

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



**CONCRETO LANZADO: DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE
METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD.**

PRESENTADO POR
**PATRICIA ANABELLA CLARÁ DÍAZ
RICARDO ANTONIO MONTES GUZMÁN
JORGE ALBERTO MORALES CORTEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2006.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :
LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :
ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :
ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :
ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN

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

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

TÍTULO :
**CONCRETO LANZADO: DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA
PARA EL CONTROL DE CALIDAD.**

PRESENTADO POR :
**PATRICIA ANABELLA CLARÁ DÍAZ
RICARDO ANTONIO MONTES GUZMÁN
JORGE ALBERTO MORALES CORTEZ**

Trabajo de Graduación aprobado por :

Docentes Directores :

Ing. Edgar Alfredo Gavidia Paredes
Ing. José Miguel Landaverde Quintanilla
Ing. Carlos Antonio Quintanilla Rodríguez

San Salvador, Marzo de 2006.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

Ing. Edgar Alfredo Gavidia Paredes

Ing. José Miguel Landaverde Quintanilla

Ing. Carlos Antonio Quintanilla Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a Dios Todopoderoso por habernos guiado e iluminado en este camino y permitirnos alcanzar esta meta.

A nuestra Alma Mater, por permitirnos formarnos como profesionales, transmitiendo a través de los profesores sus conocimientos, experiencia, ética.

A nuestros asesores: Ing. Gavidia, Ing. Landaverde, Ing. Quintanilla; ya que fueron quienes nos dirigieron en la realización de este proyecto, ayudándonos desinteresadamente a llegar hasta el final.

A las empresas Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto (ISCYC), Concretera Salvadoreña, S.A. de C.V., CPK Consultores, por habernos brindado su apoyo incondicional, a todas las personas que laboran en ellas y nos apoyaron; infinitamente gracias, sin ustedes muchos de los logros obtenidos con la investigación no hubiesen sido posibles.

A nuestros familiares, amigos y profesores participes de este logro alcanzado.

Patty, Ricardo, Jorge.

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por haber sido mi luz, mi guía y mi fortaleza; por permitirme cumplir este objetivo a pesar de todas las adversidades que se presentaron.

A María Santísima por ser mi protectora y ejemplo de fortaleza.

A mis padres, y especialmente a mi Mamá Elsy por ser una madre incondicional, apoyándome cuando mas la necesite, por ser mi apoyo moral y por haberme formado durante toda una vida para lograr esta meta. A mi papá que aunque no comparta conmigo este triunfo, le debo gran parte de mi formación.

A mis hermanos, por ser partícipes de este logro y animarme siempre a seguir adelante.

A mi Mamá Nela con mucho amor, por demostrarme su amor desmedido y entregarme todo su corazón y apoyo infinito.

A mi esposo Lilo por su amor, comprensión y apoyo para alcanzar este objetivo.

Con todo mi amor dedico este triunfo a mi hijo Rodrigo, por ser el motivo para alcanzar esta meta.

A todos mis familiares, especialmente a mi tía Any y a todos aquellos que estuvieron siempre conmigo en este camino.

A mis compañeros de tesis Jorge y Ricardo por haberme ayudado y aguantado para salir juntos adelante en este esfuerzo.

A todos mis amigos que estuvieron a mi lado siempre.

Patty

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María por protegerme, y ser mi guía espiritual durante toda mi vida, y por darme inteligencia para culminar mi carrera con éxito.

A San Judas Tadeo por interceder en todas mis dificultades, presentadas en mis estudios y al poder realizar este Trabajo de Graduación.

A mis padres, especialmente a mi madrecita Maria Elena Guzmán por su gran esfuerzo y sacrificio, por brindarme apoyo y comprensión incondicional, por ser una madre ejemplar y amorosa. GRACIAS MAMA.

A mi abuela y mis primos por estar en la disposición de escucharme y ayudarme en todo momento.

A la Familia Delgado-Trabanino, Hijos y Nietos por ser parte del esfuerzo para realizar mis estudios, por aconsejarme y apoyarme totalmente.

A mi novia Beatriz por comprenderme y darme sugerencias en los momentos de realizar este Trabajo de Graduación, Gracias mi niña.

