg/m ³	1671.837	1678.647	1682.052	1688.181	1670.475	Promedio	Kg/m ³	1678.238						
ENSAYO No		1	2	3	4	5																																													
Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832																																													
Peso de molde + material	Kg	7.742	7.762	7.772	7.790	7.738																																													
Peso de material	Kg	4.910	4.930	4.940	4.958	4.906																																													
Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937																																													
Peso volumetrico suelto	Kg/m ³	1671.837	1678.647	1682.052	1688.181	1670.475																																													
Promedio	Kg/m ³	1678.238																																																	
OBSERVACIONES:	_____ _____ _____ _____ _____																																																		

Tabla 4.12: Resultados de Peso Volumétrico Varillado (Agregado fino).

	<p>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"</p>																																																				
<p>DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO VARILLADO ASTM C-29</p>																																																					
Proyecto:	<u>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</u>	Reporte N°: <u>1</u>																																																			
Ubicación:	<u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</u>	Hoja N°: <u>2</u>																																																			
Procedencia:	<u>Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz</u>	Fecha: <u>18/03/2010</u>																																																			
Ensayo N°:	<u>1</u>																																																				
Muestra N°:	<u>1</u>																																																				
Material:	<u>ARENA</u>																																																				
	# de molde:	1																																																			
	Altura de molde:	16.4																																																			
	Diametro de molde:	15.1																																																			
	Peso de molde (kg):	2.832																																																			
	Volumen de molde (cm ³):	2936.89																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ENSAYO No</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de molde</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">2.832</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde + material</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">7.992</td> <td style="text-align: center;">7.999</td> <td style="text-align: center;">7.942</td> <td style="text-align: center;">8.025</td> <td style="text-align: center;">8.026</td> </tr> <tr> <td>Peso de material</td> <td style="text-align: center;">Kg</td> <td style="text-align: center;">5.160</td> <td style="text-align: center;">5.167</td> <td style="text-align: center;">5.110</td> <td style="text-align: center;">5.193</td> <td style="text-align: center;">5.194</td> </tr> <tr> <td>Volumen de molde</td> <td style="text-align: center;">m³</td> <td style="text-align: center;">0.002937</td> </tr> <tr> <td>Peso volumetrico varillado</td> <td style="text-align: center;">Kg/m³</td> <td style="text-align: center;">1756.961</td> <td style="text-align: center;">1759.344</td> <td style="text-align: center;">1739.936</td> <td style="text-align: center;">1768.197</td> <td style="text-align: center;">1768.538</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td style="text-align: center;">Kg/m³</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">1758.595</td> </tr> </tbody> </table>	ENSAYO No	1	2	3	4	5	Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832	Peso de molde + material	Kg	7.992	7.999	7.942	8.025	8.026	Peso de material	Kg	5.160	5.167	5.110	5.193	5.194	Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	Peso volumetrico varillado	Kg/m ³	1756.961	1759.344	1739.936	1768.197	1768.538	Promedio	Kg/m ³	1758.595									
ENSAYO No	1	2	3	4	5																																																
Peso de molde	Kg	2.832	2.832	2.832	2.832	2.832																																															
Peso de molde + material	Kg	7.992	7.999	7.942	8.025	8.026																																															
Peso de material	Kg	5.160	5.167	5.110	5.193	5.194																																															
Volumen de molde	m ³	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937	0.002937																																															
Peso volumetrico varillado	Kg/m ³	1756.961	1759.344	1739.936	1768.197	1768.538																																															
Promedio	Kg/m ³	1758.595																																																			
OBSERVACIONES:																																																					

4.3 CALCULO EXPERIMENTAL DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

El proporcionamiento y elaboración de las mezclas de concreto se llevara a cabo en el laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad de El Salvador; los materiales serán pesados con una balanza de 1g, el agua y el aditivo a utilizar serán medidos por medio de probetas de diferentes capacidades según el tamaño de la cantidad a utilizar. Cada una de las mezclas a elaborar, será resultado de una sola bachada. En lo que respecta a la dosificación de los componentes del concreto, resultó efectiva la sucesión de la colocación de los mismos en la concretera (grava, arena, cemento y aditivo) según lo que se indica en la Sección 3.5.1.2 de este documento.

4.3.1 DEFINICION DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION A UTILIZAR EN LA METODOLOGIA DE DISEÑO DEL COMITE ACI 211.4-93.

Previo al diseño de las mezclas de concreto de alta resistencia y partiendo de las resistencias a la compresión de estudio, especificadas en la sección 3.4 de este documento, se deben definir las resistencias a la compresión requeridas y de diseño, las cuales son insumos necesarios para elaborar los diseños siguiendo la metodología del comité ACI 211.4-93, para definir estas resistencias, se elaboraron mezclas de prueba, a

las cuales se les realizo el ensayo a la compresión a 7 días, los resultados se muestran en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Resultados de ensayos a compresión de mezclas de prueba a 7 días.

Mezcla	Resistencia en estudio (kg/cm ²)	Resistencia requerida (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada a 7 días (kg/cm ²)(promedio de 3 especímenes)	Resistencia supuesta a 28 días (kg/cm ²)
A1	500	500.00	664.92	515.39	606.34
A1'	500	374.07	525.00	368.00	432.95
D1	650	650.00	831.59	618.67	727.85
D1'	650	509.07	675.00	477.96	562.30

FUENTE: Los Autores.

Debido a que los resultados que se obtienen al diseñar con la metodología que propone el comité ACI 211.4-93 son demasiado conservadores y poseen un gran factor de seguridad obteniéndose así resistencias muy superiores a las buscadas, se elaboraron gráficos que permitan establecer aproximadamente que resistencia es la adecuada a utilizar como resistencia de diseño en el procedimiento propuesto por dicho comité. En la tabla 4.14 se encuentran los resultados de resistencia a compresión a 7 días para las mezclas cuya resistencia en estudio es de 500 kg/cm²:

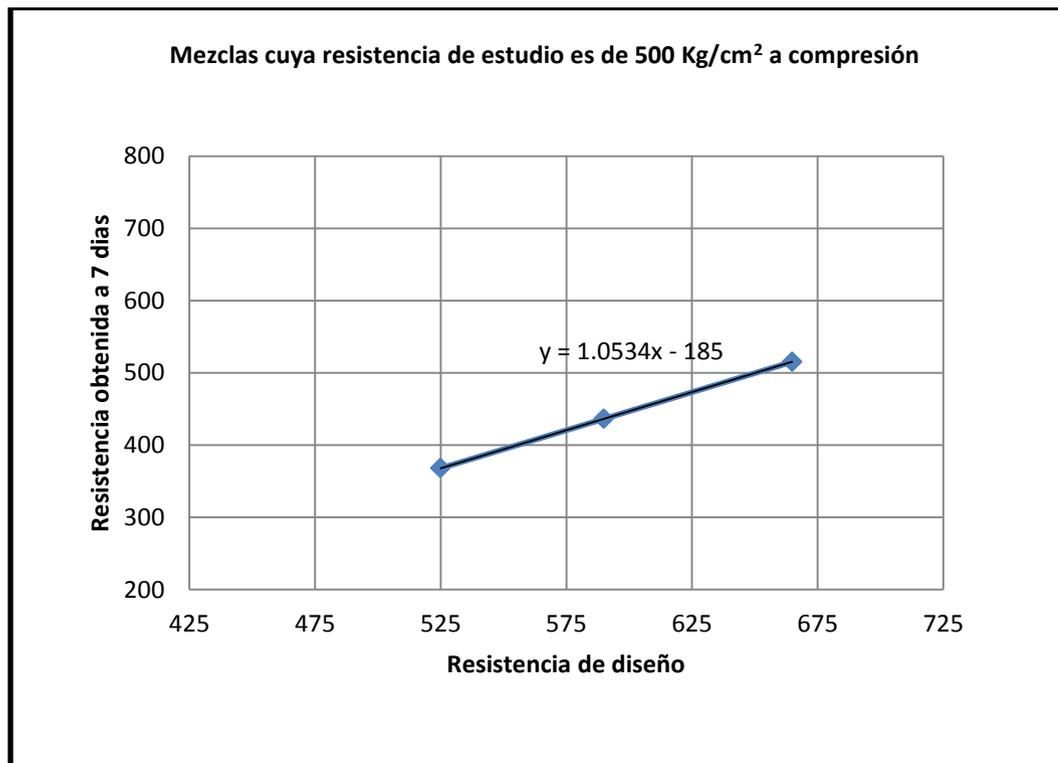
Tabla 4.14: Resultados a 7 días de edad para resistencia en estudio de 500 kg/cm²

Mezcla	Resistencia en estudio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada a 7 días (kg/cm ²)(promedio de 3 especímenes)
A1	500	664.92	515.39
A1'	500	525.00	368.00

FUENTE: Los Autores.

Así, en la figura 4.5 se muestra el gráfico que genera la tabla 4.13:

Figura 4.5: Gráfico de resistencia de diseño contra resistencia obtenida a 7 días de los especímenes elaborados con las mezclas de prueba para resistencia en estudio de 500 kg/cm^2 .



Entonces, haciendo uso de la gráfica se estableció un punto en el eje de las abscisas que pueda brindar la resistencia a 7 días (eje de las ordenadas) y que esta al dividirla entre el supuesto valor de resistencia alcanzada a esa edad, brinde una resistencia cerca de

500 kg/cm² (se asumió un valor de 85% de resistencia alcanzada a 7 días); de este modo, se introdujo un valor de **590 kg/cm²** como resistencia de diseño a la ecuación de la gráfica y se obtuvo un valor de resistencia de **436.50 kg/cm²**, la cual se supone que el concreto alcanzará a 7 días de edad; entonces dividiendo este valor entre **0.85** (porcentaje de resistencia que se asume que el concreto alcanzara a 7 días), se obtiene un valor de resistencia esperada a 28 días de **513.52 kg/cm²**, valor que es necesario aclarar, puede o no resultar mayor, ya que estas son aproximaciones que han sido elaboradas con los resultados de resistencia a compresión obtenidos a 7 días de las mezclas de prueba.

El mismo procedimiento fue utilizado para obtener la resistencia de diseño a utilizar para elaborar las mezclas con resistencia en estudio de 650 kg/cm². En la tabla 4.15 se tienen los resultados de resistencia a compresión a 7 días para las mezclas cuya resistencia en estudio es de 650 kg/cm².

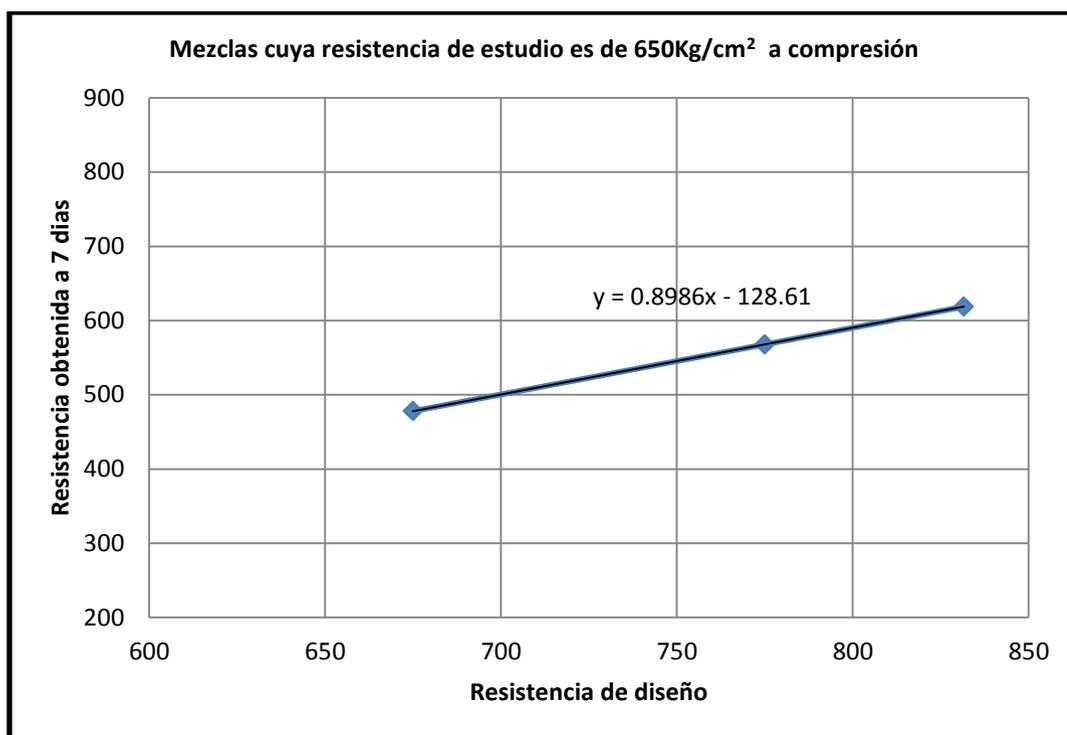
Tabla 4.15: Resultados a 7 días de edad para resistencia en estudio de 650 kg/cm²

Mezcla	Resistencia que se espera obtener (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada a 7 días (kg/cm ²)(promedio de 3 especímenes)	Resistencia supuesta a 28 días (kg/cm ²)
D1	650	831.59	618.67	727.85
D1'	650	675.00	477.96	562.30

FUENTE: Los Autores.

El gráfico de la tabla 4.15 se muestra en la figura 4.6 y queda de la siguiente manera:

Figura 4.6: Gráfico de resistencia de diseño contra resistencia obtenida a 7 días de los especímenes elaborados con las mezclas de prueba para resistencia en estudio de 650 kg/cm^2 .



Y los resultados de las estimaciones se muestran en la tabla 4.16.

Tabla 4.16: Resultados de estimaciones para resistencia en estudio de 650 Kg/cm^2

Valor asumido de resistencia de diseño	775 kg/cm^2
Valor de resistencia que se supone que el concreto alcanzara en 7 días	567.81 kg/cm^2
Valor de resistencia que se supone que el concreto alcanzara en 28 días	668.01 kg/cm^2

FUENTE: Los Autores.

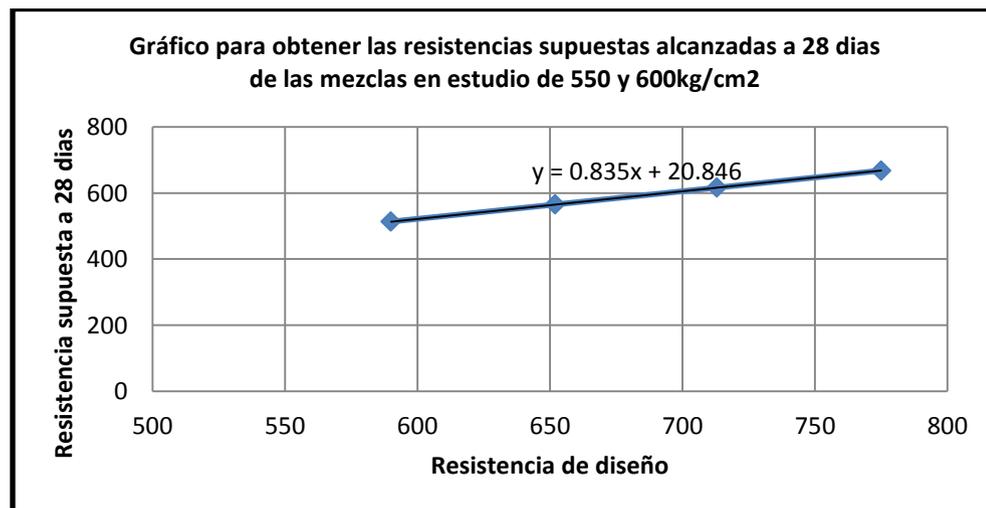
Ahora teniendo estos resultados, se hizo una interpolación entre los datos, para establecer las resistencias de diseño aproximadas con las cuales se obtendrán valores de resistencias cercanas a 550 y 600 kg/cm² debido a que para estas resistencias de estudio no se elaboraron especímenes de prueba, la tabla 4.17 muestra los valores utilizados en dicho procedimiento:

Tabla 4.17: Resultados de estimaciones utilizados para establecer las resistencias de diseño para las resistencias en estudio de 500 y 650 kg/cm²

Resistencia en estudio(kg/cm ²)	Valor asumido de resistencia de diseño (kg/cm ²)	Valor de resistencia supuesta alcanzado a 28 días de edad (kg/cm ²)
500	590	513.52
650	775	668.01

FUENTE: Los Autores.

Figura 4.7: Gráfico para obtener las resistencias supuestas alcanzadas a 28 días de las mezclas en estudio de 550 y 600kg/cm²



La figura 4.7, muestra el grafico que se utiliza para establecer las resistencias de diseño para las mezclas con resistencia en estudio de 550 y 600 kg/cm² a partir de los resultados de las estimaciones obtenidas para las mezclas con resistencia en estudio de 500 y 650 kg/cm².

Entonces, con estos resultados se definió la resistencia de diseño necesaria para lograr obtener las resistencias que se estudian en esta investigación, pero es necesario aclarar que estos resultados son solamente aproximaciones hechas para evitar un excesivo sobre-diseño que se traduzca en un concreto innecesariamente más costoso en cuanto a la parte económica. En la tabla 4.18, se muestran las resistencias de requeridas y de diseño definitivas.

Tabla 4.18: Resistencias a la compresión requeridas y de diseño a utilizar en la metodología del comité ACI 211.4-93

Simbología	Resistencia Estudiada (kg/cm ²)	Resistencia requerida* (kg/cm ²)	Resistencia de diseño* (kg/cm ²)	Resistencia esperada a 28 Días (kg/cm ²)
A	500	433	590	514
B	550	488	652	565
C	600	543	713	616
D	650	599	775	668

*Estas resistencias se utilizarán en la metodología de diseño del comité ACI 211.4-93 para obtener las resistencias a la compresión estudiadas.

FUENTE: Los autores.

4.3.2 DEFINICION DE LOS PORCENTAJES DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO PARA LAS MEZCLAS DE CONCRETO.

Debido a que en la elaboración de las mezclas de concreto se utilizará un aditivo superplastificante, el cual además posee propiedades que permite reducir agua de mezclado, se han definido los porcentajes de reducción de agua de mezclado adecuados para mantener los revenimientos de las mezclas dentro del rango de estudio.

Los porcentajes de reducción de agua de mezclado se han obtenido como lo especifica la sección 3.3.1.9 de este documento, mediante la elaboración de mezclas de prueba, a las cuales se les ha realizado el ensayo de revenimiento; aceptando aquellos porcentajes de reducción que han producido revenimientos entre 5 y 8 pulgadas.

En principio se obtuvo el revenimiento deseado mediante la inclusión de agua en la mezcla, partiendo de esto se obtuvo el porcentaje de reducción de esta agua adicional, agregado una cantidad de cemento proporcional para mantener la relación agua cemento, también se redujo en la misma proporción la cantidad de agregado grueso, con el objeto de mantener la cohesión en la mezcla.

En la tabla 4.19 se detallan los porcentajes de reducción de agua de mezclado que se utilizaran en el diseño de las mezclas de concreto definitivas.

Tabla 4.19: Definición de los porcentajes de reducción de agua a utilizar en las mezclas de concreto

Simbología	Resistencia Estudiada (kg/cm ²)	Resistencia requerida* (kg/cm ²)	Resistencia de diseño* (kg/cm ²)	Tasa de aditivo (ml/100kg de cemento)	% de aumento de agua de mezclado**	% de reducción de agua Adicional**	% Reduccion de agua de mezclado total**
A1	500.00	432.57	590.00	600	150	0.00	0.00
A2	500.00	432.57	590.00	1200	150	16.00	9.59
A3	500.00	432.57	590.00	1800	150	42.00	25.17
B1	550.00	488.37	652.00	600	160	0.00	0.00
B2	550.00	488.37	652.00	1200	160	18.09	11.12
B3	550.00	488.37	652.00	1800	160	52.40	32.21
C1	600.00	543.27	713.00	600	169	0.00	0.00
C2	600.00	543.27	713.00	1200	169	21.38	13.43
C3	600.00	543.27	713.00	1800	169	63.65	39.99
D1	650.00	599.07	775.00	600	184	0.00	0.00
D2	650.00	599.07	775.00	1200	184	26.25	17.01
D3	650.00	599.07	775.00	1800	184	76.00	49.24

*Estas resistencias se utilizarán en la metodología de diseño del comité ACI 211.4-93 para obtener las resistencias a la compresión estudiadas.

**Los % de aumento de agua de mezclado, reducción de agua adicional y reducción de agua de mezclado total se han calculado en base a la cantidad de agua de mezclado proporcionada por el método de diseño del ACI 211.4-9.

FUENTE: Los autores.

4.3.3 PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA DISEÑAR LAS MEZCLAS DE CONCRETO.

En esta sección está descrito el procedimiento utilizado para elaborar los 12 diferentes diseños de las mezclas de concreto de alta resistencia, que se desarrollaran en la investigación. El método de diseño a utilizar es el proporcionado por el comité ACI 211.4-93; las resistencias a la compresión que serán estudiadas son de 500, 550, 600 y 650 Kg/cm²; para dosificar el aditivo se ha tomado en consideración el rango proporcionado por el fabricante, para desarrollar la investigación serán utilizados tres diferentes dosificaciones: 600, 1200 y 1800 ml/100 kg de cemento para cada valor de

resistencia a la compresión. En cuanto al porcentaje de reducción de agua este será realizado de acuerdo a lo especificado en la sección 4.3.1 de este documento. A continuación, se muestran los pasos del procedimiento del diseño de mezclas de concreto a seguir en esta investigación según el comité ACI 211.4-93

- PASO I: Información de los materiales.
- PASO II: Selección del revenimiento y resistencia del concreto requeridos.
- PASO III: Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- PASO IV: Selección del Volumen óptimo de agregado grueso.
- PASO V: Estimación del agua de mezclado y el contenido de aire.
- PASO VI: Selección de la relación agua / materiales cementicios $W/(C+P)$.
- PASO VII: Cálculo del contenido de material cementicio.
- PASO VIII: Proporcionamiento de la mezcla básica solo con cemento portland como material cementicio.
- PASO IX: Ajuste por contenido de agua de los agregados.
- PASO X: Selección de proporciones de la mezcla optima de laboratorio.

A fin de proporcionar una guía adecuada para realizar el diseño de mezclas de concreto, en la siguiente sección se muestra un ejemplo que se ha desarrollado utilizando y explicando la forma de utilización de los pasos expuestos anteriormente. Es importante mencionar que los cálculos han sido desarrollados utilizando una hoja de cálculo.

4.4 APLICACION DEL DISEÑO DE LA MEZCLA PROPUESTO POR EL COMITE ACI 211.4-93

En esta sección se realizará el cálculo de la proporción de mezcla A1, que según la sección 4.3.1 y 4.3.2 de este documento, corresponde a una mezcla con resistencia estudiada de 500 kg/cm^2 y una resistencia requerida de 433 kg/cm^2 , elaborada con una tasa de dosificación de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante (HRWR) de 600 ml/ por cada 100 kg de cemento.

4.4.1 PASO I: INFORMACION DE LOS MATERIALES.

Antes de realizar la dosificación de la mezcla de concreto de alta resistencia se debe conocer los datos de la obra que se va a construir, las condiciones del transporte y la forma de colocación, también es muy importante conocer las propiedades de los materiales que componen el concreto, la cual servirá para dosificar adecuadamente la mezcla, en la tabla 4.20 se detallan las propiedades de los materiales,

Todos los valores de las propiedades de los materiales han sido obtenidos mediante la realización de cada uno de los ensayos correspondientes conforme a lo expuesto en la sección 4.2 de esta investigación.

Tabla 4.20: Información de las propiedades de los materiales

Material	Gravedad Específica (Gs)	Absorción (%)	P.V.V. (kg/m ³)	Módulo de Finura	Materia Orgánica
Arena	2.64	2.50%	1758.60	2.98	NO
Grava	2.54	3.60%	1699.76	-	NO
Cemento	3.10	-	-	-	NO
Agua	1.00	-	-	-	NO

NOTA: Los parámetros de Gravedad específica de la arena y grava están en condición saturada superficie seca.

FUENTE: Tablas de ensayos realizados a los agregados, sección 4.2 de este documento.

4.4.2 PASO II: SELECCION DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS

4.4.2.1 Selección del revenimiento

Los valores recomendados para el revenimiento se muestran en la Tabla 4.21 (Tabla 4.3.1 del ACI 211.4-93). Un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante (HRWR) sin una medida inicial de revenimiento, es recomendado un revenimiento de 1 a 2" antes de adicionar el HRWR; esto asegurará una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitirá que el HRWR sea efectivo. Para un concreto elaborado sin HRWR es recomendado un revenimiento de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizarse.

Tabla 4.21: Revenimiento recomendado para concreto con y sin HRWR

Tabla 4.3.1 – Revenimiento Recomendado para concretos con y sin HRWR	
Concreto elaborado con HRWR *	
Revenimiento antes de añadir HRWR	1 a 2 pulgadas
Concreto elaborado sin HRWR	
Revenimiento	2 a 4 pulgadas

*Ajustar el revenimiento, al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR.

FUENTE: Tabla 4.3.1. ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Para el caso de la mezcla A1 se selecciona un revenimiento de **2 pulgadas** antes de añadir el HRWR.

4.4.2.2 Resistencia del concreto requerida

La resistencia estudiada de la mezcla A1 es de 500 kg/cm^2 , para la cual (según la sección 4.4 de este documento) se necesita una resistencia requerida ($f'c$) de 432.57 kg/cm^2 (6152.53 Psi), se debe obtener la resistencia de diseño ($f'cr$), para ello se deben utilizar las formulas expuestas en el capítulo 2 del ACI 211.4-93, la figura 4.8 muestra las fórmulas para calcular la resistencia de diseño.

Figura 4.8: Ecuaciones para el cálculo de la resistencia de diseño.

$f_{cr}' = f_c' + 1.34 * s$	Ecuación 4.1 (2.1 en ACI 211.4-93)
$f_{cr}' = 0.90f_c' + 2.33 * s$	Ecuación 4.2 (2.2 en ACI 211.4-93)
$f_{cr}' = \frac{f_c' + 1400}{0.90}$	Ecuación 4.3 (2.3 en ACI 211.4-93)

S = Desviación estándar

FUENTE: ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes, capítulo 2

Las ecuaciones 4.1 y 4.2 se utilizan cuando se tiene un registro estadístico previo de pruebas de resistencia a la compresión de mezclas con las mismas características, por lo tanto se conoce la desviación estándar de dichas pruebas; los resultados de las dos ecuaciones se comparan y se toma el mayor valor de resistencia como el valor de resistencia de diseño.

Para el caso de la mezcla A1, no se tienen registros estadísticos previos, por lo tanto no se conoce la desviación estándar; dado esto se utilizara la ecuación 4.3 para calcular la resistencia de diseño, como se muestra en la figura 4.9.

Figura 4.9: Cálculo de la resistencia de diseño (f'_{cr})

$$f_{cr}' = \frac{f_c' + 1400}{0.90} = \frac{6152.53 + 1400}{0.90} = 8391.70 \text{ psi}$$

FUENTE: Ecuación 2.3ACI 211.4“Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes”

Como se muestra en la figura 4.9 la resistencia de diseño (f'_{cr}) obtenida para la mezcla A1 es de **8391.70 PSI**, lo que equivale a **590.00 kg/cm²**.

4.4.3 PASO III: SELECCION DEL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO

El tamaño máximo recomendado para agregados gruesos se da en la Tabla 4.22 (Tabla 4.3.2 del ACI 211.4-93). El ACI 318 indica que el tamaño máximo de un agregado no debe exceder un quinto de la dimensión menor entre los lados del elemento, un tercio de la profundidad de las losas, ni de tres cuartas partes de la distancia libre mínima entre las distintas barras de refuerzo, los bloques de barras, tendones o conductos pretensados.

Tabla 4.22: Tamaño máximo sugerido de agregado grueso.

Tabla 4.3.2- Tamaño máximo sugerido de agregado grueso	
Resistencia Requerida del concreto, psi	Tamaño máximo sugerido de agregado grueso, pulg.
<9000	$\frac{3}{4}$ " a 1"
>9000	$\frac{3}{8}$ " a $\frac{1}{2}$ " *

* Cuando se utiliza HRWR y agregados gruesos sugeridos, la resistencia a la compresión del concreto en el rango de 9000 a 12.000 psi puede alcanzarse mediante el uso de un mayor tamaño máximo nominal para agregados gruesos de hasta 1 pulg

FUENTE: Tabla 4.3.2. ACI 211.4-93 "Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Tomando en cuenta que la mezcla A1 tiene una resistencia de diseño de **8391.70 PSI** y considerando lo que expone la tabla 4.22; el tamaño máximo de agregado grueso sugerido para la mezcla A1 está en el rango de $\frac{3}{4}$ " a 1", lo cual no coincide con las características del agregado grueso que se ha elegido para elaborar la mezcla, ya que el tamaño máximo de agregado grueso es de $\frac{1}{2}$ " (ver tabla 4.3 y 4.4) y el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de $\frac{3}{8}$ ", pero este agregado puede utilizarse ya que los

tamaños máximos y máximo nominal son menores que los máximos sugeridos que presenta la tabla 4.22.

4.4.4 PASO IV: SELECCION DEL VOLUMEN OPTIMO DE AGREGADO GRUESO

El volumen óptimo recomendado de agregado grueso, es expresado como una fracción del peso unitario compactado (DRUW), en la Tabla 4.23 (Tabla 4.3.3 del Comité ACI 211.4-93) este volumen está dado como una función del tamaño máximo nominal. En el proporcionamiento de una mezcla de concreto de resistencia normal, el contenido óptimo de agregado grueso es dado como función del tamaño máximo y el módulo de finura del agregado fino.

Las mezclas de concreto de alta resistencia, sin embargo, tienen un alto contenido de materiales cementicios, y por lo tanto no son tan dependientes del agregado fino para proveer lubricación y compactibilidad en la mezcla de concreto. Por lo tanto, para los valores que figuran en la tabla 4.23 se recomienda el uso de arena con módulo de finura de 2,5 a 3,2.

Tabla 4.23: Volumen óptimo de agregado grueso por unidad de volumen

Tabla 4.3.3- Volumen recomendado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto				
Contenido óptimo total de agregado grueso de tamaño máximo nominal para ser utilizado con arena con módulo de finura de 2,5 a 3,2				
Tamaño máximo nominal, pulg.	3/8	1/2	3/4	1
El volumen* de agregado grueso secado al horno como fracción del peso unitario compactado (DRUW)	0.65	0.68	0.72	0.75

*Los volúmenes de los agregados se basan en la condición de secados al el horno descrito en la norma ASTM C 29 para unidad de peso de los agregados.

FUENTE: Tabla 4.3.3. ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Para el caso de la mezcla A1, en la cual el agregado grueso a utilizar posee un tamaño máximo nominal de $3/8''$, de la tabla 4.23 se tiene que el volumen óptimo de agregado grueso es de **0.65** como fracción del peso unitario seco compactado del concreto, lo que significa que el volumen de agregado grueso óptimo corresponde al **65%** del volumen unitario del concreto. Una vez escogido el volumen óptimo de agregado grueso, el peso de este puede calcularse utilizando la ecuación 4.4 (Ecuación 4.1 del Comité ACI 211.4-93), como se muestra en la figura 4.10 a continuación.

Figura 4.10: Cálculo del peso de agregado grueso para una unidad de volumen de concreto.

<i>Peso del agregado grueso (OD) = (Vol. optimo de agregado grueso * DRUW^ * 27) (Ecuación 4.4)</i>	
<i>Peso del agregado grueso (OD) = $\left(0.65 * 106.112 \frac{lb}{pie^3} * 27\right)$</i>	
<i>Peso del agregado grueso (OD) = 1862.26 lb para 1 yd³ de concreto</i>	Condición de agregado seco
<i>= 1104.84 kg para 1 m³ de concreto</i>	
<i>Peso del agregado grueso (OD) = 1862.26 lb * (1 + %Absorcion) Condición de agregado sss</i>	
<i>= 1929.23 lb para 1 yd³ de concreto</i>	
<i>= 1144.58 kg para 1 m³ de concreto</i>	
<small>^DRUW = Dry-rodded unit weight (Peso unitario seco compactado)</small>	

FUENTE: Ecuación 4.1 ACI 211.4“ Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes”

En el caso de la mezcla A1, el peso de agregado grueso que se obtuvo fue el que se muestra en la figura 4.10; para elaborar una yarda cúbica de concreto se necesitan **1929.23 lb** de agregado grueso, lo que equivale en el sistema internacional a necesitar **1144.58 kg** de agregado grueso en condición “Triple S” (sss), para elaborar un metro cúbico de concreto.

4.4.5 PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerido para producir un revenimiento dado es dependiente del tamaño máximo, forma de partículas, graduación

del agregado, la cantidad de cemento y el tipo de aditivo reductor de agua utilizado la tabla 4.24 (Tabla 4.3.4 del Comité ACI 211.4-93) ofrece una estimación del agua de mezclado requerida para concretos de alta resistencia hechos con agregados de tamaño máximo entre 1” y 3/8” antes de la adición de cualquier aditivo químico. Además se dan los correspondientes valores de contenido de aire atrapado.

Tabla 4.24: Estimación de agua de mezclado y contenido de aire del concreto fresco

Tabla 4.3.4 - Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y el contenido de aire del concreto fresco basado en el uso de arena con 35 % de vacíos.					
Revenimiento, pulg.		Agua de mezclado Lb/yd³			
		Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
1 a 2		310	295	285	280
2 a 3		320	310	295	290
3 a 4		330	320	305	300
Contenido de aire Atrapado*	Sin HRWR	3	2.5	2	1.5
	Con HRWR [^]	2.5	2	1.5	1

*Los valores indicados deben ser ajustados por arenas con 35% de vacíos a otros utilizando la ecuación. 4-3.
[^]Mezclas hechas con HRWR.

FUENTE: Tabla 4.3.4. ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien graduado, angular y limpio que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-33. Debido a que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede influir significativamente en su contenido de vacíos, las necesidades de agua de mezclado pueden ser diferentes de los valores dados.

Considerando que para la mezcla A1, el tamaño máximo de agregado grueso que se utilizara es de ½”, según la tabla 4.24 se tiene que el agua de mezclado necesaria es de **295.00 lb** para elaborar una yarda cúbica de concreto o el equivalente en sistema internacional de **175.02 kg** para elaborar un metro cúbico de concreto; el contenido de aire atrapado es de **2.0 %**, ya que se utilizara un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante.

Los valores para el agua de mezclado necesaria dados en la tabla 4.24 son aplicables cuando se utiliza un agregado fino que tiene un contenido vacíos de 35 %. El contenido de vacíos de un agregado fino se puede calcular mediante la ecuación 4.5 (Ecuación 4.2 del Comité ACI 211.4-93); en la figura 4.11 se muestra el cálculo del contenido de vacíos del agregado fino utilizado en la mezcla A1.

Figura 4.11: Cálculo de contenido de vacíos del agregado fino.

$$\begin{aligned} \text{Contenido de vacios, } V, \% &= \left(1 - \frac{\text{peso unitario varillado secado al horno} \cdot (1 + \%Abs)}{\text{gravedad especifica seca} \cdot 62.4} \right) \cdot 100 && \text{(Ecuación 4.5)} \\ \text{Contenido de vacios, } V, \% &= \left(1 - \frac{109.785811 \frac{lb}{pie^3} \cdot (1 + 0.02514)}{2.64 \cdot 62.4 \text{ lb}/pie^3} \right) \cdot 100 \\ \text{Contenido de vacios, } V, \% &= \mathbf{31.72\%} && \text{Condición sss} \end{aligned}$$

FUENTE: Ecuación 4.2 ACI 211.4 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes”

El contenido de vacíos del agregado fino es de **31.72%** en condición “Triple S” (Según la ecuación 4.5, ver figura 4.11) el cual difiere de 35%, por lo que se realizara un ajuste en la cantidad de agua de mezclado. Este ajuste se calcula mediante la ecuación 4.6 (Ecuación 4.3 del Comité ACI 211.4-93) como se muestra en la figura 4.12.

Figura 4.12: Cálculo ajuste en la cantidad de agua de mezclado.

$\text{Ajuste del agua de mezclado} = (\text{Contenido de vacios} - 35) * 8 \quad (\text{Ecuación 4.6})$ $\text{Ajuste del agua de mezclado} = (31.72 - 35) * 8$ $\text{Ajuste del agua de mezclado} = -26.23 \text{ lb para una yd}^3 \text{ de concreto}$ $\text{Ajuste del agua de mezclado} = -15.56 \text{ kg para un m}^3 \text{ de concreto}$
--

FUENTE: Ecuación 4.3 ACI 211.4 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes”

En la figura 4.12 se muestra el ajuste de agua de mezclado que se debe realizar, ya que el contenido de vacios del agregado fino difiere del 35%, dado esto para la mezcla A1 tenemos que el ajuste de agua de mezclado es de **-26.23 lb** para una yarda cúbica de concreto, lo que equivale a **-15.56 kg** para un metro cúbico de concreto.

Después de obtener el valor del ajuste de agua de mezclado, el siguiente paso es el de calcular el valor del agua de mezclado final mediante la ecuación 4.7, este cálculo se muestra en la figura 4.13.

Figura 4.13: Cálculo de la cantidad de agua de mezclado final.

<p><i>Agua de mezclado final = Agua de mezclado inicial[^] + Ajuste del agua de mezclado (Ecuación 4.7)</i></p> <p><i>Agua de mezclado final = 295.00 lb + (-26.23 lb)</i></p> <p><i>Agua de mezclado final = 268.77 lb para elaborar una yd³ de concreto</i></p> <p><i>Agua de mezclado final = 159.45 kg para elaborar un m³ de concreto</i></p> <p><small>[^]El valor del agua de mezclado inicial corresponde al obtenido mediante la tabla 4.16 (Tabla 4.3.4. ACI 211.4-93)</small></p>
--

FUENTE: Los Autores.

En conclusión (como se observa en la figura 4.13), para la mezcla A1 el agua de mezclado final es de **268.77 lb** para una yarda cúbica de concreto, o su equivalente de **159.45 kg** para un metro cúbico de concreto.

4.4.6 PASO VI: SELECCION DE LA RELACION AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS W/(C+P)

En mezclas de concretos de alta resistencia, pueden utilizarse además del cemento otros materiales cementicios tales como, cenizas volantes. La W/(C+P) se calcula dividiendo el peso del agua de mezclado por el peso combinado del cemento y cenizas volantes.

En las tablas 4.25 y 4.26 (Tablas 4.3.5 (a) y (b) del Comité ACI 211.4-93 respectivamente), se da la W/(C+P) máxima recomendada en función del tamaño máximo

de agregados, para conseguir diferentes resistencias a la compresión, ya sea a 28 o 56 días.

El uso de un HRWR generalmente aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de $W/(C+P)$ dados en la tabla 4.25 son para concretos hechos sin HRWR y los de la Tabla 4.26 son para concretos elaborados con un HRWR. La $W/(C+P)$ puede ser limitada más por los requisitos de durabilidad.

Cuando el contenido material cementicio de una mezcla sea superior a 1000 lb en las tablas 4.25 y 4.26, se debe considerar el uso alternativo de un material cementicio o un método de dosificación.

Tabla 4.25: Estimación de la $W/(C+P)$ máxima para concretos hechos sin HRWR

Tabla 4.3.5 (a) - $W / C + P$ máxima recomendada para concretos hechos sin HRWR						
Resistencia promedio, F_{cr}^* , psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56	días	0.46	0.45	0.44	0.43
8,000	28	días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56	días	0.38	0.37	0.36	0.35
9,000	28	días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56	días	0.33	0.32	0.31	0.30
10,000	28	días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.29	0.28	0.27	0.26

* $f_{cr}' = f_c' + 1400$

FUENTE: Tabla 4.3.5 (a). ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Tabla 4.26: Estimación de la W/(C+P) máxima para concretos hechos con HRWR

Resistencia promedio, Fcr*, psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56	días	0.55	0.52	0.48	0.46
8,000	28	días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56	días	0.48	0.45	0.42	0.40
9,000	28	días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56	días	0.42	0.39	0.37	0.36
10,000	28	días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56	días	0.37	0.35	0.33	0.32
11,000	28	días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56	días	0.33	0.31	0.29	0.29
12,000	28	días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.30	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

FUENTE: Tabla 4.3.5 (b). ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

En el caso de la mezcla A1, en la cual se utilizará un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante (HRWR), para determinar la relación agua/materiales cementicios máxima se usará la tabla 4.26; previamente se deberá ajustar la resistencia a la compresión de diseño, utilizando la ecuación 4.8, como se muestra en la figura 4.14.

**Figura 4.14: Ajuste de la resistencia a la compresión de diseño (fcr'),
para obtener la W/(C+P) máxima.**

$f_{cr}' = f_{c'} + 1400 \text{ psi} \quad (\text{Ecuación 4.8})$ $f_{cr}' = 6152.53 \text{ psi} + 1400 \text{ psi}$ $f_{cr}' = 7552.53 \text{ psi}$ $f_{cr}' = 531.00 \text{ kg/cm}^2$

FUENTE: Tabla 4.3.5 (a) y (b). ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

Conociendo el valor de la resistencia a la compresión de diseño ajustada, que según la figura 4.14 es de **7552.53 psi** ó **531.00 kg/cm²**, la utilización de un HRWR en la mezcla y el tamaño máximo de agregado grueso; y considerando que para la mezcla A1 el periodo de tiempo para la realización del ensayo de compresión será de **28 días**, de la tabla 4.26 se obtiene para estas condiciones por medio de interpolación una relación agua/materiales cementicios de 0.44685 \approx **0.45**.

4.4.7 PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO.

El peso del material cementicio requerido por unidad de volumen de concreto se puede determinar dividiendo la cantidad de agua de mezclado final por unidad de volumen de concreto (Paso V) entre la $W/(C+P)$ (Paso VI). Sin embargo, si las especificaciones incluyen un límite mínimo de la cantidad de material cementicio por unidad de volumen de concreto, este debe ser satisfecho.

Para el caso de la mezcla A1, el peso de material cementicio por unidad de volumen de concreto se determinará dividiendo la cantidad de agua de mezclado final por unidad de volumen de concreto entre la relación agua/material cementicio (Ecuación 4.9) como se muestra en la figura 4.15.

Figura 4.15: Cálculo del contenido de material cementicio.

$$\begin{aligned}
 \text{Contenido de material cementicio} &= \frac{\text{Agua de mezclado final}}{\text{relacion agua / material cementicio}} && \text{(Ecuación 4.9)} \\
 \text{Contenido de material cementicio} &= \frac{268.77 \text{ lb para una yd}^3 \text{ de concreto}}{0.44685} \\
 &= \mathbf{601.47 \text{ lb}} \text{ para una yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Contenido de material cementicio} &= \frac{159.45 \text{ kg para un m}^3 \text{ de concreto}}{0.44685} \\
 &= \mathbf{356.84 \text{ kg}} \text{ para un m}^3 \text{ de concreto}
 \end{aligned}$$

FUENTE: Capítulo 4, paso 6. ACI 211.4-93 “Guía para la selección de las proporciones concreto de alta resistencia con cemento portland y cenizas volantes

De la figura 4.15 se obtiene el valor de la cantidad de material cementicio para la mezcla A1, el cual es de **601.47 lb** para elaborar una yarda cúbica de concreto o su equivalente de **356.84 kg** para elaborar un metro cúbico de concreto.

4.4.8 PASO VIII: PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA BASICA SOLO CON CEMENTO PORTLAND COMO MATERIAL CEMENTICIO.

Si se va a utilizar un material cementicio suplementario en la mezcla, la mezcla de prueba se debe diseñar con cemento Portland como el único material de cementicio, para luego revisar los porcentajes de uso del otro material cementicio; para el caso de esta investigación todas las mezclas se diseñaran considerando como único material

cementicio al cemento Portland. Se deben considerar ciertos aspectos previos para completar la proporción de mezcla de base; estos se detallan a continuación.

- Contenido de cemento: El contenido del material cementicio para esta mezcla (ya que no se utilizara ningún otro material de cementicio), es igual al peso del cemento calculándolo de la misma forma que en el Paso VII.
- Contenido de arena: Después de determinar las ponderaciones por yd^3 ó m^3 de concreto, para el agregado grueso, el cemento, el agua, y el porcentaje de contenido de aire, el contenido de arena se puede calcular para producir 1 yd^3 ó 1 m^3 de concreto usando el método de volumen absoluto.

Para el caso de la mezcla A1, las proporciones de calcularon de la siguiente manera, en la figura 4.16 se muestra el cálculo del volumen de material cementicio para 1 m^3 y 1 yd^3 de concreto.

Figura 4.16: Cálculo del volumen de cemento Portland en la mezcla A1.

$$\begin{aligned} \text{volumen de cemento} &= \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso específico del cemento}} \\ \text{volumen de cemento} &= \frac{356.84 \text{ kg}}{3.10 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1151 \\ &\approx 0.12 \text{ m}^3 \text{ de cemento para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\ \text{volumen de cemento} &= \frac{601.47 \text{ lb}}{3.10 \times 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \times 27 \frac{\text{pie}^3}{\text{yd}^3}} = 0.1151 \\ &\approx 0.12 \text{ yd}^3 \text{ de cemento para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Luego de haber obtenido el volumen del cemento para un volumen de concreto se procede de la misma forma a calcular los volúmenes de grava, agua y aire para el mismo volumen de concreto;

En la figura 4.17 se presenta el cálculo del volumen de agregado grueso para producir 1 m³ y 1 yd³ de concreto.