A mis amigos de Universidad: Guillermo Portillo, Ángel Maldonado, Raúl Molina, Alejandra Turcios, Carlos Valle, y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo y a lo largo de toda mi carrera.

A mis compañeros de Tesis por ser tan pacientes y comprensivos conmigo, por haber logrado un objetivo más. Les deseo mucha suerte y éxitos en su carrera Profesional.

A la empresa Prisma Ingenieros S.A. de C.V. por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y por el apoyo que me brindaron para realizar este trabajo.

Y a todos mis amigos, amigas y familiares por creer en mí y por ser parte de mi formación profesional.

MUCHAS GRACIAS A TODOS!!! ...

Ricardo

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por ser mi fortaleza, mi guía y estar conmigo en todos y cada uno de los momentos de mi vida; y por darme la fuerza para alcanzar mis objetivos.

A mi madre Maria Cristina, por hacer un sacrificio enorme, por guiarme en mi camino, por ser mi amiga, por aconsejarme, por ser todo para mí. GRACIAS MAMA

A mi familia, a mi padre Julio, mis hermanos Luis y Cristina, a mi sobrino Bryan por comprenderme y darme la ayuda para seguir adelante.

A mis amigos de Infancia: Alejandro, Mauricio, Neto, Eduardo, Ing. Carlos Martínez y la familia Zelayandia, por haberme ayudado a ser la persona que soy y por todas sus enseñanzas.

A la familia Rivera Palma, por la amistad y el apoyo brindados durante tanto tiempo.

A mis amigos de Universidad: Funes, Luis Franco, Jonnathan, Tony, Angel, Geovanny, Raúl, Orssy, Rafa, Dennis, Valle, Osiris, Nick, Ronald, Lucas, José Luis, Ricardo Reyes y Alejandra, por tantas noches de desvelos, por el compañerismo, por todo el apoyo brindado en los momentos difíciles cuando los necesite, por que la amistad continua después de tantos años; además no solo por ser mis amigos, sino por ser mi familia y mis hermanos durante mucho tiempo.

A una amiga muy especial y muy querida Karla Artiga, quien me ha brindado mucha amistad y mucho cariño en la finalización de mi carrera.

A mis compañeros de Tesis Ricardo y Patty, por escucharme, comprenderme y por su esfuerzo durante todo el desarrollo de la carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra manera, ayudaron a que esta carrera se culminara.

SIMPLEMENTE GRACIAS!

Jorge

**CONCRETO LANZADO:
DISEÑO DE MEZCLA Y
PROPUESTA DE METODOLOGÍA**

INDICE

CAPITULO I ANTEPROYECTO.	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVOS GENERALES:	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	6
1.5 ALCANCES	7
1.6 LIMITACIONES	8
1.7 JUSTIFICACIÓN	9
CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	11
2.1 GENERALIDADES	11
2.1.1 DEFINICIONES	12
2.1.2 PROPIEDADES	23
2.1.3 APLICACIONES	29
2.1.4 MATERIALES	38
2.1.5 EQUIPO	56
2.1.6 PERSONAL	71
CAPITULO III DISEÑO DE MEZCLA Y CONTROL DE CALIDAD.	75
3.1 DISEÑO DE MEZCLA	75
3.1.1 GENERALIDADES	75
3.1.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS	79
3.1.3 MATERIALES CONSTITUTIVOS	84
3.1.4 PROCESO VÍA HÚMEDA	101
3.1.5 PROCESO VÍA SECA	114
3.2 CONTROL DE CALIDAD.	118
3.2.1 GENERALIDADES	118