Figura 4.17: Cálculo del volumen de agregado grueso en la mezcla A1.

$$\begin{aligned} \text{volumen de agr. grueso} &= \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Peso específico del agregado grueso}} \\ \text{volumen de agr. grueso} &= \frac{1144.58 \text{ kg}}{2.541 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.4504 \\ &\approx 0.45 \text{ m}^3 \text{ de agr. grueso para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\ \text{volumen de agr. grueso} &= \frac{1929.23 \text{ lb}}{2.541 * 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} * 27 \frac{\text{pie}^3}{\text{yd}^3}} = 0.4504 \\ &\approx 0.45 \text{ yd}^3 \text{ de agre. grueso para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

En la figura 4.18 se presenta el cálculo del volumen de agua para producir 1 m³ y 1 yd³ de concreto.

Figura 4.18: Cálculo del volumen de agua en la mezcla A1.

$$\begin{aligned} \text{volumen de agua} &= \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso específico del agua}} \\ \text{volumen de agua} &= \frac{159.45 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.1595 \\ &\approx 0.16 \text{ m}^3 \text{ de agua para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\ \text{volumen de agua} &= \frac{268.77 \text{ lb}}{62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} * 27 \frac{\text{pie}^3}{\text{yd}^3}} = 0.1595 \\ &\approx 0.16 \text{ yd}^3 \text{ de agua para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

En cuanto al volumen de aire que tiene la mezcla, se utilizara el valor que se tomó de la tabla 4.24 (Paso V) el cual es de **2.0 %**. Luego se procede a calcular el volumen de agregado fino que contendrá la mezcla de concreto, el cual se detalla en la figura 4.19.

Figura 4.19: Cálculo del volumen de agregado fino en la mezcla A1.

volumen de cemento	= 0.12 m ³	0.12 yd ³
volumen de agr. grueso	= 0.45 m ³	0.45 yd ³
volumen de agua	= 0.16 m ³	0.16 yd ³
volumen de aire	= 0.02 m ³	0.02 yd ³
<u>Sub total</u>	<u>= 0.75 m³</u>	<u>0.75 yd³</u>
volumen de agr. fino	= 1 - 0.75 m ³	1 - 0.75 yd ³
volumen de agr. fino	= 0.25 m ³	0.25 yd ³

FUENTE: Los Autores.

Después de haber calculado el volumen de agregado fino para 1 m³ y 1 yd³ de concreto, se procede a calcular el peso de agregado fino para producir los volúmenes de concreto antes mencionados, como se muestra en la figura 4.20.

Figura 4.20: Cálculo peso de agregado fino en la mezcla A1.

$$\begin{aligned}
 \text{peso del agr. fino} &= (\text{Volumen de agr. fino}) * (\text{Peso específico del agr. fino}) \\
 \text{peso del agr. fino} &= (0.25 \text{ m}^3) * \left(2.64 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 673.20 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{peso del agr. fino} &= (0.25 \text{ yd}^3) * \left(2.64 * 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} * 27 \frac{\text{pie}^3}{\text{yd}^3}\right) = 1132.78 \text{ lb para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto}
 \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Luego de haber obtenido todos los pesos y volúmenes de los materiales que componen la mezcla A1, se deben ordenar todos los valores en una tabla resumen de proporciones, esto con el objetivo de tener a un rápido alcance todos estos datos para realizar cualquier corrección o cambio en las proporciones de estos. En la tabla 4.27 se presenta el resumen de las proporciones en peso y en volumen de todos los componentes de la mezcla de concreto A1.

Tabla 4.27: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1.

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:			Mezcla A1			
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	356.84	601.47	3100.00	5222.88	0.12	0.12
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.75	0.75
Agregado Fino	673.20	1132.78	2640.02	4447.90	0.25	0.25
Total	2334.07	3932.25	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

Porcentajes en volumen

FUENTE: Los Autores.

4.4.9 PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOS.

Para la mezcla de prueba proporcionada en los pasos anteriores, se debe producir una mezcla de ensayo para determinar la trabajabilidad y las características de resistencia de esta; los pesos del agregado grueso, agregado fino y agua deben ser ajustados correctamente para la condición de humedad de los agregados utilizados. Para la mezcla A1, tenemos que la condición de humedad de los agregados previo a la elaboración de la mezcla fue, para el agregado grueso de 5.52% y para el agregado fino de 13.12%; y conociendo el valor de absorción del agregado grueso de 3.60% y del agregado fino de

2.50% (Tabla 4.7 y 4.8), en la figura 4.21 y 4.22 se muestra el ajuste por humedad de las proporciones de agregado grueso y agregado fino respectivamente.

Figura 4.21: Cálculo del ajuste por humedad del agregado grueso en la mezcla A1.

$$\begin{aligned}
 \text{ajuste agr.grueso} &= \text{peso de agregado grueso} * \left(1 + \frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100} \right) \\
 \text{ajuste agr.grueso} &= 1144.58 \text{ kg} * \left(1 + \frac{(5.52 - 3.60)}{100} \right) \\
 &= 1166.62 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{ajuste agr.grueso} &= 1929.23 \text{ lb} * \left(1 + \frac{(5.52 - 3.60)}{100} \right) \\
 &= 1966.39 \text{ lb para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto}
 \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Figura 4.22: Cálculo del ajuste por humedad del agregado fino en la mezcla A1.

$$\begin{aligned}
 \text{ajuste agr.fino} &= \text{peso de agregado fino} * \left(1 + \frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100} \right) \\
 \text{ajuste agr.fino} &= 673.20 \text{ kg} * \left(1 + \frac{(13.12 - 2.50)}{100} \right) \\
 &= 744.69 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{ajuste agr.fino} &= 1132.78 \text{ lb} * \left(1 + \frac{13.12 - 2.50}{100} \right) \\
 &= 1253.09 \text{ lb para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto}
 \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Luego de haber ajustado por humedad los pesos del agregado grueso y el agregado fino se procede a ajustar el contenido de agua, en la figura 4.23 se muestra el ajuste del contenido de agua.

Figura 4.23: Cálculo del ajuste por humedad del agua en la mezcla A1.

$$\begin{aligned} \text{ajuste peso del agua} &= \text{peso del agua} - \text{peso del agr. grueso} * \left(\frac{(\% W - \% Abs)}{100} \right) \\ &\quad - \text{peso del agr. fino} * \left(\frac{(\% W - \% Abs)}{100} \right) \\ \text{ajuste peso del agua} &= 159.45 \text{ kg} - 1144.58 \text{ kg} * \left(\frac{(5.52 - 3.60)}{100} \right) - 673.20 \text{ kg} * \left(\frac{(13.12 - 2.50)}{100} \right) \\ \text{ajuste peso del agua} &= 65.91 \text{ kg para } 1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \\ \text{ajuste peso del agua} &= 268.77 \text{ lb} - 1929.23 \text{ lb} * \left(\frac{(5.52 - 3.60)}{100} \right) - 1132.78 \text{ kg} * \left(\frac{(13.12 - 2.50)}{100} \right) \\ \text{ajuste peso del agua} &= 111.30 \text{ lb para } 1 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

En la tabla 4.28 se presenta el resumen de las proporciones de la mezcla A1, luego de la corrección por humedad del agregado grueso, agregado fino y agua.

Tabla 4.28: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1, después de las correcciones por humedad de los agregados.

Material	Mezcla A1		
	kg/m ³	Lb/yd ³	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	
Cemento	356.84	601.47	
Agr. Grueso	1166.62	1966.39	
Agr. Fino	744.69	1253.09	
Agua	65.91	111.30	
Total	2334.07	3932.25	W/C+P = 0.45

The pie chart illustrates the relative proportions of the components in the concrete mixture A1. The largest portion is Agr. Grueso at 50%, followed by Agr. Fino at 32%, Cemento at 15%, and Agua at 3%. Ceniza Vol. represents 0% of the mixture.

FUENTE: Los Autores.

4.4.10 PASO X: SELECCION DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA OPTIMA DE LABORATORIO.

Luego de haber realizado las correcciones por humedad a los agregados y haber obtenido las proporciones de la mezcla ya corregidas (tabla 4.28), se procede a calcular las proporciones de la mezcla para un volumen de concreto de ensayo en laboratorio, el cual deberá ser suficiente para realizar todas las pruebas que se le realizaran al concreto en estado fresco, lo primero es calcular el volumen de la mezcla de ensayo, en la figura 4.24, se muestra el cálculo del volumen de la mezcla A1.

Figura 4.24: Volumen de mezcla A1 para ensayo en laboratorio.

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen mezcla de ensayo} &= \text{Vol. prueba de compresion} + \text{Vol. ensayo de cont. de aire} \\
 &\quad + \text{Vol. desperdicio} \\
 \text{Volumen mezcla de ensayo} &= (24 * 0.0016474 \text{ m}^3) + [(24 * 0.0016474 \text{ m}^3)] * 0.20 \\
 \text{Volumen mezcla de ensayo} &= 0.0474453 \text{ m}^3 \\
 \text{Volumen mezcla de ensayo} &= 0.0620562 \text{ yd}^3
 \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Después de obtener el volumen de la mezcla de ensayo, se procede a calcular el proporcionamiento de todos los componentes al tamaño de la mezcla de ensayo, partiendo de las proporciones de la tabla 4.28, en la figura 4.25 se muestra el procedimiento para realizar este cálculo de estas proporciones.

Figura 4.25: Proporciones de mezcla A1 para ensayo en laboratorio.

$Contenido\ de\ cemento = \frac{356.84\ kg}{1\ m^3} * 0.0474453\ m^3 =$	16.93 kg ≈ 37.92 lb
$Contenido\ de\ agr.\ grueso = \frac{1166.62\ kg}{1\ m^3} * 0.0474453\ m^3 =$	55.35 kg ≈ 122.03 lb
$Contenido\ de\ agr.\ fino = \frac{744.69\ kg}{1\ m^3} * 0.0474453\ m^3 =$	35.33 kg ≈ 77.76 lb
$Contenido\ de\ agua = \frac{65.91\ kg}{1\ m^3} * 0.0474453\ m^3 =$	3.13 kg ≈ 6.91 lb
Total =	110.74 kg ≈ 244.02 lb

FUENTE: Los Autores.

En la tabla 4.29 se presenta un resumen de las proporciones de la mezcla A1 para ensayo en laboratorio.

Tabla 4.29: Resumen de las proporciones de los componentes de la mezcla A1 para ensayo en laboratorio.

Material	Mezcla A1														
	kg	Lb													
Ceniza Vol.	0.00	0.00	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 40%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Total</td> <td style="text-align: center; color: blue;">110.74</td> <td style="text-align: center; color: blue;">244.02</td> <td style="text-align: center; color: blue;">W/C+P = 0.45</td> <td style="text-align: center;">Aditivo (ml)</td> <td style="text-align: center;">101.58</td> <td style="text-align: center;">% Red. Agua</td> <td style="text-align: center;">0%</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 55%;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua </div> </div>					Total	110.74	244.02	W/C+P = 0.45	Aditivo (ml)	101.58	% Red. Agua	0%
Total	110.74	244.02						W/C+P = 0.45	Aditivo (ml)	101.58	% Red. Agua	0%			
Cemento	16.93	37.32													
Agr. Grueso	55.35	122.03													
Agr. Fino	35.33	77.76													
Agua	3.13	6.91													

FUENTE: Los Autores.

Después de haber calculado las proporciones de la mezcla de ensayo A1, el siguiente paso es ajustar estas proporciones por la inclusión del aditivo superplastificante, la tasa de

dosificación de aditivo para esta mezcla es de 600 ml/100 kg de cemento y los porcentajes de aumento de agua y reducción de agua adicional son de 150% y 0% respectivamente (según tabla 4.19), en la figura 4.26 se presenta el ajuste por uso del aditivo superplastificante de las proporciones de la mezcla A1.

Figura 4.26: Ajuste por uso de aditivo en las proporciones de mezcla A1.

<p><i>Tasa de dosificación de Aditivo = 600 ml/100 kg de cemento</i></p> <p><i>% de aumento de agua de mezclado = 150%</i></p> <p><i>% de reducción de agua de mezclado adicional = 0%</i></p> <p><i>% de aumento de agua de mezclado final = 150% * (100% - 0%) = 92%</i></p> <p><i>Agua de mezclado adicional = 3.13 * $\left(\frac{150}{100}\right) = 4.68 \text{ kg}$</i></p> <p><i>Cemento adicional para mantener la relación $\frac{A}{C} = \left(\frac{\text{Agua Adicional}}{\text{Relación } \frac{A}{C}}\right) = \left(\frac{4.68}{0.45}\right) = 10.46 \text{ kg}$</i></p> <p><i>Cantidad de grava a remover para mantener cohesión en la mezcla</i></p> $= \left(\frac{\text{Cemento Adicional} * \text{Grav. Espec. Agr. Grueso}}{\text{Grav. Espec. Cemento}}\right)$ $= \left(\frac{10.46 \text{ kg} * 2.54}{3.10}\right) = 8.58 \text{ kg}$

FUENTE: Los Autores.

La figura 4.26, muestra todas las correcciones que se deben realizar en la mezcla debido al uso del aditivo, teniendo que para la mezcla A1, se le deberá de adicionar **4.68 kg** de agua de mezclado y al mismo tiempo **10.46 kg** de cemento para mantener la relación agua cemento, además se le reducirá **8.58 kg** de agregado grueso para mejorar la cohesión en la mezcla

Luego de haber calculado los ajustes por uso del aditivo superplastificante, lo siguiente es corregir las proporciones de la mezcla A1, en la figura 4.27, se muestra el cálculo de las proporciones de mezcla luego de la corrección por el uso de aditivo superplastificante.

Figura 4.27: Calculo de proporciones de mezcla A1 luego de corrección por aditivo.

<i>Contenido de cemento</i>	=	$16.93 \text{ kg} + 10.46 \text{ kg}$	=	$27.39 \text{ kg} \approx 60.39 \text{ lb}$
<i>Contenido de agr. grueso</i>	=	$55.35 \text{ kg} - 8.58 \text{ kg}$	=	$46.77 \text{ kg} \approx 103.12 \text{ lb}$
<i>Contenido de agr. fino</i>	=		=	$35.33 \text{ kg} \approx 77.76 \text{ lb}$
<i>Contenido de agua</i>	=	$3.13 \text{ kg} + 4.60 \text{ kg}$	=	$7.80 \text{ kg} \approx 17.21 \text{ lb}$
<i>Contenido de aditivo sup.</i>	=	$\left(\frac{27.39 \text{ kg} * 600 \text{ ml}}{100 \text{ kg}} \right)$	=	164.36 ml

FUENTE: Los Autores.

Cuando se tienen ya las proporciones de la mezcla de prueba después de las correcciones por uso del aditivo, en la cual están los agregados en condición natural de humedad, se debe de convertir estas proporciones de mezcla a la condición “Triple S” de los agregados, en la figura 4.28 se muestra el cálculo para convertir las proporciones de mezcla de laboratorio en condición de humedad natural de los agregados a la condición “Triple S”.

Figura 4.28: Calculo de proporciones de mezcla A1 en condición “Triple S” de los agregados.

$$\begin{aligned}
 \text{Cant. cemento} &= 27.39 \text{ kg} \approx 60.39 \text{ lb} \\
 \text{Cant agr. grueso} &= \text{peso de agregado grueso} * \left(1 - \frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100}\right) \\
 &= 46.77 \text{ kg} * \left(1 - \frac{(5.52 - 3.60)}{100}\right) = 45.87 \text{ kg} \approx 101.13 \text{ lb} \\
 \text{Cant agr. fino} &= \text{peso de agregado fino} * \left(1 - \frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100}\right) \\
 &= 35.33 * \left(1 - \frac{(13.12 - 2.50)}{100}\right) = 31.58 \text{ kg} \approx 69.50 \text{ lb} \\
 \text{Cant. agua} &= \text{peso del agua} + \text{peso de agregado grueso} * \left(\frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100}\right) \\
 &\quad + \text{peso de agregado fino} * \left(\frac{(\text{Contenido de Humedad} - \% \text{ Absorción})}{100}\right) \\
 &= 7.80 \text{ kg} + 46.77 \text{ kg} * \left(\frac{(5.52 - 3.60)}{100}\right) + 35.33 \text{ kg} * \left(\frac{(13.12 - 2.50)}{100}\right) = 12.46 \text{ kg} \approx 27.46 \text{ lb} \\
 \text{Cant. aditivo} &= \text{Cantidad de cemento} * \left(\frac{\text{Dosificación}}{100}\right) = 27.39 \text{ kg} * \left(\frac{600 \text{ ml}}{100 \text{ kg}}\right) = 164.36 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

FUENTE: Los Autores.

Después de haber calculado las proporciones de la mezcla en condición Triple S de los agregados, se deben calcular el rendimiento (volumen) real de las mezcla, en la figura 4.29 se muestra este cálculo.

Figura 4.29: Cálculo del rendimiento real de mezcla A1.

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen de componente} &= \frac{\left(\frac{\text{Cant. componente} \cdot 1 \text{ m}^2}{\text{Volumen de bachada}} \right)}{\text{Peso volumetrico del componente}} \\
 \text{Volumen de cemento} &= \frac{\left(\frac{27.39 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2}{0.0513076 \text{ m}^2} \right)}{3100.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{533.90 \text{ kg}}{3100.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.17 \text{ m}^3 \text{ ó } 0.17 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Volumen de agr. grueso} &= \frac{\left(\frac{45.87 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2}{0.0513076 \text{ m}^2} \right)}{2541.03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{894.09 \text{ kg}}{2541.03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.35 \text{ m}^3 \text{ ó } 0.35 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Volumen de agr. fino} &= \frac{\left(\frac{31.58 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2}{0.0513076 \text{ m}^2} \right)}{2640.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{615.50 \text{ kg}}{2640.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.23 \text{ m}^3 \text{ ó } 0.23 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Volumen de agua} &= \frac{\left(\frac{12.46 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2}{0.0513076 \text{ m}^2} \right)}{1000.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{242.77 \text{ kg}}{1000.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.24 \text{ m}^3 \text{ ó } 0.24 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Volumen de aire} &= \quad \quad \quad = \quad \quad \quad = 0.02 \text{ m}^3 \text{ ó } 0.02 \text{ yd}^3 \text{ de concreto} \\
 \text{Rendimiento real de la mezcla} &= \quad \quad \quad = 1.02 \text{ m}^3 \text{ ó } 1.02 \text{ yd}^3 \text{ de concreto}
 \end{aligned}$$

NOTA: El volumen de la bachada es el correspondiente al proporcionamiento de mezcla en condición “Triple S” de los agregados.

FUENTE: Los Autores.

En la figura 4.29 se puede observar que el rendimiento real de la mezcla es de **1.02 m³** ó **1.02 yd³**; dado que resulta de más utilidad y facilidad manejar las proporciones de los materiales por unidad de volumen (1.0 m³ ó 1.0 yd³), para esto se deben de multiplicar todos los componentes de la mezcla por un factor que relacione el volumen real y el volumen unitario de mezcla, para el caso de la mezcla A1, así, tenemos que el volumen real de la mezcla es de 1.02 m³ ó 1.02 yd³, y el volumen unitario al que se desean llevar las proporciones de 1.0 m³ ó 1.0 yd³; por lo que para ambos sistemas de unidades el factor será igual a dividir el volumen unitario entre el volumen real de la mezcla

(1.0/1.02), lo que equivale a **0.9803921** . En la figura 4.30 se muestra el cálculo de las proporciones por unidad de volumen.

Figura 4.30: Calculo proporciones de mezcla A1 para 1 m³ y 1 yd³.

<i>Cantidad de material = Cant.de material en volumen real * factor de correccion</i>	
<i>Cant. Cemento = 533.90 kg * 0.9803921</i>	<i>= 523.43 kg para 1 m³ de concreto ≈ 882.24 lb para 1 yd³ de concreto</i>
<i>Cant. Agr. Grueso = 894.09 kg * 0.9803921</i>	<i>= 876.56 kg para 1 m³ de concreto ≈ 1477.43 lb para 1 yd³ de concreto</i>
<i>Cant. Agr. Fino = 615.50 kg * 0.9803921</i>	<i>= 603.43 kg para 1 m³ de concreto ≈ 1015.35 lb para 1 yd³ de concreto</i>
<i>Cant. de Agua = 242.77 kg * 0.9803921</i>	<i>= 238.01 kg para 1 m³ de concreto ≈ 401.14 lb para 1 yd³ de concreto</i>
<i>Peso por unidad de volumen de la mezcla = 2241.43 kg para 1 m³ de concreto ≈ 3776.16 lb para 1 yd³ de concreto</i>	
<i>Contenido de aditivo sup. = $\left(\frac{523.43 \text{ kg} * 600 \text{ ml}}{100 \text{ kg}}\right) = 3140.61 \text{ ml para 1 m}^3 \text{ de concreto} = 2401.77 \text{ ml para 1 yd}^3 \text{ de concreto}$</i>	

FUENTE: Los Autores.

Luego de determinar las proporciones de los componentes de la mezcla A1 para un volumen de 1 m³ y 1 yd³, el valor del peso volumétrico de la mezcla es de **2241.43 kg** para 1 m³ de concreto y de **3776.16 lb** para 1 yd³ de concreto en condición Triple S de los agregados.

En la tabla 4.30 se presenta un resumen de las proporciones de laboratorio, de rendimiento real y por unidad de volumen de la mezcla A, finalizando así el diseño del proporcionamiento de los componentes de la mezcla A1, mediante el uso de la metodología propuesta por el Comité ACI 211.4-9.

Tabla 4.30: Resumen de proporciones de los componentes de la mezcla A1.

Mezcla A1										
%		de aumento de agua:		150%						
%		reduccion de agua adicional:		0%		Tasa de dosificacion de aditivo:				
%		de aumento de agua final:		150%		600 ml/100 kg de cemento				
		Agua de mezclado adicional :		4.68 kg		Revenimiento obtenido = 7.5 pulgadas				
		Cemento adicional:		10.46 kg		Volumen de bachada = 0.0513076 m ³				
		Cantidad de grava a remover:		8.58 kg		0.0671101 yd ³				
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³		
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento	27.39	60.39	27.39	60.39	533.90	899.89	0.17	523.43	882.24	0.17
Agr. Grueso	46.77	103.12	45.87	101.13	894.09	1506.97	0.35	876.56	1477.43	0.34
Agr. Fino	35.33	77.76	31.58	69.50	615.50	1035.66	0.23	603.43	1015.35	0.23
Agua	7.80	17.21	12.46	27.46	242.77	409.16	0.24	238.01	401.14	0.24
Aire		-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
Total					2286.26	3851.68	1.02	2241.43	3776.16	1.00
Aditivo (ml)	164.36	164.36			3203.42	2449.09		3140.61	2401.07	
W/C+P =		0.45		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:				0.00%		
<p>Porcentaje en peso</p>				<p>Porcentaje en volumen</p>						

FUENTE: Los Autores.

El diseño de la mezcla A1, al igual que el de las 11 mezclas restantes de concreto de alta resistencia que contempla esta investigación, han sido elaborados mediante el uso de una hoja electrónica de cálculo, en el anexo C se presentan mediante tablas los diseños de todas las mezclas, siguiendo la metodología descrita por el Comité ACI 211.4-93.

CAPITULO V:

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 INTRODUCCION

El presente capítulo, contiene los resultados de todas las pruebas realizadas a las mezclas de concreto en estado fresco y endurecido.

En estado fresco se definen los resultados de las pruebas de revenimiento, temperatura del concreto, contenido de aire, peso volumétrico y tiempo de fraguado del concreto, parámetros que son insumos necesarios para determinar cómo se comporta el concreto en cuanto a sus propiedades en estado fresco (trabajabilidad y consistencia), y que son parámetros que son usados para revisar el cumplimiento de ciertos requisitos de calidad (establecidos en la sección 3.6.6 de este documento).

En estado endurecido se muestran los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión a 7 y 28 días de edad y los de Módulo de elasticidad y relación de Poisson del concreto, ensayos que servirán de parámetro para determinar el comportamiento del concreto en cuanto a las propiedades mecánicas hacia las que está orientada esta investigación.

Finalmente, en este capítulo se expresan las correlaciones que se han obtenido de la investigación, dichas correlaciones son de gran importancia porque en ellas se puede apreciar el efecto que tienen algunos parámetros (que pueden ser parámetros fijos o variables) sobre otros, como por ejemplo la relación entre la resistencia a la compresión

obtenida a 28 días y la relación agua / cementantes ($W/(P+C)$) de cada una de las mezclas, que permitirá establecer el valor de la relación ($W/(P+C)$) que se puede utilizar para obtener una determinada resistencia a la hora de diseñar la mezcla; también puede ponerse como ejemplo el caso de la correlación entre la resistencia a la compresión obtenida a 28 días, y la tasa de aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante, por medio de la cual se puede determinar la variación de la resistencia a la compresión del concreto debido a la reducción en el agua de mezclado que se ha generado por el uso de dicho aditivo.

5.2 PRUEBAS AL CONCRETO

Antes de realizar el análisis de los resultados de las pruebas en el concreto en estado fresco y endurecido se realizó el estudio de los componentes (ver sección 4.2) y se verificó que éstos satisfacen los requisitos establecidos por las especificaciones correspondientes, los que se encuentran en la sección 3.6 de este documento. A continuación se presentan los resultados de las pruebas hechas al concreto en estado fresco y endurecido definidas en las secciones 3.5.1.5 y 3.6.1.5 de este documento. Es necesario aclarar que cuando en este capítulo se habla de resistencia en estudio, se refiere a las de 500, 550, 600 y 650 kg/cm² (las resistencias a la compresión antes mencionadas son las que se pretenden alcanzar con los diseños de mezcla de concreto de alta resistencia propuestos en esta investigación).

5.2.1 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Para determinar el comportamiento de las mezclas de concreto en estado fresco, se estudiaron las propiedades de trabajabilidad y consistencia de estas, utilizando ensayos de laboratorio que sirvan como parámetro para determinarlas, los ensayos realizados al concreto en estado fresco fueron los de: Revenimiento (ASTM C-143), Temperatura (ASTM C-1064), Tiempo de fraguado inicial y final (ASTM C-403), Peso Volumétrico (ASTM C-138) y Contenido de aire (ASTM C-231). Los ensayos de revenimiento, temperatura, contenido de aire y peso volumétrico, fueron realizados a cada una de las

mezclas, mientras que los ensayos de tiempo de fraguado se efectuaron únicamente a las mezclas A1, A2, A3 y D1 debido a la disponibilidad de laboratorio y equipo para realizar este ensayo. Los resultados de estos se presentan a continuación.

5.2.1.1 Resultados de prueba de revenimiento.

Los resultados de la prueba de revenimiento que se han obtenido están conformes a los requisitos establecidos en la sección 3.6.6 de este documento y se presentan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Resultados de la prueba de revenimiento a las doce mezclas de concreto.

Resultados de prueba de revenimiento				
Mezcla	Resistencia en estudio	Resistencia de diseño	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Valor de revenimiento (pulgadas)
A1	500	590	600	7.0
A2	500	590	1200	7.5
A3	500	590	1800	7.0
B1	550	652	600	8.0
B2	550	652	1200	8.0
B3	550	652	1800	8.0
C1	600	713	600	7.0
C2	600	713	1200	8.0
C3	600	713	1800	8.0
D1	650	775	600	7.5
D2	650	775	1200	8.0
D3	650	775	1800	8.0

FUENTE: Los autores.

Los resultados obtenidos al medir el parámetro de revenimiento presentados en la tabla 5.1, fueron los esperados, ya que los valores de todas las mezclas se encuentran dentro del rango de 7 a 8 pulgadas los cuales a su vez están dentro del rango propuesto en el capítulo I de este documento (de 5 a 8 pulgadas), mediante estos valores se ha

determinado que cada mezcla posee una trabajabilidad adecuada y que el aditivo funciona como superplastificante en todas las mezclas; además mediante la realización de esta prueba se ha comprobado a través de la observación de la deformación del cono que la cohesión de cada una de las mezclas es la adecuada ya que las mezclas no presentaron segregación.

5.2.1.2 Resultados de prueba de temperatura del concreto.

Para la prueba de temperatura los requisitos que el concreto debe cumplir están definidos en la sección 3.6.6 de este documento, los resultados de este ensayo se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Resultados de la prueba de temperatura a las doce mezclas de concreto.

Resultados de prueba de Temperatura				
Mezcla	Resistencia en estudio	Resistencia de diseño	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Valor de Temperatura (°C)
A1	500	590	600	30
A2	500	590	1200	30
A3	500	590	1800	30
B1	550	652	600	30
B2	550	652	1200	29
B3	550	652	1800	29
C1	600	713	600	29
C2	600	713	1200	29
C3	600	713	1800	29
D1	650	775	600	29
D2	650	775	1200	29
D3	650	775	1800	29

FUENTE: Los autores.

Los resultados mostrados en la tabla 5.2 muestran que al realizar el ensayo de temperatura en cada una de las mezclas de concreto durante la colocación, el concreto de

alta resistencia mantiene una temperatura en el rango de 29 a 30 °C, los cuales se encuentran por debajo de la temperatura máxima recomendada de 32 °C (Según sección 3.6.6 de este documento y norma ASTM C-94), por lo que los valores obtenidos se consideran satisfactorios.

5.2.1.3 Resultados de prueba de contenido de aire.

Los resultados de la prueba de contenido de aire se encuentran de acuerdo a lo que dicta la norma ASTM C-494, la cual especifica que el contenido de aire no debe ser mayor a 3.5% utilizando aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante; estos resultados se muestran en la tabla 5.3.

Tabla 5.3: Resultados de la prueba de contenido de aire a las doce mezclas de concreto.

Resultados de prueba de contenido de aire						
Mezcla	Resistencia en estudio (kg/cm ²)	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Contenido de aire del concreto		
				Valor obtenido (%)	Correccion por agregado (%)	Contenido de aire final (%)
A1	500	590	600	2.7	0.38	2.3
A2	500	590	1200	3.3	0.38	2.9
A3	500	590	1800	3.7	0.38	3.3
B1	550	652	600	2.7	0.38	2.3
B2	550	652	1200	3.4	0.38	3.0
B3	550	652	1800	3.8	0.38	3.4
C1	600	713	600	2.8	0.38	2.4
C2	600	713	1200	3.5	0.38	3.1
C3	600	713	1800	3.8	0.38	3.4
D1	650	775	600	2.9	0.38	2.5
D2	650	775	1200	3.6	0.38	3.2
D3	650	775	1800	3.9	0.38	3.5

FUENTE: Los autores.

La tabla 5.3 muestra que el concreto de alta resistencia elaborado, posee valores de contenido de aire para las mezclas con tasa de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento en el rango de 2.3 a 2.5 %, para las mezclas con tasa de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento en el rango de 2.9 a 3.2% y para las mezclas de 1800 ml/100 kg de cemento en el rango de 3.3 a 3.5%, los que cumplen con los contenidos de aire máximos establecidos por la norma ASTM C-494 cuando se utiliza este tipo aditivo.

Para cada una de las tasas de aditivo (600, 1200 y 1800 ml/100kg de cemento), aplicadas a las diferentes resistencias en estudio (500, 550, 600 y 650 kg/cm²), se obtuvo que el aumento promedio de contenido de aire que se genera entre las mezclas elaboradas con una tasa de 600 ml/100 kg de cemento y las mezclas elaboradas con una tasa de dosificación de 1200 ml/100 kg de cemento, es de 0.7 %; y entre las mezclas elaboradas con una dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento, y las mezclas elaboradas con una tasa de dosificación de 1800 ml/100 kg de cemento, el aumento promedio es de 1.1%, así, es que al observar estos valores no se refleja un aumento significativo entre cada una de las mezclas elaboradas para las diferentes resistencias en estudio.

5.2.1.4 Resultados de prueba de peso volumétrico.

Es necesario obtener los pesos volumétricos reales de cada mezcla de concreto, para utilizarlos como parámetro de comparación con los pesos volumétricos teóricos establecidos en el diseño de la mezcla, con el fin de verificar la similitud existente entre estos. Los resultados de peso volumétrico del concreto se muestran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4: Resultados de la prueba de peso volumétrico a las doce mezclas de concreto.

Peso volumetrico del concreto								
Mezcla	Resistencia en estudio	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Peso del molde (kg)	Peso del molde + concreto (kg)	Peso del concreto (kg)	Volumen del molde (cm ³)	Peso volumetrico real (kg/m ³)	Peso volumetrico teorico (kg/m ³)
A1	500	600	2.832	9.474	6.642	2936.89	2262	2241
A2	500	1200	2.832	9.531	6.699	2936.89	2281	2260
A3	500	1800	2.832	9.569	6.737	2936.89	2294	2279
B1	550	600	2.832	9.525	6.693	2936.89	2279	2251
B2	550	1200	2.832	9.540	6.708	2936.89	2284	2264
B3	550	1800	2.832	9.625	6.793	2936.89	2313	2291
C1	600	600	2.832	9.520	6.688	2936.89	2277	2256
C2	600	1200	2.832	9.558	6.726	2936.89	2290	2272
C3	600	1800	2.832	9.625	6.793	2936.89	2313	2307
D1	650	600	2.832	9.530	6.698	2936.89	2281	2258
D2	650	1200	2.832	9.570	6.738	2936.89	2294	2279
D3	650	1800	2.832	9.670	6.838	2936.89	2328	2323

FUENTE: Los autores.

Los resultados de la prueba de peso volumétrico del concreto expuestos en la tabla 5.4 establecen que, conforme incrementa la tasa de aditivo para una resistencia de diseño, el valor del peso volumétrico aumenta dentro de las mezclas elaboradas con dicha resistencia de diseño.

Además el peso volumétrico aumenta a medida incrementa la resistencia de diseño; también, al comparar los pesos volumétricos teóricos obtenidos de los diseños de las mezclas con los pesos volumétricos obtenidos mediante la prueba, se muestra que los pesos volumétricos calculados mediante el ensayo son ligeramente mayores que los

resultantes del diseño, así, se observa que el uso de aditivo en las mezclas no influye significativamente en el valor de este parámetro.

5.2.1.5 Resultados de prueba de tiempo de fraguado del concreto.

Para el ensayo de tiempo de fraguado, en la tabla 5.5 se presentan los resultados de tiempo de fraguado inicial y final para las mezclas especificadas en la sección 5.2.1. En el anexo D de este documento se encuentran los datos y gráficos utilizados para determinar estos valores.

Tabla 5.5: Resultados de la prueba de tiempo de fraguado del concreto.

Resultados de prueba de tiempo de fraguado							
Mezcla	Resistencia en estudio	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Tiempo de fraguado inicial		Tiempo de fraguado final	
				minutos	horas	minutos	horas
A1	500	600	35.0	246.4	4.11	-	-
			280.0	-	-	336.44	5.61
A2	500	1200	35.0	217.25	3.62	-	-
			280.0	-	-	321.71	5.36
A3	500	1800	35.0	196.5	3.28	-	-
			280.0	-	-	278.07	4.63
D1	650	600	35.0	245.9	4.10	-	-
			280.0	-	-	333.47	5.56

FUENTE: Los autores.

Es necesario aclarar que los resultados obtenidos son solamente los de las mezclas A1, A2, A3 y D1, debido a que por la disponibilidad del equipo y laboratorio, no se pudo realizar dicha prueba para todas las mezclas, por lo tanto, los resultados de este ensayo

presentados en la tabla 5.5, se limitan solamente a la verificación de este parámetro para las mezclas con una sola resistencia.

Los resultados del ensayo de tiempo de fraguado inicial y final reflejan que a mayor tasa de dosificación de aditivo menor tiempo de fraguado inicial y final, lo cual resulta razonable ya que las mezclas con menor tasa de aditivo contienen mayor cantidad de agua de mezclado, lo cual aumenta el tiempo de fraguado inicial y final.

Así, se obtuvo que para una resistencia en estudio de 500 kg/cm^2 , y una tasa de dosificación de 600 ml/100kg de cemento, el tiempo de fraguado inicial fue de 4 horas y 7 minutos y el final fue de 5 horas 37 minutos. Ahora bien, para la misma resistencia en estudio, y para la tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100kg de cemento se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3 horas 38 minutos, y tiempo de fraguado final de 5 horas 22 minutos.

Finalmente, para la misma resistencia en estudio y para una tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento, se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3 horas con 17 minutos, y final de 4 horas con 38 minutos, por lo que se observa que con el aumento de la tasa de dosificación de aditivo que genera un mayor incremento en el porcentaje de reducción de agua de mezclado, los tiempos de fraguado inicial y final disminuyen.

Para la mezcla D1, cuya resistencia de estudio es de 650 kg/cm^2 y una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100kg de cemento, se observa que el tiempo de fraguado inicial y final es similar al de la mezcla A1, esto se debe a que dichas mezclas fueron elaboradas con la misma tasa de dosificación de aditivo y a que en ninguna de ellas se realizó reducción de agua de mezclado.

5.2.2 PRUEBAS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Para determinar el comportamiento del concreto en estado endurecido, se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del concreto, que sirvan como parámetro para determinar si las propiedades mecánicas del concreto cumplen con las teóricas establecidas por los diseños (ver capítulo IV y anexo C de este documento). Los ensayos realizados al concreto en estado endurecido son los siguientes: Resistencia a la compresión del concreto (ASTM C-39), Módulo de elasticidad y relación de Poisson del concreto a compresión (ASTM C-469).

5.2.2.1 Resultados de prueba de resistencia a la compresión del concreto.

En la tabla 5.6 se presentan los resultados promedio de resistencia a la compresión del concreto obtenidas a 7 y a 28 días de edad. Los resultados de resistencia a la compresión de cada espécimen se muestran en el anexo E de este documento.

Tabla 5.6: Resultados promedio de pruebas de resistencia a la compresión a 7 y 28 días de edad.

Mezcla	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Resistencia en estudio (kg/cm ²)	Relación Agua / Cementantes	Resistencia alcanzada a 7 días (kg/cm ²)		Resistencia alcanzada a 28 días (kg/cm ²)		
				kg/cm ²	% alcanzado de resistencia en estudio	kg/cm ²	% alcanzado de resistencia en estudio	Desviación estándar
A1	600	500.00	0.45	431.34	86	545.47	109	31.6
A2	1200	500.00	0.45	463.00	93	588.05	118	18.0
A3	1800	500.00	0.45	461.57	92	595.45	119	19.7
B1	600	550.00	0.40	467.78	85	552.14	100	19.1
B2	1200	550.00	0.40	489.44	89	643.94	117	22.6
B3	1800	550.00	0.40	545.39	99	670.74	122	33.0
C1	600	600.00	0.35	579.18	97	714.60	119	18.8
C2	1200	600.00	0.35	624.74	104	695.46	116	11.2
C3	1800	600.00	0.35	559.56	93	641.99	107	35.8
D1	600	650.00	0.32	585.53	90	744.23	114	32.6
D2	1200	650.00	0.32	586.28	90	703.86	108	35.7
D3	1800	650.00	0.32	600.54	92	671.27	103	9.0

FUENTE: Los autores.

Los resultados de resistencia a la compresión a 28 días que se muestran en la tabla 5.6 para las doce mezclas de concreto de alta resistencia, demuestran que se alcanzó la resistencia en estudio esperada, pero no todos los valores de resistencia obtenidos superaron la resistencia de diseño de cada mezcla, dado que para las mezclas de menor resistencia de diseño y mayor relación agua/cementantes, (mezclas A y B) entre mayor es la tasa de aditivo mayor resistencia se obtuvo; por el contrario para las mezclas con mayor resistencia de diseño y menor relación agua/cementantes (mezclas C y D), entre menor es la tasa de aditivo mayor es la resistencia a la compresión obtenida.

Además, cabe mencionar que los resultados obtenidos a 7 días de edad, presentan valores de resistencia a compresión entre 85% y 104% de la resistencia en estudio, por lo cual no

se puede establecer un porcentaje fijo de resistencia alcanzada a 7 días dado que el rango de resultados es bastante amplio.

5.2.2.2 Resultados del ensayo del módulo de elasticidad del concreto a compresión.

A continuación se presentan los resultados promedio obtenidos en la prueba de módulo de elasticidad para cada una de las mezclas, además se presentan los valores de módulo de elasticidad calculados con las formulas expresadas en la sección 2.5.2 de este documento. En el anexo E de este documento se muestran los resultados para cada espécimen ensayado.

Tabla 5.7: Resultados promedio de pruebas de módulo de elasticidad.

Mezcla	Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Resistencia en estudio (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada a 28 días (kg/cm ²)	Modulo de elasticidad teorico Norma salvadoreña (kg/cm2)	Modulo de elasticidad teorico Norma mexicana (kg/cm2)	Modulo de elasticidad real (kg/cm ²)	Coficiente numérico de elasticidad ($K = E/(f'c)^{1/2}$)
A1	600	500.00	545.47	351,666	326,974	536,874	22,987
A2	1200	500.00	588.05	369,845	339,497	560,086	23,097
A3	1800	500.00	595.45	375,336	341,627	562,243	23,041
B1	600	550.00	552.14	357,894	328,969	542,893	23,104
B2	1200	550.00	643.94	387,801	355,263	577,698	22,766
B3	1800	550.00	670.74	403,336	362,581	597,668	23,077
C1	600	600.00	714.60	406,697	374,247	643,695	24,080
C2	1200	600.00	695.46	404,639	369,202	612,252	23,216
C3	1800	600.00	641.99	394,595	354,724	588,938	23,244
D1	600	650.00	744.23	415,976	381,929	670,078	24,562
D2	1200	650.00	703.86	408,165	371,424	627,277	23,644
D3	1800	650.00	671.27	407,509	362,723	592,214	22,858

FUENTE: Los autores.

Los resultados del ensayo de módulo de elasticidad que se muestran en la tabla 5.7, reflejan que los valores obtenidos poseen un gran margen de seguridad respecto a los valores teóricos establecidos por la norma salvadoreña y la mexicana, esto significa que los valores obtenidos reflejan un comportamiento mucho más elástico que el que proponen los valores teóricos, aunque el factor de seguridad que se ha tomado en cuenta para establecer los valores teóricos es desconocido; también se observa que a medida que se obtuvo mayor resistencia a la compresión se incrementó el valor obtenido del módulo de elasticidad; así, para la mezcla con resistencia en estudio de 500 kg/cm^2 y tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100kg de cemento, se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión de 545.47 kg/cm^2 y un valor de módulo de elasticidad de $536,874 \text{ kg/cm}^2$, para una tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento, se obtuvo un valor promedio de resistencia a la compresión de 588.05 kg/cm^2 y un valor de módulo de elasticidad de $560,086 \text{ kg/cm}^2$; así, se observa que el valor del módulo de elasticidad obtenido incrementa o disminuye según el aumento o reducción de la resistencia alcanzada para cualquiera de las mezclas elaboradas en esta investigación.

5.3 CORRELACIONES DE LOS RESULTADOS.

Las correlaciones estudiadas en esta investigación están definidas en la sección 3.5 de este documento, a continuación se detallan cada una de ellas.

5.3.1 CORRELACION ENTRE RESISTENCIA A COMPRESION Y LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE.

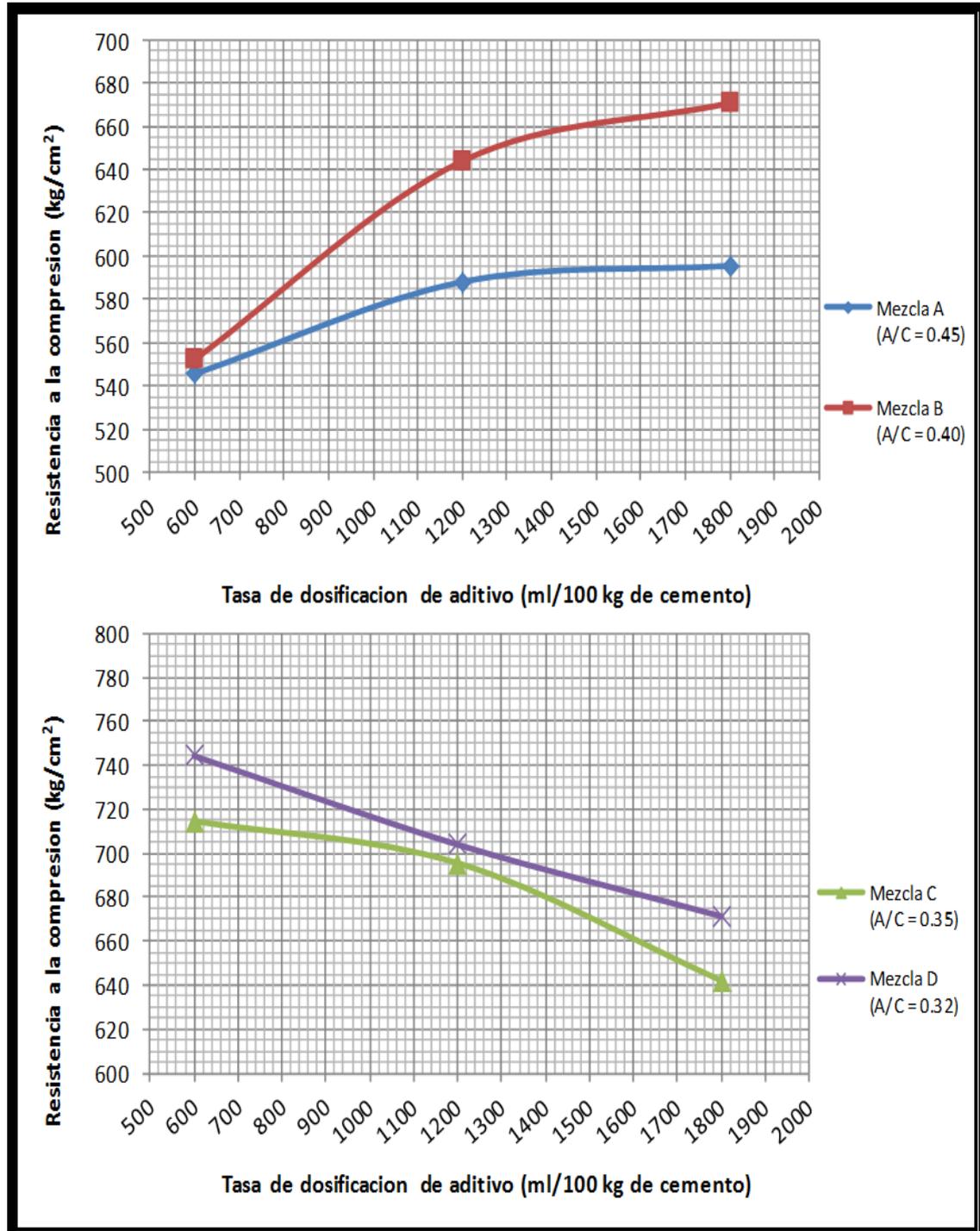
La correlación entre resistencia a la compresión y la tasa de aditivo reductor de agua de alto rango (tabla 5.8 y figura 5.1) se obtuvo graficando la tasa de aditivo para cada una de las mezclas en el eje de las abscisas, contra la resistencia a compresión obtenida para cada una de las mezclas en el eje de las ordenadas; a través de la correlación se puede apreciar el efecto que genera la aplicación de este tipo de aditivo (usado en tasas de 600 a 1800 ml/100 kg de cemento) sobre la resistencia del concreto.

Tabla 5.8: Correlación entre resistencia a la compresión y tasa de dosificación de aditivo.

Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Resistencia alcanzada a 28 días (kg/cm ²)			
	Mezcla A (A/C = 0.45)	Mezcla B (A/C = 0.40)	Mezcla C (A/C = 0.35)	Mezcla D (A/C = 0.32)
600	545.47	552.14	714.60	744.23
1200	588.05	643.94	695.46	703.86
1800	595.45	670.74	641.99	671.27

FUENTE: Los autores

Figura 5.1: Correlación entre resistencia a la compresión y tasa de dosificación de aditivo.



FUENTE: Los autores

En la figura 5.1 se muestra la correlación que expresa que en las mezclas con mayor relación agua/cementantes, que son de 0.45 y 0.4 (A y B respectivamente) la resistencia aumenta conforme aumenta la tasa de aditivo, debido a que el aditivo trabaja como reductor de agua conforme se incrementa su dosificación; pero por el contrario, para las relaciones agua/cementantes de 0.35 y 0.32 (C y D respectivamente) las resistencias disminuyen conforme aumenta la tasa de aditivo, esto se le atribuye a que la relación agua/cementantes es tan baja, que al reducirle agua, no todas las partículas de cemento alcanzan a hidratarse generando menor resistencia a medida que se incrementa la reducción.

Debido a lo anterior se observa que para mezclas de concreto de alta resistencia con relaciones agua/cementantes iguales o superiores a 0.4, la tasa de dosificación de aditivo más adecuada para alcanzar el valor más cercano a la resistencia de diseño es de 1800 ml/100kg de cemento, pero cuando se trabaja con relaciones menores a 0.4, la tasa de dosificación más adecuada es la de 600 ml/100kg de cemento, debido a que con esta se alcanzan las mayores resistencias, porque al existir mayor cantidad de agua en la mezcla se hidratan mejor las partículas de cemento.

5.3.2 CORRELACION ENTRE LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE EN LA MEZCLA Y EL PORCENTAJE DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO.

Es necesario conocer la capacidad que el aditivo posee para reducir agua a mezclas con diferentes cantidades de materiales cementantes, es por eso que se ha obtenido una correlación entre la tasa de aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango y el porcentaje de reducción de agua de mezclado, graficando la primera en el eje de las abscisas (eje x) y la segunda en el eje de las ordenadas (eje y) respectivamente, para cada una de las resistencias en estudio definidas.

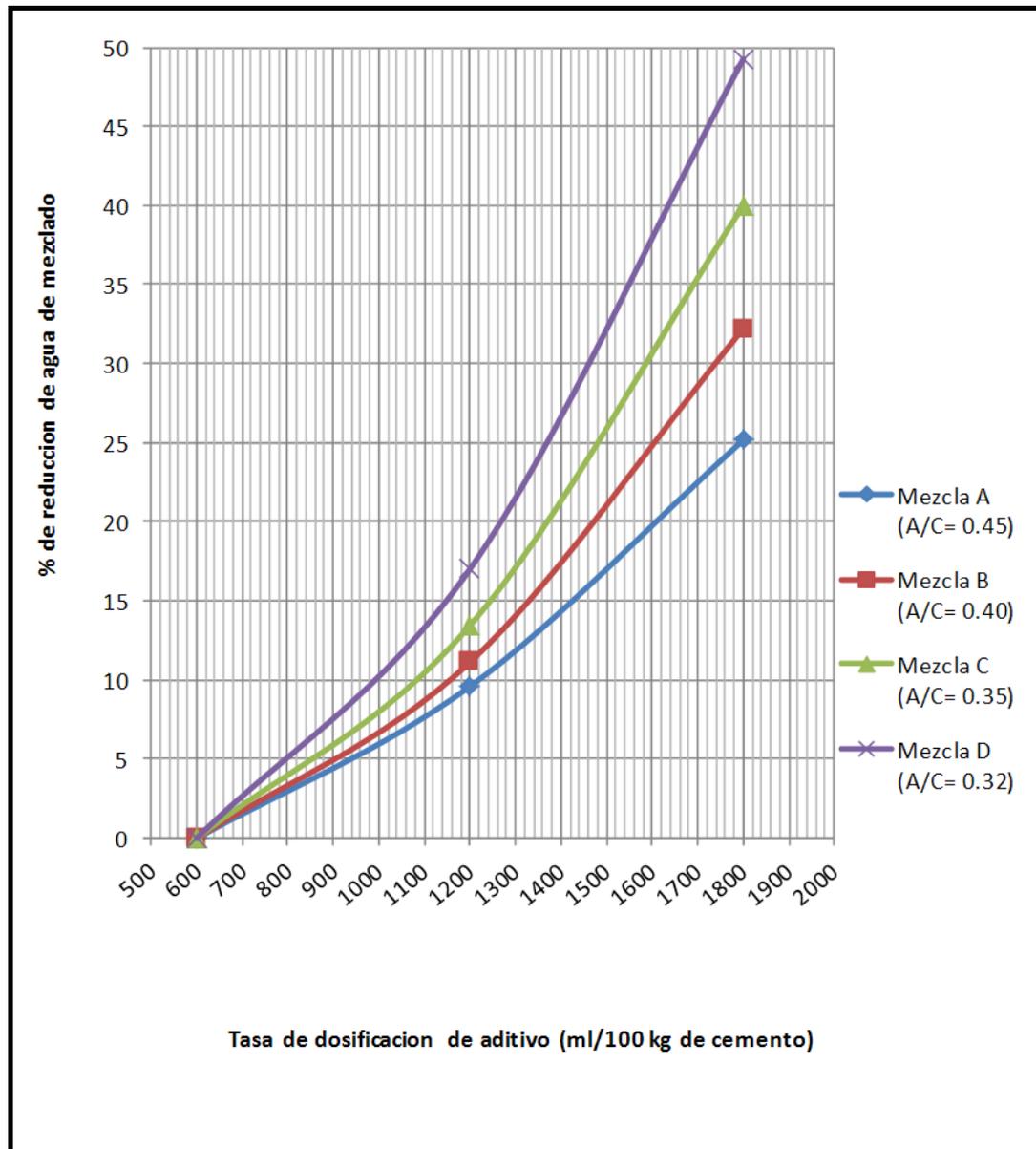
En la tabla 5.9 y figura 5.2 se muestran los resultados y el gráfico con la correlación encontrada.

Tabla 5.9: Correlación entre la tasa de dosificación de aditivo y el porcentaje de reducción de agua de mezclado.

Tasa de dosificación (ml/100 kg de cemento)	Porcentaje de reducción de agua de mezclado			
	Mezcla A (A/C= 0.45)	Mezcla B (A/C= 0.40)	Mezcla C (A/C= 0.35)	Mezcla D (A/C= 0.32)
600	0.00	0.00	0.00	0.00
1200	9.59	11.12	13.43	17.01
1800	25.17	32.21	39.99	49.24

FUENTE: Los autores

Figura 5.2: Correlación entre la tasa de dosificación de aditivo y el porcentaje de reducción de agua de mezclado.



FUENTE: Los autores

Según los resultados obtenidos en la figura 5.2, esta correlación expresa que cuando se utiliza una dosificación de 600 ml/cada 100 kg de cemento, se obtuvo un porcentaje de reducción nulo en todas las mezclas para conseguir la trabajabilidad adecuada, por lo que se observa que para esta tasa el aditivo no trabaja como reductor de agua, aunque este si mejora la trabajabilidad del concreto; para la tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100kg de cemento, se obtuvo un porcentaje de reducción de agua de mezcla en el rango de 9.6% a 17%, este porcentaje aumenta dentro del rango anteriormente mencionado a medida que se incrementa la resistencia de diseño; entonces se concluye que con esta tasa de dosificación el aditivo si trabaja como reductor de agua y superplastificante; y al aplicar la tasa de 1800 ml/100kg de cemento, se obtuvieron valores de reducción en el rango de 25.2% a 49.2% del agua de mezclado, reducción que incrementa dentro de este rango conforme aumenta la resistencia de diseño, estableciendo que con esta tasa se generan las mayores reducciones de agua de mezclado.

Así, se demuestra que cuando incrementa la tasa de aditivo se requiere de menor cantidad de cemento para elaborar la mezcla; debido a que aumentan los porcentajes de reducción de agua de mezclado. Pero es necesario aclarar que aunque con ellas se generen reducciones elevadas de agua de mezclado, las tasas de aditivo de 1200 y 1800 ml/100kg de cemento aplicadas en mezclas con relaciones agua/cementantes por debajo de 0.35 generan menores resistencias que las obtenidas al utilizar una tasa de 600 ml/100kg de cemento para estas mismas relaciones agua/cementantes.

5.3.3 CORRELACION ENTRE RELACION AGUA / CEMENTANTES ($W/(C+P)$) CON RESISTENCIA A LA COMPRESION EN ESTUDIO, TEORICA DE DISEÑO Y OBTENIDA A 28 DIAS.

Se ha establecido una correlación que permita obtener a partir de un valor deseado de resistencia a 28 días, un valor de relación agua / cementantes ($W/(C+P)$), la que se ha realizado graficando en el eje de las abscisas las resistencias obtenidas a 28 días, y en el eje de las ordenadas la relación agua / cementantes ($W/(C+P)$) utilizada en el diseño de las mezclas de concreto, se han elaborado 3 curvas diferentes, cada una representa los resultados obtenidos para cada una de las tasas de dosificación de aditivo superplastificante reductor de agua de alto rango utilizadas en la investigación; también, para que sirva de parámetro de comparación, se muestra una curva elaborada con los valores teóricos propuestos por el comité ACI de relación agua / cementantes ($W/(P+C)$), para obtener una determinada resistencia del concreto a compresión.

Es necesario aclarar que no se puede hacer uso arbitrario de esta correlación para obtener una determinada resistencia, debido a que las resistencias obtenidas están ligadas directamente a las propiedades de cada uno de los componentes utilizados para elaborar los diseños y las mezclas de concreto.

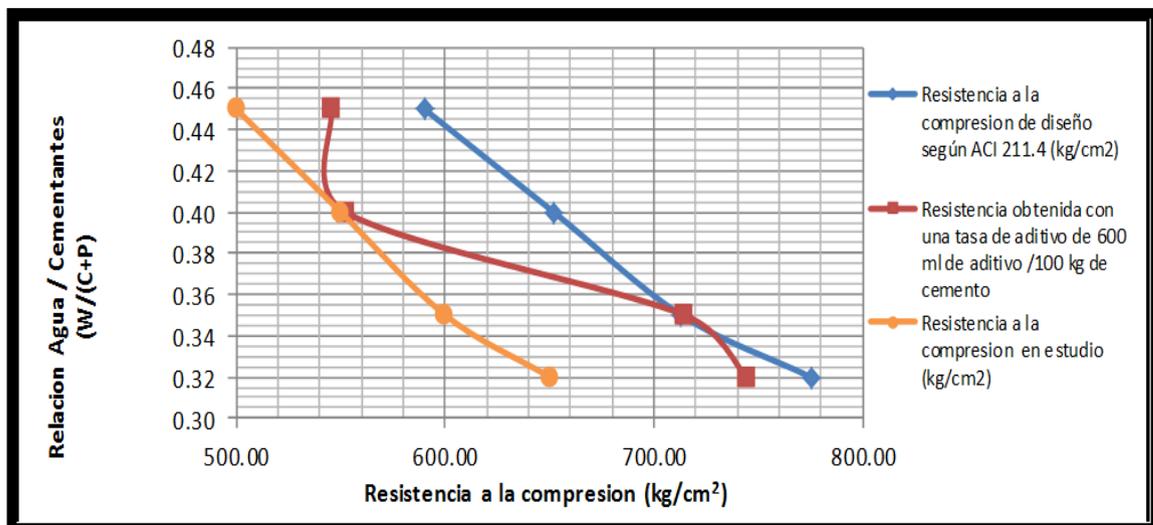
A continuación se muestran los resultados y los gráficos de la correlación obtenida en la tabla 5.10 y las figuras 5.3, 5.4 y 5.5.

Tabla 5.10: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida.

Relacion Agua / Cementantes (W/(C+P))	Resistencia a la compresion de diseño según ACI 211.4 (kg/cm ²)	Resistencia a la compresion en estudio (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada a 28 días (kg/cm ²)		
			600 ml de aditivo /100 kg de cemento	1200 ml de aditivo /100 kg de cemento	1800 ml de aditivo /100 kg de cemento
0.32	775.00	650.00	744.23	703.86	671.27
0.35	713.00	600.00	714.60	695.46	641.99
0.40	652.00	550.00	552.14	643.94	670.74
0.45	590.00	500.00	545.47	588.05	595.45

FUENTE: Los autores

Figura 5.3: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento.



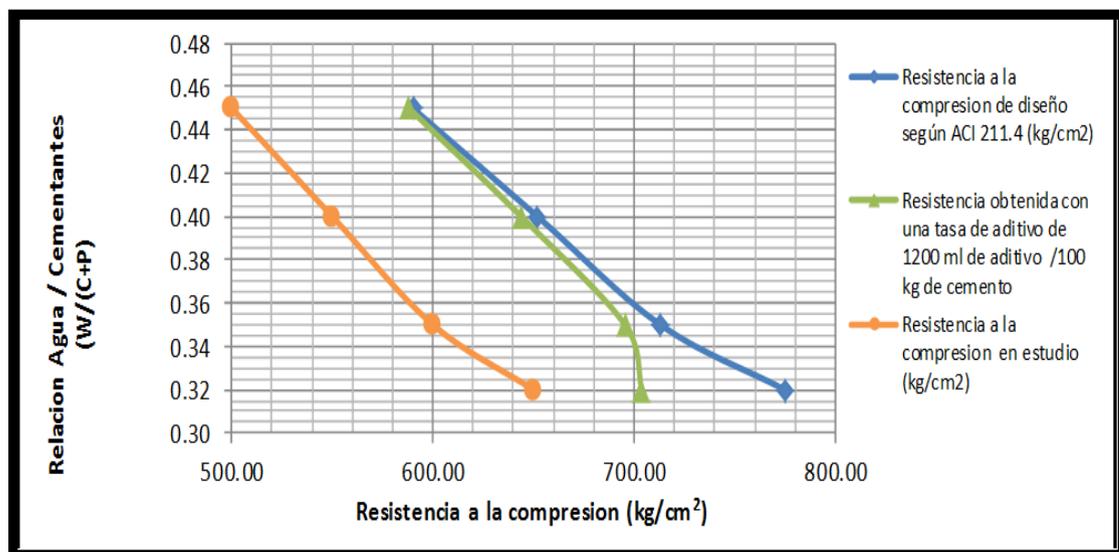
FUENTE: Los autores

La figura 5.3 muestra los resultados promedio obtenidos de resistencia a la compresión para una tasa de aditivo de 600 ml/100kg de cemento, los cuales demuestran que estos no

alcanzaron la resistencia a la compresión de diseño establecida, pero si superaron la resistencia a compresión en estudio, obteniendo un aumento de 9%, 19% y 14% respecto a las resistencias en estudio de 500, 600 y 650 kg/cm^2 respectivamente; pero para la resistencia en estudio de 550 kg/cm^2 no se generó ni aumento ni disminución.

También se corrobora que para relaciones agua/cementantes en el rango de 0.4 a 0.45, esta tasa de dosificación genera menores resistencias a la compresión, por el contrario para las relaciones agua/cementantes en el rango de 0.35 a 0.32 se obtiene las mayores resistencias a la compresión respecto a la resistencia de diseño de cada relación agua/cementantes con esta tasa de dosificación de aditivo.

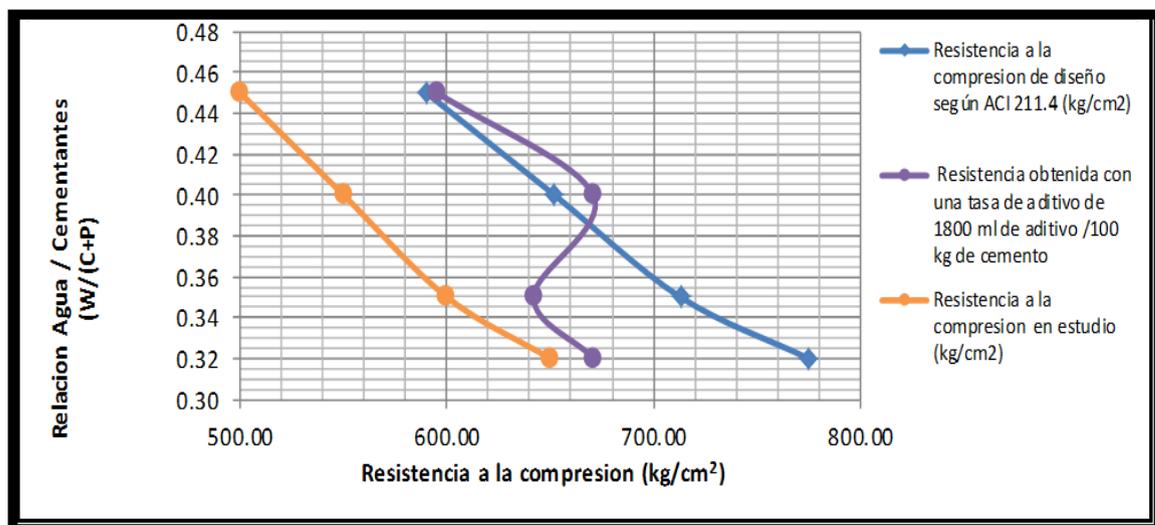
Figura 5.4: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento.



FUENTE: Los autores

La correlación presentada en la figura 5.4 expresa que el promedio de las resistencias no alcanza las resistencias de diseño, aunque el promedio de las resistencias obtenidas para cada relación agua/cementantes sobrepasa las resistencias en estudio definidas para cada relación, obteniéndose un aumento de 18%, 17%, 16% y 8% respecto a las resistencias en estudio de 500, 550, 600 y 650 kg/cm^2 respectivamente; entonces se tiene que, conforme la relación agua/cementantes disminuye, el aumento respecto a la resistencia en estudio de las mezclas es menor, así, se observa que para relaciones en el rango de 0.35 a 0.45, es más conveniente trabajar con una tasa de aditivo de 1200ml/100kg de cemento, dado que esta tasa de dosificación genera valores mayores en comparación con la resistencia en estudio.

Figura 5.5: Correlación entre la relación agua/cementantes con resistencia a la compresión en estudio, teórica de diseño y obtenida para una tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento.



FUENTE: Los autores

En la correlación mostrada en la figura 5.5 se obtuvo que las mezclas A y B (0.45 y 0.4 de relación agua/cementantes respectivamente) poseen resistencias obtenidas a 28 días que sobrepasan la resistencia de diseño, mientras que las mezclas C y D (0.35 y 0.32 de relación agua/cementantes respectivamente) poseen valores con reducciones significativas respecto a la resistencia de diseño; aunque para todas las mezclas se sobrepasa la resistencia en estudio, obteniéndose un aumento de 19%, 22%, 7% y 3% respecto a las resistencias en estudio de 500, 550, 600 y 650 kg/cm² respectivamente, por lo que, esta tasa se considera más efectiva cuando se utiliza con valores de 0.45 de relación agua/cementantes, pero principalmente cuando se usa una relación agua/cementantes de 0.4 porque es en este punto donde se alcanza la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio.

En resumen se observa que, para alcanzar la resistencia de diseño especificada para mezclas con relaciones agua/cementantes de 0.35 y 0.32 es más conveniente utilizar una tasa de dosificación de aditivo de 600ml/100kg de cemento.

Para las relaciones de 0.4 y 0.45 es más conveniente utilizar las tasas de aditivo de 1200 o de 1800 ml/100kg de cemento, dado que las dos tasas de dosificación generan una muy buena resistencia respecto a la resistencia de diseño, pero desde el punto de vista económico quizá resulte mejor ocupar la tasa de 1800 ml/100 kg de cemento porque debido a que reduce una mayor cantidad de agua, utiliza menos cemento para elaborar la mezcla.

Finalmente se puede observar que se pueden alcanzar resistencias mayores a las resistencias en estudio utilizando diseños para resistencias inferiores, esto puede resultar conveniente ya que se pueden reducir costos y alcanzar siempre la resistencia buscada al utilizar relaciones agua/cementantes mayores y que requieran un menor contenido de cemento; así, se observa que:

- Al diseñar y elaborar el concreto con una relación agua/cementantes de 0.45 y una tasa de dosificación de 1200 ml/100 kg de cemento se puede alcanzar una resistencia por encima de los 550 kg/cm².
- Cuando se diseña y elabora el concreto con una relación agua/cementantes de 0.4 y una tasa de dosificación de 1200 ml/100 kg de cemento se puede alcanzar una resistencia por encima de los 600 kg/cm².
- Al diseñar y elaborar el concreto con una relación agua/cementantes de 0.40 y una tasa de dosificación de 1800 ml/100 kg de cemento se puede alcanzar una resistencia por encima de los 650 kg/cm².
- Para alcanzar una resistencia superior a los 700 kg/cm² se puede diseñar y elaborar el concreto con una relación agua/cementantes de 0.35 y una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento.

5.3.4 CORRELACION ENTRE LOS MODULOS DE ELASTICIDAD OBTENIDOS Y TEORICOS, CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A 28 DIAS DE EDAD DE LAS DIFERENTES MEZCLAS.

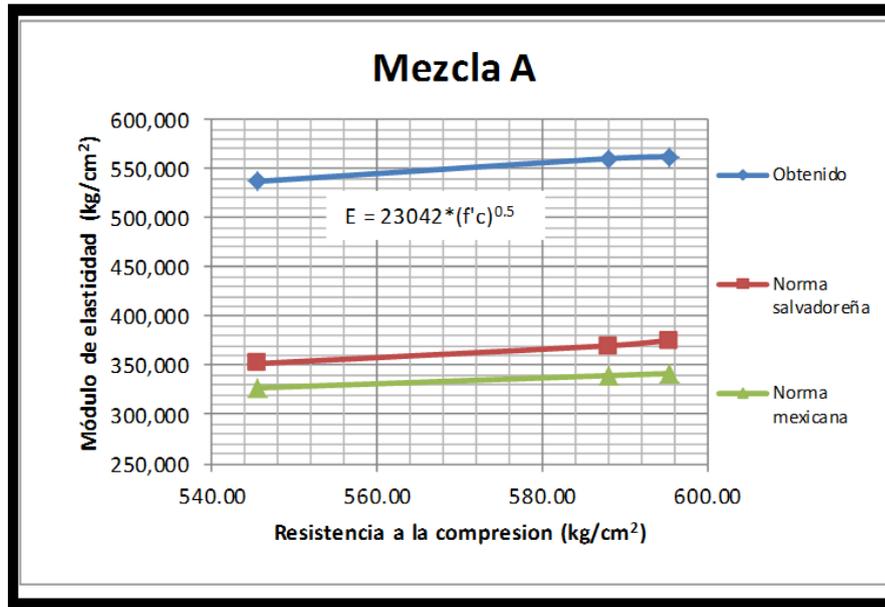
Se ha obtenido una correlación entre los módulos de elasticidad del concreto y la resistencia a la compresión a 28 días, a fin de verificar la relación que existe entre estas propiedades en el concreto de alta resistencia. La correlación ha sido elaborada graficando en el eje de las abscisas la resistencia obtenida a la compresión a 28 días, y en el eje de las ordenadas, el valor del módulo de elasticidad obtenido de la prueba experimental; además, a modo de comparación con los valores reales, se ha elaborado una curva utilizando valores teóricos obtenidos a través de la fórmula propuesta, definida en la sección 2.5.2 de este documento. En la tabla 5.11 y figura 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9 se muestran los resultados y el gráfico de la correlación descrita anteriormente.

Tabla 5.11: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida.

Mezcla	Tasa de aditivo (ml/100 kg de cemento)	Resistencia a la compresion alcanzada a 28 dias (kg/cm ²)	Modulos de elasticidad (kg/cm ²)		
			Obtenido	Norma salvadoreña	Norma mexicana
A	600	545.47	536,874	351,666	326,974
	1200	588.05	560,086	369,845	339,497
	1800	595.45	562,243	375,336	341,627
B	600	552.14	542,893	357,894	328,969
	1200	643.94	577,698	387,801	355,263
	1800	670.74	597,668	403,336	362,581
C	600	714.60	643,695	406,697	374,247
	1200	695.46	612,252	404,639	369,202
	1800	641.99	588,938	394,595	354,724
D	600	744.23	670,078	415,976	381,929
	1200	703.86	627,277	408,165	371,424
	1800	671.27	592,214	407,509	362,723

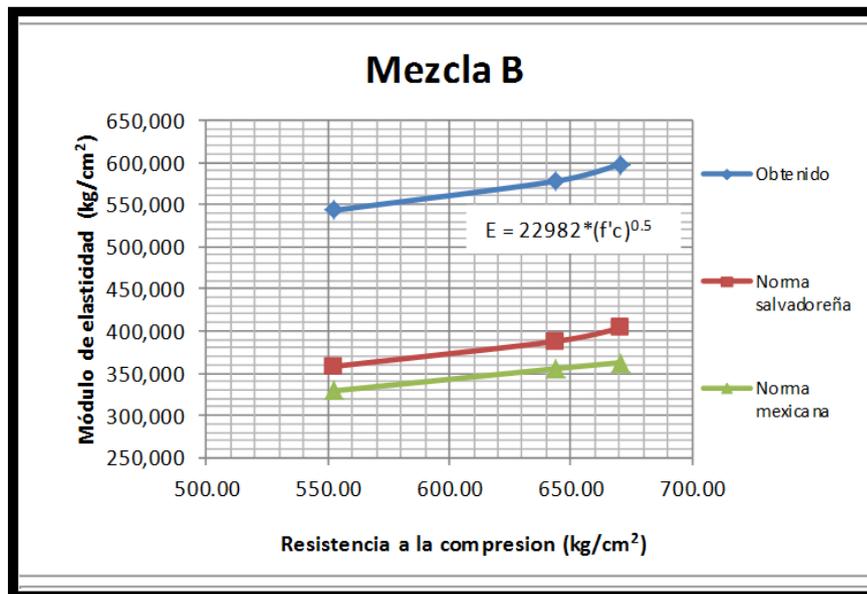
FUENTE: Los autores

Figura 5.6: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla A.



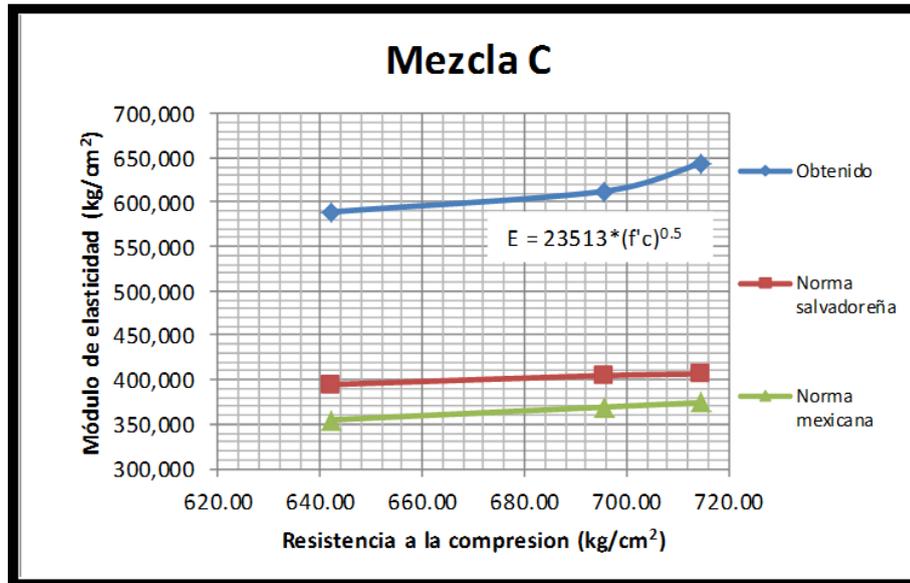
FUENTE: Los autores

Figura 5.7: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla B.



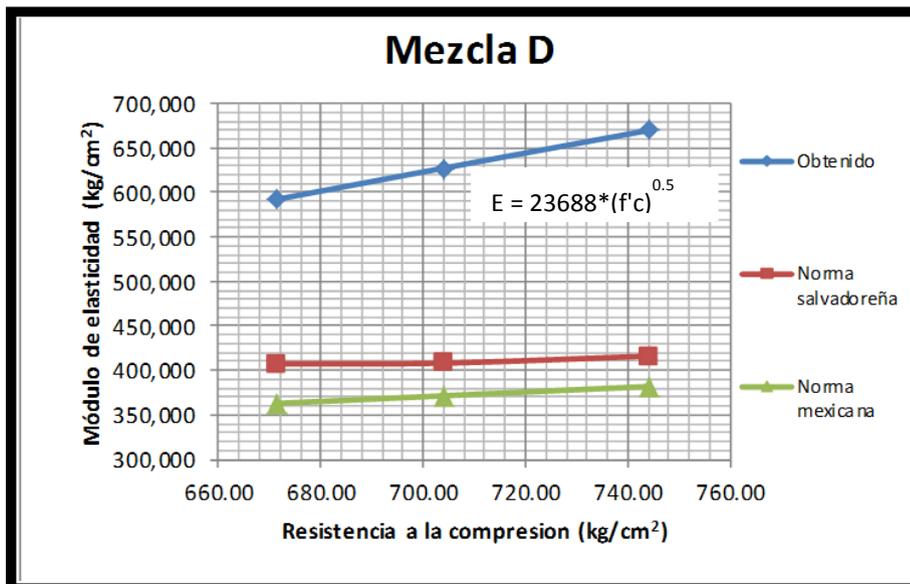
FUENTE: Los autores

Figura 5.8: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla C.



FUENTE: Los autores

Figura 5.9: Correlación entre los módulos de elasticidad obtenidos y teóricos con la resistencia a la compresión obtenida para la mezcla D.



FUENTE: Los autores.

En los gráficos anteriores se encuentran las ecuaciones para el cálculo del módulo de elasticidad, utilizando el coeficiente numérico del módulo de elasticidad obtenido de los resultados de los ensayos realizados los cuales se detallan en la sección 5.2.2.2 de este documento.

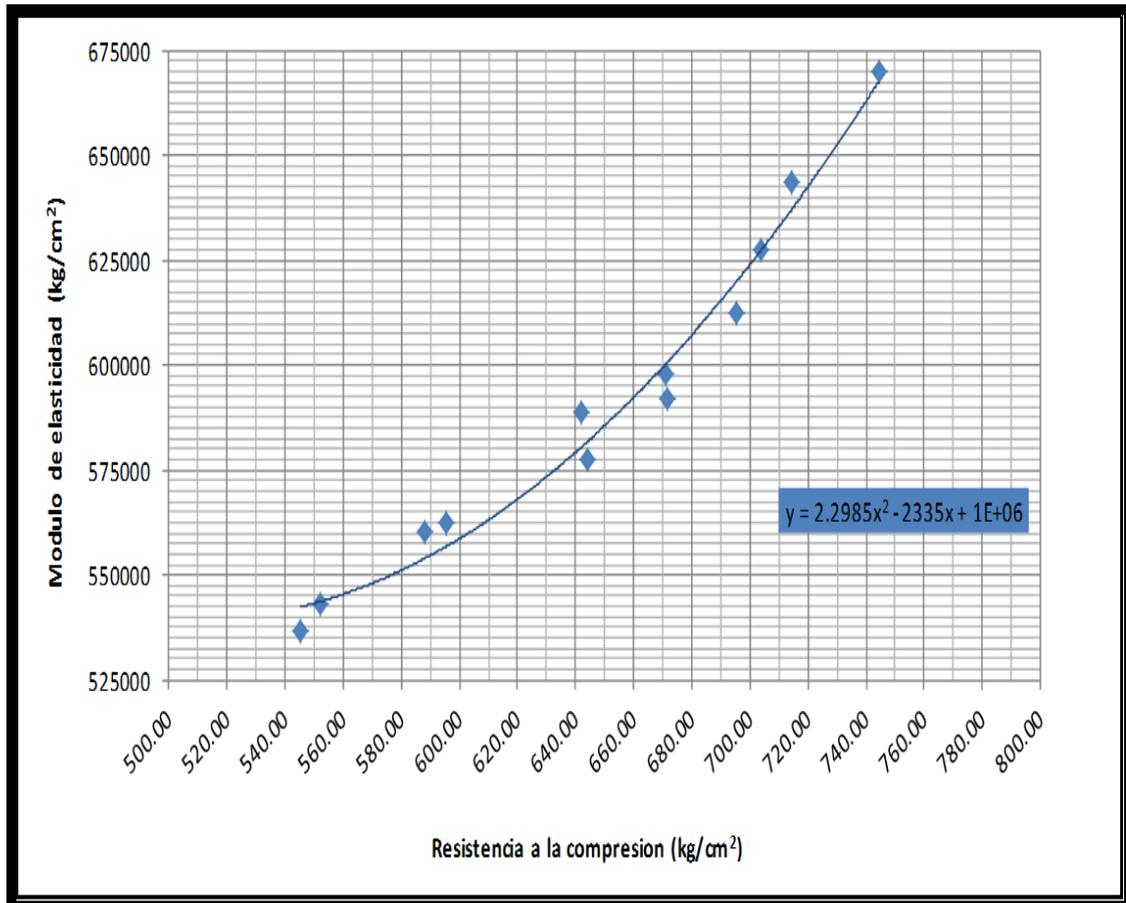
Los resultados obtenidos del ensayo de módulo de elasticidad (figura 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9) se relacionan con los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión, en el sentido que los valores del módulo de elasticidad aumentan conforme se incrementa la resistencia a la compresión, y disminuyen cuando la resistencia lo hace.

Además, se tiene que para las mezclas de mayor relación agua/cementantes, el módulo de elasticidad aumenta conforme la tasa de aditivo se incrementa, y para las de menor relación agua/cementantes (0.35 y 0.32), mientras mayor es la tasa de aditivo, menor es el módulo de elasticidad porque existe una menor resistencia alcanzada.

En la figura 5.10 se muestran la línea de tendencia de los valores obtenidos de módulo de elasticidad (E) para las diferentes resistencias a la compresión obtenidas en esta investigación; del grafico en la figura 5.10 se obtuvo una ecuación general que permite establecer los valores de E a partir de la resistencia obtenida; según lo anterior la ecuación que relaciona los módulos de elasticidad con la resistencia es:

$$E = 2.298 * (f'c)^2 - 2335 * (f'c) + 1x10^6$$

Figura 5.10: Grafico de tendencia entre módulo de elasticidad y resistencia a la compresión obtenida.



FUENTE: Los autores.

**CAPITULO VI:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

6.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones que surgieron a partir del análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior; este capítulo ha sido dividido en dos partes principales:

En la primera parte, se enumeran las conclusiones, las cuales han sido agrupadas conforme el desarrollo de esta investigación, tomando en cuenta todos los aspectos fundamentales, desde la selección de los materiales y el diseño de las mezclas para fabricar concreto de alta resistencia hasta el análisis de los resultados de las pruebas hechas al concreto fresco y endurecido, así como también el análisis hecho a las correlaciones, planteadas en el capítulo 3 (sección 3.5), cuyos resultados se muestran en el capítulo 5 (sección 5.3).

En la segunda parte de este capítulo, se enuncian las recomendaciones, las cuales han sido resultado de las observaciones hechas durante el desarrollo de esta investigación y de los resultados obtenidos en las diferentes pruebas hechas al concreto, las recomendaciones han sido ordenadas de acuerdo al desarrollo de la investigación, desde la selección de los materiales y el diseño de las mezclas de concreto de alta resistencia hasta la elaboración de las mezclas y los ensayos realizados al concreto en estado fresco y endurecido.

6.2 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en la investigación, se concluye lo siguiente.

6.2.1 PRUEBAS AL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO.

6.2.1.1 Ensayo de revenimiento ASTM C-143.

- ❖ El aditivo utilizado en esta investigación, si cumple su función como superplastificante para las tasas de dosificación comprendidas en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, brindando valores de revenimiento en el rango establecido de 5 a 8 pulgadas.

- ❖ Las mezclas elaboradas en esta investigación presentaron una trabajabilidad y cohesividad adecuada las cuales se determinaron a través del parámetro de revenimiento, obteniendo valores de revenimiento de 7 a 8 pulgadas en mezclas que no presentaron segregación.

6.2.1.2 Ensayo de temperatura ASTM C-1074.

- ❖ Las tasas de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, no influyen en la temperatura de la mezcla de concreto, dado que la temperatura de todas las mezclas varía entre 29 °C y 30 °C, valores que resultaron

menores que la temperatura máxima de 32 °C según norma ASTM C-94 (definido en sección 3.6.6 de este documento).

6.2.1.3 Ensayo de contenido de aire del concreto ASTM C-231.

- ❖ La tasa de aditivo de 600 ml/100kg de cemento genera un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 0.4%, en relación al 2% de contenido de aire establecido en los diseños.

- ❖ La tasa de aditivo de 1200 ml/100kg de cemento genera un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 1.1%, en relación al 2% de contenido de aire establecido en los diseños.

- ❖ La tasa de aditivo de 1800 ml/100kg de cemento genera un aumento promedio en el contenido de aire de las mezclas de concreto de 1.4%, en relación al 2% de contenido de aire establecido en los diseños.

- ❖ Todos los valores de contenido de aire del concreto obtenidos para las tasas de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento se encuentran dentro del rango de 2.4 a 3.5%, los cuales son menores o iguales al 3.5% máximo (según ASTM C-494) cuando se utiliza aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante .

6.2.1.4 Ensayo de peso volumétrico del concreto ASTM C-138.

- ❖ Los valores del peso volumétrico del concreto no se ven afectados por el uso de aditivo objeto de estudio, en dosificaciones en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento; ya que estos resultados son mayores a los estimados en el diseño, este aumento oscila en el rango de 0.25% a 0.9% respecto al estimado en el diseño.

6.2.1.5 Ensayo de tiempo de fraguado del concreto ASTM C-403.

- ❖ Para la mezcla A (resistencia en estudio de 500 kg/cm²), a medida se incrementa la tasa de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento disminuye considerablemente el tiempo de fraguado inicial y final, disminuyendo los valores de la tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento respecto a la de 600 ml/100kg de cemento, en 50 y 59 minutos para los tiempos de fraguado inicial y final respectivamente, y comparando la reducción de la tasa de 1200 respecto a la de 600 ml/100 kg de cemento se obtuvo una disminución de 30 y 15 minutos para los tiempos de fraguado inicial y final respectivamente.

6.2.2 PRUEBAS AL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO ENDURECIDO

6.2.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C-39.

- ❖ Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a 7 días de edad, alcanzaron valores de resistencia a la compresión en el rango de 85% a 104% de la resistencia en estudio para las diferentes tasas de dosificación de aditivo comprendidas en la investigación.

- ❖ Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a 28 días de edad, alcanzaron la resistencia a compresión en estudio especificada en el rango de 100% a 122%, para las tasas de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento.

6.2.3 CORRELACION ENTRE RESISTENCIA A COMPRESION Y LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE.

- ❖ Para la mezcla A (resistencia en estudio de 500 kg/cm²), a medida se incrementa la tasa de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento,

se incrementa la resistencia a la compresión obtenida respecto a la resistencia en estudio definida en el rango de 9 a 19%.

- ❖ Para la mezcla B (resistencia en estudio de 550 kg/cm^2), a medida se incrementa la tasa de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, se incrementa la resistencia a la compresión obtenida respecto a la resistencia en estudio definida en el rango de 0 a 22%.
- ❖ Para la mezcla C (resistencia en estudio de 600 kg/cm^2), a medida se incrementa la tasa de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, se reduce la resistencia a la compresión obtenida respecto a la resistencia en estudio definida en el rango de 7 a 19%.
- ❖ Para la mezcla D (resistencia en estudio de 650 kg/cm^2), a medida se incrementa la tasa de dosificación de aditivo en el rango de 600 a 1800 ml/100kg de cemento, se reduce la resistencia a la compresión obtenida respecto a la resistencia en estudio definida en el rango de 7 a 14%.

6.2.4 CORRELACION ENTRE LA TASA DE DOSIFICACION DE ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE EN LA MEZCLA Y EL PORCENTAJE DE REDUCCION DE AGUA DE MEZCLADO.

- ❖ Para la tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100kg de cemento, en cualquiera de las resistencias en estudio, el aditivo trabaja únicamente como superplastificante en la mezcla, no generando reducción alguna en el agua de mezclado.
- ❖ Para la tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100kg de cemento, el aditivo trabaja como superplastificante y reductor de agua de mezclado, de modo que, a medida se incrementa la resistencia en estudio, el porcentaje de reducción de agua de mezclado incrementa dentro del rango de 9.59 a 17.01% en la mezcla.
- ❖ Para la tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100kg de cemento, el aditivo trabaja como superplastificante y reductor de agua de mezclado, de modo que, a medida se incrementa la resistencia en estudio, el porcentaje de reducción de agua de mezclado incrementa dentro del rango de 25.17 a 49.24% en la mezcla.

6.2.5 CORRELACION ENTRE RELACION AGUA / CEMENTANTES (W/(C+P))
CON RESISTENCIA A LA COMPRESION TEORICA DE DISEÑO Y
OBTENIDA A 28 DÍAS.

6.2.5.1 Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 600 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Para mezclas con relación agua/cementantes de 0.4 y 0.45, elaboradas con esta tasa de dosificación de aditivo, las resistencias obtenidas se encuentran muy por debajo de la resistencia de diseño (652 y 590 kg/cm² respectivamente) según el ACI 211.4, encontrándose estas 100 kg/cm² y 45 kg/cm² por debajo de la resistencia de diseño respectivamente, y por encima de la resistencia en estudio en valores de 2 kg/cm² y 45 kg/cm² respectivamente.

- ❖ Para mezclas con relación agua/cementantes de 0.32 y 0.35, elaboradas con esta tasa de dosificación de aditivo, las resistencias obtenidas se encuentran próximas a la resistencia de diseño (775 y 713 kg/cm² respectivamente) según el ACI 211.4, encontrándose estas 30 kg/cm² por debajo y 1.6 kg/cm² por encima de la resistencia de diseño respectivamente; y por encima de la resistencia en estudio en valores de 94 kg/cm² y 65 kg/cm² respectivamente.

6.2.5.2 Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 1200 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Para mezclas con relación agua/cementantes de 0.45, 0.40 y 0.35, elaboradas con esta tasa de dosificación de aditivo, las resistencias obtenidas se encuentran muy próximas a la resistencia de diseño (590, 652 y 713 kg/cm² respectivamente) según el ACI 211.4, encontrándose estas 2kg/cm², a 8kg/cm² y 17 kg/cm² por debajo de la resistencia de diseño respectivamente; y por encima de la resistencia en estudio en valores de 88 kg/cm², 93kg/cm² y 45 kg/cm² respectivamente.
- ❖ Para la mezcla con relación agua/cementantes de 0.32, elaborada con esta tasa de dosificación de aditivo, el promedio de resistencia obtenido se encuentra abajo de la resistencia de diseño (775 kg/cm²) según el ACI 211.4, encontrándose esta a 40 kg/cm² de diferencia; y por encima de la resistencia en estudio en valores de 54 kg/cm².

6.2.5.3 Correlación para una tasa de dosificación de aditivo de 1800 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Para mezclas con relación agua/cementantes de 0.45 y 0.40, elaboradas con esta tasa de dosificación de aditivo, las resistencias obtenidas se encuentran próximas a la resistencia de diseño (590 y 652 kg/cm² respectivamente) según el ACI 211.4, encontrándose estas 5 kg/cm² y 18 kg/cm² por encima de la resistencia de diseño

respectivamente; y por encima de la resistencia en estudio en valores de 96 kg/cm^2 y 121 kg/cm^2 respectivamente.