3.3	CONTROL DE CALIDAD UTILIZADO EN ALGUNOS PROYECTOS DE EL SALVADOR	162
CAPITULO IV RECOPIACIÓN DE DATOS.		170
4.1	AGREGADO FINO	171
4.1.1	ANALISIS GRANULOMÉTRICO (A.S.T.M. C-136)	172
4.1.2	PRUEBAS DE IMPUREZAS INORGÁNICAS PARA AGREGADO FINO (A.S.T.M. C-40)	181
4.1.3	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (A.S.T.M. C-128)	184
4.1.4	DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M. C-29)	190
4.1.5	CONTENIDO DE HUMEDAD DE ARENA (A.S.T.M. C-566)	194
4.2	AGREGADO GRUESO	196
4.2.1	ANALISIS GRANULOMÉTRICO (A.S.T.M C-136)	197
4.2.2	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (A.S.T.M C-127)	201
4.2.3	DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M C-29)	204
4.3	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO.	208
4.3.1	GENERALIDADES.	208
4.3.2	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO.	209
4.4	PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO.	232
	CONCRETO FRESCO.	232
4.4.1	MEDICIÓN DE TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (A.S.T.M. C-1064 -86)	232
4.4.2	PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (A.S.T.M. C 231-91 B)	235
4.4.3	REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO (A.S.T.M. C 143)	239
4.4.4	DENSIDAD (PESO UNITARIO) EN UNA MEZCLA DE CONCRETO (A.S.T.M. C 138-01)	243
4.4.5	ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO (A.S.T.M. C 192M-02)	248

CONCRETO ENDURECIDO _____	252
4.4.6 OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS TALADRADOS (A.S.T.M. C 42-03) _____	252
4.4.7 MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO (A.S.T.M. C-597) _____	256
4.4.8 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA PREPARAR Y ENSAYAR ESPECÍMENES DE PANELES DE CONCRETO LANZADO (A.S.T.M. C-1140-97) _____	271
4.4.9 ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (A.S.T.M. C 39/C 39M-01) _____	275
CAPITULO V ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. _____	301
5.1 MATERIALES _____	301
5.1.1 AGREGADO FINO _____	301
5.1.2 AGREGADO GRUESO. _____	305
5.1.3 CEMENTO. _____	308
5.2 CONCRETO EN ESTADO FRESCO _____	310
5.3 CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO _____	322
5.4 ELABORACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN _____	335
CAPITULO VI PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD _____	338
6.1 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO LANZADO _____	339
6.2 DISEÑO DE MEZCLA _____	340
6.2.1 MATERIALES _____	340
6.2.2 EQUIPO _____	346
6.2.3 PERSONAL CALIFICADO _____	350
6.3 PROCESO CONSTRUCTIVO _____	353
6.3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE _____	353
6.3.2 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE _____	354
6.3.3 ELABORACIÓN Y TRANSPORTE DEL CONCRETO _____	355
6.3.4 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO _____	355
6.4 POST PROCESO CONSTRUCTIVO _____	359

6.4.1	CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	359
6.5	PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS	360
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		362
7.1	CONCLUSIONES	362
7.2	RECOMENDACIONES	366
BIBLIOGRAFIA.		369
GLOSARIO.		374
ANEXOS		383

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

CAPITULO II

TABLA 2. 1

ESFUERZOS DE ADHERENCIA DEL CONCRETO LANZADO 28

TABLA 2. 2

APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO REFRACTARIO..... 34

TABLA 2. 3

LIMITES GRANULOMÉTRICOS PARA COMBINACIÓN DE AGREGADOS ACI 506 R - 90 40

TABLA 2. 4

CAPACIDADES DE COMPRESOR Y DIÁMETRO DE MANGUERA 68

CAPITULO III

TABLA 3. 1

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 105

TABLA 3. 2

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 105

TABLA 3. 3

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 106

TABLA 3. 4

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 107

TABLA 3. 5

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 108

TABLA 3. 6

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 109

TABLA 3. 7

(DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO, STEVEN KOSMATKA, IMCYC) 110