- ❖ Para mezclas con relación agua/cementantes de 0.32 y 0.35, elaboradas con esta tasa de dosificación de aditivo, las resistencias obtenidas se encuentran muy por debajo de la resistencia de diseño (775 y 713 kg/cm^2 respectivamente) según el ACI 211.4, encontrándose estas 104 kg/cm^2 y 71 kg/cm^2 por debajo de la resistencia de diseño respectivamente; y por encima de la resistencia en estudio en valores de 21 kg/cm^2 y 42 kg/cm^2 respectivamente.

- ❖ La tasa de dosificación más conveniente para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 500 kg/cm^2 , es de 1800 ml/100 kg de cemento; para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 550 kg/cm^2 , es de 1800 ml/100 kg de cemento.

- ❖ La tasa de dosificación más conveniente para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 600 kg/cm^2 , es de 600 ml/100 kg de cemento; y para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 650 kg/cm^2 , es de 600 ml/100 kg de cemento.

6.2.6 CORRELACION ENTRE LOS MODULOS DE ELASTICIDAD OBTENIDOS Y TEORICOS CON LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO A 28 DIAS DE EDAD DE LAS DIFERENTES MEZCLAS.

- ❖ En la mezcla A (con resistencia en estudio de 500 kg/cm^2), los valores obtenidos de módulo de elasticidad se rigen por la ecuación: $E = 23042 * (f'c)^{0.5}$.
- ❖ En la mezcla B (con resistencia en estudio de 550 kg/cm^2), los valores obtenidos de módulo de elasticidad se rigen por la ecuación: $E = 22982 * (f'c)^{0.5}$.
- ❖ En la mezcla C (con resistencia en estudio de 600 kg/cm^2), los valores obtenidos de módulo de elasticidad se rigen por la ecuación: $E = 23513 * (f'c)^{0.5}$.
- ❖ En la mezcla D (con resistencia en estudio de 650 kg/cm^2), los valores obtenidos de módulo de elasticidad se rigen por la ecuación: $E = 23688 * (f'c)^{0.5}$.
- ❖ La ecuación general que permite obtener el módulo de elasticidad en función de la resistencia obtenida es: $E = 2.298 * (f'c)^2 - 2335 * (f'c) + 1x10^6$

6.3 RECOMENDACIONES

Como recomendaciones generales de la investigación se presentan las siguientes:

- ❖ Se recomienda que al retomar este tema como fin de investigación, se profundice en la parte de la determinación de la relación de Poisson y tiempo de fraguado del concreto, ya que posiblemente debido al equipo utilizado y a la disponibilidad del mismo, no se han podido obtener resultados sobre los que se pueda concluir adecuadamente.
- ❖ Es recomendable que si se desea continuar con la investigación, se evalúe la parte económica de la misma, para poder concluir sobre la que tan conveniente resulta el uso del aditivo a para disminuir costos en la elaboración del concreto de alta resistencia.

6.3.1. SELECCION DE LOS MATERIALES.

- ❖ Para obtener las resistencias buscadas es necesario que las mezclas de concreto de alta resistencia se elaboren con agregados que cumplan con los requisitos de calidad establecidos en la sección 3.6 de este documento.

- ❖ En cuanto al uso del aditivo, se deben hacer pruebas previas para determinar los efectos que este genere en la mezcla de concreto en parámetros como trabajabilidad y cohesión.
- ❖ Se recomienda realizar una mejor selección de los agregados para lograr que estos contengan el menor porcentaje de pómez posible, lo cual permita lograr mejores resultados de resistencias a la compresión que las obtenidos en esta investigación.

6.3.2. DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO.

- ❖ Al elaborar mezclas con resistencia en estudio de 500, 550, 600 y 650 kg/cm² es recomendable utilizar un sobre-diseño en el rango de 18.0 a 20.0% para evitar un sobre-diseño excesivo.
- ❖ En el caso que se conozca la cantidad de agua presente en el aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante, es recomendable que esta sea tomada en cuenta cuando se elabore el diseño de la mezcla de concreto para poder ajustar correctamente la relación agua/cementantes de la mezcla a elaborar.

- ❖ En caso de no elaborar las mezclas con el aditivo utilizado en esta investigación, es necesario que se establezca nuevamente la capacidad de reducción de agua de mezclado que generan las diferentes dosificaciones de aditivo.

- ❖ El procedimiento de diseño de mezclas expuesto por el comité ACI 211.1-93, sirve como una guía de diseño de mezclas de concreto de alta resistencia, por ello se recomienda realizar pruebas previas a las mezclas diseñadas con él, a fin de verificar y ajustar estos diseño para que estén de acuerdo a las necesidades propias de cada uno, evitando así resultados no deseados.

6.3.3. ELABORACION DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA.

- ❖ Para obtener resistencias similares a las alcanzadas en esta investigación, es necesario utilizar relaciones agua/cementantes similares a las usadas en la investigación y dosificaciones de aditivo que mejoren la trabajabilidad y permitan reducir la cantidad de agua de mezclado sin afectar la hidratación del cemento.

- ❖ La tasa de dosificación más conveniente para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 500 kg/cm^2 , es de 1800 ml/100 kg de cemento;

para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 550 kg/cm^2 , es de 1800 ml/100 kg de cemento.

- ❖ La tasa de dosificación más conveniente para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 600 kg/cm^2 , es de 600 ml/100 kg de cemento; y para alcanzar la mayor resistencia respecto a la resistencia en estudio 650 kg/cm^2 , es de 600 ml/100 kg de cemento.
- ❖ Si se desea alcanzar valores mayores de resistencia a compresión obtenidos respecto a la resistencia en estudio, para mezclas con relaciones agua/cementantes de 0.35 y 0.32, se recomienda utilizar una tasa de aditivo reductor de agua de alto rango de 600 ml/100 kg de cemento.
- ❖ Si se desea alcanzar valores mayores de resistencia a compresión obtenidos respecto a la resistencia en estudio, para mezclas con relaciones agua/cementantes de 0.40 y 0.45, se recomienda utilizar una tasa de aditivo reductor de agua de alto rango de 1800 ml/100 kg de cemento.
- ❖ Si se desea alcanzar resistencias a compresión a 28 días de 500 kg/cm^2 se recomienda utilizar una relación agua/cementantes de 0.45, pudiendo utilizar cualquier tasa de dosificación de aditivo planteadas en este estudio.

- ❖ Cuando se desea alcanzar resistencias a compresión a 28 días de 550 kg/cm^2 se recomienda utilizar una relación agua/cementantes de 0.45, y una tasa de dosificación de 1200 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Cuando se desea alcanzar resistencias a compresión a 28 días de 600 kg/cm^2 se recomienda utilizar una relación agua/cementantes de 0.40, y una tasa de dosificación de 1200 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Cuando se desea alcanzar resistencias a compresión a 28 días de 650 kg/cm^2 se recomienda utilizar una relación agua/cementantes de 0.40, y una tasa de dosificación de 1800 ml/100 kg de cemento.

- ❖ Cuando se desea alcanzar resistencias a compresión a 28 días de 700 kg/cm^2 se recomienda utilizar una relación agua/cementantes de 0.35, y una tasa de dosificación de 600 ml/100 kg de cemento.

GLOSARIO

- **Adición:** Material inorgánico finamente dividido, utilizado en el concreto para mejorar ciertas propiedades o lograr propiedades especiales. Existen dos tipos de adiciones inorgánicas: adiciones inertes (Tipo I) y adiciones hidráulicas latentes o puzolánicas (Tipo II).
- **Aditivo HRWR (High range water reducing):** Aditivo superplastificante reductor de agua de mezclado de alto rango.
- **Arena manufacturada:** Agregado fino producido al triturar roca, grava, escorias de hierro de altos hornos, o concreto de cemento hidráulico.
- **Bachada:** Cantidad de materiales mezclados, que en cada ciclo produce una revolvedora o planta mezcladora.
- **Cemento hidráulico:** Material con características cementantes o aglutinantes que reacciona con agua y es usado para unir entre sí todos los agregados para producir concreto hidráulico.
- **Clínker:** Caliza cocida.
- **Cohesión:** Identificada con el esfuerzo de cedencia, representa la resistencia que la mezcla opone para deformarse e iniciar el flujo del concreto.
- **Componentes del concreto:** Son aquellos materiales que en conjunto constituyen el concreto, los cuales básicamente son agregados (arena y grava) y pasta (cemento Pórtland y agua); los aditivos y adiciones son incluidos en la mezcla como componentes especiales.

- **Concreto de alta resistencia:** según el ACI un concreto de alta resistencia es aquel que alcanza una resistencia igual o superior a 500 Kg/cm^2 a los 28 días, las mezclas de este tipo de concreto se deben diseñar partiendo de una relación agua/cemento baja, para poder alcanzar altas resistencias.
- **Concreto endurecido:** El concreto se encuentra en este estado cuando propiamente comienza la formación del tejido filamentoso producto de la hidratación, o gel de cemento, que endurece la pasta y que a su vez la capacita para aglutinar las partículas de los agregados, dándole resistencia mecánica a la masa del concreto.
- **Concreto fresco:** Mezcla de concreto recién elaborada, la cual es una masa plástica que puede ser moldeada con relativa facilidad, y que a temperatura normal de prueba permanece en ese estado durante pocas horas. Inicia desde que el concreto está recién mezclado, hasta el principio de la rigidez del mismo.
- **Consistencia:** Es una medida de la trabajabilidad referida a la movilidad y la compactación del concreto, en términos de la apariencia que exhibe al ser manipulada y expresada con base en resultados de alguna prueba específica.
- **Curado:** Procedimiento para mantener en el concreto, los contenidos de humedad y temperatura en condiciones satisfactorias, durante un período definido inmediatamente después de la colocación y acabado, con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.
- **DRUW (Dry Rodded Unit Weight):** peso unitario secado al horno ó peso unitario seco de los agregados grueso y fino).

- **Fíller:** Material fino, compuesto por arena molida y seca.
- **Grava triturada:** Producto resultante de una trituración artificial de la grava, donde la mayoría de las partículas poseen por lo menos una cara resultante de la fractura.
- **Gravedad específica:** La razón de la masa de un volumen de material (incluyendo los vacíos permeables e impermeables, pero excluyendo los vacíos entre partículas), a una temperatura establecida, con la masa de un volumen igual de agua destilada a una temperatura establecida.
- **Mezclado:** Es la incorporación de los componentes del concreto hasta el grado en que las reacciones entre sí se completen; esta puede llevarse a cabo mediante medios manuales o mecánicos.
- **Mortero:** La fracción de concreto consistente en la pasta junto con los agregados de tamaño inferior a 4.75 mm (malla N° 4).
- **Pasta:** Se refiere a la mezcla de cemento, agua, aire (naturalmente atrapado o intencionalmente incorporado) y aditivos (cuando son empleados).
- **Permeabilidad:** Se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando esta se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias.
- **Puzolana:** Silicatos y aluminosilicatos, que por su cuenta poseen poco o ningún valor cementante pero que, finamente divididos y en presencia de humedad,

reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar componentes que poseen propiedades cementantes.

- **Relación agua/cemento (A/C):** La razón de la cantidad de agua en peso, excluyendo solo aquella absorbida por los agregados, a la cantidad en peso de cemento en la pasta aglutinante.
- **Reología:** Examina el comportamiento del concreto y en general de los cuerpos sólidos, líquidos e intermedios entre ambos estados, que se deforman y fluyen por efecto de las fuerzas que actúan en ellos, es decir cuerpos que tienen cierta plasticidad.
- **Segregación:** La separación involuntaria de los constituyentes del concreto o las partículas de agregado, causando una falta de uniformidad en su distribución.
- **Trabajabilidad del concreto:** Es la propiedad que determina el esfuerzo necesario para manipular, una cantidad de mezcla fresca de concreto con la mínima pérdida de homogeneidad.
- **Viscosidad:** Es una medida de la resistencia de un material para fluir debido a la fricción interna (y es la relación de esfuerzo aplicado respecto a la tasa de corte).

REFERENCIAS

- ¹ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 1. Sección 1.4. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ² P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ³ ACI 211.4R93. “Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash”. Chapter 4.
- ⁴ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ⁵ S.H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W.C. Panarese, and J. Tanesi. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Capitulo 17, pagina 362. P.C.A. 2004.
- ⁶ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.10.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ⁷ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.10.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ⁸ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.10.1. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá
- ⁹ González Morán, Selma Idalia y otros (2005) “Concreto Autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos, consideraciones básicas para su implementación en el Salvador”. Página 119. Tesis. UES.
- ¹⁰ IMCYC: “Diseño y control de mezclas de concreto”. Pagina. 41. Editorial Limusa

- ¹¹ Coto, José Aguilar y otros (1994): “Estudio de concreto con alta resistencia a la agresión provocada por la contaminación del medio ambiente”. Parte 1. Página 93, Tesis UES.
- ¹² IMCYC (1991): “Aditivos para concreto”. Editorial Limusa.
- ¹³ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.3. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ¹⁴ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ¹⁵ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.2.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ¹⁶ IMCYC (1990):”Aditivos superfluidificantes para concreto”. Editorial Limusa, Primera edición. Página 61. México.
- ¹⁷ Venuat, Michel (1992): “Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones”. Página 98. Barcelona, España.
- ¹⁸ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 7. Sección 7.3.2. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ¹⁹ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 5. Sección 5.6. Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁰ S.H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W.C. Panarese, and J. Tanesi. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Capitulo 12, pagina 261. P.C.A. 2004
- ²¹ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 12. Sección 12.1 Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.

- ²² P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 12. Sección 12.8
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²³ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 13. Sección 13.3.2.
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁴ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 13. Sección 13.3.2.
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁵ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 13. Sección 13.4.1.
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁶ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 13. Sección 13.4.1.
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁷ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 16. Sección 16.2
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁸ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 16. Sección 16.2
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ²⁹ P-C. AİTCIN, “Concreto De Alto Desempeño”, Capitulo 16. Sección 16.2.1
Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá.
- ³⁰ ISCYC. Revista del ISCYC número 45. Concreto de Alto Desempeño. Página 16

BIBLIOGRAFIA

Libros de Texto:

- P-C. AÏTCIN, “Concreto de Alto Desempeño”, Universidad de Sherbrook, Quebec, Canadá (2006).
- S.H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W.C. Panarese, and J. Tanesi. “Diseño y Control de Mezclas de Concreto”. Asociación del Cemento Portland (PCA). (2004).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE); “Manual de Tecnología del Concreto”. Tomo I, II y III; Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de México (UNAM), Editorial Limusa. México D.F., México. (1994).
- Germán González – Isabel, Ingeniero Técnico de O. P. “Hormigón de Alta Resistencia”. Instituto técnico de materiales y construcciones (INTEMAC 1993).
- Instituto mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), Aditivos superfluidificantes para concreto”. Editorial Limusa, Primera edición. Mexico (1990).
- Venuat, Michel. “Aditivos y tratamientos de morteros y hormigones”. Barcelona, España (1992).

Trabajos de graduación:

- Selma Idalia González Morán y otros; “Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. Beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador”; Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad de El Salvador (UES). San Salvador, El Salvador. (2005).
- Coto, José Aguilar y otros; “Estudio de concreto con alta resistencia a la agresión provocada por la contaminación del medio ambiente”. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad de El Salvador (UES). San Salvador, El Salvador. (1994).
- Garcia Rojas, José Eduardo y otros; “Análisis experimental del uso de un aditivo reductor de agua de alto rango y retardante, para el control de la consistencia y resistencia del concreto hidráulico utilizado en carreteras”. Trabajo de graduación presentado para optar al grado de ingeniero civil en la Universidad de El Salvador (UES). San Salvador, El Salvador. (2009).

Revistas técnicas:

- Revista del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC), Año 12, N° 45, Antiguo Cuscatlán, El Salvador. (2007).

Comités:

- ACI 211.1-91 (2002): Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete.
- ACI 211.4-93 (1998): Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash.
- ACI 363R-92 (1997): Report on High-Strength Concrete
- ACI 363.2-98 (1998): Guide to Quality Control and Testing of High-Strength Concrete.

Normas:

- ASTM C29/C29M-97(2003): Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate.
- ASTM C33-03: Standard Specifications for Concrete Aggregates.
- ASTM C39/C39M-05: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- ASTM C40-99: Standard Test Method for Organic Impurities in Fines Aggregates for Concrete.
- ASTM C94/C94M-03: Standard Specifications for Ready - Mixed Concrete.
- ASTM C125-02: Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates.
- ASTM C127-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.

- ASTM C128-01: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.
- ASTM C136-01: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
- ASTM C138/C138-01a: Standard Test Method for Unit Weight, Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.
- ASTM C143/C143M-00: Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C150-02a^{e1}: Standard Specification for Portland Cement.
- ASTM C172-99: Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.
- ASTM C192/C192M-02: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.
- ASTM C231-97^{e1}: Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.
- ASTM C403/C403M-99: Standard Test Method for Time of Setting of Concrete.
- ASTM C469-02: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression¹.
- ASTM C494/494M-99a^{e1}: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
- ASTM C595-07: Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.
- ASTM C617-98 (2003): Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens.

- ASTM C684-99 (2003): Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens.
- ASTM C702-98: Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size.
- ASTM C1602/C1602M-06: Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C1064/C1064M-01: Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C1157-02: Standard Performance Specification for Hydraulic Cement.
- ASTM D75-03: Standard Practice for Sampling Aggregates.

Otras fuentes:

- Folletos de clase: “Tecnología del Concreto”. Ingra. Lesly Emidalia Mendoza Mejía. Universidad de El Salvador. E.S. (2009).

ANEXOS

ANEXO A:
CARTA DE CERTIFICACION DE CALIDAD
DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I

HOLCIM EL SALVADOR

Formato LC-F-156, Revisión 2
Ref. CESSA 5000 04-10

Este documento **CERTIFICA** que el cemento producido por nuestra empresa bajo denominación **CESSA 5000**, cumple con los requerimientos de la Normativa Americana ASTM (American Society for Testing and Material) C150-07, Tipo I. Este cemento, durante la fecha comprendida del 1 al 30 de Abril de 2010 presentó los siguientes valores promedios de calidad, según los métodos que se detallan:

TABLA 1. REQUERIMIENTOS FISICOS Y QUIMICOS

DETERMINACIÓN	ASTM C150-07 Tipo I	PROMEDIO DE NUESTRO CEMENTO
Tiempo de Fraguado Vicat (ASTM C 191) Inicial (minutos)	No menor de 45 minutos No mayor de 375 minutos	148
Resistencias a la Compresión (ASTM C 109) 3 días (psi) 7 días (psi) 28 días (psi) (A)	1,740 mín. 2,760 mín. ...	3,730 4,660 6,080
Fineza Blaine (cm ² /g) (ASTM C 204)	2,800 mín.	3,200
Contenido de aire del mortero, (% Vol.) (ASTM C 185)	12 máx.	9
Expansión en Autoclave (%) (ASTM C 151)	Expansión máx. 0.8	0.02
Expansión de barras sumergidas en agua. 14 días (%) (ASTM C1038)	...	0.001
Requerimientos Químicos Oxido de Magnesio, MgO (%) Trióxido de azufre, SO ₃ (%) Pérdida al fuego, (%) Residuo Insoluble	6.0 máx. 3.0 máx. (Si C3A es 8% o menos) 3.5 máx. (Si C3A es mayor de 8%) 3.0 máx. 0.75 máx.	0.9 2.5 2.5 0.39

A: Este dato fue obtenido de un periodo previo del resto de valores, pues es el valor más reciente.

Metapán a los diez días del mes de Mayo del año dos mil diez.



Ing. Roberto Guandique
Gerente de Control de Calidad



NOTA: PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE LA EMPRESA

HOLCIM EL SALVADOR, S.A. DE C.V.

Avenida El Espino y Boulevard Sur, Madreselva, Antiguo Cuscatlán
Teléfono: (503)2505-0000; Fax: (503)2505-0106
Apartado Postal 05-17 El Salvador, Centro América

ANEXO B:

HOJA TECNICA DEL ADITIVO

SUPERPLASTIFICANTE “EUCON 37”

EUCON 37

REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO SUPERPLASTIFICANTE

DESCRIPCIÓN

EUCON 37 es un aditivo reductor de agua de alto rango. Puede ser dosificado al concreto en la obra o en la planta de concreto premezclado. No contiene cloruros adicionados en su formulación; por lo tanto se recomienda para concreto pretensado. Es también compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes, cloruro de calcio y muchos otros aditivos; sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto de alto comportamiento.
- Concreto premezclado en general.
- Concreto fuertemente reforzado.
- Concreto para losas y concreto masivo.
- Concreto con baja relación agua/cemento.
- Concreto fluido de alto revenimiento.

BENEFICIOS

- Produce concreto de bajo contenido de agua y con baja relación agua/cemento, permitiendo lograr resistencias más altas.
- Produce concreto fluido con resistencias más altas que las normales.
- Ayuda a la colocación del concreto y reduce costos de mano de obra.
- Cuando se utiliza en elementos prefabricados, con cemento Tipo CPC 40 Y CPC 40 R tendrá como resultado resistencias altas a edades tempranas.

ESPECIFICACIONES/NORMAS

- Cumple por completo con los requerimientos de ASTM C-494, aditivos Tipo A y F.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resultados Típicos de Ingeniería

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

Resistencia a la compresión, % del Testigo

	Especificación, % del testigo	Testigo	Mezcla con Eucon 37
1 día	Min 140	100	169.7
3 días	Min 125	100	161.4
7 días	Min 115	100	151.8
28 días	Min 110	100	153.8
6 meses	Min 100	100	151.4



EUCOLID CHEMICAL

The Euclid Chemical Company
01 800 8 EUCOLID, Centro (55) 5864 9970
Norte (81) 8048 0810, Occidente (33) 3633 6031
www.eucomex.com.mx



Sistema de Calidad Certificado
ISO 9001:2000
ULA12147

Resistencia a la Flexión, % del Testigo

	Especificación, % del testigo	Testigo	Mezcla con Eucon 37
3 días	Min 110	100	144.2
7 días	Min 100	100	126.2
28 días	Min 100	100	117.1

Factor de Durabilidad Relativo

	Especificación, % del testigo	Testigo	Mezcla con Eucon 37
Mínimo	80%	97.93%	96.79%

Pérdida de Revenimiento

El concreto tratado con **EUCON 37** retiene su consistencia plástica de 30 a 60 minutos después de ser dosificado, dependiendo de los revenimientos iniciales y finales y las dosificaciones. Se puede agregar **EUCON 37** en la planta de concreto premezclado o en la obra manualmente o con dosificadores de campo. Utilice **EUCON 537** para reemplazar a **EUCON 37** cuando coloque concreto en climas cálidos (>32°C).

Pérdida de Revenimiento Típica a 21°C

Revenimiento inicial	Rev. después de 30 min
216 mm	178 mm
241 mm	203 mm

APARIENCIA

EUCON 37 es un líquido fluido marrón oscuro, el cual, cuando se agrega al concreto no cambia la apariencia natural del concreto.

INSTRUCCIONES DE USO

Agregue **EUCON 37** al agua de mezcla, en las 2/3 partes. No debe entrar en contacto con el cemento seco.

Concreto de Alta Resistencia

Dosificación - Ponga todo el material de concreto, en el orden correcto, en la mezcladora con aproximadamente un 70% de agua de mezclado y mezcle durante cinco (5) minutos ó 70 revoluciones. Agregue cuidadosamente el agua adicional para obtener el revenimiento necesario y mezcle durante otros tres (3) minutos.

Dosifique **EUCON 37** a razón de 600 mL - 1800 mL / 100 Kg de cemento.

Estas mezclas de baja relación agua/cemento pueden ser colocadas a revenimientos de 152-229 mm.

Concreto Convencional

Ponga todo los materiales para el concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle durante cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de revenimiento típico de 76 mm. Agregue **EUCON 37** y mezcle durante un (1) minuto adicional.

Dosificación - Utilícelo a razón de 375-500 mL/100 kg de cemento.

El revenimiento inicial generalmente está entre 51-76 mm. Estas mezclas, con una relación agua/cemento de 0.45 - 0.50 con frecuencia se utilizan para pisos y losas, en las que se requiere minimizar el contenido de agua, retracción y agrietamiento.

Concreto Fluido

Ponga todo el material de concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle durante cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de revenimiento típico de 76 mm. Agregue **EUCON 37** y mezcle durante otros tres (3) minutos.

Nota: Para mayor información sobre este producto diríjase al Departamento de Atención a Clientes The Euclid Chemical Company México o a su Asesor Técnico - Comercial en la Región. Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previas a su empleo en gran escala. The Euclid Chemical Company se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo. La única garantía sobre los productos Euclid, fabricados o comercializados por The Euclid Chemical Company, se describe en la página 1 de este catálogo.

Esta ficha técnica anula y sustituye a todas las versiones anteriores y tiene vigencia a partir del 1 de Junio de 2009 y vence el 31 de Mayo del 2010

Dosificación - Utilice **EUCON 37** a razón de 625-750 mL/100kg de cemento sobre un concreto de revenimiento convencional (76 mm) para lograr una mezcla fluida. Las proporciones del diseño de mezcla deben basarse en la temperatura, tipo de cemento y la pérdida de revenimiento requerida. El siguiente cuadro muestra las cantidades aproximadas que se agregan para lograr un concreto fluido.

Revenimiento inicial En mm	Dosificación mL/100 Kg
102	500-625
76	625-750
64	750-875
51	875-1000
38	1000-1125

Cuando diseñe mezclas para usarlas con **EUCON 37** siga las recomendaciones del ACI 211.1 y 211.2. Ajuste la proporción de los agregados para mantener la homogeneidad.

Colocación - El concreto tratado con **EUCON 37** puede ser colocado de la misma manera que el concreto convencional.

Cimbras

Las cimbras para las paredes o secciones angostas deben ser a prueba de agua, fuertes y estar bien afianzadas. Durante el "periodo de fluidez", cuando el concreto tiene un revenimiento de 178-229 mm, éste va a ejercer una mayor presión en la base de la cimbra que la que ejercería un concreto convencional. Las cimbras para losas son las mismas que las empleadas para el concreto convencional.

Curado y Sellado - Es muy importante seguir los procedimientos correctos para asegurar la durabilidad y calidad del concreto. Para prevenir fisuras de superficie cure las superficies planas con un compuesto de altos sólidos como **SUPER AQUA-CURE VOX** o **SUPER REZ-SEAL**.

ENVASE

- A Granel.
- Cubetas de 19 L.
- Tambores de 200 L.

Se recomienda mantener el aditivo siempre tapado en los envases que Euclid Chemical provee.

LIMPIEZA

Limpie con agua las herramientas y el equipo antes de que el material se endurezca.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- Se debe proteger el **EUCON 37** contra el congelamiento.
- Se recomienda hacer diseños de mezcla, mezclas de prueba y losas de prueba dadas las variaciones en el cemento y agregados de cada lugar.
- No permita que el concreto se congele hasta que haya alcanzado una resistencia mínima de 70 kg/cm².
- Se utiliza **EUCON 37** en muchos y diferentes diseños de mezcla. Se debe consultar con el Departamento de Ingeniería y el Departamento de Servicios Técnicos de Euclid Chemical cada vez que se tengan dudas respecto a su uso o compatibilidad con otros aditivos. Hay muchos exitosos diseños de mezcla archivados y pueden ser un excelente material de referencia cuando se está preparando un proyecto de diseño de mezcla.
- Se agrega a la mezcla independientemente de otros aditivos.



EUCLID CHEMICAL

The Euclid Chemical Company
01 800 8 EUCLID, Centro (55) 5864 9970
Norte (81) 8048 0810, Occidente (33) 3633 6031
www.eucomex.com.mx



Sistema de Calidad Certificado
ISO 9001:2000
ULA12147

- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y la temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto variando resultados en el concreto fresco o endurecido. En coordinación con el Asesor Técnico Comercial Euclid-México de la región, es fundamental efectuar pruebas de desempeño de los aditivos bajo las condiciones propias de cada obra. De ésta manera, se podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestros clientes.
- Agite el producto antes de usar.
- El producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.

Vida útil: 24 meses en el envase original cerrado.

Nota: Para mayor información sobre este producto dirjase al Departamento de Atención a Clientes The Euclid Chemical Company México o a su Asesor Técnico Comercial en la Región. Los resultados que se obtengan con nuestros productos pueden variar a causa de las diferencias en la composición de los substratos sobre los que se aplica o por efectos de la variación de la temperatura y otros factores. Por ello recomendamos hacer pruebas representativas previas a su empleo en gran escala. The Euclid Chemical Company se esfuerza por mantener la alta calidad de sus productos, pero no asume responsabilidad alguna por los resultados que se obtengan como consecuencia de su empleo incorrecto o en condiciones que no estén bajo su control directo. La única garantía sobre los productos Euclid, fabricados o comercializados por The Euclid Chemical Company, se describe en la página 1 de este catálogo.

Esta ficha técnica anula y sustituye a todas las versiones anteriores
y tiene vigencia a partir del 1 de Junio de 2009 y vence el 31 de Mayo del 2010

ANEXO C:

***DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE
ALTA RESISTENCIA SIGUIENDO LA METODOLOGIA
DESCRITA POR EL COMITE ACI 211.4-93***

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA A1, A2 Y A3.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, SEGÚN EL COMITÉ ACI 211.4					
SOLICITA:	TRABAJO DE GRADUACION: "INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"				FECHA: _____
					HOJA: <u>1</u>
PASO I: INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES					
Material	Gravedad Específica (Gs)	Absorción (%)	P.V.V. (kg/m ³)	Módulo de Finura	Materia Orgánica
Arena	2.64	2.50%	1758.60	2.98	NO
Grava	2.54	3.60%	1699.76	-	NO
Cemento	3.10	-	-	-	NO
Agua	1.00	-	-	-	NO
PASO II: SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS					
<p>Los valores recomendados para el revenimiento se muestran en la Tabla 4.3.1. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante (HRWR) sin una medida inicial de revenimiento, es recomendado un revenimiento de 1 a 2" antes de adicionar el HRWR; esto asegurara una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitira que el HRWR sea efectivo. Para un concreto elaborado sin HRWR es recomendado un revenimiento de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizars. Concretos con menos de 2" de revenimiento son dificiles de consolidar dado su alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios. La resistencia del concreto necesaria para utilizar el procedimiento de dosificacion de la mezcla se debe determinar según los criterios expuestos en el capítulo 2.</p>					
Tabla 4.3.1 – Revenimiento Recomendado para concretos con y sin HRWR					
Concreto elaborado con HRWR *					
Revenimiento antes de añadir HRWR			1 a 2 pulgadas		
Concreto elaborado sin HRWR					
Revenimiento			2 a 4 pulgadas		
*Ajustar el revenimiento, al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR.					
Revenimiento inicial					
Concreto elaborado con HRWR:		<u>SI</u>	Revenimiento:		<u>2</u> pulgadas
Concreto elaborado sin HRWR:		<u>NO</u>	Revenimiento:		<u>0</u> pulgadas
Resistencia a la compresion requerida:		<u>6152.53</u> psi			<u>432.57</u> Kg/cm ²
Resistencia a la compresion de diseño:					
Con registro de pruebas anteriores		<u>NO</u>	Ecu. 2-1	Ecu. 2-2	
S =		<u>0</u>	Calculando fcr', psi:	0	0
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:				<u>0</u> psi	
				<u>0.00</u> Kg/cm ²	
Sin registro de pruebas anteriores		<u>SI</u>	Ecu. 2-3		
			Calculando fcr', psi:	8391.70	
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:				<u>8391.70</u> psi	
				<u>590.00</u> Kg/cm ²	

PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIREHOJA: **3**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerido para producir un revenimiento dado es dependiente del tamaño máximo, forma de partículas, graduación del agregado, la cantidad de cemento y el tipo de aditivo reductores de agua utilizado. Si se utiliza un HRWR, el contenido de agua de este forma parte en la mezcla, se calcula en general en la $w/c + p$. La tabla 4.3.4 ofrece una estimación del agua de mezclado requerida para concretos de alta resistencia hechos con agregados de tamaño máximo entre 1" y 3/8" antes de la adición de cualquier aditivo químico. Además se dan los correspondientes valores de contenido de aire atrapado. Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien graduado, angular y limpio que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-33. Debido a que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede influir significativamente en su contenido de vacíos, las necesidades de agua de mezclado pueden ser diferentes de los valores dados. Los valores para el agua de mezclado necesaria dados en la Tabla 4.3.4 son aplicables cuando se utiliza un agregado fino que tiene un contenido vacíos de 35 %. El contenido de vacíos de un agregado fino se puede calcular mediante la ecuación. (4-2). Cuando un agregado fino con un contenido de vacíos no es igual a 35%, se recomienda realizar un ajuste en la cantidad de agua de mezclado. Este ajuste puede ser calculado mediante la ecuación (4-3).

Tabla 4.3.4 - Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y el contenido de aire del concreto fresco basado en el uso de arena con 35 % de vacíos.

Revenimiento, pulg.		Agua de mezclado Lb/yd ³			
		Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
1 a 2		310	295	285	280
2 a 3		320	310	295	290
3 a 4		330	320	305	300
Contenido de aire Atrapado*	Sin HRWR	3	2.5	2	1.5
	Con HRWR [^]	2.5	2	1.5	1

*Los valores indicados deben ser ajustados por arenas con 35% de vacíos a otros utilizando la ecuación. 4-3.

[^]Mezclas hechas con HRWR.

Estimacion de agua de mezclado:Revenimiento requerido: 2 pulgadasTamaño maximo del agregado grueso: 1/2 pulgadasEstimacion de agua de mezclado según tabla 4.3.4: 295.00 Lb/yd³175.02 Kg/m³**Contenido de vacíos del agregado fino:**

Según Ecu. 4-2

V = 31.72 %Absorcion Arena: 2.50 %V = 35% : NO Necesita correccion el agua de mezclado**Ajuste del agua de mezclado:**

Según Ecu. 4-3

Aw: -26.23 Lb/yd³-15.56 Kg/m³**Agua de mezclado final:**

	Mezcla A1	Mezcla A2	Mezcla A3	Mezcla AR
Lb/yd ³	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>
Kg/m ³	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>

Contenido de aire en la mezcla: Con HRWR: SI Sin HRWR: NOTomado de tabla 4.3.4. %aire = 2 %

PASO VI: SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS (W/C+P)HOJA: **4**

En mezclas de concretos de alta resistencia, pueden utilizarse además del cemento otros materiales cementicios tales como, cenizas volantes. La W/C+P se calcula dividiendo el peso del agua de mezclado por el peso combinado del cemento y cenizas volantes. En las tablas 4.3.5 (a) y (b), se da la W / C + P máxima recomendada en función del tamaño máximo de agregados, para conseguir diferentes resistencias a la compresión, ya sea a 28 o 56 días. El uso de un HRWR generalmente aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de W / C + P dados en la tabla 4.3.5 (a) son para concretos hechos sin HRWR, los de la Tabla 4.3.5 (b) son para concretos elaborados con un HRWR. La W / C + P puede ser limitada más por los requisitos de durabilidad. Sin embargo, para las aplicaciones típicas de concretos de alta resistencia, no será objeto de severas condiciones de exposición. Cuando el contenido material cementicio de una mezcla sea superior a 1000 lb en estas tablas, se debe considerar el uso alternativo de un material cementicio o un método de dosificación.

Tabla 4.3.5 (a) - W / C + P máxima recomendada para concretos hechos sin HRWR

Resistencia promedio, Fcr*, psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56	días	0.46	0.45	0.44	0.43
8,000	28	días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56	días	0.38	0.37	0.36	0.35
9,000	28	días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56	días	0.33	0.32	0.31	0.30
10,000	28	días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.29	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Tabla 4.3.5 (b) - W / C + P máximo Recomendado para concretos hechos con HRWR

Resistencia promedio, Fcr*, psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56	días	0.55	0.52	0.48	0.46
8,000	28	días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56	días	0.48	0.45	0.42	0.40
9,000	28	días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56	días	0.42	0.39	0.37	0.36
10,000	28	días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56	días	0.37	0.35	0.33	0.32
11,000	28	días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56	días	0.33	0.31	0.29	0.29
12,000	28	días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.30	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Nota: Una comparación de los valores contenidos en las tablas 4.3.5 (a) y 4.3.5 (b) permite, en particular, las siguientes conclusiones:

1. Para una determinada relación agua /material cementicio, la resistencia promedio del concreto es mayor con el uso de HRWR que sin él, y esta mayor resistencia se alcanza en un periodo de tiempo más corto.
2. Con el uso de HRWR, una determinada resistencia promedio del concreto puede ser alcanzado en un período determinado de tiempo utilizando menos material cementicio del que sería necesario si no se usa un HRWR.

Ajuste de la resistencia de diseño f_{cr}' :

$$f_{cr}' = f_c' + 1400 = \frac{7552.53 \text{ psi}}{531.00 \text{ Kg/cm}^2}$$

Calculo de la relacion agua/material cementicio:

Para concretos hechos sin HRWR: NO $f_{cr}' = \frac{0 \text{ psi}}{0 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 0.00 psi
 Limite superior: psi W/C+P :
 Limite inferior: psi W/C+P :
 W/C+P = 0.00

Para concretos hechos con HRWR: SI $f_{cr}' = \frac{7552.53 \text{ psi}}{531.02 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: 28 días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 7552.5296 psi
 Limite superior: 8000 psi W/C+P : 0.42
 Limite inferior: 7000 psi W/C+P : 0.48
 W/C+P = 0.45

PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO

El peso del material cementicio requerido por yd^3 de concreto se puede determinar dividiendo la cantidad de agua de mezclado por yd^3 de concreto paso (4) por el W / C + P (relación Paso 5). Sin embargo, si las especificaciones incluyen un límite mínimo de la cantidad de material cementicio por yd^3 de concreto, este debe ser satisfecho. Por lo tanto, la mezcla debe ser proporcionada a contener la mayor cantidad de material cementicio requerido. Cuando el contenido de material cementicio dado en las tablas siguientes sea superior a 1,000 libras, se puede producir una mezcla más práctica utilizando materiales cementicios o métodos de dosificación suplementarios. Este proceso está más allá del alcance de esta guía.

Calculo del contenido de material cementicio:

Agua de mezclado final:	Mezcla A1	Mezcla A2	Mezcla A3	Mezcla AR
Lb/ yd^3	268.77	268.77	268.77	268.77
Kg/ m^3	159.45	159.45	159.45	159.45

Relacion Agua/Material Cementicio: 0.45

Contenido de material cementicio:	Mezcla A1	Mezcla A2	Mezcla A3	Mezcla AR
Lb/ yd^3	601.47	601.47	601.47	601.47
Kg/ m^3	356.84	356.84	356.84	356.84

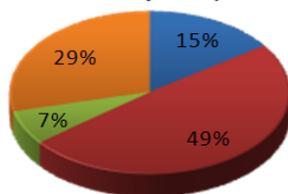
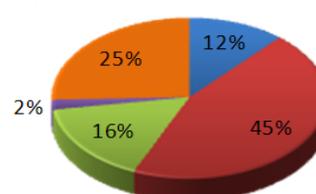
PASO VIII: PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA BASICA SOLO CON CEMENTOHOJA: **6****PORTLAND COMO MATERIAL CEMEN**

Para determinar las proporciones de mezcla óptimas, el dosificador debe preparar varios ensayos con diferentes mezclas con contenido de cenizas volantes. En general, una de las mezclas de prueba deben realizarse con cemento portland como el único material de cementicio. Los pasos siguientes se deben seguir para completar la proporción de mezcla de base.

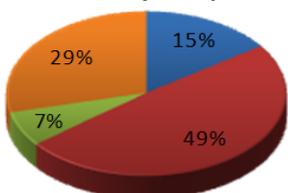
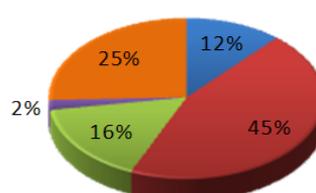
1. *Contenido de cemento* : El contenido del material cementicio para esta mezcla, ya que no se utilizara ningún otro material de cementicio, es igual al peso del cemento calculándolo de la misma forma que en el paso 6.
2. *Contenido de arena* : Después de determinar las ponderaciones por yd^3 de concreto, para el agregado grueso, el cemento, el agua, y el porcentaje de contenido de aire, el contenido de arena se puede calcular para producir 27 pies^3 , con el método de volumen absoluto.

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:**Mezcla A1**

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m^3	Lb para 1 yd^3	Kg/ m^3	Lb/ yd^3	m^3	yd^3
Cemento	356.84	601.47	3100.00	5222.88	0.12	0.12
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.75	0.75
Agregado Fino	673.20	1132.78	2640.02	4447.90	0.25	0.25
Total	2334.07	3932.25	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso**Porcentajes en volumen****Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:****Mezcla A2**

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m^3	Lb para 1 yd^3	Kg/ m^3	Lb/ yd^3	m^3	yd^3
Cemento	356.84	601.47	3100.00	5222.88	0.12	0.12
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.75	0.75
Agregado Fino	673.20	1132.78	2640.02	4447.90	0.25	0.25
Total	2334.07	3932.25	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso**Porcentajes en volumen**

HOJA: 7						
Proporciones basicas para mezcla solo con cemento: Mezcla A3						
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	356.84	601.47	3100.00	5222.88	0.12	0.12
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.75	0.75
Agregado Fino	673.20	1132.78	2640.02	4447.90	0.25	0.25
Total	2334.07	3932.25	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

Material	Porcentaje
Cemento	15%
Agregado Grueso	49%
Agua	7%
Aire	2%
Agregado Fino	29%

Porcentajes en volumen

Material	Porcentaje
Cemento	12%
Agregado Grueso	45%
Agua	16%
Aire	2%
Agregado Fino	25%

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento: Mezcla AR						
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	
Cemento	356.84	601.47	3100.00	5222.88	0.12	0.12
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.75	0.75
Agregado Fino	673.20	1132.78	2640.02	4447.90	0.25	0.25
Total	2334.07	3932.25	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

Material	Porcentaje
Cemento	15%
Agregado Grueso	49%
Agua	7%
Aire	2%
Agregado Fino	29%

Porcentajes en volumen

Material	Porcentaje
Cemento	12%
Agregado Grueso	45%
Agua	16%
Aire	2%
Agregado Fino	25%

PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOS				HOJA: <u>8</u>	
<p>Para cada una de las mezclas de prueba proporcionadas en los pasos 1 a 9, una mezcla de ensayo debe ser producida para determinar la trabajabilidad y las características de resistencia de las mezclas. Los pesos de arena, agregado grueso y el agua debe ser ajustados correctamente para la condición de humedad de los agregados utilizados. Cada batchada debe ser tal que, después de la homogeneización de la mezcla, se obtenga una mezcla uniforme de tamaño suficiente para logra fabricar el número de especímenes requeridos para el ensayo de resistencia.</p>					
Absorcion de los materiales:		Agregado Grueso: <u>3.60 %</u> Agregado Fino: <u>2.50 %</u>			
Contenidos de humedad de los materiales:		Mezcla A1	Mezcla A2	Mezcla A3	Mezcla AR
Contenido de humedad del agregado grueso, %		5.52	6.31	6.31	6.31
Contenido de humedad del agregado fino, %		13.12	12.36	12.36	12.36
Proporciones de todos los materiales de cada mezcla en peso por m³ y yd³:					
Material	Mezcla A1			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
		kg/m ³			Lb/yd ³
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	356.84	601.47			
Agr. Grueso	1166.62	1966.39			
Agr. Fino	744.69	1253.09			
Agua	65.91	111.30			
Total	2334.07	3932.25			W/C+P = 0.45
Material	Mezcla A2			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
		kg/m ³			Lb/yd ³
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	356.84	601.47			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	739.56	1244.46			
Agua	62.06	104.79			
Total	2334.07	3932.25			W/C+P = 0.45
Material	Mezcla A3			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
		kg/m ³			Lb/yd ³
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	356.84	601.47			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	739.56	1244.46			
Agua	62.06	104.79			
Total	2334.07	3932.25			W/C+P = 0.45
Material	Mezcla AR			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
		kg/m ³			Lb/yd ³
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	356.84	601.47			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	739.56	1244.46			
Agua	62.06	104.79			
Total	2334.07	3932.25			W/C+P = 0.45

Rendimiento real de las mezclas de prueba de laboratorio:										HOJA:	10
Mezcla A1											
% de aumento de agua: <u>150%</u> % reduccion de agua adicional: <u>0%</u> % de aumento de agua final: <u>150%</u> Agua de mezclado adicional: <u>4.68 kg</u> Cemento adicional: <u>10.46 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>8.58 kg</u>		Tasa de dosificacion de aditivo: <u>600 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido = <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = $\frac{0.0513076}{0.0671101} m^3$ y yd^3									
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	27.39	60.39	27.39	60.39	533.90	899.89	0.17	523.43	882.24	0.17	
Agr. Grueso	46.77	103.12	45.87	101.13	894.09	1506.97	0.35	876.56	1477.43	0.34	
Agr. Fino	35.33	77.76	31.58	69.50	615.50	1035.66	0.23	603.43	1015.35	0.23	
Agua	7.80	17.21	12.46	27.46	242.77	409.16	0.24	238.01	401.14	0.24	
Aire	117.30	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2286.26	3851.68	1.02	2241.43	3776.16	1.00	
Aditivo (ml)	164.36	164.36			3203.42	2449.09		3140.61	2401.07		
W/C+P =		0.45	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					0.00%			
Porcentaje en peso 		Porcentaje en volumen 									
Mezcla A2											
% de aumento de agua: <u>150%</u> % reduccion de agua adicional: <u>16%</u> % de aumento de agua final: <u>126%</u> Agua de mezclado adicional: <u>3.70 kg</u> Cemento adicional: <u>8.27 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>6.78 kg</u>		Tasa de dosificacion de aditivo: <u>1200 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = $\frac{0.0502996}{0.0657912} m^3$ y yd^3									
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	25.21	55.57	25.21	55.57	501.10	844.61	0.16	491.28	828.05	0.16	
Agr. Grueso	48.99	108.01	47.67	105.08	947.64	1597.25	0.37	929.06	1565.93	0.37	
Agr. Fino	35.09	77.23	31.63	69.61	628.82	1058.09	0.24	616.49	1037.35	0.23	
Agua	6.64	14.65	11.43	25.20	227.23	382.97	0.23	222.77	375.46	0.22	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2304.80	3882.92	1.02	2259.61	3806.79	1.00	
Aditivo (ml)	302.46	302.46			6013.26	4597.31		5895.35	4507.17		
W/C+P =		0.45	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					9.59%			
Porcentaje en peso 		Porcentaje en volumen 									

HOJA: 11											
Mezcla A3											
% de aumento de agua: <u>150%</u> % reduccion de agua adicional: <u>42%</u> % de aumento de agua final: <u>87%</u> Agua de mezclado adicional: <u>2.55 kg</u> Cemento adicional: <u>5.71 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>4.68 kg</u>		Tasa de dosificacion de aditivo: <u>1800 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = $\frac{0.0491896}{0.0643387} m^3 yd^3$									
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	22.64	49.92	22.64	49.92	460.34	775.91	0.15	451.32	760.70	0.15	
Agr. Grueso	51.09	112.64	49.71	109.59	1010.55	1703.29	0.40	990.74	1669.90	0.39	
Agr. Fino	35.09	77.23	31.63	69.61	643.01	1081.98	0.24	630.41	1060.76	0.24	
Agua	5.50	12.13	10.34	22.80	210.24	354.35	0.21	206.12	347.40	0.21	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2324.15	3915.54	1.02	2278.58	3838.76	1.00	
Aditivo (ml)	407.59	407.59			8286.17	6335.08		8123.70	6210.86		
W/C+P =		0.45	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					25.17%			
Porcentaje en peso											
Porcentaje en volumen											
Mezcla AR											
% de aumento de agua: <u>150%</u> % reduccion de agua adicional: <u>0%</u> % de aumento de agua final: <u>150%</u> Agua de mezclado adicional: <u>4.40 kg</u> Cemento adicional: <u>9.85 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>8.07 kg</u>		Tasa de dosificacion de aditivo: <u>0 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>8</u> pulgadas Volumen de bachada = $\frac{0.0509826}{0.066685} m^3 yd^3$									
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	26.78	59.04	26.78	59.04	525.31	885.40	0.17	545.79	919.92	0.18	
Agr. Grueso	47.70	105.16	46.41	102.31	935.66	1577.04	0.37	972.14	1638.53	0.38	
Agr. Fino	35.09	77.23	31.63	69.61	688.25	1158.07	0.26	715.09	1203.23	0.27	
Agua	7.35	16.21	12.10	26.67	144.10	243.05	0.14	149.71	252.52	0.15	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2293.31	3863.56	0.96	2382.74	4014.22	1.00	
Aditivo (ml)	0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00		
W/C+P =		0.45	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					0.00%			
Porcentaje en peso											
Porcentaje en volumen											

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA B1, B2 Y B3.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR					
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA					
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL					
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, SEGÚN EL COMITÉ ACI 211.4					
SOLICITA:	TRABAJO DE GRADUACION: "INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"				FECHA: _____
					HOJA: <u>1</u>
PASO I: INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES					
Material	Gravedad Especifica (Gs)	Absorción (%)	P.V.V. (kg/m3)	Módulo de Finura	Materia Orgánica
Arena	2.64	2.50%	1758.60	2.98	NO
Grava	2.54	3.60%	1699.76	-	NO
Cemento	3.10	-	-	-	NO
Agua	1.00	-	-	-	NO
PASO II: SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS					
<p>Los valores recomendados para el revenimiento se muestran en la Tabla 4.3.1. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante (HRWR) sin una medida inicial de revenimiento, es recomendado un revenimiento de 1 a 2" antes de adicionar el HRWR; esto asegurara una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitira que el HRWR sea efectivo. Para un concreto elaborado sin HRWR es recomendado un revenimiento de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizar. Concretos con menos de 2" de revenimiento son dificiles de consolidar dado su alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios. La resistencia del concreto necesaria para utilizar el procedimiento de dosificación de la mezcla se debe determinar según los criterios expuestos en el capítulo 2.</p>					
(Reductores de agua de alto rango)					
Concreto elaborado con HRWR *					
Revenimiento antes de añadir HRWR			1 a 2 pulgadas		
Concreto elaborado sin HRWR					
Revenimiento			2 a 4 pulgadas		
*Ajustar el revenimiento, al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR.					
Revenimiento inicial					
Concreto elaborado con HRWR:		<u>SI</u>	Revenimiento:		<u>2</u> pulgadas
Concreto elaborado sin HRWR:		<u>NO</u>	Revenimiento:		<u>0</u> pulgadas
Resistencia a la compresion requerida: <u>6946.18</u> psi <u>488.37</u> Kg/cm ²					
Resistencia a la compresion de diseño:					
Con registro de pruebas anteriores		<u>NO</u>	Ecu. 2-1	Ecu. 2-2	
S =		<u>0</u>	Calculando fcr', psi:	0	0
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:			<u>0</u> psi		
			<u>0.00</u> Kg/cm ²		
Sin registro de pruebas anteriores		<u>SI</u>	Ecu. 2-3		
			Calculando fcr', psi:	9273.54	
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:			<u>9273.54</u> psi		
			<u>652.00</u> Kg/cm ²		

PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIREHOJA: 3

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerido para producir un revenimiento dado es dependiente del tamaño máximo, forma de partículas, graduación del agregado, la cantidad de cemento y el tipo de aditivo reductores de agua utilizado. Si se utiliza un HRWR, el contenido de agua de este forma parte en la mezcla, se calcula en general en la $w/c + p$. La tabla 4.3.4 ofrece una estimación del agua de mezclado requerida para concretos de alta resistencia hechos con agregados de tamaño máximo entre 1" y 3/8" antes de la adición de cualquier aditivo químico. Además se dan los correspondientes valores de contenido de aire atrapado. Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien graduado, angular y limpio que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-33. Debido a que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede influir significativamente en su contenido de vacíos, las necesidades de agua de mezclado pueden ser diferentes de los valores dados. Los valores para el agua de mezclado necesaria dados en la Tabla 4.3.4 son aplicables cuando se utiliza un agregado fino que tiene un contenido vacíos de 35 %. El contenido de vacíos de un agregado fino se puede calcular mediante la ecuación. (4-2). Cuando un agregado fino con un contenido de vacíos no es igual a 35%, se recomienda realizar un ajuste en la cantidad de agua de mezclado. Este ajuste puede ser calculado mediante la ecuación (4-3).

Tabla 4.3.4 - Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y el contenido de aire del concreto fresco basado en el uso de arena con 35 % de vacíos.

Revenimiento, pulg.		Agua de mezclado Lb/yd ³			
		Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
1 a 2		310	295	285	280
2 a 3		320	310	295	290
3 a 4		330	320	305	300
Contenido de aire Atrapado*	Sin HRWR	3	2.5	2	1.5
	Con HRWR [^]	2.5	2	1.5	1

*Los valores indicados deben ser ajustados por arenas con 35% de vacíos a otros utilizando la ecuación. 4-3.
[^]Mezclas hechas con HRWR.

Estimacion de agua de mezclado:Revenimiento requerido: 2 pulgadasTamaño maximo del agregado grueso: 1/2 pulgadasEstimacion de agua de mezclado según tabla 4.3.4: 295.00 Lb/yd³175.02 Kg/m³**Contenido de vacios del agregado fino:**

Según Ecu. 4-2

V = 31.72 %Absorcion Arena: 2.50 %V = 35%: NO Necesita correccion el agua de mezclado**Ajuste del agua de mezclado:**

Según Ecu. 4-3

Aw: -26.23 Lb/yd³-15.56 Kg/m³**Agua de mezclado final:**

	Mezcla B1	Mezcla B2	Mezcla B3	Mezcla BR
Lb/yd ³	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>
Kg/m ³	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>

Contenido de aire en la mezcla: Con HRWR: SI Sin HRWR: NOTomado de tabla 4.3.4. %aire = 2 %

PASO VI: SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS (W/C+P)HOJA: **4**

En mezclas de concretos de alta resistencia, pueden utilizarse además del cemento otros materiales cementicios tales como, cenizas volantes. La W/C+P se calcula dividiendo el peso del agua de mezclado por el peso combinado del cemento y cenizas volantes. En las tablas 4.3.5 (a) y (b), se da la W / C + P máxima recomendada en función del tamaño máximo de agregados, para conseguir diferentes resistencias a la compresión, ya sea a 28 o 56 días. El uso de un HRWR generalmente aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de W / C + P dados en la tabla 4.3.5 (a) son para concretos hechos sin HRWR, los de la Tabla 4.3.5 (b) son para concretos elaborados con un HRWR. La W / C + P puede ser limitada más por los requisitos de durabilidad. Sin embargo, para las aplicaciones típicas de concretos de alta resistencia, no será objeto de severas condiciones de exposición. Cuando el contenido material cementicio de una mezcla sea superior a 1000 lb en estas tablas, se debe considerar el uso alternativo de un material cementicio o un método de dosificación.

Tabla 4.3.5 (a) - W / C + P máxima recomendada para concretos hechos sin HRWR

Resistencia promedio, Fcr [*] , psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56	días	0.46	0.45	0.44	0.43
8,000	28	días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56	días	0.38	0.37	0.36	0.35
9,000	28	días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56	días	0.33	0.32	0.31	0.30
10,000	28	días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.29	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Tabla 4.3.5 (b) - W / C + P máximo Recomendado para concretos hechos con HRWR

Resistencia promedio, Fcr [*] , psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56	días	0.55	0.52	0.48	0.46
8,000	28	días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56	días	0.48	0.45	0.42	0.40
9,000	28	días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56	días	0.42	0.39	0.37	0.36
10,000	28	días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56	días	0.37	0.35	0.33	0.32
11,000	28	días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56	días	0.33	0.31	0.29	0.29
12,000	28	días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.30	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Nota: Una comparación de los valores contenidos en las tablas 4.3.5 (a) y 4.3.5 (b) permite, en particular, las siguientes conclusiones:

1. Para una determinada relación agua /material cementicio, la resistencia promedio del concreto es mayor con el uso de HRWR que sin él, y esta mayor resistencia se alcanza en un periodo de tiempo más corto.
2. Con el uso de HRWR, una determinada resistencia promedio del concreto puede ser alcanzado en un periodo determinado de tiempo utilizando menos material cementicio del que sería necesario si no se usa un HRWR.

HOJA: 5

Ajuste de la resistencia de diseño f_{cr}' :

$$f_{cr}' = f_c' + 1400 = \frac{8346.18 \text{ psi}}{586.80 \text{ Kg/cm}^2}$$

Calculo de la relacion agua/material cementicio:

Para concretos hechos sin HRWR: NO $f_{cr}' = \frac{0 \text{ psi}}{0 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: díasTamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 0.00 psiLimite superior: psiLimite inferior: psiW/C+P = 0.00W/C+P : psiW/C+P : psi

Para concretos hechos con HRWR: SI $f_{cr}' = \frac{8346.18 \text{ psi}}{586.82 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: 28 díasTamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 8346.1842 psiLimite superior: 9000 psiLimite inferior: 8000 psiW/C+P = 0.40W/C+P : 0.36W/C+P : 0.42**PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO**

El peso del material cementicio requerido por yd^3 de concreto se puede determinar dividiendo la cantidad de agua de mezclado por yd^3 de concreto paso (4) por el $W / C + P$ (relación Paso 5). Sin embargo, si las especificaciones incluyen un límite mínimo de la cantidad de material cementicio por yd^3 de concreto, este debe ser satisfecho. Por lo tanto, la mezcla debe ser proporcionada a contener la mayor cantidad de material cementicio requerido. Cuando el contenido de material cementicio dado en las tablas siguientes sea superior a 1,000 libras, se puede producir una mezcla más práctica utilizando materiales cementicios o métodos de dosificación suplementarios. Este proceso está más allá del alcance de esta guía.

Calculo del contenido de material cementicio:

Agua de mezclado final:

	Mezcla B1	Mezcla B2	Mezcla B3	Mezcla BR
Lb/ yd^3	268.77	268.77	268.77	268.77
Kg/ m^3	159.45	159.45	159.45	159.45

Relacion Agua/Material Cementicio: 0.40

Contenido de material cementicio:

	Mezcla B1	Mezcla B2	Mezcla B3	Mezcla BR
Lb/ yd^3	673.21	673.21	673.21	673.21
Kg/ m^3	399.40	399.40	399.40	399.40

**PASO VIII: PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA BASICA SOLO CON CEMENTO
PORTLAND COMO MATERIAL CEMEN**

HOJA: 6

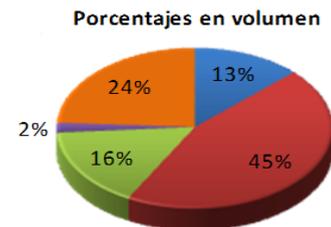
Para determinar las proporciones de mezcla óptimas, el dosificador debe preparar varios ensayos con diferentes mezclas con contenido de cenizas volantes. En general, una de las mezclas de prueba deben realizarse con cemento portland como el único material de cementicio. Los pasos siguientes se deben seguir para completar la proporción de mezcla de base.

1. *Contenido de cemento*: El contenido del material cementicio para esta mezcla, ya que no se utilizara ningún otro material de cementicio, es igual al peso del cemento calculándolo de la misma forma que en el paso 6.
2. *Contenido de arena*: Después de determinar las ponderaciones por yd^3 de concreto, para el agregado grueso, el cemento, el agua, y el porcentaje de contenido de aire, el contenido de arena se puede calcular para producir 27 pies^3 , con el método de volumen absoluto.

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

Mezcla B1

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	399.40	673.21	3100.00	5222.88	0.13	0.13
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.76	0.76
Agregado Fino	636.95	1071.69	2640.02	4447.90	0.24	0.24
Total	2340.38	3942.90	-	-	1.00	1.00



Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

Mezcla B2

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	399.40	673.21	3100.00	5222.88	0.13	0.13
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.76	0.76
Agregado Fino	636.95	1071.69	2640.02	4447.90	0.24	0.24
Total	2340.38	3942.90	-	-	1.00	1.00



HOJA: 7						
Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:				Mezcla B3		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	399.40	673.21	3100.00	5222.88	0.13	0.13
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.76	0.76
Agregado Fino	636.95	1071.69	2640.02	4447.90	0.24	0.24
Total	2340.38	3942.90	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

Porcentajes en volumen

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:							Mezcla BR		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen				
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³				
Cemento	399.40	673.21	3100.00	5222.88	0.13	0.13			
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45			
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16			
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02			
Subtotal	-	-	-	-	0.76	0.76			
Agregado Fino	636.95	1071.69	2640.02	4447.90	0.24	0.24			
Total	2340.38	3942.90	-	-	1.00	1.00			

Porcentajes en peso

Porcentajes en volumen

PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOS				HOJA: 8	
<p>Para cada una de las mezclas de prueba proporcionadas en los pasos 1 a 9, una mezcla de ensayo debe ser producida para determinar la trabajabilidad y las características de resistencia de las mezclas. Los pesos de arena, agregado grueso y el agua debe ser ajustados correctamente para la condición de humedad de los agregados utilizados. Cada batchada debe ser tal que, después de la homogeneización de la mezcla, se obtenga una mezcla uniforme de tamaño suficiente para logra fabricar el número de especímenes requeridos para el ensayo de resistencia.</p>					
Absorsion de los materiales:		Agregado Grueso: <u>3.60</u> % Agregado Fino: <u>2.50</u> %			
Contenidos de humedad de los materiales:		Mezcla B1	Mezcla B2	Mezcla B3	Mezcla BR
Contenido de humedad del agregado grueso, %		6.31	6.31	6.31	6.31
Contenido de humedad del agregado fino, %		12.36	12.36	12.36	12.36
Proporciones de todos los materiales de cada mezcla en peso por m³ y yd³:					
Material	Mezcla B1				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	399.40	673.21			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	699.74	1177.34			
Agua	65.63	110.82			
Total	2340.38	3942.90	W/C+P = 0.40		
Material	Mezcla B2				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	399.40	673.21			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	699.74	1177.34			
Agua	65.63	110.82			
Total	2340.38	3942.90	W/C+P = 0.40		
Material	Mezcla B3				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	399.40	673.21			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	699.74	1177.34			
Agua	65.63	110.82			
Total	2340.38	3942.90	W/C+P = 0.40		
Material	Mezcla BR				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	399.40	673.21			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	699.74	1177.34			
Agua	65.63	110.82			
Total	2340.38	3942.90	W/C+P = 0.40		

PASO X: SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA OPTIMA DE LABORATORIO HOJA: 9

Una vez que las proporciones de la mezcla de prueba se han ajustado para producir la trabajabilidad deseada y las propiedades de resistencia, las muestras de resistencia deben ser hechas de bachadas de prueba elaboradas en las condiciones previstas de acuerdo con la ACI 211.1 procedimiento recomendado para la elaboración y adaptación de los lotes de prueba. La trabajabilidad de la producción y la los procedimientos de control de calidad son mejor evaluados cuando la producción del tamaño de las bachadas de prueba son preparadas utilizando el equipo y el personal que serán utilizados en el trabajo real. Los resultados de las pruebas de resistencia deben ser presentados en una forma que pueda permitir la selección de aceptable de las proporciones para el trabajo, basado en los requisitos de resistencia y el costo.

Volumen de concreto a elaborar:

Diametro de cilindro: 0.1016 m

Altura de cilindro: 0.2032 m

Volumen por cilindro: 0.0016474 m³

No. de cilindros: 24 unidades

Desperdicio: 20 %

Volumen Total: 0.0474453 m³

0.0620562 yd³

	Mezcla B1	Mezcla B2	Mezcla B3	Mezcla BR
Tasa de dosificación de aditivo ml/100 kg de cemento	600	1200	1800	0

Proporciones de mezclas de prueba de laboratorio

Material	Mezcla B1		W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	113.70	% Red. Agua	0%
	kg	Lb					
Ceniza Vol.	0.00	0.00					
Cemento	18.95	41.78					
Agr. Grueso	55.78	122.97					
Agr. Fino	33.20	73.06					
Agua	3.11	6.88					
Total	111.04	244.68					
			W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	227.40	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla B2		W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	227.40	% Red. Agua	0%
	kg	Lb					
Ceniza Vol.	0.00	0.00					
Cemento	18.95	41.78					
Agr. Grueso	55.78	122.97					
Agr. Fino	33.20	73.06					
Agua	3.11	6.88					
Total	111.04	244.68					
			W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	341.10	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla B3		W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	341.10	% Red. Agua	0%
	kg	Lb					
Ceniza Vol.	0.00	0.00					
Cemento	18.95	41.78					
Agr. Grueso	55.78	122.97					
Agr. Fino	33.20	73.06					
Agua	3.11	6.88					
Total	111.04	244.68					
			W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	0.00	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla BR		W/C+P = 0.40	Aditivo (ml)	0.00	% Red. Agua	0%
	kg	kg					
Ceniza Vol.	0.00	0.00					
Cemento	18.95	41.78					
Agr. Grueso	55.78	122.97					
Agr. Fino	33.20	73.06					
Agua	3.11	6.88					
Total	111.04	244.68					

Rendimiento real de las mezclas de prueba de laboratorio:										HOJA:	10
Mezcla B1											
%		de aumento de agua:		160%		Tasa de dosificación de aditivo:		600 ml/100 kg de cemento			
%		reduccion de agua adicional:		0%		Revenimiento obtenido		7.5 pulgadas			
%		de aumento de agua final:		160%		Volumen de bachada =		0.0515022 m ³			
Agua de mezclado adicional :		4.97 kg		Cemento adicional:		12.44 kg		Cantidad de grava a remover: 10.20 kg			
Cemento adicional:		12.44 kg		Volumen de bachada =		0.0515022 m ³		0.0673649 yd ³			
Cantidad de grava a remover:		10.20 kg		0.0673649 yd ³							
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	31.39	69.20	31.39	69.20	609.50	1027.31	0.20	597.55	1007.17	0.19	
Agr. Grueso	45.58	100.48	44.34	97.76	861.01	1451.21	0.34	844.12	1422.75	0.33	
Agr. Fino	33.20	73.06	29.93	65.86	581.07	977.64	0.22	569.68	958.47	0.22	
Agua	8.08	17.83	12.59	27.75	244.44	411.98	0.24	239.65	403.91	0.24	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2296.03	3868.14	1.02	2251.01	3792.29	1.00	
Aditivo (ml)	188.35	188.34			3657.03	2795.88		3585.32	2741.06		
W/C+P =		0.40		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:				0.00%			
Porcentaje en peso			Porcentaje en volumen								
						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua ■ Aire 					
Mezcla B2											
%		de aumento de agua:		160%		Tasa de dosificación de aditivo:		1200 ml/100 kg de cemento			
%		reduccion de agua adicional:		18%		Revenimiento obtenido		7.5 pulgadas			
%		de aumento de agua final:		131%		Volumen de bachada =		0.0506342 m ³			
Agua de mezclado adicional :		4.07 kg		Cemento adicional:		10.19 kg		Cantidad de grava a remover: 8.35 kg			
Cemento adicional:		10.19 kg		Volumen de bachada =		0.0506342 m ³		0.066229 yd ³			
Cantidad de grava a remover:		8.35 kg		0.066229 yd ³							
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	29.14	64.24	29.14	64.24	575.51	970.02	0.19	564.23	951.00	0.18	
Agr. Grueso	47.42	104.55	46.14	101.72	911.21	1535.83	0.36	893.34	1505.71	0.35	
Agr. Fino	33.20	73.06	29.93	65.86	591.03	994.41	0.22	579.44	974.91	0.22	
Agua	7.18	15.85	11.74	25.88	231.88	390.81	0.23	227.33	383.15	0.23	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2309.63	3891.07	1.02	2264.34	3814.77	1.00	
Aditivo (ml)	349.69	349.69			6906.16	5279.95		6770.75	5176.42		
W/C+P =		0.40		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:				11.12%			
Porcentaje en peso			Porcentaje en volumen								
						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua ■ Aire 					

HOJA: 11										
Mezcla B3										
% de aumento de agua: <u>160%</u> % reduccion de agua adicional: <u>52%</u> % de aumento de agua final: <u>76%</u> Agua de mezclado adicional: <u>2.36 kg</u> Cemento adicional: <u>5.92 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>4.85 kg</u>										
Tasa de dosificacion de aditivo: <u>1800 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = <u>0.0489876</u> m3 <u>0.0640744</u> yd3										
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³		
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento	24.87	54.83	24.87	54.83	507.72	855.77	0.16	497.77	838.99	0.16
Agr. Grueso	50.92	112.26	49.54	109.22	1011.32	1704.60	0.40	991.49	1671.18	0.39
Agr. Fino	33.20	73.06	29.93	65.86	610.90	1027.85	0.23	598.92	1007.69	0.23
Agua	5.48	12.09	10.13	22.34	206.82	348.58	0.21	202.77	341.75	0.20
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
Total					2336.77	3936.80	1.02	2290.95	3859.60	1.00
Aditivo (ml)	447.70	447.69			9138.99	6987.09		8959.79	6850.09	
W/C+P =	0.40		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					32.21%		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Porcentaje en peso</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Porcentaje en volumen</p> </div> </div>										
Mezcla BR										
% de aumento de agua: <u>160%</u> % reduccion de agua adicional: <u>0%</u> % de aumento de agua final: <u>160%</u> Agua de mezclado adicional: <u>4.97 kg</u> Cemento adicional: <u>12.44 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>10.20 kg</u>										
Tasa de dosificacion de aditivo: <u>0 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>8</u> pulgadas Volumen de bachada = <u>0.0515022</u> m3 <u>0.0673649</u> yd3										
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³		
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento	31.39	69.20	31.39	69.20	609.50	1027.31	0.20	630.98	1063.50	0.20
Agr. Grueso	45.58	100.48	44.34	97.76	885.00	1491.64	0.35	916.17	1544.19	0.36
Agr. Fino	33.20	73.06	29.93	65.86	644.62	1084.56	0.24	667.33	1122.76	0.25
Agua	8.08	17.83	12.59	27.75	156.90	264.63	0.16	162.43	273.95	0.16
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
Total					2296.03	3868.14	0.97	2376.91	4004.40	1.00
Aditivo (ml)	0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00	
W/C+P =	0.40		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					0.00%		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Porcentaje en peso</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Porcentaje en volumen</p> </div> </div>										

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA C1, C2 Y C3.

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

HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, SEGÚN EL COMITÉ ACI 211.4

SOLICITA: TRABAJO DE GRADUACION: "INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO" **FECHA:** _____

HOJA: 1

PASO I: INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES

Material	Gravedad Específica (Gs)	Absorción (%)	P.V.V. (kg/m ³)	Módulo de Finura	Materia Orgánica
Arena	2.64	2.50%	1758.60	2.98	NO
Grava	2.54	3.60%	1699.76	-	NO
Cemento	3.10	-	-	-	NO
Agua	1.00	-	-	-	NO

PASO II: SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS

Los valores recomendados para el revenimiento se muestran en la Tabla 4.3.1. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante (HRWR) sin una medida inicial de revenimiento, es recomendado un revenimiento de 1 a 2" antes de adicionar el HRWR; esto asegurara una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitira que el HRWR sea efectivo. Para un concreto elaborado sin HRWR es recomendado un revenimiento de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizars. Concretos con menos de 2" de revenimiento son dificiles de consolidar dado su alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios. La resistencia del concreto necesaria para utilizar el procedimiento de dosificación de la mezcla se debe determinar según los criterios expuestos en el capítulo 2.

(Reductores de agua de alto rango)

Concreto elaborado con HRWR *	
Revenimiento antes de añadir HRWR	1 a 2 pulgadas
Concreto elaborado sin HRWR	
Revenimiento	2 a 4 pulgadas

*Ajustar el revenimiento, al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR.

Revenimiento inicial

Concreto elaborado con HRWR: SI Revenimiento: 2 pulgadas

Concreto elaborado sin HRWR: NO Revenimiento: 0 pulgadas

Resistencia a la compresion requerida: 7727.04 psi 543.27 Kg/cm²

Resistencia a la compresion de diseño:

Con registro de pruebas anteriores NO Ecu. 2-1 Ecu. 2-2

S = 0 Calculando f_{cr}' , psi: 0 0

Resistencia a la compresion de diseño a utilizar: 0 psi

0.00 Kg/cm²

Sin registro de pruebas anteriores SI Ecu. 2-3

Calculando f_{cr}' , psi: 10141.15

Resistencia a la compresion de diseño a utilizar: 10141.15 psi

713.00 Kg/cm²

PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIREHOJA: **3**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerido para producir un revenimiento dado es dependiente del tamaño máximo, forma de partículas, graduación del agregado, la cantidad de cemento y el tipo de aditivo reductores de agua utilizado. Si se utiliza un HRWR, el contenido de agua de este forma parte en la mezcla, se calcula en general en la $w/c + p$. La tabla 4.3.4 ofrece una estimación del agua de mezclado requerida para concretos de alta resistencia hechos con agregados de tamaño máximo entre 1" y 3/8" antes de la adición de cualquier aditivo químico. Además se dan los correspondientes valores de contenido de aire atrapado. Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien graduado, angular y limpio que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-33. Debido a que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede influir significativamente en su contenido de vacíos, las necesidades de agua de mezclado pueden ser diferentes de los valores dados. Los valores para el agua de mezclado necesaria dados en la Tabla 4.3.4 son aplicables cuando se utiliza un agregado fino que tiene un contenido vacíos de 35 %. El contenido de vacíos de un agregado fino se puede calcular mediante la ecuación. (4-2). Cuando un agregado fino con un contenido de vacíos no es igual a 35%, se recomienda realizar un ajuste en la cantidad de agua de mezclado. Este ajuste puede ser calculado mediante la ecuación (4-3).

Tabla 4.3.4 - Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y el contenido de aire del concreto fresco basado en el uso de arena con 35 % de vacíos.

Revenimiento, pulg.		Agua de mezclado Lb/yd ³			
		Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
1 a 2		310	295	285	280
2 a 3		320	310	295	290
3 a 4		330	320	305	300
Contenido de aire Atrapado*	Sin HRWR	3	2.5	2	1.5
	Con HRWR [^]	2.5	2	1.5	1

*Los valores indicados deben ser ajustados por arenas con 35% de vacíos a otros utilizando la ecuación. 4-3.

[^]Mezclas hechas con HRWR.

Estimacion de agua de mezclado:Revenimiento requerido: 2 pulgadasTamaño maximo del agregado grueso: 1/2 pulgadasEstimacion de agua de mezclado según tabla 4.3.4: 295.00 Lb/yd³175.02 Kg/m³**Contenido de vacíos del agregado fino:**

Según Ecu. 4-2

V = 31.72 %Absorción Arena: 2.50 %V = 35% : NO Necesita corrección el agua de mezclado**Ajuste del agua de mezclado:**

Según Ecu. 4-3

Aw: -26.23 Lb/yd³-15.56 Kg/m³**Agua de mezclado final:**

	Mezcla C1	Mezcla C2	Mezcla C3	Mezcla CR
Lb/yd ³	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>	<u>268.77</u>
Kg/m ³	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>	<u>159.45</u>

Contenido de aire en la mezcla: Con HRWR: SI Sin HRWR: NOTomado de tabla 4.3.4. %aire = 2 %

PASO VI: SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS (W/C+P)HOJA: **4**

En mezclas de concretos de alta resistencia, pueden utilizarse además del cemento otros materiales cementicios tales como, cenizas volantes. La W/C+P se calcula dividiendo el peso del agua de mezclado por el peso combinado del cemento y cenizas volantes. En las tablas 4.3.5 (a) y (b), se da la W / C + P máxima recomendada en función del tamaño máximo de agregados, para conseguir diferentes resistencias a la compresión, ya sea a 28 o 56 días. El uso de un HRWR generalmente aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de W / C + P dados en la tabla 4.3.5 (a) son para concretos hechos sin HRWR, los de la Tabla 4.3.5 (b) son para concretos elaborados con un HRWR. La W / C + P puede ser limitada más por los requisitos de durabilidad. Sin embargo, para las aplicaciones típicas de concretos de alta resistencia, no será objeto de severas condiciones de exposición. Cuando el contenido material cementicio de una mezcla sea superior a 1000 lb en estas tablas, se debe considerar el uso alternativo de un material cementicio o un método de dosificación.

Tabla 4.3.5 (a) - W / C + P máxima recomendada para concretos hechos sin HRWR

Resistencia promedio, Fcr', psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56	días	0.46	0.45	0.44	0.43
8,000	28	días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56	días	0.38	0.37	0.36	0.35
9,000	28	días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56	días	0.33	0.32	0.31	0.30
10,000	28	días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.29	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f'_c + 1400

Tabla 4.3.5 (b) - W / C + P máximo Recomendado para concretos hechos con HRWR

Resistencia promedio, Fcr', psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56	días	0.55	0.52	0.48	0.46
8,000	28	días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56	días	0.48	0.45	0.42	0.40
9,000	28	días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56	días	0.42	0.39	0.37	0.36
10,000	28	días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56	días	0.37	0.35	0.33	0.32
11,000	28	días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56	días	0.33	0.31	0.29	0.29
12,000	28	días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.30	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f'_c + 1400

Nota: Una comparación de los valores contenidos en las tablas 4.3.5 (a) y 4.3.5 (b) permite, en particular, las siguientes conclusiones:

1. Para una determinada relación agua /material cementicio, la resistencia promedio del concreto es mayor con el uso de HRWR que sin él, y esta mayor resistencia se alcanza en un periodo de tiempo más corto.
2. Con el uso de HRWR, una determinada resistencia promedio del concreto puede ser alcanzado en un período determinado de tiempo utilizando menos material cementicio del que sería necesario si no se usa un HRWR.

Ajuste de la resistencia de diseño f_{cr}' :

$$f_{cr}' = f_c' + 1400 = \frac{9127.04 \text{ psi}}{641.70 \text{ Kg/cm}^2}$$

Calculo de la relacion agua/material cementicio:

Para concretos hechos sin HRWR: NO $f_{cr}' = \frac{0 \text{ psi}}{0 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 0.00 psi
 Limite superior: psi W/C+P :
 Limite inferior: psi W/C+P :
 W/C+P = 0.00

Para concretos hechos con HRWR: SI $f_{cr}' = \frac{9127.04 \text{ psi}}{641.72 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: 28 días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 9127.0379 psi
 Limite superior: 10000 psi W/C+P : 0.32
 Limite inferior: 9000 psi W/C+P : 0.36
 W/C+P = 0.35

PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO

El peso del material cementicio requerido por yd^3 de concreto se puede determinar dividiendo la cantidad de agua de mezclado por yd^3 de concreto paso (4) por el W / C + P (relación Paso 5). Sin embargo, si las especificaciones incluyen un límite mínimo de la cantidad de material cementicio por yd^3 de concreto, este debe ser satisfecho. Por lo tanto, la mezcla debe ser proporcionada a contener la mayor cantidad de material cementicio requerido. Cuando el contenido de material cementicio dado en las tablas siguientes sea superior a 1,000 libras, se puede producir una mezcla más práctica utilizando materiales cementicios o métodos de dosificación suplementarios. Este proceso está más allá del alcance de esta guía.

Calculo del contenido de material cementicio:

Agua de mezclado final:	Mezcla C1	Mezcla C2	Mezcla C3	Mezcla CR
Lb/ yd^3	268.77	268.77	268.77	268.77
Kg/ m^3	159.45	159.45	159.45	159.45

Relacion Agua/Material Cementicio: 0.35

Contenido de material cementicio:	Mezcla C1	Mezcla C2	Mezcla C3	Mezcla CR
Lb/ yd^3	757.26	757.26	757.26	757.26
Kg/ m^3	449.27	449.27	449.27	449.27

**PASO VIII: PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA BASICA SOLO CON CEMENTO
PORTLAND COMO MATERIAL CEMEN**

HOJA: **6**

Para determinar las proporciones de mezcla óptimas, el dosificador debe preparar varios ensayos con diferentes mezclas con contenido de cenizas volantes. En general, una de las mezclas de prueba deben realizarse con cemento portland como el único material de cementicio. Los pasos siguientes se deben seguir para completar la proporción de mezcla de base.

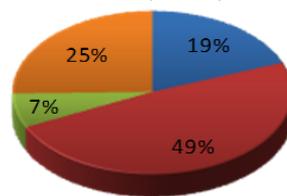
1. *Contenido de cemento* : El contenido del material cementicio para esta mezcla, ya que no se utilizara ningún otro material de cementicio, es igual al peso del cemento calculándolo de la misma forma que en el paso 6.
2. *Contenido de arena* : Después de determinar las ponderaciones por yd^3 de concreto, para el agregado grueso, el cemento, el agua, y el porcentaje de contenido de aire, el contenido de arena se puede calcular para producir 27 pies^3 , con el método de volumen absoluto.

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

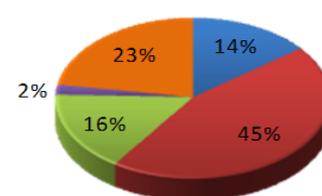
Mezcla C1

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	449.27	757.26	3100.00	5222.88	0.14	0.14
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.77	0.78
Agregado Fino	594.48	1000.11	2640.02	4447.90	0.23	0.22
Total	2347.78	3955.37	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso



Porcentajes en volumen

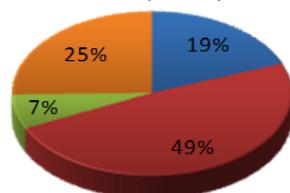


Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

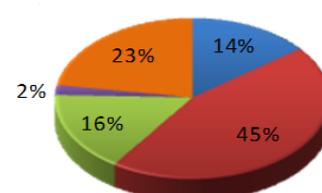
Mezcla C2

Material	Peso		Peso específico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	449.27	757.26	3100.00	5222.88	0.14	0.14
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.77	0.78
Agregado Fino	594.48	1000.11	2640.02	4447.90	0.23	0.22
Total	2347.78	3955.37	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

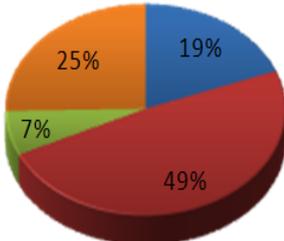


Porcentajes en volumen

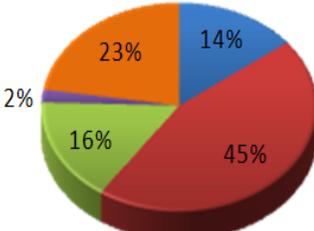


HOJA: 7						
Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:				Mezcla C3		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	449.27	757.26	3100.00	5222.88	0.14	0.14
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.77	0.78
Agregado Fino	594.48	1000.11	2640.02	4447.90	0.23	0.22
Total	2347.78	3955.37	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

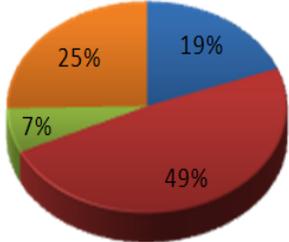


Porcentajes en volumen

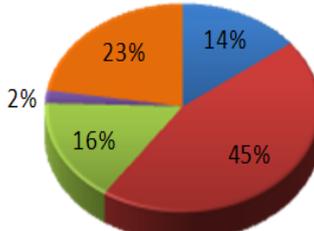


Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:							Mezcla CR		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen				
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³				
Cemento	449.27	757.26	3100.00	5222.88	0.14	0.14			
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45			
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16			
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02			
Subtotal	-	-	-	-	0.77	0.78			
Agregado Fino	594.48	1000.11	2640.02	4447.90	0.23	0.22			
Total	2347.78	3955.37	-	-	1.00	1.00			

Porcentajes en peso



Porcentajes en volumen



PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOSHOJA: **8**

Para cada una de las mezclas de prueba proporcionadas en los pasos 1 a 9, una mezcla de ensayo debe ser producida para determinar la trabajabilidad y las características de resistencia de las mezclas. Los pesos de arena, agregado grueso y el agua debe ser ajustados correctamente para la condición de humedad de los agregados utilizados. Cada batchada debe ser tal que, después de la homogeneización de la mezcla, se obtenga una mezcla uniforme de tamaño suficiente para logra fabricar el número de especímenes requeridos para el ensayo de resistencia.

Absorcion de los materiales: Agregado Grueso: **3.60 %**
 Agregado Fino: **2.50 %**

Contenidos de humedad de los materiales:	Mezcla C1	Mezcla C2	Mezcla C3	Mezcla CR
Contenido de humedad del agregado grueso, %	6.31	6.31	6.31	6.31
Contenido de humedad del agregado fino, %	12.36	12.36	12.36	12.36

Proporciones de todos los materiales de cada mezcla en peso por m³ y yd³:

Material	Mezcla C1		
	kg/m ³	Lb/yd ³	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	
Cemento	449.27	757.26	
Agr. Grueso	1175.61	1981.54	
Agr. Fino	653.09	1098.70	
Agua	69.82	117.87	
Total	2347.78	3955.37	
Material	Mezcla C2		
	kg/m ³	Lb/yd ³	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	
Cemento	449.27	757.26	
Agr. Grueso	1175.61	1981.54	
Agr. Fino	653.09	1098.70	
Agua	69.82	117.87	
Total	2347.78	3955.37	
Material	Mezcla C3		
	kg/m ³	Lb/yd ³	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	
Cemento	449.27	757.26	
Agr. Grueso	1175.61	1981.54	
Agr. Fino	653.09	1098.70	
Agua	69.82	117.87	
Total	2347.78	3955.37	
Material	Mezcla CR		
	kg/m ³	Lb/yd ³	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	
Cemento	449.27	757.26	
Agr. Grueso	1175.61	1981.54	
Agr. Fino	653.09	1098.70	
Agua	69.82	117.87	
Total	2347.78	3955.37	

PASO X: SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA OPTIMA DE LABORATORIO				HOJA: 9				
<p>Una vez que las proporciones de la mezcla de prueba se han ajustado para producir la trabajabilidad deseada y las propiedades de resistencia, las muestras de resistencia deben ser hechas de batchadas de prueba elaboradas en las condiciones previstas de acuerdo con la ACI 211.1 procedimiento recomendado para la elaboración y adaptación de los lotes de prueba. La trabajabilidad de la producción y la los procedimientos de control de calidad son mejor evaluados cuando la producción del tamaño de las batchadas de prueba son preparadas utilizando el equipo y el personal que serán utilizados en el trabajo real. Los resultados de las pruebas de resistencia deben ser presentados en una forma que pueda permitir la selección de aceptable de las proporciones para el trabajo, basado en los requisitos de resistencia y el costo.</p>								
Volumen de concreto a elaborar:								
Diametro de cilindro: <u>0.1016</u> m		No. de cilindros: <u>24</u> unidades						
Altura de cilindro: <u>0.2032</u> m		Desperdicio: <u>20</u> %						
Volumen por cilindro: <u>0.0016474</u> m ³		Volumen Total: <u>0.0474453</u> m ³						
		<u>0.0620562</u> yd ³						
				Mezcla C1	Mezcla C2	Mezcla C3	Mezcla CR	
Tasa de dosificación de aditivo ml/100 kg de cemento				600	1200	1800	0	
Proporciones de mezclas de prueba de laboratorio								
Material	Mezcla C1						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
	kg	Lb						
Ceniza Vol.	0.00	0.00						
Cemento	21.32	46.99						
Agr. Grueso	55.78	122.97						
Agr. Fino	30.99	68.18						
Agua	3.31	7.31						
Total	111.39	245.46	W/C+P = 0.35	Aditivo (ml)	127.89	% Red. Agua	0%	
Material	Mezcla C2						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
	kg	Lb						
Ceniza Vol.	0.00	0.00						
Cemento	21.32	46.99						
Agr. Grueso	55.78	122.97						
Agr. Fino	30.99	68.18						
Agua	3.31	7.31						
Total	111.39	245.46	W/C+P = 0.35	Aditivo (ml)	255.79	% Red. Agua	0%	
Material	Mezcla C3						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
	kg	Lb						
Ceniza Vol.	0.00	0.00						
Cemento	21.32	46.99						
Agr. Grueso	55.78	122.97						
Agr. Fino	30.99	68.18						
Agua	3.31	7.31						
Total	111.39	245.46	W/C+P = 0.35	Aditivo (ml)	383.68	% Red. Agua	0%	
Material	Mezcla CR						<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 	
	kg	kg						
Ceniza Vol.	0.00	0.00						
Cemento	21.32	46.99						
Agr. Grueso	55.78	122.97						
Agr. Fino	30.99	68.18						
Agua	3.31	7.31						
Total	111.39	245.46	W/C+P = 0.35	Aditivo (ml)	0.00	% Red. Agua	0%	

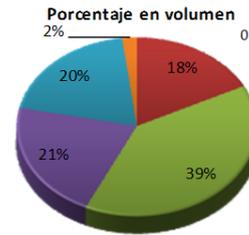
Rendimiento real de las mezclas de prueba de laboratorio:										HOJA: 10					
Mezcla C1															
% de aumento de agua: <u>169%</u> % reduccion de agua adicional: <u>0%</u> % de aumento de agua final: <u>169%</u> Agua de mezclado adicional: <u>5.60 kg</u> Cemento adicional: <u>15.77 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>12.93 kg</u>				Tasa de dosificacion de aditivo: <u>600 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = <u>0.0520766</u> m3 <u>0.0681165</u> yd3											
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³							
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen					
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Cemento	37.09	81.77	37.09	81.77	712.20	1200.40	0.23	698.24	1176.86	0.23					
Agr. Grueso	42.85	94.46	41.69	91.90	800.48	1349.18	0.32	784.78	1322.73	0.31					
Agr. Fino	30.99	68.18	27.93	61.46	536.35	902.28	0.20	525.83	884.58	0.20					
Agua	8.91	19.66	13.13	28.94	252.07	424.85	0.25	247.13	416.52	0.25					
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02					
Total					2301.11	3876.70	1.02	2255.99	3800.69	1.00					
Aditivo (ml)	222.54	222.53			4273.22	3266.96		4189.43	3202.90						
W/C+P =	0.35		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					0.00%							
Porcentaje en peso 												Porcentaje en volumen 			
Mezcla C2															
% de aumento de agua: <u>169%</u> % reduccion de agua adicional: <u>21%</u> % de aumento de agua final: <u>133%</u> Agua de mezclado adicional: <u>4.40 kg</u> Cemento adicional: <u>12.40 kg</u> Cantidad de grava a remover: <u>10.17 kg</u>				Tasa de dosificacion de aditivo: <u>1200 ml/100 kg de cemento</u> Revenimiento obtenido <u>7.5</u> pulgadas Volumen de bachada = <u>0.0509252</u> m3 <u>0.0666098</u> yd3											
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³							
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen					
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
Cemento	33.72	74.33	33.72	74.33	662.09	1115.94	0.21	649.10	1094.06	0.21					
Agr. Grueso	45.61	100.56	44.38	97.83	871.39	1468.71	0.34	854.30	1439.91	0.34					
Agr. Fino	30.99	68.18	27.93	61.46	548.48	922.69	0.21	537.72	904.59	0.20					
Agua	7.71	17.02	12.01	26.47	235.74	397.32	0.24	231.12	389.53	0.23					
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02					
Total					2317.69	3904.65	1.02	2272.25	3828.09	1.00					
Aditivo (ml)	404.60	404.60			7945.03	6074.17		7789.24	5955.07						
W/C+P =	0.35		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					13.43%							
Porcentaje en peso 												Porcentaje en volumen 			

Mezcla C3

% de aumento de agua: 169%
 % reduccion de agua adicional: 64%
 % de aumento de agua final: 61%
 Agua de mezclado adicional : 2.03 kg
 Cemento adicional: 5.73 kg
 Cantidad de grava a remover: 4.70 kg

Tasa de dosificacion de aditivo: 1800 ml/100 kg de cemento
 Revenimiento obtenido 7.5 pulgadas
 Volumen de bachada = 0.0486486 m3
0.0636308 yd3

Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	27.05	59.63	27.05	59.63	556.02	937.17	0.18	545.11	918.80	0.18	
Agr. Grueso	51.08	112.61	49.69	109.55	1021.46	1721.69	0.40	1001.43	1687.93	0.39	
Agr. Fino	30.99	68.18	27.93	61.46	574.14	965.88	0.22	562.89	946.94	0.21	
Agua	5.35	11.80	9.79	21.58	201.18	339.07	0.20	197.23	332.42	0.20	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2352.79	3963.81	1.02	2306.66	3886.09	1.00	
Aditivo (ml)	486.89	486.89			10008.27	7651.72		9812.03	7501.68		
W/C+P =		0.35	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:						39.99%		

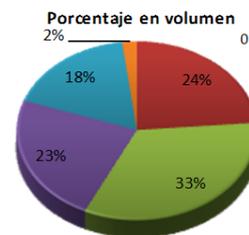


Mezcla CR

% de aumento de agua: 169%
 % reduccion de agua adicional: 0%
 % de aumento de agua final: 169%
 Agua de mezclado adicional : 5.60 kg
 Cemento adicional: 15.77 kg
 Cantidad de grava a remover: 12.93 kg

Tasa de dosificacion de aditivo: 0 ml/100 kg de cemento
 Revenimiento obtenido 8 pulgadas
 Volumen de bachada = 0.0520766 m3
0.0681165 yd3

Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real SSS			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	37.09	81.77	37.09	81.77	712.20	1200.40	0.23	734.20	1237.48	0.24	
Agr. Grueso	42.85	94.46	41.69	91.90	822.78	1386.78	0.32	848.20	1429.62	0.33	
Agr. Fino	30.99	68.18	27.93	61.46	595.01	1000.95	0.23	613.39	1031.87	0.23	
Agua	8.91	19.66	13.13	28.94	171.11	288.58	0.17	176.40	297.49	0.18	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2301.11	3876.70	0.97	2372.19	3996.46	1.00	
Aditivo (ml)	0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00		
W/C+P =		0.35	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:						0.00%		



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA D1, D2 Y D3.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR						
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA						
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL						
HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, SEGÚN EL COMITÉ ACI 211.4						
SOLICITA:	TRABAJO DE GRADUACION: "INFLUENCIA DE LA TASA DE ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO"				FECHA:	
					HOJA:	1
PASO I: INFORMACION GENERAL DE LOS MATERIALES						
Material	Gravedad Específica (Gs)	Absorción (%)	P.V.V. (kg/m3)	Módulo de Finura	Materia Orgánica	
Arena	2.64	2.50%	1758.60	2.98	NO	
Grava	2.54	3.60%	1699.76	-	NO	
Cemento	3.10	-	-	-	NO	
Agua	1.00	-	-	-	NO	
PASO II: SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO Y RESISTENCIA DEL CONCRETO REQUERIDOS						
Los valores recomendados para el revenimiento se muestran en la Tabla 4.3.1. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante (HRWR) sin una medida inicial de revenimiento, es recomendado un revenimiento de 1 a 2" antes de adicionar el HRWR; esto asegurara una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitira que el HRWR sea efectivo. Para un concreto elaborado sin HRWR es recomendado un revenimiento de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizar. Concretos con menos de 2" de revenimiento son dificiles de consolidar dado su alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios. La resistencia del concreto necesaria para utilizar el procedimiento de dosificación de la mezcla se debe determinar según los criterios expuestos en el capítulo 2.						
(Reductores de agua de alto rango)						
Concreto elaborado con HRWR *						
Revenimiento antes de añadir HRWR			1 a 2 pulgadas			
Concreto elaborado sin HRWR						
Revenimiento			2 a 4 pulgadas			
*Ajustar el revenimiento, al que se desea en el campo a través de la adición de HRWR.						
Revenimiento inicial						
Concreto elaborado con HRWR:		<u>SI</u>	Revenimiento:		<u>2</u> pulgadas	
Concreto elaborado sin HRWR:		<u>NO</u>	Revenimiento:		<u>0</u> pulgadas	
Resistencia a la compresion requerida:		<u>8520.69</u> psi	<u>599.07</u> Kg/cm ²			
Resistencia a la compresion de diseño:						
Con registro de pruebas anteriores		<u>NO</u>	Ecu. 2-1	Ecu. 2-2		
S =		<u>0</u>	Calculando fcr', psi:	<u>0</u>	<u>0</u>	
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:		<u>0</u> psi				
		<u>0.00</u> Kg/cm ²				
Sin registro de pruebas anteriores		<u>SI</u>	Ecu. 2-3			
			Calculando fcr', psi:	<u>11022.99</u>		
Resistencia a la compresion de diseño a utilizar:		<u>11022.99</u> psi				
		<u>775.00</u> Kg/cm ²				

PASO III: SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESOHOJA: 2

Basados en los requisitos de resistencia, el tamaño máximo recomendado para agregados gruesos se dan en la Tabla 4.3.2. El ACI 318 indica que el tamaño máximo de un agregado no debe exceder un quinto de la dimensión menor entre los lados del elemento, un tercio de la profundidad de las losas, ni de tres cuartas partes de la distancia libre mínima entre las distintas barras de refuerzo, los bloques de barras, tendones o conductos pretensados.

Tabla 4.3.2- Tamaño máximo sugerido de agregado grueso

Resistencia Requerida del concreto, psi	Tamaño máximo sugerido de agregado grueso, pulg.
<9000	¾" a 1"
>9000	¾" a ½" *

* Cuando se utiliza HRWR y agregados gruesos sugeridos, la resistencia a la compresión del concreto en el rango de 9000 a 12.000 psi puede alcanzarse mediante el uso de un mayor tamaño máximo nominal para agregados gruesos de hasta 1 pulg

Resistencia a la compresión de diseño a utilizar: 11022.99 psi
775.00 Kg/cm²

Rango de tamaños máximos sugeridos de agregado grueso: ¾" a ½" pulgadas

Tamaño máximo de agregado grueso a utilizar: 1/2 pulgadas

Tamaño máximo nominal de agregado grueso a utilizar: 3/8 pulgadas

PASO IV: SELECCIÓN DEL VOLUMEN ÓPTIMO DE AGREGADO GRUESO

El contenido máximo del agregado grueso depende de sus características de resistencia y el tamaño máximo. El contenido óptimo recomendado de agregado grueso, expresado como una fracción del peso unitario compactado (DRUW), es dado en la Tabla 4.3.3 como una función del tamaño máximo nominal. Una vez que el contenido óptimo de agregado grueso ha sido escogido en la Tabla 4.3.3, el peso de agregado grueso secado al horno (OD) por yd³ de concreto puede calcularse utilizando la ecuación 4-1. En un proporcionamiento de una mezcla de concreto de resistencia normal, el contenido óptimo de agregado grueso es dado como función del tamaño máximo y el módulo de finura del agregado fino. Las mezclas de hormigón de alta resistencia, sin embargo, tienen un alto contenido de materiales cementicios, y por lo tanto no son tan dependientes del agregado fino para proveer lubricación y compactibilidad en la mezcla de concreto. Por lo tanto, para los valores que figuran en la tabla 4.3.3 se recomienda el uso de arena con módulo de finura de 2,5 a 3,2.

Tabla 4.3.3- Volumen recomendado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Contenido óptimo total de agregado grueso de tamaño máximo nominal para ser utilizado con arena con módulo de finura de 2,5 a 3,2				
Tamaño máximo nominal, pulg.	3/8	1/2	3/4	1
El volumen* de agregado grueso secado al horno como fracción del peso unitario compactado (DRUW)	0.65	0.68	0.72	0.75

*Los volúmenes de los agregados se basan en la condición de secados al el horno descrito en la norma ASTM C 29 para unidad de peso de los agregados.

Tamaño máximo nominal de agregado grueso a utilizar: 3/8 pulgadas

Fracción volumétrica de agregado grueso seco (DRUW): 0.65

Cálculo peso seco de agregado grueso por unidad de volumen de concreto:

Según Ecu. 4-1 Wseco: 1862.26 Lb para 1 yd³ de concreto
1104.84 kg para 1 m³ de concreto

Absorción Grava: 3.60% Wsss: 1929.23 lb para 1 yd³ de concreto
1144.58 kg para 1 m³ de concreto

PASO V: ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIREHOJA: **3**

La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerido para producir un revenimiento dado es dependiente del tamaño máximo, forma de partículas, graduación del agregado, la cantidad de cemento y el tipo de aditivo reductores de agua utilizado. Si se utiliza un HRWR, el contenido de agua de esta forma parte en la mezcla, se calcula en general en la $w/c + p$. La tabla 4.3.4 ofrece una estimación del agua de mezclado requerida para concretos de alta resistencia hechos con agregados de tamaño máximo entre 1" y 3/8" antes de la adición de cualquier aditivo químico. Además se dan los correspondientes valores de contenido de aire atrapado. Estas cantidades de agua de mezclado son máximas para un agregado bien graduado, angular y limpio que cumple con los requisitos de la norma ASTM C-33. Debido a que la forma de las partículas y la textura superficial del agregado fino puede influir significativamente en su contenido de vacíos, las necesidades de agua de mezclado pueden ser diferentes de los valores dados. Los valores para el agua de mezclado necesaria dados en la Tabla 4.3.4 son aplicables cuando se utiliza un agregado fino que tiene un contenido vacíos de 35 %. El contenido de vacíos de un agregado fino se puede calcular mediante la ecuación. (4-2). Cuando un agregado fino con un contenido de vacíos no es igual a 35%, se recomienda realizar un ajuste en la cantidad de agua de mezclado. Este ajuste puede ser calculado mediante la ecuación (4-3).

Tabla 4.3.4 - Primera estimación del requerimiento de agua de mezclado y el contenido de aire del concreto fresco basado en el uso de arena con 35 % de vacíos.

Revenimiento, pulg.		Agua de mezclado Lb/yd ³			
		Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
		3/8	1/2	3/4	1
1 a 2		310	295	285	280
2 a 3		320	310	295	290
3 a 4		330	320	305	300
Contenido de aire Atrapado*	Sin HRWR	3	2.5	2	1.5
	Con HRWR [^]	2.5	2	1.5	1

*Los valores indicados deben ser ajustados por arenas con 35% de vacíos a otros utilizando la ecuación. 4-3.

[^]Mezclas hechas con HRWR.

Estimacion de agua de mezclado:Revenimiento requerido: 2 pulgadasTamaño maximo del agregado grueso: 1/2 pulgadasEstimacion de agua de mezclado según tabla 4.3.4: 295.00 Lb/yd³175.02 Kg/m³**Contenido de vacios del agregado fino:**

Según Ecu. 4-2

V = 31.72 %Absorción Arena: 2.50 %V = 35% : NO Necesita corrección el agua de mezclado**Ajuste del agua de mezclado:**

Según Ecu. 4-3

Aw: -26.23 Lb/yd³-15.56 Kg/m³**Agua de mezclado final:**

	Mezcla D1	Mezcla D2	Mezcla D3	Mezcla DR
Lb/yd ³	268.77	268.77	268.77	268.77
Kg/m ³	159.45	159.45	159.45	159.45

Contenido de aire en la mezcla: Con HRWR: SI Sin HRWR: NOTomado de tabla 4.3.4. %aire = 2 %

PASO VI: SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA / MATERIALES CEMENTICIOS (W/C+P)HOJA: **4**

En mezclas de concretos de alta resistencia, pueden utilizarse además del cemento otros materiales cementicios tales como, cenizas volantes. La W/C+P se calcula dividiendo el peso del agua de mezclado por el peso combinado del cemento y cenizas volantes. En las tablas 4.3.5 (a) y (b), se da la W / C + P máxima recomendada en función del tamaño máximo de agregados, para conseguir diferentes resistencias a la compresión, ya sea a 28 o 56 días. El uso de un HRWR generalmente aumenta la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de W / C + P dados en la tabla 4.3.5 (a) son para concretos hechos sin HRWR, los de la Tabla 4.3.5 (b) son para concretos elaborados con un HRWR. La W / C + P puede ser limitada más por los requisitos de durabilidad. Sin embargo, para las aplicaciones típicas de concretos de alta resistencia, no será objeto de severas condiciones de exposición. Cuando el contenido material cementicio de una mezcla sea superior a 1000 lb en estas tablas, se debe considerar el uso alternativo de un material cementicio o un método de dosificación.

Tabla 4.3.5 (a) - W / C + P máxima recomendada para concretos hechos sin HRWR

Resistencia promedio, Fcr', psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.42	0.41	0.40	0.39
	56	días	0.46	0.45	0.44	0.43
8,000	28	días	0.35	0.34	0.33	0.33
	56	días	0.38	0.37	0.36	0.35
9,000	28	días	0.30	0.29	0.29	0.28
	56	días	0.33	0.32	0.31	0.30
10,000	28	días	0.26	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.29	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Tabla 4.3.5 (b) - W / C + P máximo Recomendado para concretos hechos con HRWR

Resistencia promedio, Fcr', psi			w/c+p			
			Tamaño máximo de agregado grueso, pulg.			
			3/8	1/2	3/4	1
7,000	28	días	0.50	0.48	0.45	0.43
	56	días	0.55	0.52	0.48	0.46
8,000	28	días	0.44	0.42	0.40	0.38
	56	días	0.48	0.45	0.42	0.40
9,000	28	días	0.38	0.36	0.35	0.34
	56	días	0.42	0.39	0.37	0.36
10,000	28	días	0.33	0.32	0.31	0.30
	56	días	0.37	0.35	0.33	0.32
11,000	28	días	0.30	0.29	0.27	0.27
	56	días	0.33	0.31	0.29	0.29
12,000	28	días	0.27	0.26	0.25	0.25
	56	días	0.30	0.28	0.27	0.26

*f_{cr}' = f_c' + 1400

Nota: Una comparación de los valores contenidos en las tablas 4.3.5 (a) y 4.3.5 (b) permite, en particular, las siguientes conclusiones:

1. Para una determinada relación agua /material cementicio, la resistencia promedio del concreto es mayor con el uso de HRWR que sin él, y esta mayor resistencia se alcanza en un periodo de tiempo más corto.
2. Con el uso de HRWR, una determinada resistencia promedio del concreto puede ser alcanzado en un período determinado de tiempo utilizando menos material cementicio del que sería necesario si no se usa un HRWR.

Ajuste de la resistencia de diseño f_{cr}' :

$$f_{cr}' = f_c' + 1400 = \frac{9920.69 \text{ psi}}{697.50 \text{ Kg/cm}^2}$$

Calculo de la relacion agua/material cementicio:

Para concretos hechos sin HRWR: NO $f_{cr}' = \frac{0 \text{ psi}}{0 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 0.00 psi
 Limite superior: psi W/C+P : psi
 Limite inferior: psi W/C+P : psi
 W/C+P = 0.00

Para concretos hechos con HRWR: SI $f_{cr}' = \frac{9920.69 \text{ psi}}{697.52 \text{ Kg/cm}^2}$

Periodo de tiempo para realizar ensayo: 28 días
 Tamaño maximo de agregado grueso: 1/2 pulgadas

De tabla 4.3.5 (b) obtenemos por interpolacion:

Resistencia promedio f_{cr}' : 9920.6924 psi
 Limite superior: 10000 psi W/C+P : 0.32
 Limite inferior: 9000 psi W/C+P : 0.36
 W/C+P = 0.32

PASO VII: CALCULO DEL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTICIO

El peso del material cementicio requerido por yd^3 de concreto se puede determinar dividiendo la cantidad de agua de mezclado por yd^3 de concreto paso (4) por el W / C + P (relación Paso 5). Sin embargo, si las especificaciones incluyen un límite mínimo de la cantidad de material cementicio por yd^3 de concreto, este debe ser satisfecho. Por lo tanto, la mezcla debe ser proporcionada a contener la mayor cantidad de material cementicio requerido. Cuando el contenido de material cementicio dado en las tablas siguientes sea superior a 1,000 libras, se puede producir una mezcla más práctica utilizando materiales cementicios o métodos de dosificación suplementarios. Este proceso está más allá del alcance de esta guía.

Calculo del contenido de material cementicio:

Agua de mezclado final:	Mezcla D1	Mezcla D2	Mezcla D3	Mezcla DR
Lb/ yd^3	268.77	268.77	268.77	268.77
Kg/ m^3	159.45	159.45	159.45	159.45

Relacion Agua/Material Cementicio: 0.32

Contenido de material cementicio:	Mezcla D1	Mezcla D2	Mezcla D3	Mezcla DR
Lb/ yd^3	831.65	831.65	831.65	831.65
Kg/ m^3	493.40	493.40	493.40	493.40

**PASO VIII: PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA BASICA SOLO CON CEMENTO
PORTLAND COMO MATERIAL CEMEN**

HOJA: **6**

Para determinar las proporciones de mezcla óptimas, el dosificador debe preparar varios ensayos con diferentes mezclas con contenido de cenizas volantes. En general, una de las mezclas de prueba deben realizarse con cemento portland como el único material de cementicio. Los pasos siguientes se deben seguir para completar la proporción de mezcla de base.

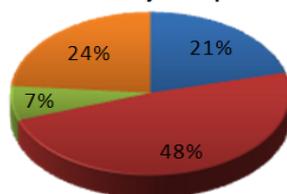
1. *Contenido de cemento* : El contenido del material cementicio para esta mezcla, ya que no se utilizara ningún otro material de cementicio, es igual al peso del cemento calculándolo de la misma forma que en el paso 6.
2. *Contenido de arena* : Después de determinar las ponderaciones por yd^3 de concreto, para el agregado grueso, el cemento, el agua, y el porcentaje de contenido de aire, el contenido de arena se puede calcular para producir 27 pies^3 , con el método de volumen absoluto.

Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

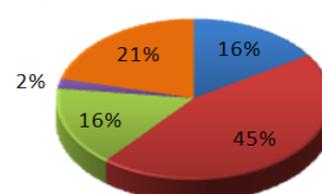
Mezcla D1

Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	493.40	831.65	3100.00	5222.88	0.16	0.16
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.79	0.79
Agregado Fino	556.90	936.76	2640.02	4447.90	0.21	0.21
Total	2354.33	3966.41	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso



Porcentajes en volumen

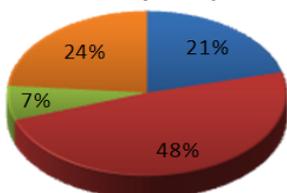


Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:

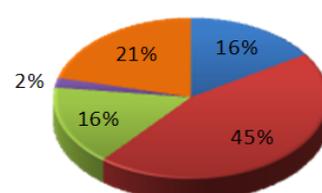
Mezcla D2

Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	493.40	831.65	3100.00	5222.88	0.16	0.16
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.79	0.79
Agregado Fino	556.90	936.76	2640.02	4447.90	0.21	0.21
Total	2354.33	3966.41	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

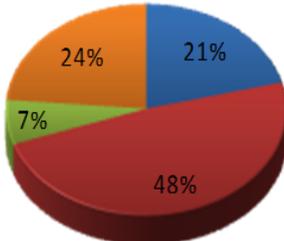


Porcentajes en volumen

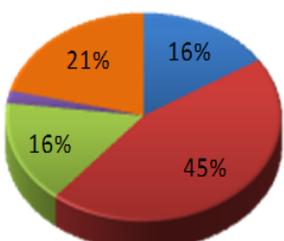


HOJA: 7						
Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:				Mezcla D3		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen	
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³	yd ³
Cemento	493.40	831.65	3100.00	5222.88	0.16	0.16
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02
Subtotal	-	-	-	-	0.79	0.79
Agregado Fino	556.90	936.76	2640.02	4447.90	0.21	0.21
Total	2354.33	3966.41	-	-	1.00	1.00

Porcentajes en peso

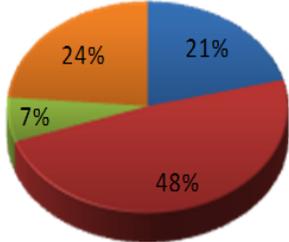


Porcentajes en volumen

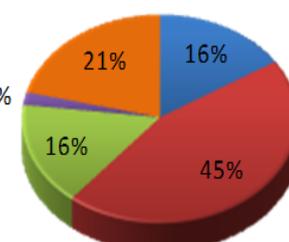


Proporciones basicas para mezcla solo con cemento:							Mezcla DR		
Material	Peso		Peso especifico		Volumen				
	Kg para 1 m ³	Lb para 1 yd ³	Kg/m ³	Lb/yd ³	m ³				
Cemento	493.40	831.65	3100.00	5222.88	0.16	0.16			
Agregado Grueso	1144.58	1929.23	2541.03	4281.12	0.45	0.45			
Agua	159.45	268.77	1000.00	1684.80	0.16	0.16			
Aire	-	-	-	-	0.02	0.02			
Subtotal	-	-	-	-	0.79	0.79			
Agregado Fino	556.90	936.76	2640.02	4447.90	0.21	0.21			
Total	2354.33	3966.41	-	-	1.00	1.00			

Porcentajes en peso

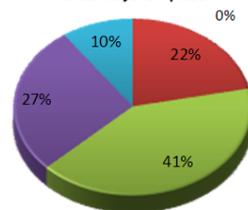
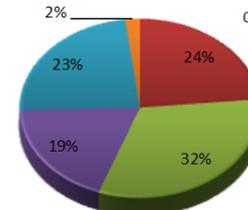


Porcentajes en volumen



PASO IX: AJUSTE POR CONTENIDO DE AGUA DE LOS AGREGADOS				HOJA: 8	
<p>Para cada una de las mezclas de prueba proporcionadas en los pasos 1 a 9, una mezcla de ensayo debe ser producida para determinar la trabajabilidad y las características de resistencia de las mezclas. Los pesos de arena, agregado grueso y el agua debe ser ajustados correctamente para la condición de humedad de los agregados utilizados. Cada batchada debe ser tal que, después de la homogeneización de la mezcla, se obtenga una mezcla uniforme de tamaño suficiente para logra fabricar el número de especímenes requeridos para el ensayo de resistencia.</p>					
Absorcion de los materiales:		Agregado Grueso: 3.60 % Agregado Fino: 2.50 %			
Contenidos de humedad de los materiales:		Mezcla D1	Mezcla D2	Mezcla D3	Mezcla DR
Contenido de humedad del agregado grueso, %		6.31	6.31	6.31	6.31
Contenido de humedad del agregado fino, %		12.36	12.36	12.36	12.36
Proporciones de todos los materiales de cada mezcla en peso por m³ y yd³:					
Material	Mezcla D1				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	493.40	831.65			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	611.80	1029.11			
Agua	73.52	124.12			
Total	2354.33	3966.41	W/C+P = 0.32		
Material	Mezcla D2				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	493.40	831.65			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	611.80	1029.11			
Agua	73.52	124.12			
Total	2354.33	3966.41	W/C+P = 0.32		
Material	Mezcla D3				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	493.40	831.65			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	611.80	1029.11			
Agua	73.52	124.12			
Total	2354.33	3966.41	W/C+P = 0.32		
Material	Mezcla DR				
	kg/m ³	Lb/yd ³			
Ceniza Vol.	0.00	0.00			
Cemento	493.40	831.65			
Agr. Grueso	1175.61	1981.54			
Agr. Fino	611.80	1029.11			
Agua	73.52	124.12			
Total	2354.33	3966.41	W/C+P = 0.32		

PASO X: SELECCIÓN DE PROPORCIONES DE LA MEZCLA OPTIMA DE LABORATORIO					HOJA: 9				
<p>Una vez que las proporciones de la mezcla de prueba se han ajustado para producir la trabajabilidad deseada y las propiedades de resistencia, las muestras de resistencia deben ser hechas de bachadas de prueba elaboradas en las condiciones previstas de acuerdo con la ACI 211.1 procedimiento recomendado para la elaboración y adaptación de los lotes de prueba. La trabajabilidad de la producción y la los procedimientos de control de calidad son mejor evaluados cuando la producción del tamaño de las bachadas de prueba son preparadas utilizando el equipo y el personal que serán utilizados en el trabajo real. Los resultados de las pruebas de resistencia deben ser presentados en una forma que pueda permitir la selección de aceptable de las proporciones para el trabajo, basado en los requisitos de resistencia y el costo.</p>									
Volumen de concreto a elaborar:									
Diametro de cilindro:		0.1016 m		No. de cilindros:		24 unidades			
Altura de cilindro:		0.2032 m		Desperdicio:		20 %			
Volumen por cilindro:		0.0016474 m ³		Volumen Total:		0.0474453 m ³			
						0.0620562 yd ³			
					Mezcla D1	Mezcla D2	Mezcla D3	Mezcla DR	
Tasa de dosificación de aditivo ml/100 kg de cemento					600	1200	1800	0	
Proporciones de mezclas de prueba de laboratorio									
Material	Mezcla D1			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 					
		kg			Lb				
Ceniza Vol.	0.00	0.00							
Cemento	23.41	51.61							
Agr. Grueso	55.78	122.97							
Agr. Fino	29.03	63.86							
Agua	3.49	7.70							
Total	111.70	246.14							
					W/C+P = 0.32	Aditivo (ml)	140.46	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla D2					<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 			
		kg	Lb						
Ceniza Vol.	0.00	0.00							
Cemento	23.41	51.61							
Agr. Grueso	55.78	122.97							
Agr. Fino	29.03	63.86							
Agua	3.49	7.70							
Total	111.70	246.14							
			W/C+P = 0.32	Aditivo (ml)			280.92	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla D3			<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 					
		kg			Lb				
Ceniza Vol.	0.00	0.00							
Cemento	23.41	51.61							
Agr. Grueso	55.78	122.97							
Agr. Fino	29.03	63.86							
Agua	3.49	7.70							
Total	111.70	246.14							
					W/C+P = 0.32	Aditivo (ml)	421.37	% Red. Agua	0%
Material	Mezcla DR					<ul style="list-style-type: none"> ■ Ceniza Vol. ■ Cemento ■ Agr. Grueso ■ Agr. Fino ■ Agua 			
		kg	kg						
Ceniza Vol.	0.00	0.00							
Cemento	23.41	51.61							
Agr. Grueso	55.78	122.97							
Agr. Fino	29.03	63.86							
Agua	3.49	7.70							
Total	111.70	246.14							
			W/C+P = 0.32	Aditivo (ml)			0.00	% Red. Agua	0%

Rendimiento real de las mezclas de prueba de laboratorio:										HOJA: 10	
Mezcla D1											
%		de aumento de agua:		184%		Tasa de dosificación de aditivo:					
%		reduccion de agua adicional:		0%		600 ml/100 kg de cemento					
%		de aumento de agua final:		184%		Revenimiento obtenido		7.5 pulgadas			
Agua de mezclado adicional :		6.42 kg		Cemento adicional:		19.86 kg		Volumen de bachada = 0.0528311 m3			
Cantidad de grava a remover:		16.28 kg						0.0691038 yd3			
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	43.27	95.40	43.27	95.40	819.04	1380.47	0.26	802.98	1353.40	0.26	
Agr. Grueso	39.50	87.08	38.43	84.71	727.34	1225.90	0.29	713.08	1201.86	0.28	
Agr. Fino	29.03	63.86	26.17	57.57	495.27	833.05	0.19	485.55	816.71	0.18	
Agua	9.91	21.85	13.84	30.51	261.95	441.50	0.26	256.82	432.84	0.26	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2303.60	3880.92	1.02	2258.44	3804.82	1.00	
Aditivo (ml)	259.63	259.62			4914.26	3757.02		4817.90	3683.36		
W/C+P =		0.32		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:				0.00%			
Porcentaje en peso				Porcentaje en volumen							
Mezcla D2											
%		de aumento de agua:		184%		Tasa de dosificación de aditivo:					
%		reduccion de agua adicional:		26%		1200 ml/100 kg de cemento					
%		de aumento de agua final:		136%		Revenimiento obtenido		7.5 pulgadas			
Agua de mezclado adicional :		4.73 kg		Cemento adicional:		14.65 kg		Volumen de bachada = 0.0512165 m3			
Cantidad de grava a remover:		12.01 kg						0.066991 yd3			
Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real			para 1 m ³ y 1 yd ³			
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	Lb	Volumen	
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Cemento	38.06	83.90	38.06	83.90	743.07	1252.43	0.24	728.50	1227.87	0.23	
Agr. Grueso	43.77	96.50	42.58	93.88	831.45	1401.39	0.33	815.15	1373.91	0.32	
Agr. Fino	29.03	63.86	26.17	57.57	510.88	859.32	0.19	500.86	842.47	0.19	
Agua	8.22	18.14	12.27	27.05	239.58	403.79	0.24	234.88	395.87	0.23	
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02	
Total					2324.97	3916.93	1.02	2279.39	3840.13	1.00	
Aditivo (ml)	456.69	456.69			8916.82	6817.12		8741.98	6683.45		
W/C+P =		0.32		% de reduccion de agua en agua de mezclado total:				17.01%			
Porcentaje en peso				Porcentaje en volumen							

Mezcla D3

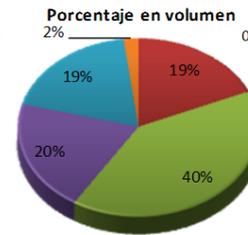
% de aumento de agua: 184%
 % reduccion de agua adicional: 76%
 % de aumento de agua final: 44%
 Agua de mezclado adicional: 1.54 kg
 Cemento adicional: 4.77 kg
 Cantidad de grava a remover: 3.91 kg

Tasa de dosificacion de aditivo: 1800 ml/100 kg de cemento
 Revenimiento obtenido 7.5 pulgadas
 Volumen de bachada = 0.0481564 m3
0.0629867 yd3

Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real			para 1 m ³ y 1 yd ³		
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento	28.18	62.12	28.18	62.12	585.10	986.20	0.19	573.63	966.87	0.19
Agr. Grueso	51.87	114.35	50.46	111.25	1047.91	1766.28	0.41	1027.37	1731.65	0.40
Agr. Fino	29.03	63.86	26.17	57.57	543.34	913.95	0.21	532.69	896.03	0.20
Agua	5.03	11.10	9.30	20.49	193.05	325.37	0.19	189.26	318.99	0.19
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
Total					2369.41	3991.81	1.02	2322.95	3913.54	1.00
Aditivo (ml)	507.17	507.17			10531.82	8052.02		10325.31	7894.14	
W/C+P =	0.32	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					49.24%			



- Ceniza Vol.
- Cemento
- Agr. Grueso
- Agr. Fino
- Agua
- Aire



Mezcla DR

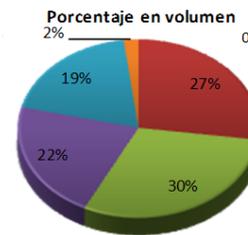
% de aumento de agua: 184%
 % reduccion de agua adicional: 0%
 % de aumento de agua final: 184%
 Agua de mezclado adicional: 6.42 kg
 Cemento adicional: 19.86 kg
 Cantidad de grava a remover: 16.28 kg

Tasa de dosificacion de aditivo: 0 ml/100 kg de cemento
 Revenimiento obtenido 8 pulgadas
 Volumen de bachada = 0.0528311 m3
0.0691038 yd3

Material	Mezcla de Laboratorio		Mezcla de Laboratorio SSS		Rendimiento real			para 1 m ³ y 1 yd ³		
	kg	Lb	kg	Lb	kg	Lb	Volumen	kg	lb	Volumen
Ceniza Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento	43.27	95.40	43.27	95.40	819.04	1380.47	0.26	840.85	1417.23	0.27
Agr. Grueso	39.50	87.08	38.43	84.71	747.61	1260.06	0.29	767.52	1293.62	0.30
Agr. Fino	29.03	63.86	26.17	57.57	549.43	924.15	0.21	564.06	948.76	0.21
Agua	9.91	21.85	13.84	30.51	187.52	316.23	0.19	192.52	324.65	0.19
Aire	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-	0.02
Total					2303.60	3880.92	0.97	2364.95	3984.26	1.00
Aditivo (ml)	0.00	0.00			0.00	0.00		0.00	0.00	
W/C+P =	0.32	% de reduccion de agua en agua de mezclado total:					0.00%			



- Ceniza Vol.
- Cemento
- Agr. Grueso
- Agr. Fino
- Agua
- Aire



ANEXO D:
RESULTADOS DEL ENSAYO DE TIEMPO DE
FRAGUADO EN EL CONCRETO SEGUN LA NORMA
ASTM C-403



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



**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO
 (ASTM C-403)**

Proyecto: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

Reporte N°: 1

Hoja N°: 1

Ubicación: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

Fecha: 02/07/2010

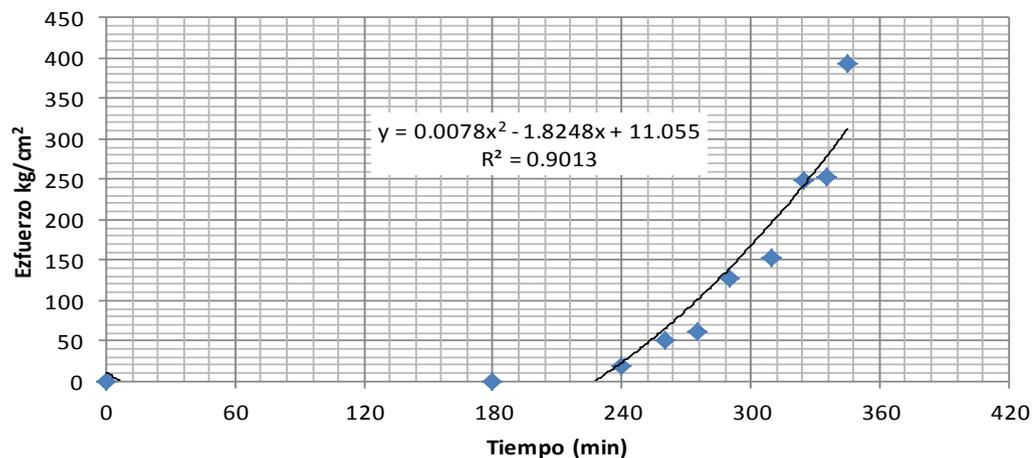
Procedencia: Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz

Ensayo N°: 1

Muestras N°: 1

Mezcla: A1

Lectura	Area (in ²)	Carga (lb)	Hora	Tiempo de ensayo (min)	Esfuerzo	
					psi	Kg/cm ²
0	0	0	8:45:00	0	0	0.0
1	0.5	0	11:45:00	180	0	0.0
2	0.5	140	12:45:00	240	280	19.7
3	0.25	180	13:05:00	260	720	50.6
4	0.125	110	13:20:00	275	880	61.9
5	0.05	90	13:35:00	290	1800	126.6
6	0.025	54	13:55:00	310	2160	151.9
7	0.025	88	14:10:00	325	3520	247.5
8	0.025	90	14:20:00	335	3600	253.1
9	0.025	140	14:30:00	345	5600	393.7



RESULTADOS

Fraguado Inicial = 246.4 min

Esfuerzo = 35.0 Kg/cm²

Fraguado Final = 336.4 min

Esfuerzo = 280.0 Kg/cm²



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



**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO
 (ASTM C-403)**

Proyecto: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

Reporte N°: 1

Hoja N°: 1

Ubicación: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

Fecha: 02/07/2010

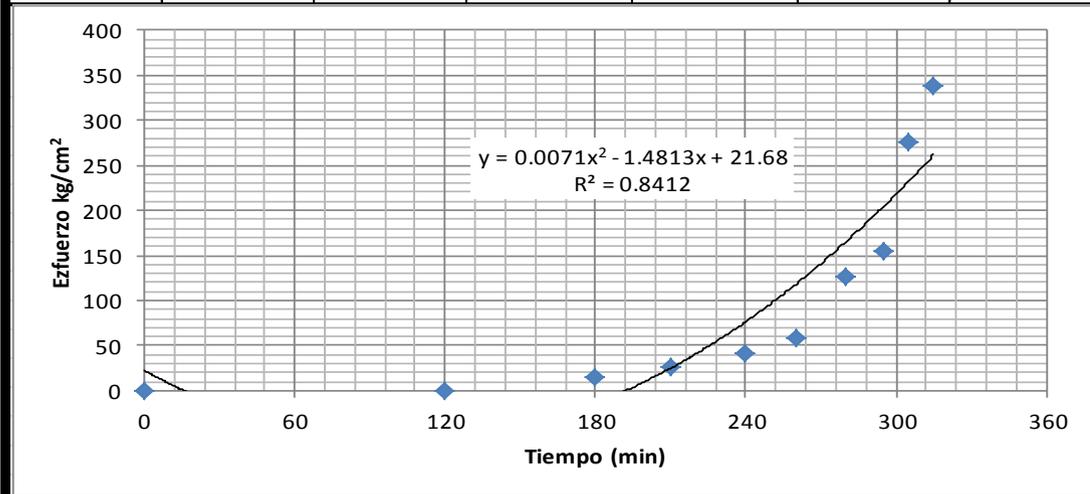
Procedencia: Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz

Ensayo N°: 1

Muestras N°: 1

Mezcla: A2

Lectura	Area (in ²)	Carga (lb)	Hora	Tiempo de ensayo (min)	Esfuerzo	
					psi	Kg/cm ²
0	0	0	9:15:00	0	0	0.0
1	0.5	0	23:15:00	120	0	0.0
2	0.5	105	12:15:00	180	210	14.8
3	0.25	95	12:45:00	210	380	26.7
4	0.125	75	13:15:00	240	600	42.2
5	0.125	105	13:35:00	260	840	59.1
6	0.05	90	13:55:00	280	1800	126.6
7	0.05	110	14:10:00	295	2200	154.7
8	0.025	98	14:20:00	305	3920	275.6
9	0.025	120	14:30:00	315	4800	337.5



RESULTADOS

Fraguado Inicial = 217.3 min

Esfuerzo = 35.0 Kg/cm²

Fraguado Final = 321.7 min

Esfuerzo = 280.0 Kg/cm²



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



**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO
 (ASTM C-403)**

Proyecto: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

Reporte N°: 1

Hoja N°: 1

Ubicación: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

Fecha: 02/07/2010

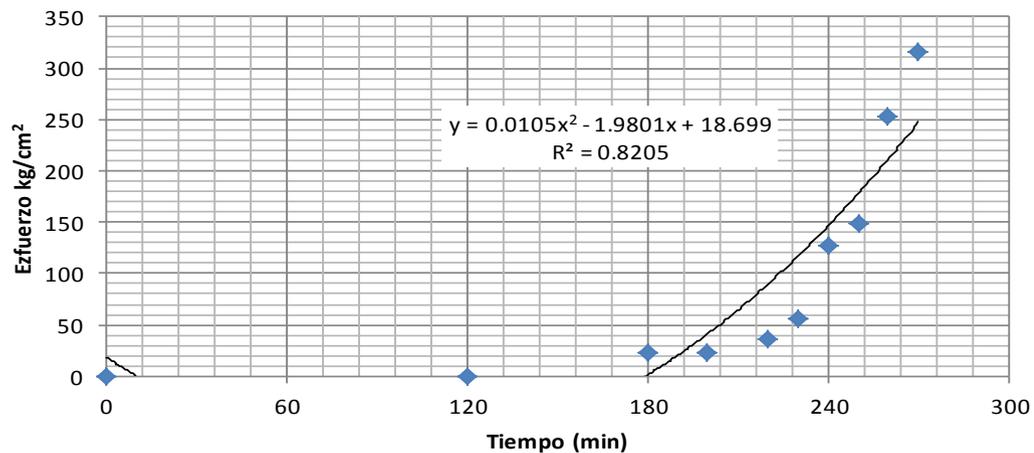
Procedencia: Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz

Ensayo N°: 1

Muestras N°: 1

Mezcla: A3

Lectura	Area (in ²)	Carga (lb)	Hora	Tiempo de ensayo (min)	Esfuerzo	
					psi	Kg/cm ²
0	0	0	10:35:00	0	0	0.0
1	0.5	0	12:35:00	120	0	0.0
2	0.5	160	13:35:00	180	320	22.5
3	0.25	84	13:55:00	200	336	23.6
4	0.125	65	14:15:00	220	520	36.6
5	0.125	100	14:25:00	230	800	56.2
6	0.05	90	14:35:00	240	1800	126.6
7	0.05	106	14:45:00	250	2120	149.1
8	0.025	90	14:55:00	260	3600	253.1
9	0.025	112	15:05:00	270	4480	315.0



RESULTADOS

Fraguado Inicial = 196.5 min

Esfuerzo = 35.0 Kg/cm²

Fraguado Final = 278.1 min

Esfuerzo = 280.0 Kg/cm²



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



**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO
 (ASTM C-403)**

Proyecto: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

Reporte N°: 1

Hoja N°: 1

Ubicación: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

Fecha: 02/07/2010

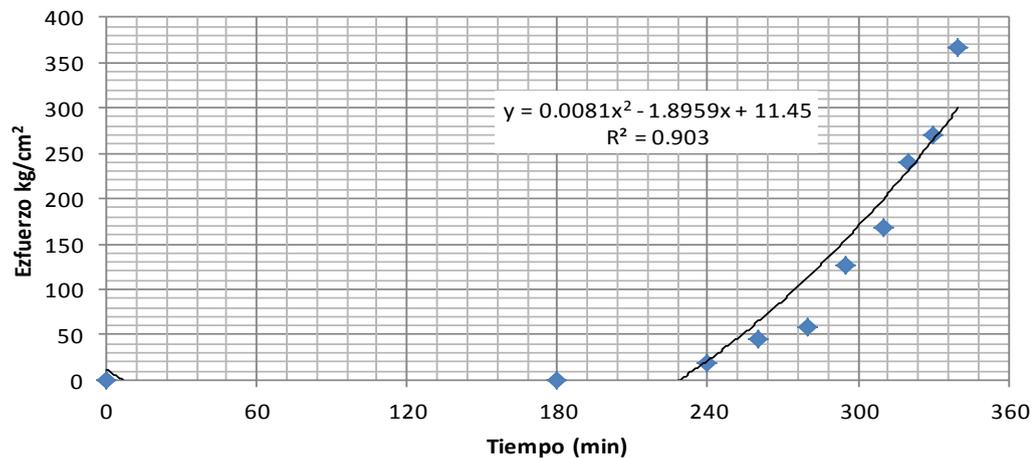
Procedencia: Cantera CESSA "Plantel Comalapa", La Paz

Ensayo N°: 1

Muestras N°: 1

Mezcla: D1

Lectura	Area (in ²)	Carga (lb)	Hora	Tiempo de ensayo (min)	Esfuerzo	
					psi	Kg/cm ²
0	0	0	11:30:00	0	0	0.0
1	0.5	0	14:30:00	180	0	0.0
2	0.5	136	15:30:00	240	272	19.1
3	0.25	160	15:50:00	260	640	45.0
4	0.125	105	16:10:00	280	840	59.1
5	0.05	90	16:25:00	295	1800	126.6
6	0.025	60	16:40:00	310	2400	168.7
7	0.025	85	16:50:00	320	3400	239.0
8	0.025	96	17:00:00	330	3840	270.0
9	0.025	130	17:10:00	340	5200	365.6



RESULTADOS

Fraguado Inicial = 245.9 min

Esfuerzo = 35.0 Kg/cm²

Fraguado Final = 333.5 min

Esfuerzo = 280.0 Kg/cm²

ANEXO E:

***RESULTADOS DEL ENSAYO DE
RESISTENCIA A LA COMPRESION A 7 Y 28 DIAS DE
EDAD SEGÚN LA NORMA ASTM C-39***

MEZCLAS "A"

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
A1-1	10.40	10.50	20.00	20.00	86.59	3.940	2275.09	7	7.00	34500.00	398.43	80%	3
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
A1-2	10.60	10.57	19.90	19.97	87.69	3.930	2244.51	7	7.00	33500.00	382.01	76%	3
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
A1-3	10.50	10.57	19.90	19.97	87.69	3.960	2261.64	7	7.00	43750.00	498.90	100%	4
	10.60		20.00										
	10.60		20.00										
A1-4	10.50	10.50	20.00	19.97	86.59	3.915	2264.42	7	7.00	34500.00	398.43	80%	3
	10.50		19.90										
	10.50		20.00										
A1-5	10.60	10.57	20.20	20.20	87.69	4.010	2263.74	7	7.00	42000.00	478.94	96%	2
	10.60		20.20										
	10.50		20.20										
A1-6	10.50	10.50	20.10	20.07	86.59	3.970	2284.79	28	7.00	48000.00	554.34	111%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
A1-7	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.950	2280.86	28	7.00	47500.00	548.56	110%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A1-8	10.60	10.57	20.20	20.20	87.69	4.040	2280.68	28	7.00	46750.00	533.11	107%	3
	10.50		20.20										
	10.60		20.20										
A1-9	10.50	10.50	20.00	20.07	86.59	3.940	2267.53	28	7.00	51000.00	588.98	118%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.10										
A1-10	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.920	2263.54	28	7.00	43500.00	502.37	100%	4
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39



PROYECTO: *Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil

RESISTENCIA DE DISEÑO: 590 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 500 (Kgs/cm²)

MEZCLA: A1

SOBREDISEÑO: 18.0 %



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39



PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil*

RESISTENCIA DE DISEÑO: 590 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 500 (Kgs/cm²)

MEZCLA: A2

SOBREDISEÑO: 18.0 %

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
A2-1	10.50	10.53	20.10	20.03	87.14	3.995	2288.45	7	7.50	44750.00	513.54	103%	2
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
A2-2	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.945	2277.97	7	7.50	42750.00	493.71	99%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A2-3	10.50	10.47	20.00	20.00	86.04	3.950	2295.41	7	7.50	33250.00	386.44	77%	3
	10.50		20.00										
	10.40		20.00										
A2-4	10.60	10.50	20.10	20.10	86.59	3.990	2292.49	7	7.50	44500.00	513.92	103%	2
	10.50		20.10										
	10.40		20.10										
A2-5	10.60	10.53	20.10	20.03	87.14	3.965	2271.27	7	7.50	35500.00	407.39	81%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A2-6	10.40	10.47	20.10	20.07	86.04	3.960	2293.58	28	7.50	49750.00	578.21	116%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.00										
A2-7	10.50	10.50	20.10	20.07	86.59	4.070	2342.34	28	7.50	53250.00	614.97	123%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
A2-8	10.60	10.60	20.10	20.03	88.25	3.970	2245.62	28	7.50	51000.00	577.92	116%	2
	10.60		20.00										
	10.60		20.00										
A2-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.960	2286.63	28	7.50	30000.00	346.46	69%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A2-10	10.40	10.47	20.00	20.00	86.04	3.970	2307.03	28	7.50	50000.00	581.12	116%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES: El espécimen A2-9, durante el ensayo de compresión presentó una falla columnar, por lo cual no genero la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomara en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad



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



**ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39**

PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

RESISTENCIA DE DISEÑO: 590 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 500 (Kgs/cm²)

MEZCLA: A3

SOBREDISEÑO: 18.0 %

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
A3-1	10.40	10.43	20.10	20.03	85.49	3.935	2297.50	7	7.50	38500.00	450.32	90%	3
	10.40		20.00										
	10.50		20.00										
A3-2	10.40	10.43	20.00	20.00	85.49	3.970	2321.80	7	7.50	45000.00	526.35	105%	2
	10.40		20.00										
	10.50		20.00										
A3-3	10.50	10.53	20.10	20.10	87.14	3.965	2263.74	7	7.50	43500.00	499.19	100%	2
	10.60		20.10										
	10.50		20.10										
A3-4	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.045	1747.17	7	7.50	31500.00	361.48	72%	3
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
A3-5	10.50	10.53	20.00	20.03	87.14	3.930	2251.22	7	7.50	41000.00	470.50	94%	2
	10.60		20.10										
	10.50		20.00										
A3-6	10.40	10.47	20.20	20.20	86.04	4.040	2324.47	28	7.50	50500.00	586.93	117%	2
	10.50		20.20										
	10.50		20.20										
A3-7	10.40	10.43	20.00	20.00	85.49	3.975	2324.72	28	7.50	52250.00	611.15	122%	2
	10.40		20.00										
	10.50		20.00										
A3-8	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.960	2286.63	28	7.50	42000.00	485.04	97%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A3-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.960	2286.63	28	7.50	53000.00	612.08	122%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
A3-10	10.50	10.50	20.10	20.10	86.59	4.000	2298.24	28	7.50	49500.00	571.66	114%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.10										

OBSERVACIONES: El espécimen A3-8, durante el ensayo de compresion presento una falla columnar, por lo cual no genero la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomara en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad

MEZCLAS "B"

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"												
	ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION ASTM C-39												
PROYECTO: <i>Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>										REPORTE N°: <u>1</u>			
UBICACIÓN: <i>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil</i>										HOJA N°: <u>1</u>			
ENSAYO N°: <u>1</u>										RESISTENCIA DE DISEÑO: <u>652 (Kgs/cm²)</u>			
MEZCLA: <u>B1</u>										RESISTENCIA EN ESTUDIO: <u>550 (Kgs/cm²)</u>			
										SOBREDISEÑO: <u>18.5 %</u>			
PROBETA N°	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pu/g)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	N°	PROMEDIO	N°	PROMEDIO									
B1-1	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.880	2240.44	7	7.50	39500.00	456.17	83%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B1-2	10.50	10.50	20.10	20.13	86.59	3.970	2277.23	7	7.50	44750.00	516.80	94%	2
	10.50		20.20										
	10.50		20.10										
B1-3	10.40	10.47	20.00	20.03	86.04	3.900	2262.58	7	7.50	41750.00	485.23	88%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
B1-4	10.60	10.53	20.30	20.30	87.14	3.950	2232.95	7	7.50	37500.00	430.34	78%	3
	10.50		20.30										
	10.50		20.30										
B1-5	10.40	10.47	20.00	20.03	86.04	3.890	2256.78	7	7.50	38750.00	450.37	82%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
B1-6	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.910	2257.76	28	7.50	45250.00	522.58	95%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B1-7	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.910	2257.76	28	7.50	48000.00	554.34	101%	4
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B1-8	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.910	2257.76	28	7.50	48500.00	560.11	102%	4
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B1-9	10.50	10.47	20.00	20.03	86.04	3.910	2268.39	28	7.50	47250.00	549.16	100%	4
	10.50		20.10										
	10.40		20.00										
B1-10	10.50	10.50	20.00	20.03	86.59	3.910	2254.01	28	7.50	49750.00	574.55	104%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
OBSERVACIONES: _____													



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil*

RESISTENCIA DE DISEÑO: 652 (Kgs/cm²)

ENSAYO N°: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 550 (Kgs/cm²)

MEZCLA: B2

SOBREDISEÑO: 18.5 %

PROBETA N°	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	N°	PROMEDIO	N°	PROMEDIO									
B2-1	10.50	10.50	20.00	20.07	86.59	3.900	2244.51	7	7.50	44250.00	511.03	93%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.10										
B2-2	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.870	2234.67	7	7.50	42750.00	493.71	90%	3
	10.60		20.00										
	10.40		20.00										
B2-3	10.50	10.50	19.90	19.97	86.59	3.900	2255.75	7	7.50	39000.00	450.40	82%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B2-4	10.40	10.47	20.30	20.30	86.04	3.950	2261.49	7	7.50	39000.00	453.27	82%	2
	10.50		20.30										
	10.50		20.30										
B2-5	10.50	10.57	20.00	20.00	87.69	3.925	2237.92	7	7.50	47250.00	538.81	98%	2
	10.60		20.00										
	10.60		20.00										
B2-6	10.50	10.53	20.10	20.03	87.14	3.940	2256.95	28	7.50	57250.00	656.98	119%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
B2-7	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.925	2252.10	28	7.50	48500.00	556.57	101%	3
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
B2-8	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.920	2263.54	28	7.50	53500.00	617.85	112%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B2-9	10.60	10.57	20.00	20.00	87.69	3.925	2237.92	28	7.50	49000.00	558.77	102%	3
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
B2-10	10.60	10.53	20.10	20.17	87.14	4.000	2276.17	28	7.50	57250.00	656.98	119%	2
	10.50		20.20										
	10.50		20.20										

OBSERVACIONES: Los especímenes B2-9 y B2-7, durante el ensayo de compresión presentaron una falla columnar, por lo cual no generaron la resistencia esperada, debido a esto, estos valores de resistencia no se tomara en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil*

RESISTENCIA DE DISEÑO: 652 (Kgs/cm²)

ENSAYO N°: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 550 (Kgs/cm²)

MEZCLA: B3

SOBREDISEÑO: 18.5 %

PROBETA N°	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	N°	PROMEDIO	N°	PROMEDIO									
B3-1	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.935	2272.20	7	7.50	44500.00	513.92	93%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B3-2	10.50	10.50	20.00	19.97	86.59	3.950	2284.67	7	7.50	48500.00	560.11	102%	2
	10.50		20.00										
	10.50		19.90										
B3-3	10.50	10.50	20.00	20.03	86.59	3.955	2279.95	7	7.50	45250.00	522.58	95%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.00										
B3-4	10.50	10.50	20.00	20.03	86.59	3.940	2271.30	7	7.50	49000.00	565.88	103%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.00										
B3-5	10.50	10.57	20.10	20.10	87.69	3.975	2255.15	7	7.50	49500.00	564.47	103%	5
	10.60		20.10										
	10.60		20.10										
B3-6	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.950	2280.86	28	7.50	56000.00	646.72	118%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B3-7	10.60	10.57	20.10	20.03	87.69	3.945	2245.58	28	7.50	61000.00	695.61	126%	2
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
B3-8	10.40	10.47	20.00	20.00	86.04	3.930	2283.79	28	7.50	51000.00	592.74	108%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B3-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.935	2272.20	28	7.50	55250.00	638.06	116%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
B3-10	10.60	10.60	20.10	20.17	88.25	4.030	2264.48	28	7.50	62000.00	702.57	128%	2
	10.60		20.20										
	10.60		20.20										

OBSERVACIONES: El espécimen B3-8, durante el ensayo de compresión presentó una falla columnar, por lo cual no generó la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomará en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad

MEZCLAS "C"

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
C1-1	10.60	10.60	20.10	20.17	88.25	3.960	2225.15	7	7.50	52500.00	594.92	99%	2
	10.60		20.20										
	10.60		20.20										
C1-2	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.920	2263.54	7	7.50	53550.00	618.43	103%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C1-3	10.50	10.50	20.00	20.03	86.59	3.915	2256.89	7	7.50	43250.00	499.48	83%	5
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
C1-4	10.60	10.60	20.20	20.20	88.25	3.980	2232.70	7	7.50	52250.00	592.09	99%	5
	10.60		20.20										
	10.60		20.20										
C1-5	10.60	10.53	20.20	20.07	87.14	3.920	2241.76	7	7.50	51500.00	591.00	98%	2
	10.60		20.00										
	10.40		20.00										
C1-6	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.910	2257.76	28	7.50	59500.00	687.15	115%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C1-7	10.60	10.57	20.00	20.00	87.69	3.930	2240.77	28	7.50	63500.00	724.12	121%	2
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
C1-8	10.60	10.57	20.00	20.00	87.69	3.920	2235.07	28	7.50	63000.00	718.41	120%	5
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
C1-9	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.920	2249.23	28	7.50	55500.00	636.90	106%	3
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
C1-10	10.50	10.53	20.00	20.07	87.14	3.955	2261.78	28	7.50	63500.00	728.71	121%	2
	10.50		20.10										
	10.60		20.10										

OBSERVACIONES: El espécimen C1-9, durante el ensayo de compresión presentó una falla columnar, por lo cual no generó la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomará en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil*

RESISTENCIA DE DISEÑO: 713 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 600 (Kgs/cm²)

MEZCLA: C1

SOBREDISEÑO: 18.8 %



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil

RESISTENCIA DE DISEÑO: 713 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 600 (Kgs/cm²)

MEZCLA: C2

SOBREDISEÑO: 18.8 %

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Días)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
C2-1	10.50	10.50	20.40	20.37	86.59	4.030	2285.16	7	7.50	56500.00	652.50	109%	2
	10.50		20.40										
	10.50		20.30										
C2-2	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.930	2269.31	7	7.50	52000.00	600.53	100%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C2-3	10.60	10.53	20.40	20.40	87.14	4.000	2250.13	7	7.50	47500.00	545.09	91%	2
	10.50		20.40										
	10.50		20.40										
C2-4	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.930	2269.31	7	7.50	58250.00	672.71	112%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C2-5	10.50	10.57	20.00	20.00	87.69	3.960	2257.87	7	7.50	57250.00	652.84	109%	2
	10.60		20.00										
	10.60		20.00										
C2-6	10.50	10.53	20.00	20.03	87.14	3.935	2254.08	28	7.50	62000.00	711.49	119%	2
	10.50		20.10										
	10.60		20.00										
C2-7	10.40	10.50	20.00	20.00	86.59	3.920	2263.54	28	7.50	60250.00	695.81	116%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
C2-8	10.40	10.47	20.00	20.03	86.04	3.935	2282.89	28	7.50	59000.00	685.72	114%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
C2-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.925	2266.42	28	7.50	59250.00	684.26	114%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C2-10	10.60	10.53	20.00	20.00	87.14	3.935	2257.84	28	7.50	61000.00	700.02	117%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES:



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil*

RESISTENCIA DE DISEÑO: 713 (Kgs/cm²)

ENSAYO N°: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 600 (Kgs/cm²)

MEZCLA: C3

SOBREDISEÑO: 18.8 %

PROBETA N°	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	N°	PROMEDIO	N°	PROMEDIO									
C3-1	10.50	10.53	20.20	20.20	87.14	3.950	2244.01	7	7.50	50500.00	579.52	97%	2
	10.60		20.20										
	10.50		20.20										
C3-2	10.50	10.53	20.10	20.03	87.14	3.950	2262.68	7	7.50	47500.00	545.09	91%	3
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
C3-3	10.50	10.53	20.00	20.07	87.14	3.980	2276.07	7	7.50	50500.00	579.52	97%	2
	10.60		20.10										
	10.50		20.10										
C3-4	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.940	2275.09	7	7.50	47500.00	548.56	91%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C3-5	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.940	2260.71	7	7.50	47500.00	545.09	91%	3
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
C3-6	10.50	10.53	20.10	20.07	87.14	3.970	2270.35	28	7.50	53000.00	608.21	101%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.10										
C3-7	10.50	10.53	20.20	20.20	87.14	4.030	2289.46	28	7.50	54250.00	622.56	104%	2
	10.50		20.20										
	10.60		20.20										
C3-8	10.50	10.57	20.20	20.20	87.69	4.050	2286.32	28	7.50	56750.00	647.14	108%	2
	10.60		20.20										
	10.60		20.20										
C3-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.990	2303.96	28	7.50	59750.00	690.03	115%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
C3-10	10.60	10.53	20.00	20.00	87.14	3.975	2280.79	28	7.50	49750.00	570.92	95%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES: El espécimen C3-10, durante el ensayo de compresión presentó una falla columnar, por lo cual no generó la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomará en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad

MEZCLAS "D"

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Días)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
D1-1	10.50	10.53	20.20	20.20	87.14	3.980	2261.05	7	7.50	49000.00	562.31	87%	2
	10.60		20.20										
	10.50		20.20										
D1-2	10.50	10.53	20.10	20.03	87.14	3.910	2239.76	7	7.50	45000.00	516.41	79%	3
	10.60		20.00										
	10.50		20.00										
D1-3	10.50	10.47	20.10	20.07	86.04	3.940	2281.99	7	7.50	62500.00	726.40	112%	2
	10.40		20.10										
	10.50		20.00										
D1-4	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.915	2260.65	7	7.50	50000.00	577.43	89%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D1-5	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.925	2252.10	7	7.50	47500.00	545.09	84%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
D1-6	10.60	10.53	20.10	20.07	87.14	3.960	2264.64	28	7.50	68750.00	788.95	121%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.00										
D1-7	10.60	10.53	20.00	20.00	87.14	3.910	2243.50	28	7.50	62500.00	717.23	110%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D1-8	10.60	10.53	20.10	20.03	87.14	3.935	2254.08	28	7.50	63000.00	722.97	111%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D1-9	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.930	2269.31	28	7.50	64750.00	747.78	115%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D1-10	10.50	10.50	20.10	20.03	86.59	3.915	2256.89	28	7.50	59500.00	687.15	106%	3
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES: El espécimen D1-10, durante el ensayo de compresión presentó una falla columnar, por lo cual no generó la resistencia esperada, debido a esto, este valor de resistencia no se tomara en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil*

HOJA Nº: 1

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA DE DISEÑO: 775 (Kgs/cm²)

MEZCLA: D1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 650 (Kgs/cm²)

SOBREDISEÑO: 19.2 %



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



ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39

PROYECTO: *Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil

RESISTENCIA DE DISEÑO: 775 (Kgs/cm²)

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 650 (Kgs/cm²)

MEZCLA: D2

SOBREDISEÑO: 19.2 %

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Dias)	REV. (Pu/g)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
D2-1	10.50	10.47	20.10	20.07	86.04	3.900	2258.83	7	7.50	45000.00	523.01	80%	5
	10.40		20.00										
	10.50		20.10										
D2-2	10.60	10.57	20.00	20.07	87.69	3.960	2250.37	7	7.50	61000.00	695.61	107%	2
	10.60		20.10										
	10.50		20.10										
D2-3	10.50	10.50	20.00	20.03	86.59	3.930	2265.54	7	7.50	52000.00	600.53	92%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.10										
D2-4	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.910	2257.76	7	7.50	47500.00	548.56	84%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D2-5	10.50	10.47	20.10	20.17	86.04	3.930	2264.91	7	7.50	48500.00	563.68	87%	2
	10.50		20.20										
	10.40		20.20										
D2-6	10.40	10.50	20.00	20.00	86.59	3.935	2272.20	28	7.50	60000.00	692.92	107%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
D2-7	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.965	2289.52	28	7.50	66000.00	762.21	117%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D2-8	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	3.940	2275.09	28	7.50	58500.00	675.60	104%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D2-9	10.50	10.53	20.20	20.20	87.14	3.995	2269.57	28	7.50	62000.00	711.49	109%	2
	10.50		20.20										
	10.60		20.20										
D2-10	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.930	2254.97	28	7.50	59000.00	677.07	104%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION
ASTM C-39



PROYECTO: *Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"*

REPORTE Nº: 1

UBICACIÓN: *Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil*

HOJA Nº: 1

ENSAYO Nº: 1

RESISTENCIA DE DISEÑO: 775 (Kgs/cm²)

MEZCLA: D3

RESISTENCIA EN ESTUDIO: 650 (Kgs/cm²)

SOBREDISEÑO: 19.2 %

PROBETA Nº	DIAMETRO (cm)		ALTURA (cm)		ÁREA (cm ²)	PESO (Kgs)	PESO VOL. (Kgs/m ³)	EDAD (Días)	REV. (Pulg)	CARGA (Kgs)	ESFUERZO (Kgs/cm ²)	% RESIS. ESPERADA	TIPO DE FALLA
	Nº	PROMEDIO	Nº	PROMEDIO									
D3-1	10.50	10.50	20.10	20.10	86.59	4.000	2298.24	7	7.50	47500.00	548.56	84%	2
	10.50		20.10										
	10.50		20.10										
D3-2	10.50	10.53	20.10	20.10	87.14	4.000	2283.72	7	7.50	51000.00	585.26	90%	2
	10.50		20.10										
	10.60		20.10										
D3-3	10.60	10.57	20.00	20.00	87.69	3.980	2269.28	7	7.50	46250.00	527.41	81%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
D3-4	10.50	10.53	20.00	20.00	87.14	3.990	2289.40	7	7.50	54000.00	619.69	95%	2
	10.50		20.00										
	10.60		20.00										
D3-5	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	4.020	2321.28	7	7.50	62500.00	721.79	111%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D3-6	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	4.000	2309.73	28	7.50	57750.00	666.93	103%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D3-7	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	4.000	2309.73	28	7.50	57250.00	661.16	102%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										
D3-8	10.50	10.50	20.20	20.27	86.59	4.000	2279.34	28	7.50	73500.00	848.83	131%	1
	10.50		20.30										
	10.50		20.30										
D3-9	10.50	10.50	20.30	20.30	86.59	4.060	2309.73	28	7.50	58500.00	675.60	104%	2
	10.50		20.30										
	10.50		20.30										
D3-10	10.50	10.50	20.00	20.00	86.59	4.035	2329.94	28	7.50	59000.00	681.37	105%	2
	10.50		20.00										
	10.50		20.00										

OBSERVACIONES: El espécimen D3-8 presentó una resistencia elevada respecto a los demás, debido a esto, este valor de resistencia no se tomara en cuenta en el promedio de resistencias de esta mezcla a 28 días de edad

ANEXO F:

***RESULTADOS DE LOS ENSAYO DE MODULO
DE ELASTICIDAD ESTATICO DEL CONCRETO Y
DETERMINACION DE LA RELACION DE POISSON
SEGUN LA NORMA ASTM C-469***

MEZCLA "A1"



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



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)

Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

PROYECTO: _____
UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
ENSAYO Nº: 1
MEZCLA: A1

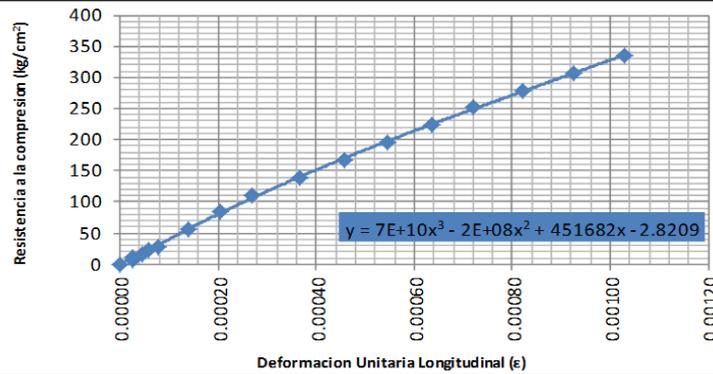
REPORTE Nº: 1
HOJA Nº: 1
FECHA: 06/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 545.47 kg/cm²
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 97682.15 kg
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14652 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	58609 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A1-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.8	0.0080	0.00003
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.4	0.0140	0.00005
4000	22.3	1.8	0.0180	0.00006
5000	27.9	2.4	0.0240	0.00008
10000	55.8	4.2	0.0420	0.00014
15000	83.8	6.2	0.0620	0.00020
20000	111.7	8.2	0.0820	0.00027
25000	139.6	11.2	0.1120	0.00037
30000	167.5	14.0	0.1400	0.00046
35000	195.4	16.6	0.1660	0.00054
40000	223.4	19.4	0.1940	0.00064
45000	251.3	22.0	0.2200	0.00072
50000	279.2	25.0	0.2500	0.00082
55000	307.1	28.2	0.2820	0.00092
60000	335.0	31.4	0.3140	0.00103

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
Deformación unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
S₁ = 19.76323 kg/cm²

Determinación de deformación unitaria ε₂:
Deformación unitaria equivalente (ε₂) = 0.00048924
40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 218.19 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
E = $\frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}$ = 451757.0901 kg/cm²

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO N°: 1

MEZCLA: A1

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

FECHA: 06/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 545.47 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

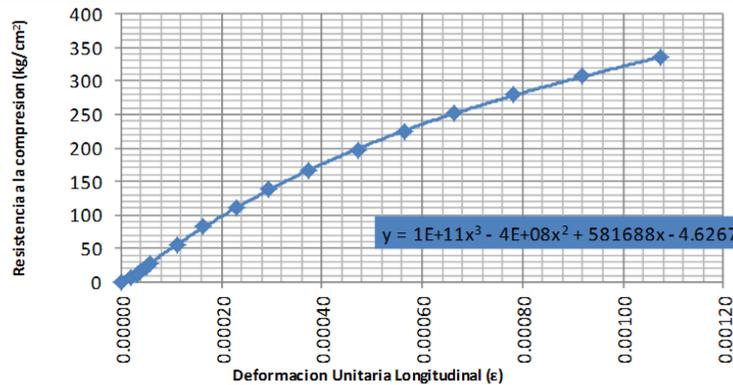
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 97682.15 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14652 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	58609 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A1-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	1.0	0.0100	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.6	0.0160	0.00005
5000	27.9	1.8	0.0180	0.00006
10000	55.8	3.4	0.0340	0.00011
15000	83.8	5.0	0.0500	0.00016
20000	111.7	7.0	0.0700	0.00023
25000	139.6	9.0	0.0900	0.00030
30000	167.5	11.4	0.1140	0.00037
35000	195.4	14.4	0.1440	0.00047
40000	223.4	17.2	0.1720	0.00056
45000	251.3	20.2	0.2020	0.00066
50000	279.2	23.8	0.2380	0.00078
55000	307.1	28.0	0.2800	0.00092
60000	335.0	32.8	0.3280	0.00108

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :

$$Deformacion\ unitaria\ equivalente\ (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1 = 24.45754\ kg/cm^2}$$

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :

$$Deformacion\ unitaria\ equivalente\ (\epsilon_2) = \frac{0.00038307}{40\% \text{ de esfuerzo a compresion maximo } (S_2) = 218.19\ kg/cm^2}$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 581659.6183\ kg/cm^2$$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
ENSAYO Nº: 1
MEZCLA: A1

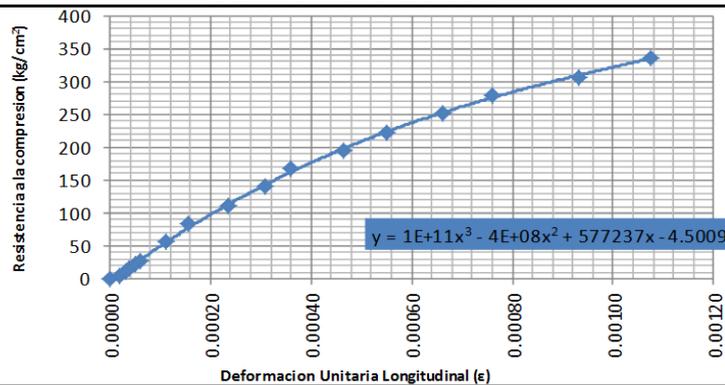
REPORTE Nº: 1
HOJANº: 1
FECHA: 06/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 545.47 kg/cm²
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 97682.15 kg
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14652 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	58609 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A1-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	1.0	0.0100	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.6	0.0160	0.00005
5000	27.9	1.8	0.0180	0.00006
10000	55.8	3.4	0.0340	0.00011
15000	83.8	4.8	0.0480	0.00016
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	11.0	0.1100	0.00036
35000	195.4	14.2	0.1420	0.00047
40000	223.4	16.8	0.1680	0.00055
45000	251.3	20.2	0.2020	0.00066
50000	279.2	23.2	0.2320	0.00076
55000	307.1	28.4	0.2840	0.00093
60000	335.0	32.8	0.3280	0.00108

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1} = 24.36069 \text{ kg/cm}^2$$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_2) = \frac{0.00038581}{40\% \text{ de esfuerzo a compresion maximo}(S_2)} = 218.19 \text{ kg/cm}^2$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 577206.4388 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:

MEZCLA "A2"



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



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

MEZCLA: A2

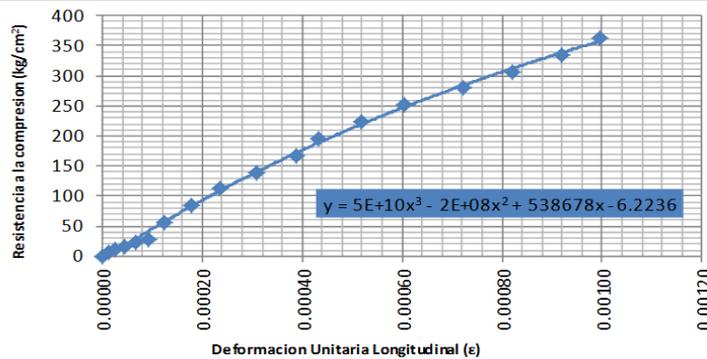
REPORTE Nº: 1
HOJA Nº: 1
FECHA: 06/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 588.05 kg/cm²
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 105307.86 kg
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	15796 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	63185 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A2-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.4	0.0140	0.00005
4000	22.3	2.0	0.0200	0.00007
5000	27.9	2.8	0.0280	0.00009
10000	55.8	3.8	0.0380	0.00012
15000	83.8	5.4	0.0540	0.00018
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	11.8	0.1180	0.00039
35000	195.4	13.2	0.1320	0.00043
40000	223.4	15.8	0.1580	0.00052
45000	251.3	18.4	0.1840	0.00060
50000	279.2	22.0	0.2200	0.00072
55000	307.1	25.0	0.2500	0.00082
60000	335.0	28.0	0.2800	0.00092
65000	363.0	30.4	0.3040	0.00100

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
S₁ = 20.71030 kg/cm²

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00044821
40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = 235.22 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
E = $\frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}$ = 538680.08 kg/cm²

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: A2

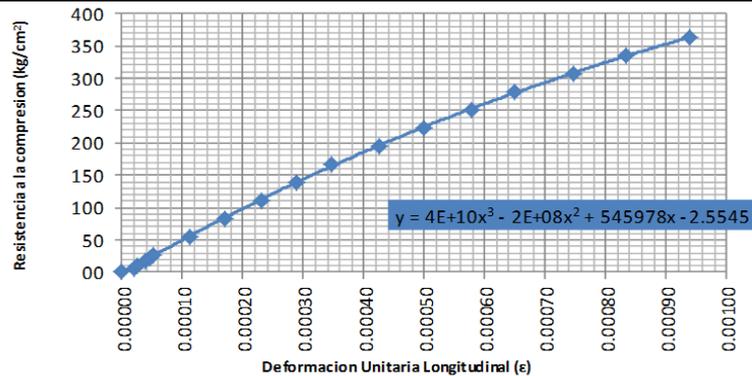
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 1
 FECHA: 06/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 588.05 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 105307.86 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	15796 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	63185 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A2-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.4	0.0340	0.00011
15000	83.8	5.2	0.0520	0.00017
20000	111.7	7.0	0.0700	0.00023
25000	139.6	8.8	0.0880	0.00029
30000	167.5	10.6	0.1060	0.00035
35000	195.4	13.0	0.1300	0.00043
40000	223.4	15.2	0.1520	0.00050
45000	251.3	17.6	0.1760	0.00058
50000	279.2	19.8	0.1980	0.00065
55000	307.1	22.8	0.2280	0.00075
60000	335.0	25.4	0.2540	0.00083
65000	363.0	28.6	0.2860	0.00094

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{24.74440} \text{ kg/cm}^2$

Determinacion de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00043551
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = 235.22 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 545978.1 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "A3"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

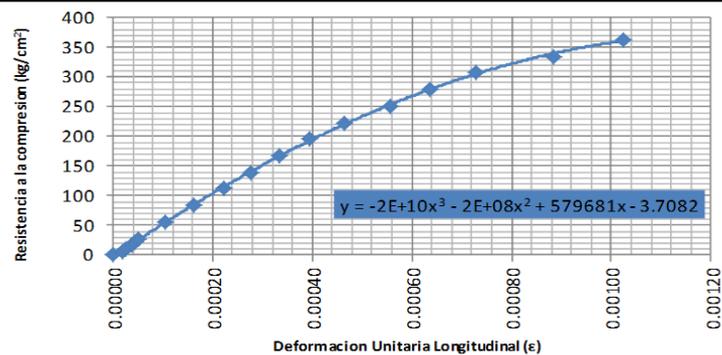
MEZCLA: A3

REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 1
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO:	595.45 kg/cm ²	CONDICIONES DE ENSAYO	
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES:	179.08 cm ²	15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	15995 kg
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	106633.21 kg	60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	63980 kg
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES:	30.50 cm	Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A3-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.2	0.0320	0.00010
15000	83.8	5.0	0.0500	0.00016
20000	111.7	6.8	0.0680	0.00022
25000	139.6	8.4	0.0840	0.00028
30000	167.5	10.2	0.1020	0.00033
35000	195.4	12.0	0.1200	0.00039
40000	223.4	14.2	0.1420	0.00047
45000	251.3	17.0	0.1700	0.00056
50000	279.2	19.4	0.1940	0.00064
55000	307.1	22.2	0.2220	0.00073
60000	335.0	27.0	0.2700	0.00089
65000	363.0	31.2	0.3120	0.00102

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformación unitaria equivalente (ε₁) = $\frac{0.00005}{S_1} = \frac{0.00005}{25.27585 \text{ kg/cm}^2}$

Determinación de deformación unitaria ε₂:
 Deformación unitaria equivalente (ε₂) = $\frac{0.00041728}{S_2} = \frac{0.00041728}{238.18 \text{ kg/cm}^2}$

40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = **238.18 kg/cm²**

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \frac{238.18 - 25.27585}{0.00041728 - 0.00005} = \mathbf{579680.8806 \text{ kg/cm}^2}$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: A3

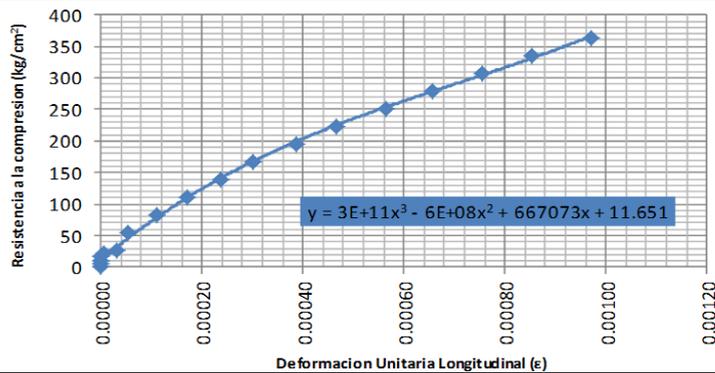
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 2
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 595.45 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 106633.21 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	15995 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	63980 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A3-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.0	0.0000	0.00000
2000	11.2	0.0	0.0000	0.00000
3000	16.8	0.0	0.0000	0.00000
4000	22.3	0.2	0.0020	0.00001
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	1.6	0.0160	0.00005
15000	83.8	3.4	0.0340	0.00011
20000	111.7	5.2	0.0520	0.00017
25000	139.6	7.2	0.0720	0.00024
30000	167.5	9.2	0.0920	0.00030
35000	195.4	11.8	0.1180	0.00039
40000	223.4	14.2	0.1420	0.00047
45000	251.3	17.2	0.1720	0.00056
50000	279.2	20.0	0.2000	0.00066
55000	307.1	23.0	0.2300	0.00075
60000	335.0	26.0	0.2600	0.00085
65000	363.0	29.6	0.2960	0.00097

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00005} = 21.69845 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00037487
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = 238.18 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 666359.4102 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: A3

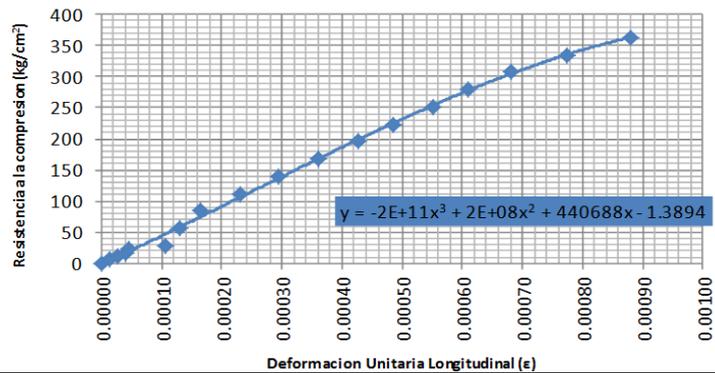
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 3
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 595.45 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 106633.21 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	15995 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	63980 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN A3-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	3.2	0.0320	0.00010
10000	55.8	4.0	0.0400	0.00013
15000	83.8	5.0	0.0500	0.00016
20000	111.7	7.0	0.0700	0.00023
25000	139.6	9.0	0.0900	0.00030
30000	167.5	11.0	0.1100	0.00036
35000	195.4	13.0	0.1300	0.00043
40000	223.4	14.8	0.1480	0.00049
45000	251.3	16.8	0.1680	0.00055
50000	279.2	18.6	0.1860	0.00061
55000	307.1	20.8	0.2080	0.00068
60000	335.0	23.6	0.2360	0.00077
65000	363.0	26.8	0.2680	0.00088

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{20.64500} \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ϵ_2 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00054363
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = 238.18 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \mathbf{440688.1513 \text{ kg/cm}^2}$

OBSERVACIONES:

MEZCLA "B1"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

PROYECTO: _____
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B1

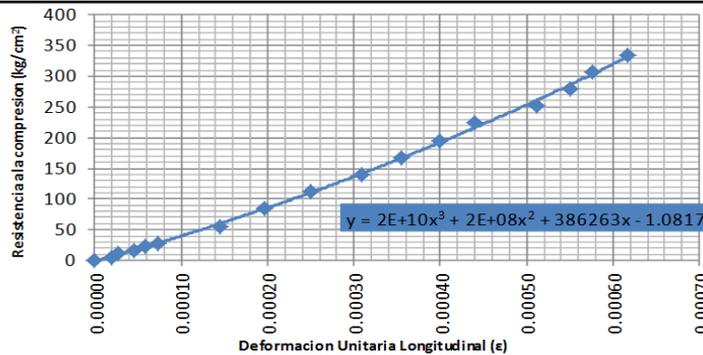
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 1
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 552.14 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 98877.31 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14832 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	59326 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B1-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.4	0.0140	0.00005
4000	22.3	1.8	0.0180	0.00006
5000	27.9	2.2	0.0220	0.00007
10000	55.8	4.4	0.0440	0.00014
15000	83.8	6.0	0.0600	0.00020
20000	111.7	7.6	0.0760	0.00025
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	10.8	0.1080	0.00035
35000	195.4	12.2	0.1220	0.00040
40000	223.4	13.4	0.1340	0.00044
45000	251.3	15.6	0.1560	0.00051
50000	279.2	16.8	0.1680	0.00055
55000	307.1	17.6	0.1760	0.00058
60000	335.0	18.8	0.1880	0.00062

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 S₁ = 18.23145 kg/cm²

Determinacion de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00057459
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 220.86 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 386263.1603 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B1

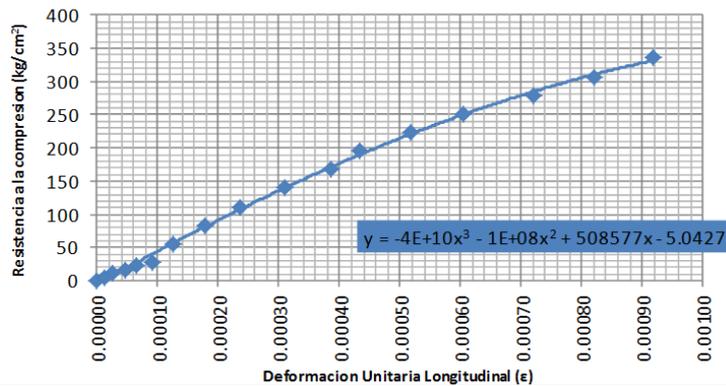
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 2
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 552.14 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 98877.31 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14832 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	59326 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B1-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.4	0.0140	0.00005
4000	22.3	2.0	0.0200	0.00007
5000	27.9	2.8	0.0280	0.00009
10000	55.8	3.8	0.0380	0.00012
15000	83.8	5.4	0.0540	0.00018
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	11.8	0.1180	0.00039
35000	195.4	13.2	0.1320	0.00043
40000	223.4	15.8	0.1580	0.00052
45000	251.3	18.4	0.1840	0.00060
50000	279.2	22.0	0.2200	0.00072
55000	307.1	25.0	0.2500	0.00082
60000	335.0	28.0	0.2800	0.00092

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{20.38615} \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00044418
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 220.86 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 508577.2323 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B1

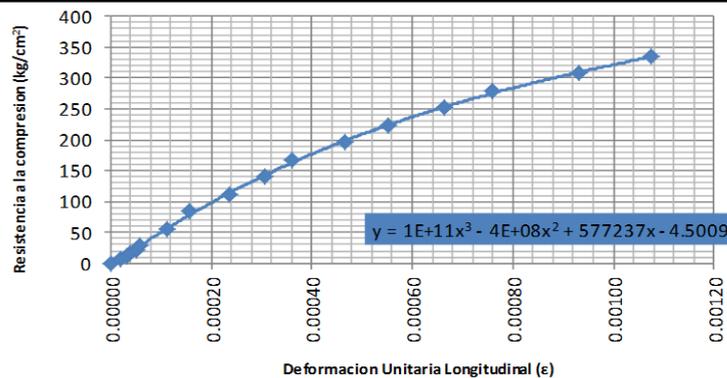
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 3
 FECHA: 07/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 552.14 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 98877.31 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	14832 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	59326 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B1-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	1.0	0.0100	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.6	0.0160	0.00005
5000	27.9	1.8	0.0180	0.00006
10000	55.8	3.4	0.0340	0.00011
15000	83.8	4.8	0.0480	0.00016
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	11.0	0.1100	0.00036
35000	195.4	14.2	0.1420	0.00047
40000	223.4	16.8	0.1680	0.00055
45000	251.3	20.2	0.2020	0.00066
50000	279.2	23.2	0.2320	0.00076
55000	307.1	28.4	0.2840	0.00093
60000	335.0	32.8	0.3280	0.00108

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1} = \frac{0.00005}{24.36079 \text{ kg/cm}^2}$$

Determinacion de deformacion unitaria e₂:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_2) = \frac{0.00039043}{S_2} = \frac{0.00039043}{220.86 \text{ kg/cm}^2}$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 577208.136 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:

MEZCLA "B2"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

MEZCLA: B2

REPORTE Nº: 1

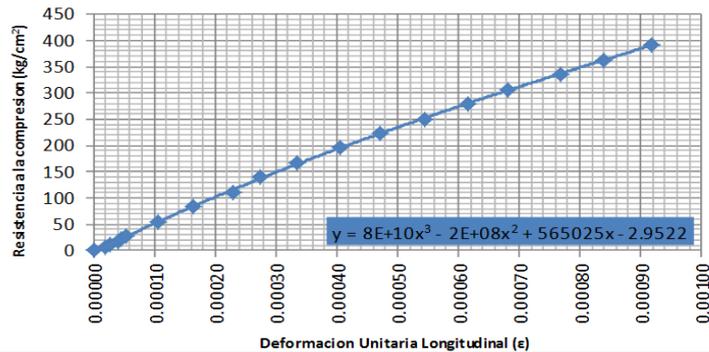
HOJANº: 1

FECHA: 08/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO:	643.94 kg/cm ²	CONDICIONES DE ENSAYO	
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES:	179.08 cm ²	15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	17297 kg
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	115315.82 kg	60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	69189 kg
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES:	30.50 cm	Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B2-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.2	0.0320	0.00010
15000	83.8	5.0	0.0500	0.00016
20000	111.7	7.0	0.0700	0.00023
25000	139.6	8.4	0.0840	0.00028
30000	167.5	10.2	0.1020	0.00033
35000	195.4	12.4	0.1240	0.00041
40000	223.4	14.4	0.1440	0.00047
45000	251.3	16.6	0.1660	0.00054
50000	279.2	18.8	0.1880	0.00062
55000	307.1	20.8	0.2080	0.00068
60000	335.0	23.4	0.2340	0.00077
65000	363.0	25.6	0.2560	0.00084
70000	390.9	28.0	0.2800	0.00092

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1 = 25.29918 \text{ kg/cm}^2}$$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_2) = \frac{0.0004609}{40\% \text{ de esfuerzo a compresion maximo } (S_2) = 257.57 \text{ kg/cm}^2}$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 565280.3916 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



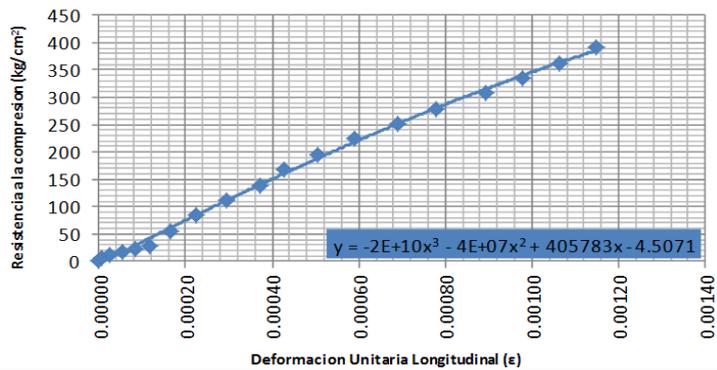
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B2

REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 2
 FECHA: 08/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: <u>643.94 kg/cm²</u>	CONDICIONES DE ENSAYO
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>179.08 cm²</u>	15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>17297 kg</u>
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>115315.82 kg</u>	60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>69189 kg</u>
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>30.50 cm</u>	Factor de deformimetro: <u>0.01 mm</u>

ESPECIMEN B2-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.6	0.0160	0.00005
4000	22.3	2.6	0.0260	0.00009
5000	27.9	3.6	0.0360	0.00012
10000	55.8	5.0	0.0500	0.00016
15000	83.8	6.8	0.0680	0.00022
20000	111.7	9.0	0.0900	0.00030
25000	139.6	11.4	0.1140	0.00037
30000	167.5	13.0	0.1300	0.00043
35000	195.4	15.4	0.1540	0.00050
40000	223.4	18.0	0.1800	0.00059
45000	251.3	21.0	0.2100	0.00069
50000	279.2	23.8	0.2380	0.00078
55000	307.1	27.2	0.2720	0.00089
60000	335.0	29.8	0.2980	0.00098
65000	363.0	32.4	0.3240	0.00106
70000	390.9	35.0	0.3500	0.00115

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00001} = 15.78201 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00064587
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = 257.57 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 405771.5993 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: Debido a que el resultado del modulo de elasticidad obtenido es muy diferente a los otros dos, no ha sido tomado en cuenta para obtener el promedio



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B2

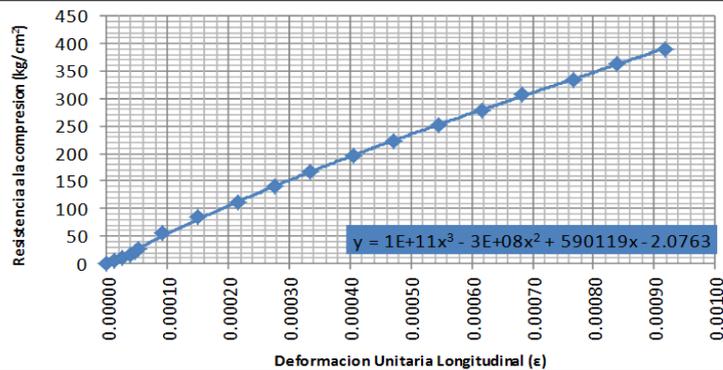
REPORTE Nº: 1
 HOJAS Nº: 3
 FECHA: 08/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 643.94 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 115315.82 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm
 DIAMETRO PROMEDIO DE ESPECIMENES: 15.10 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	17297 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	69189 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B2-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	2.8	0.0280	0.00009
15000	83.8	4.6	0.0460	0.00015
20000	111.7	6.6	0.0660	0.00022
25000	139.6	8.4	0.0840	0.00028
30000	167.5	10.2	0.1020	0.00033
35000	195.4	12.4	0.1240	0.00041
40000	223.4	14.4	0.1440	0.00047
45000	251.3	16.6	0.1660	0.00054
50000	279.2	18.8	0.1880	0.00062
55000	307.1	20.8	0.2080	0.00068
60000	335.0	23.4	0.2340	0.00077
65000	363.0	25.6	0.2560	0.00084
70000	390.9	28.0	0.2800	0.00092

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_1) = $\frac{0.00005}{}$
 $S_1 = \frac{27.42963}{}$ kg/cm²

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_2) = $\frac{0.00043999}{}$
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = $\frac{257.57}{}$ kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 590115.7852$ kg/cm²

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "B3"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO N°: 1

MEZCLA: B3

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 670.74 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

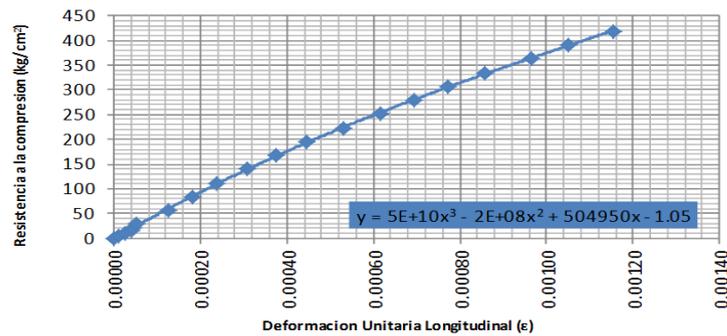
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120115.47 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18017 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72069 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B3-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.8	0.0380	0.00012
15000	83.8	5.6	0.0560	0.00018
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.4	0.0940	0.00031
30000	167.5	11.4	0.1140	0.00037
35000	195.4	13.6	0.1360	0.00045
40000	223.4	16.2	0.1620	0.00053
45000	251.3	18.8	0.1880	0.00062
50000	279.2	21.2	0.2120	0.00070
55000	307.1	23.6	0.2360	0.00077
60000	335.0	26.2	0.2620	0.00086
65000	363.0	29.4	0.2940	0.00096
70000	390.9	32.0	0.3200	0.00105
75000	418.8	35.2	0.3520	0.00115

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1} = \frac{0.00005}{24.19795 \text{ kg/cm}^2}$$

Determinación de deformacion unitaria ϵ_2 :

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_2) = \frac{0.0005334}{S_2} = \frac{0.0005334}{268.30 \text{ kg/cm}^2}$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \frac{268.30 - 24.19795}{0.0005334 - 0.00005} = 504961.914 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: B3

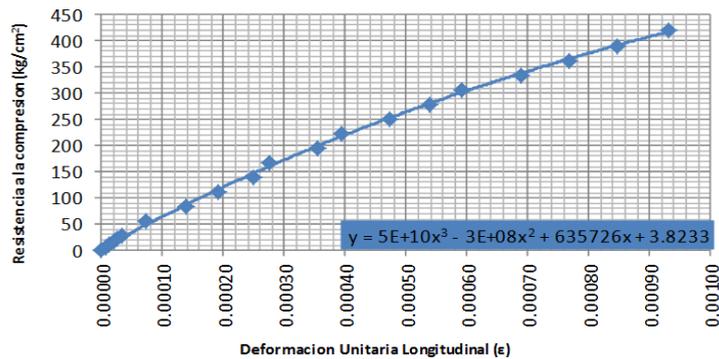
REPORTE Nº: 1
 HOJAS Nº: 2
 FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 670.74 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120115.47 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18017 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72069 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B3-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.2	0.0220	0.00007
15000	83.8	4.2	0.0420	0.00014
20000	111.7	5.8	0.0580	0.00019
25000	139.6	7.6	0.0760	0.00025
30000	167.5	8.4	0.0840	0.00028
35000	195.4	10.8	0.1080	0.00035
40000	223.4	12.0	0.1200	0.00039
45000	251.3	14.4	0.1440	0.00047
50000	279.2	16.4	0.1640	0.00054
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059
60000	335.0	21.0	0.2100	0.00069
65000	363.0	23.4	0.2340	0.00077
70000	390.9	25.8	0.2580	0.00085
75000	418.8	28.4	0.2840	0.00093

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00005} = 35.60958 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00041603
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S_2) = 268.30396 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 635724.8602 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO N°: 1
 MEZCLA: B3

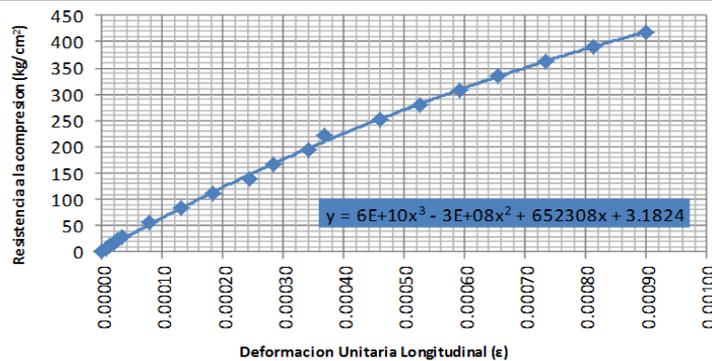
REPORTE N°: 1
 HOJA N°: 3
 FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 670.74 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120115.47 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18017 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72069 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN B3-13					
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL			
		Lectura	(mm)	ε	
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000	
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001	
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001	
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002	
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003	
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003	
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008	
15000	83.8	4.0	0.0400	0.00013	
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018	
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024	
30000	167.5	8.6	0.0860	0.00028	
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034	
40000	223.4	11.2	0.1120	0.00037	
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046	
50000	279.2	16.0	0.1600	0.00052	
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059	
60000	335.0	20.0	0.2000	0.00066	
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073	
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081	
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090	

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformación unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{652308 \cdot 0.00005 + 3.1824}{0.00005} = \underline{35.79739 \text{ kg/cm}^2}$

Determinación de deformación unitaria ε₂:
 Deformación unitaria equivalente (ε₂) = 0.00040643
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 268.30 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \underline{652316.3734 \text{ kg/cm}^2}$

OBSERVACIONES:

MEZCLA "C1"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

MEZCLA: C1

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 714.60 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

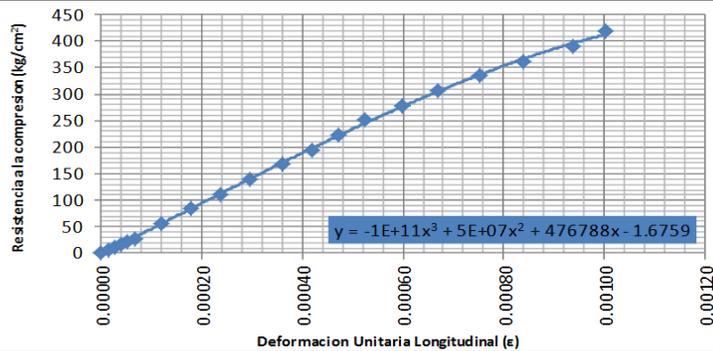
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 127968.70 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	19195 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	76781 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C1-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.6	0.0160	0.00005
5000	27.9	2.0	0.0200	0.00007
10000	55.8	3.6	0.0360	0.00012
15000	83.8	5.4	0.0540	0.00018
20000	111.7	7.2	0.0720	0.00024
25000	139.6	9.0	0.0900	0.00030
30000	167.5	11.0	0.1100	0.00036
35000	195.4	12.8	0.1280	0.00042
40000	223.4	14.4	0.1440	0.00047
45000	251.3	16.0	0.1600	0.00052
50000	279.2	18.2	0.1820	0.00060
55000	307.1	20.4	0.2040	0.00067
60000	335.0	23.0	0.2300	0.00075
65000	363.0	25.6	0.2560	0.00084
70000	390.9	28.6	0.2860	0.00094
75000	418.8	30.6	0.3060	0.00100

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S_1 :

Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005

$S_1 = \frac{0.00005}{22.16370} \text{ kg/cm}^2$

Determinacion de deformacion unitaria ϵ_2 :

Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00060296

40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = 285.84 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 476839.0125 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: Debido a que el resultado del modulo de elasticidad obtenido es muy diferente a los otros dos, no ha sido tomado en cuenta para obtener el promedio



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C1

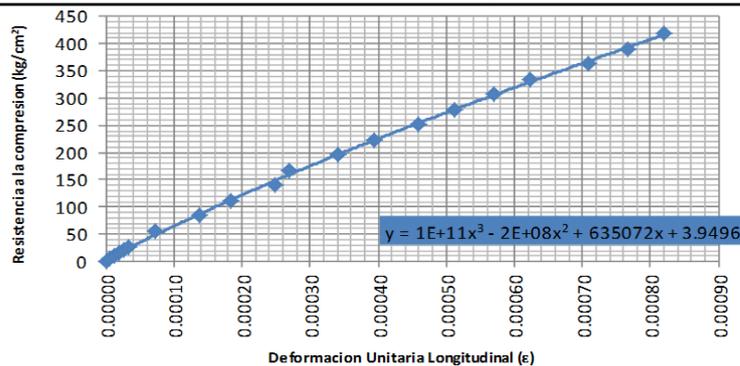
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 2
 FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 714.60 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 127968.70 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	19195 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	76781 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C1-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.2	0.0220	0.00007
15000	83.8	4.2	0.0420	0.00014
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	7.6	0.0760	0.00025
30000	167.5	8.2	0.0820	0.00027
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034
40000	223.4	12.0	0.1200	0.00039
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046
50000	279.2	15.6	0.1560	0.00051
55000	307.1	17.4	0.1740	0.00057
60000	335.0	19.0	0.1900	0.00062
65000	363.0	21.6	0.2160	0.00071
70000	390.9	23.4	0.2340	0.00077
75000	418.8	25.0	0.2500	0.00082

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = $\frac{0.00005}{}$
 $S_1 = \frac{35.69360}{}$ kg/cm²

Determinación de deformacion unitaria ϵ_2 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = $\frac{0.00044231}{}$
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S_2) = $\frac{284.84}{}$ kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \frac{635071.874}{}$ kg/cm²

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C1

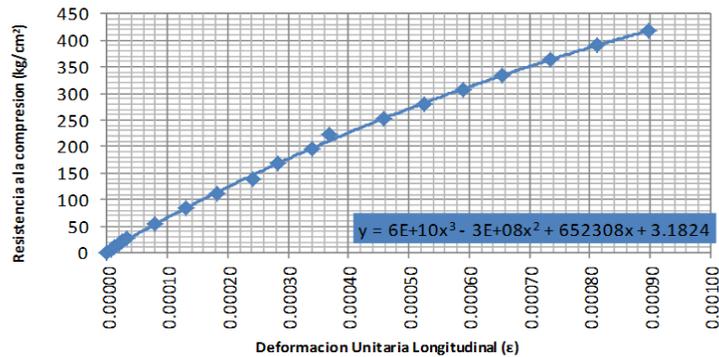
REPORTE Nº: 1
 HOJANº: 3
 FECHA: 09/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 714.60 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 127968.70 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	19195 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	76781 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C1-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008
15000	83.8	4.0	0.0400	0.00013
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024
30000	167.5	8.6	0.0860	0.00028
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034
40000	223.4	11.2	0.1120	0.00037
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046
50000	279.2	16.0	0.1600	0.00052
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059
60000	335.0	20.0	0.2000	0.00066
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformación unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005 \times 652308}{0.00005} = 35.79739 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformación unitaria ε₂:
 Deformación unitaria equivalente (ε₂) = 0.00043332
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 285.84 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \frac{285.84 - 35.79739}{0.00043332 - 0.00005} = 652317.6437 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "C2"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACION: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO N°: 1

MEZCLA: C2

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 695.46 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

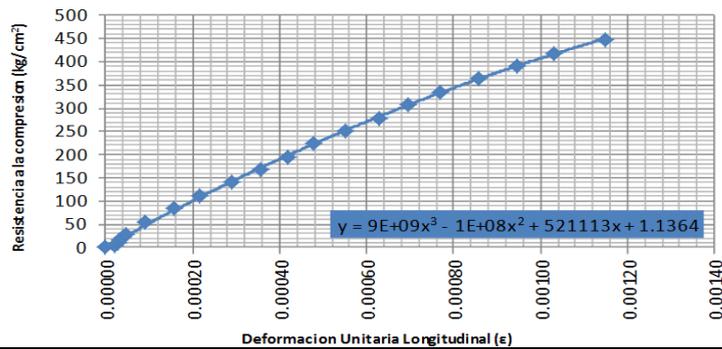
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 124541.71 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18681 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	74725 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C2-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACION LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.6	0.0060	0.00002
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.0	0.0100	0.00003
4000	22.3	1.2	0.0120	0.00004
5000	27.9	1.4	0.0140	0.00005
10000	55.8	2.8	0.0280	0.00009
15000	83.8	4.8	0.0480	0.00016
20000	111.7	6.6	0.0660	0.00022
25000	139.6	8.8	0.0880	0.00029
30000	167.5	10.8	0.1080	0.00035
35000	195.4	12.8	0.1280	0.00042
40000	223.4	14.6	0.1460	0.00048
45000	251.3	16.8	0.1680	0.00055
50000	279.2	19.2	0.1920	0.00063
55000	307.1	21.2	0.2120	0.00070
60000	335.0	23.4	0.2340	0.00077
65000	363.0	26.2	0.2620	0.00086
70000	390.9	28.8	0.2880	0.00094
75000	418.8	31.4	0.3140	0.00103
80000	446.7	35.0	0.3500	0.00115

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:

$$Deformacion\ unitaria\ equivalente\ (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1} = \frac{0.00005}{27.19165\ kg/cm^2}$$

Determinacion de deformacion unitaria ε₂:

$$Deformacion\ unitaria\ equivalente\ (\epsilon_2) = \frac{0.00053153}{S_2} = \frac{0.00053153}{278.18\ kg/cm^2}$$

40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂)= 278.18 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \frac{278.18 - 27.19165}{0.00053153 - 0.00005} = 521232.7199\ kg/cm^2$$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C2

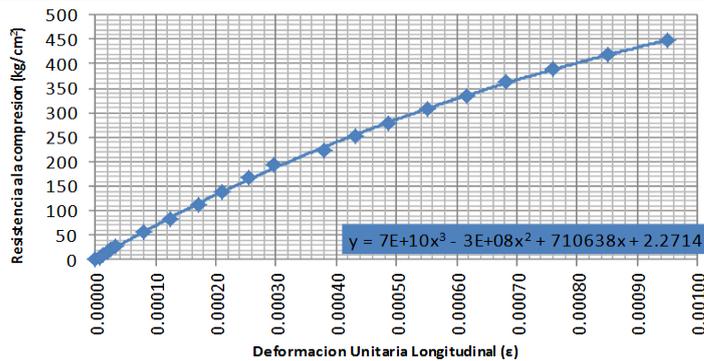
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 2
 FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 695.46 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 124541.71 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18681 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	74725 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C2-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008
15000	83.8	3.8	0.0380	0.00012
20000	111.7	5.2	0.0520	0.00017
25000	139.6	6.4	0.0640	0.00021
30000	167.5	7.8	0.0780	0.00026
35000	195.4	9.0	0.0900	0.00030
40000	223.4	11.6	0.1160	0.00038
45000	251.3	13.2	0.1320	0.00043
50000	279.2	14.8	0.1480	0.00049
55000	307.1	16.8	0.1680	0.00055
60000	335.0	18.8	0.1880	0.00062
65000	363.0	20.8	0.2080	0.00068
70000	390.9	23.2	0.2320	0.00076
75000	418.8	26.0	0.2600	0.00085
80000	446.7	29.0	0.2900	0.00095

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformación unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{37.80292} \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformación unitaria ε₂:
 Deformación unitaria equivalente (ε₂) = 0.00038823
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 278.18 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 710683.8896 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C2

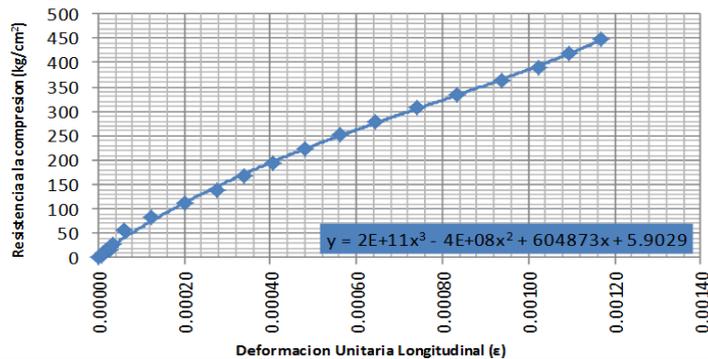
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 3
 FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 695.46 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 124541.71 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18681 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	74725 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C2-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.8	0.0080	0.00003
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	1.8	0.0180	0.00006
15000	83.8	3.8	0.0380	0.00012
20000	111.7	6.2	0.0620	0.00020
25000	139.6	8.4	0.0840	0.00028
30000	167.5	10.4	0.1040	0.00034
35000	195.4	12.4	0.1240	0.00041
40000	223.4	14.6	0.1460	0.00048
45000	251.3	17.2	0.1720	0.00056
50000	279.2	19.6	0.1960	0.00064
55000	307.1	22.6	0.2260	0.00074
60000	335.0	25.4	0.2540	0.00083
65000	363.0	28.6	0.2860	0.00094
70000	390.9	31.2	0.3120	0.00102
75000	418.8	33.4	0.3340	0.00110
80000	446.7	35.6	0.3560	0.00117

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{695.46}{0.00005} = 36.14544 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ϵ_2 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00045017
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S_2) = 278.18395 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 604839.2213 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "C3"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

PROYECTO: _____
 UBICACION: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO N°: 1
 MEZCLA: C3

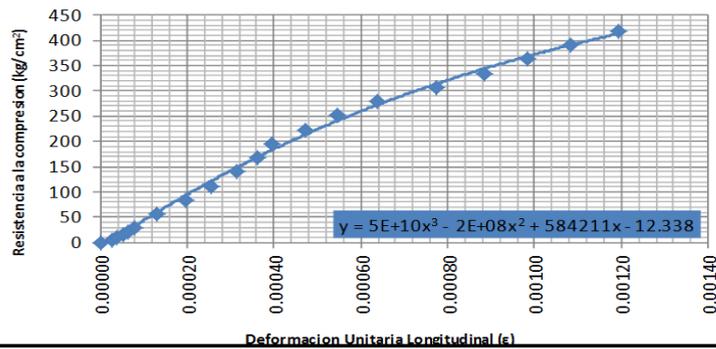
REPORTE N°: 1
 HOJA N°: 1
 FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 641.99 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 114965.87 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	17245 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	68980 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C3-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACION LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.8	0.0080	0.00003
2000	11.2	1.2	0.0120	0.00004
3000	16.8	1.6	0.0160	0.00005
4000	22.3	2.0	0.0200	0.00007
5000	27.9	2.4	0.0240	0.00008
10000	55.8	4.0	0.0400	0.00013
15000	83.8	6.0	0.0600	0.00020
20000	111.7	7.8	0.0780	0.00026
25000	139.6	9.6	0.0960	0.00031
30000	167.5	11.0	0.1100	0.00036
35000	195.4	12.0	0.1200	0.00039
40000	223.4	14.4	0.1440	0.00047
45000	251.3	16.6	0.1660	0.00054
50000	279.2	19.4	0.1940	0.00064
55000	307.1	23.6	0.2360	0.00077
60000	335.0	27.0	0.2700	0.00089
65000	363.0	30.0	0.3000	0.00098
70000	390.9	33.0	0.3300	0.00108
75000	418.8	36.4	0.3640	0.00119

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.000005} = 16.87255 \text{ kg/cm}^2$

Determinacion de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00046067
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 256.79 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 584213.191 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C3

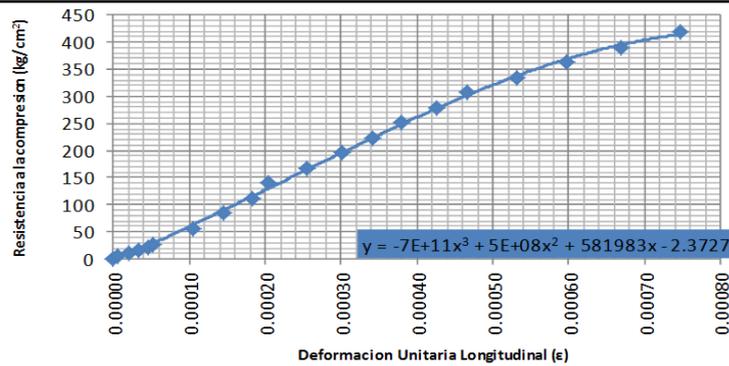
REPORTE Nº: 1
 HOJANº: 2
 FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 641.99 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 114965.87 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	17245 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	68980 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C3-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.6	0.0060	0.00002
3000	16.8	1.0	0.0100	0.00003
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.2	0.0320	0.00010
15000	83.8	4.4	0.0440	0.00014
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	6.2	0.0620	0.00020
30000	167.5	7.8	0.0780	0.00026
35000	195.4	9.2	0.0920	0.00030
40000	223.4	10.4	0.1040	0.00034
45000	251.3	11.6	0.1160	0.00038
50000	279.2	13.0	0.1300	0.00043
55000	307.1	14.2	0.1420	0.00047
60000	335.0	16.2	0.1620	0.00053
65000	363.0	18.2	0.1820	0.00060
70000	390.9	20.4	0.2040	0.00067
75000	418.8	22.8	0.2280	0.00075

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 S₁ = 26.72718 kg/cm²

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00044548
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 256.79 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 581735.1553 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: C3

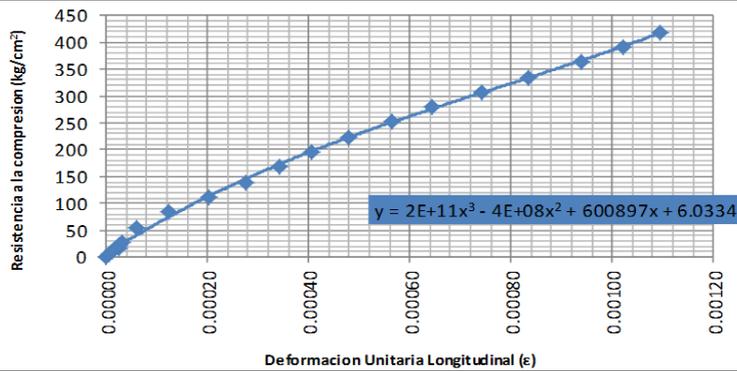
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 3
 FECHA: 10/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 641.99 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 114965.87 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	17245 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	68980 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN C3-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.8	0.0080	0.00003
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	1.8	0.0180	0.00006
15000	83.8	3.8	0.0380	0.00012
20000	111.7	6.2	0.0620	0.00020
25000	139.6	8.4	0.0840	0.00028
30000	167.5	10.4	0.1040	0.00034
35000	195.4	12.4	0.1240	0.00041
40000	223.4	14.6	0.1460	0.00048
45000	251.3	17.2	0.1720	0.00056
50000	279.2	19.6	0.1960	0.00064
55000	307.1	22.6	0.2260	0.00074
60000	335.0	25.4	0.2540	0.00083
65000	363.0	28.6	0.2860	0.00094
70000	390.9	31.2	0.3120	0.00102
75000	418.8	33.4	0.3340	0.00110

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.000125} = 36.07809 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00041732
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = 256.79 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 600866.3741 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "D1"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

MEZCLA: D1

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

FECHA: 13/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 744.23 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

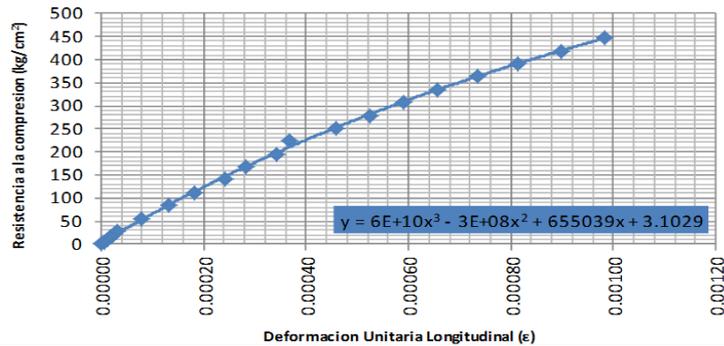
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 133275.99 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	19991 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	79966 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D1-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008
15000	83.8	4.0	0.0400	0.00013
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024
30000	167.5	8.6	0.0860	0.00028
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034
40000	223.4	11.2	0.1120	0.00037
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046
50000	279.2	16.0	0.1600	0.00052
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059
60000	335.0	20.0	0.2000	0.00066
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090
80000	446.7	30.0	0.3000	0.00098

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S₁:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_1) = \frac{0.00005}{S_1 = 35.85484 \text{ kg/cm}^2}$$

Determinacion de deformacion unitaria ε₂:

$$\text{Deformacion unitaria equivalente } (\epsilon_2) = \frac{0.00044972}{40\% \text{ de esfuerzo a compresion maximo } (S_2) = 297.69 \text{ kg/cm}^2}$$

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 655049.4613 \text{ kg/cm}^2$$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



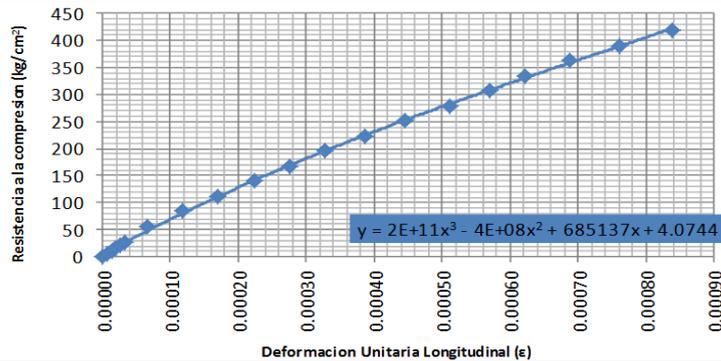
PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO N°: 1
 MEZCLA: D1

REPORTE N°: 1
 HOJA N°: 2
 FECHA: 13/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: <u>744.23 kg/cm²</u>	CONDICIONES DE ENSAYO
AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>179.08 cm²</u>	15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>19991 kg</u>
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>133275.99 kg</u>	60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>79966 kg</u>
ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>30.50 cm</u>	Factor de deformimetro: <u>0.01 mm</u>

ESPECIMEN D1-12					
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL			
		Lectura	(mm)	ε	
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000	
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001	
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001	
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002	
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003	
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003	
10000	55.8	2.0	0.0200	0.00007	
15000	83.8	3.6	0.0360	0.00012	
20000	111.7	5.2	0.0520	0.00017	
25000	139.6	6.8	0.0680	0.00022	
30000	167.5	8.4	0.0840	0.00028	
35000	195.4	10.0	0.1000	0.00033	
40000	223.4	11.8	0.1180	0.00039	
45000	251.3	13.6	0.1360	0.00045	
50000	279.2	15.6	0.1560	0.00051	
55000	307.1	17.4	0.1740	0.00057	
60000	335.0	19.0	0.1900	0.00062	
65000	363.0	21.0	0.2100	0.00069	
70000	390.9	23.2	0.2320	0.00076	
75000	418.8	25.6	0.2560	0.00084	
80000	446.7	28.0	0.2800	0.00092	

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



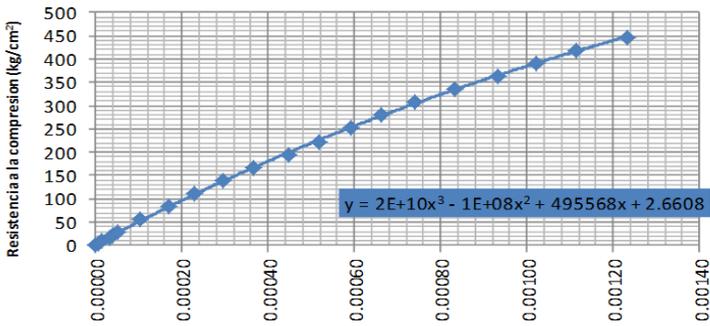
RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.000005} = \underline{38.33109 \text{ kg/cm}^2}$

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00042857
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = 297.69 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \underline{685105.6369 \text{ kg/cm}^2}$

OBSERVACIONES: _____

	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA" ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)			
PROYECTO: _____ UBICACIÓN: <u>Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil</u> ENSAYO Nº: <u>1</u> MEZCLA: <u>D1</u>	<i>Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"</i>	REPORTE Nº: <u>1</u> HOJA Nº: <u>3</u> FECHA: <u>13/07/2010</u>		
RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: <u>744.23 kg/cm²</u> AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>179.08 cm²</u> CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>133275.99 kg</u> ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: <u>30.50 cm</u>	CONDICIONES DE ENSAYO			
	15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>19991 kg</u> 60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: <u>79966 kg</u> Factor de deformimetro: <u>0.01 mm</u>			
ESPECIMEN D1-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	1.0	0.0100	0.00003
4000	22.3	1.2	0.0120	0.00004
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.2	0.0320	0.00010
15000	83.8	5.2	0.0520	0.00017
20000	111.7	7.0	0.0700	0.00023
25000	139.6	9.0	0.0900	0.00030
30000	167.5	11.2	0.1120	0.00037
35000	195.4	13.6	0.1360	0.00045
40000	223.4	15.8	0.1580	0.00052
45000	251.3	18.0	0.1800	0.00059
50000	279.2	20.2	0.2020	0.00066
55000	307.1	22.6	0.2260	0.00074
60000	335.0	25.4	0.2540	0.00083
65000	363.0	28.4	0.2840	0.00093
70000	390.9	31.2	0.3120	0.00102
75000	418.8	34.0	0.3400	0.00111
80000	446.7	37.6	0.3760	0.00123
CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD				
				
RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD				
Determinación de esfuerzo a compresion S ₁ :				
Deformación unitaria equivalente (ε ₁) = <u>0.00005</u>				
S ₁ = <u>27.43920 kg/cm²</u>				
Determinación de deformación unitaria ε ₂ :				
Deformación unitaria equivalente (ε ₂) = <u>0.00059534</u>				
40% de esfuerzo a compresion maximo(S ₂)= <u>297.69225 kg/cm²</u>				
Calculo del modulo de elasticidad (E):				
E = $\frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)}$ = <u>495567.9998 kg/cm²</u>				
OBSERVACIONES: Debido a que el resultado del modulo de elasticidad obtenido es muy diferente a los otros dos, no ha sido tomado en cuenta para obtener el promedio				

MEZCLA "D2"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO Nº: 1

MEZCLA: D2

REPORTE Nº: 1

HOJA Nº: 1

FECHA: 13/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 703.86 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

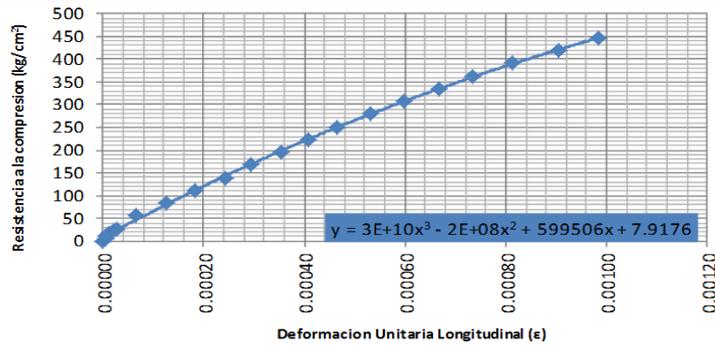
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 126045.74 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18907 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	75627 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D2-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.2	0.0020	0.00001
3000	16.8	0.4	0.0040	0.00001
4000	22.3	0.6	0.0060	0.00002
5000	27.9	0.8	0.0080	0.00003
10000	55.8	2.0	0.0200	0.00007
15000	83.8	3.8	0.0380	0.00012
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024
30000	167.5	9.0	0.0900	0.00030
35000	195.4	10.8	0.1080	0.00035
40000	223.4	12.4	0.1240	0.00041
45000	251.3	14.2	0.1420	0.00047
50000	279.2	16.2	0.1620	0.00053
55000	307.1	18.2	0.1820	0.00060
60000	335.0	20.4	0.2040	0.00067
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081
75000	418.8	27.6	0.2760	0.00090
80000	446.7	30.0	0.3000	0.00098

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00005} = 22.05770 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00048282
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 281.54 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 599505.8789 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: D2

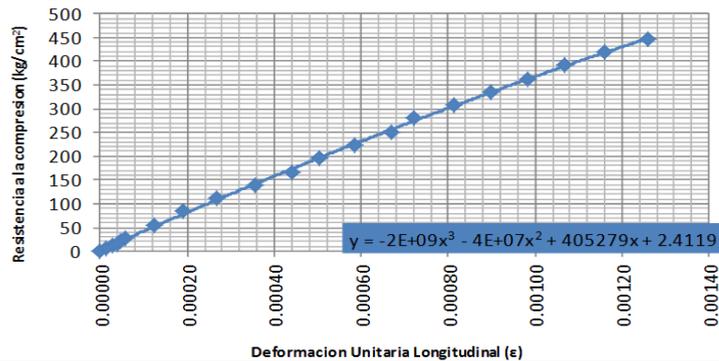
REPORTE Nº: 1
 HOJANº: 2
 FECHA: 13/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 703.86 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 126045.74 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18907 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	75627 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D2-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.8	0.0080	0.00003
3000	16.8	1.2	0.0120	0.00004
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.8	0.0180	0.00006
10000	55.8	3.8	0.0380	0.00012
15000	83.8	5.8	0.0580	0.00019
20000	111.7	8.2	0.0820	0.00027
25000	139.6	10.8	0.1080	0.00035
30000	167.5	13.4	0.1340	0.00044
35000	195.4	15.4	0.1540	0.00050
40000	223.4	17.8	0.1780	0.00058
45000	251.3	20.4	0.2040	0.00067
50000	279.2	22.0	0.2200	0.00072
55000	307.1	24.8	0.2480	0.00081
60000	335.0	27.4	0.2740	0.00090
65000	363.0	30.0	0.3000	0.00098
70000	390.9	32.6	0.3260	0.00107
75000	418.8	35.4	0.3540	0.00116
80000	446.7	38.4	0.3840	0.00126

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00001} = 22.67581 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformación unitaria ϵ_2 :
 Deformación unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00068874
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S_2) = 281.54 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 405266.8962 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: Debido a que el resultado del modulo de elasticidad obtenido es muy diferente a los otros dos, no ha sido tomado en cuenta para obtener el promedio



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: D2

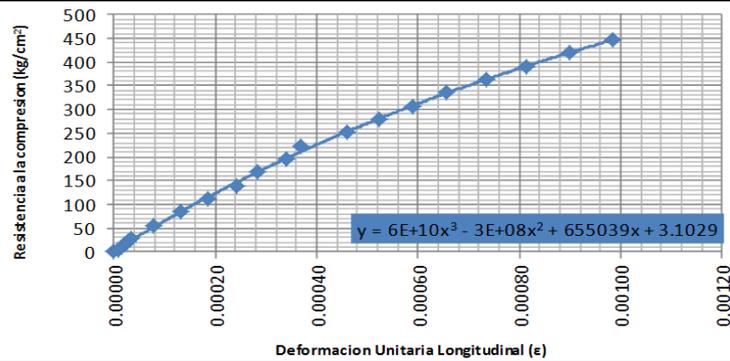
REPORTE Nº: 1
 HOJA Nº: 3
 FECHA: 13/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 703.86 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 126045.74 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18907 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	75627 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D2-13					
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL			
		Lectura	(mm)	ε	
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000	
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001	
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001	
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002	
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003	
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003	
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008	
15000	83.8	4.0	0.0400	0.00013	
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018	
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024	
30000	167.5	8.6	0.0860	0.00028	
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034	
40000	223.4	11.2	0.1120	0.00037	
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046	
50000	279.2	16.0	0.1600	0.00052	
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059	
60000	335.0	20.0	0.2000	0.00066	
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073	
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081	
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090	
80000	446.7	30.0	0.3000	0.00098	

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.00005} = 35.85484 \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ϵ_2 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00042506
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S_2) = 281.54 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 655048.2442 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: _____

MEZCLA "D3"



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"

UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil

ENSAYO N°: 1

MEZCLA: D3

REPORTE N°: 1

HOJA N°: 1

FECHA: 14/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 671.27 kg/cm²

AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²

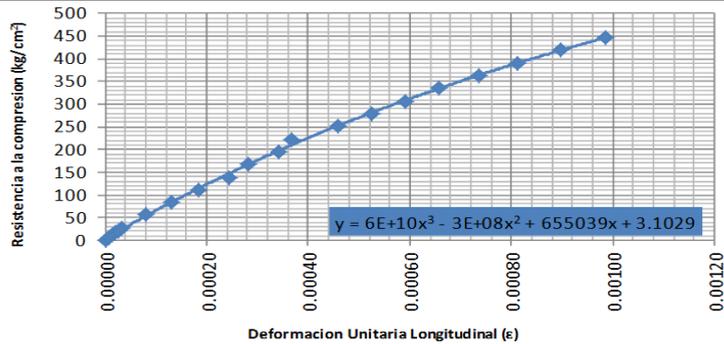
CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120209.35 kg

ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18031 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72126 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D3-11				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	0.8	0.0080	0.00003
5000	27.9	1.0	0.0100	0.00003
10000	55.8	2.4	0.0240	0.00008
15000	83.8	4.0	0.0400	0.00013
20000	111.7	5.6	0.0560	0.00018
25000	139.6	7.4	0.0740	0.00024
30000	167.5	8.6	0.0860	0.00028
35000	195.4	10.4	0.1040	0.00034
40000	223.4	11.2	0.1120	0.00037
45000	251.3	14.0	0.1400	0.00046
50000	279.2	16.0	0.1600	0.00052
55000	307.1	18.0	0.1800	0.00059
60000	335.0	20.0	0.2000	0.00066
65000	363.0	22.4	0.2240	0.00073
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090
80000	446.7	30.0	0.3000	0.00098

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{35.85484} \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:
 Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00040516
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S₂) = 268.50145 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 655047.3156 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingenieria Civil
 ENSAYO N°: 1
 MEZCLA: D3

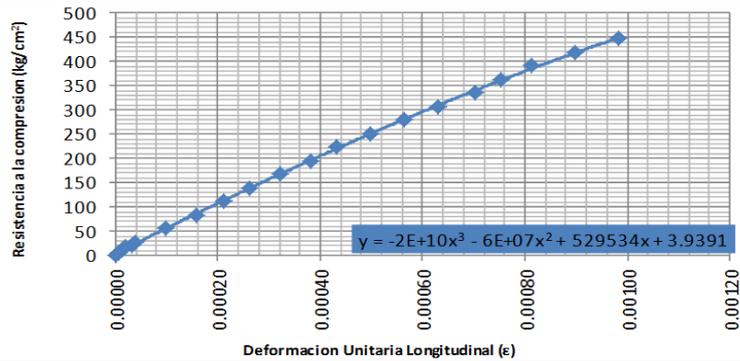
REPORTE N°: 1
 HOJA N°: 2
 FECHA: 14/07/2010

RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 671.27 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120209.35 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18031 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72126 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D3-12				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.2	0.0020	0.00001
2000	11.2	0.4	0.0040	0.00001
3000	16.8	0.6	0.0060	0.00002
4000	22.3	1.0	0.0100	0.00003
5000	27.9	1.2	0.0120	0.00004
10000	55.8	3.0	0.0300	0.00010
15000	83.8	4.8	0.0480	0.00016
20000	111.7	6.4	0.0640	0.00021
25000	139.6	8.0	0.0800	0.00026
30000	167.5	9.8	0.0980	0.00032
35000	195.4	11.6	0.1160	0.00038
40000	223.4	13.2	0.1320	0.00043
45000	251.3	15.2	0.1520	0.00050
50000	279.2	17.2	0.1720	0.00056
55000	307.1	19.2	0.1920	0.00063
60000	335.0	21.4	0.2140	0.00070
65000	363.0	23.0	0.2300	0.00075
70000	390.9	24.8	0.2480	0.00081
75000	418.8	27.4	0.2740	0.00090
80000	446.7	30.0	0.3000	0.00098

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinacion de esfuerzo a compresion S_1 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_1) = 0.00005
 $S_1 = \frac{0.00005}{0.000001} = \underline{30.41500 \text{ kg/cm}^2}$

Determinacion de deformacion unitaria ϵ_2 :
 Deformacion unitaria equivalente (ϵ_2) = 0.00049974
 40% de esfuerzo a compresion maximo (S_2) = 268.50 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):
 $E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = \underline{529380.1083 \text{ kg/cm}^2}$

OBSERVACIONES: _____



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES "ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA"
 ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD (ASTM C-469)



PROYECTO: Trabajo de Graduación "Influencia de la tasa de aditivo superplastificante en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido"
 UBICACIÓN: Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil
 ENSAYO Nº: 1
 MEZCLA: D3

REPORTE Nº: 1
 HOJANº: 3
 FECHA: 13/07/2010

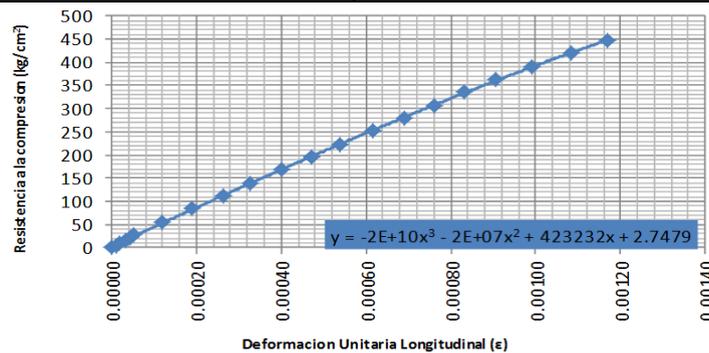
RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO: 671.27 kg/cm²
 AREA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 179.08 cm²
 CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA: 120209.35 kg
 ALTURA PROMEDIO DE ESPECIMENES: 30.50 cm

CONDICIONES DE ENSAYO	
15% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	18031 kg
60% CARGA AXIAL PROMEDIO MAXIMA:	72126 kg
Factor de deformimetro	0.01 mm

ESPECIMEN D3-13				
CARGA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	DEFORMACIÓN LONGITUDINAL		
		Lectura	(mm)	ε
0	0.0	0.0	0.0000	0.00000
1000	5.6	0.4	0.0040	0.00001
2000	11.2	0.6	0.0060	0.00002
3000	16.8	1.0	0.0100	0.00003
4000	22.3	1.4	0.0140	0.00005
5000	27.9	1.6	0.0160	0.00005
10000	55.8	3.6	0.0360	0.00012
15000	83.8	5.8	0.0580	0.00019
20000	111.7	8.0	0.0800	0.00026
25000	139.6	10.0	0.1000	0.00033
30000	167.5	12.2	0.1220	0.00040
35000	195.4	14.4	0.1440	0.00047
40000	223.4	16.4	0.1640	0.00054
45000	251.3	18.8	0.1880	0.00062
50000	279.2	21.0	0.2100	0.00069
55000	307.1	23.2	0.2320	0.00076
60000	335.0	25.4	0.2540	0.00083
65000	363.0	27.6	0.2760	0.00090
70000	390.9	30.2	0.3020	0.00099
75000	418.8	33.0	0.3300	0.00108
80000	446.7	35.6	0.3560	0.00117

CALCULO DE MODULO DE ELASTICIDAD

CALCULO DE RELACION DE POISSON



RESULTADOS MODULO DE ELASTICIDAD

Determinación de esfuerzo a compresion S₁:

Deformacion unitaria equivalente (ε₁) = 0.00005
 $S_1 = \frac{23.90855}{0.00005} \text{ kg/cm}^2$

Determinación de deformacion unitaria ε₂:

Deformacion unitaria equivalente (ε₂) = 0.00062792
 40% de esfuerzo a compresion maximo(S₂) = 268.50216 kg/cm²

Calculo del modulo de elasticidad (E):

$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - \epsilon_1)} = 423230.9137 \text{ kg/cm}^2$

OBSERVACIONES: Debido a que el resultado del modulo de elasticidad obtenido es muy diferente a los otros dos, no ha sido tomado en cuenta para obtener el promedio