TABLA 3. 8

EJEMPLO DE DISEÑO 111

TABLA 3. 9

PESOS PARA 1 M3 113

TABLA 3. 10	
PESOS CORREGIDOS.....	114
TABLA 3. 11	
GUIDE TO SHOTCRETE. REPORTED BY ACI COMMITTEE 506 (REAPPROVED 1995).....	115
TABLA 3. 12	
GUIDE TO SHOTCRETE. REPORTED BY ACI COMMITTEE 506 (REAPPROVED 1995).....	116
TABLA 3. 13	
PÉRDIDAS DE REBOTE.....	145
TABLA 3. 14	
FRECUENCIA DE PRUEBAS, FUENTE STANDAR PRACTICE FOR SHOTCRETE, CUERPO DE INGENIEROS ...	161
CAPITULO IV	
TABLA 4. 1	
LÍMITES DEL AGREGADO FINO.....	172
TABLA 4. 2	
LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	173
TABLA 4. 3	
CLASIFICACIÓN DE ARENA POR MÓDULO DE FINURA.....	174
TABLA 4. 4	
GRANULOMETRÍA N° 1 DEL AGREGADO FINO.	178
TABLA 4. 5	
GRANULOMETRÍA N° 2 DEL AGREGADO FINO.	179
TABLA 4. 6	
GRANULOMETRÍA N° 3 DEL AGREGADO FINO.	180
TABLA 4. 7	
DATOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO UTILIZADO PARA CADA TIPO DE CEMENTO EL A.S.T.M C-150 Y A.S.T.M. C-1157	189
TABLA 4. 8	
DATOS DE PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y VARILLADO.....	193
TABLA 4. 9	
DATOS DE HUMEDAD PARA EL AGREGADO FINO.....	195
TABLA 4. 10	

REQUISITOS MÍNIMOS PARA TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL SEGÚN A.S.T.M C-33	197
TABLA 4. 11	
GRANULOMETRÍA N° 1 DEL AGREGADO GRUESO.	198
TABLA 4. 12	
GRANULOMETRÍA N° 2 DEL AGREGADO GRUESO.	199
TABLA 4. 13	
GRANULOMETRÍA N° 3 DEL AGREGADO GRUESO.	200
TABLA 4. 14	
DATOS DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	203
TABLA 4. 15	
DATOS DEL PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO.....	207
TABLA 4. 16	
DATOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO C-150.....	209
TABLA 4. 17	
DATOS DEL ENSAYO NO 1	210
TABLA 4. 18	
DATOS DEL ENSAYO NO 2	211
TABLA 4. 19	
DATOS DEL ENSAYO NO 3	212
TABLA 4. 20	
DATOS DEL ENSAYO NO 4	213
TABLA 4. 21	
DATOS DEL ENSAYO NO 5	214
TABLA 4. 22	
DATOS DEL ENSAYO NO 6	215
TABLA 4. 23	
DOSIFICACIÓN CON TIPO DE CEMENTO C-150 PARA CONCRETO LANZADO.....	216
TABLA 4. 24	
DATOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-1157	217
TABLA 4. 25	
DATOS DEL ENSAYO NO 1	218
TABLA 4. 26	

DATOS DEL ENSAYO NO 2	219
TABLA 4. 27	
DATOS DEL ENSAYO NO 3	220
TABLA 4. 28	
DATOS DEL ENSAYO NO 4	221
TABLA 4. 29	
DATOS DEL ENSAYO NO 5	222
TABLA 4. 30	
DATOS DEL ENSAYO NO 6	223
TABLA 4. 31	
DATOS DEL ENSAYO NO 7	224
TABLA 4. 32	
DATOS DEL ENSAYO NO 8	225
TABLA 4. 33	
DATOS DEL ENSAYO NO 9	226
TABLA 4. 34	
DATOS DEL ENSAYO NO 10	227
TABLA 4. 35	
DATOS DEL ENSAYO NO 11	228
TABLA 4. 36	
DATOS DEL ENSAYO NO 12	229
TABLA 4. 37	
DATOS DEL ENSAYO NO 13	230
TABLA 4. 38	
DOSIFICACIÓN CON TIPO DE CEMENTO C-1157 PARA CONCRETO LANZADO.....	231
TABLA 4. 39	
DATOS DE TEMPERATURA DEL CONCRETO	234
TABLA 4. 40	
DATOS DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO.....	238
TABLA 4. 41	
DATOS DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO.....	242
TABLA 4. 42	

TABLA DE CAPACIDAD DE LOS RECIPIENTES	243
TABLA 4. 43	
DATOS DE PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO	247
TABLA 4. 44	
FACTORES DE CORRECCIÓN PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	254
TABLA 4. 45	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	259
TABLA 4. 46	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	260
TABLA 4. 47	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	261
TABLA 4. 48	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	262
TABLA 4. 49	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	263
TABLA 4. 50	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO	264
TABLA 4. 51	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	265
TABLA 4. 52	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	266
TABLA 4. 53	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	267
TABLA 4. 54	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	268
TABLA 4. 55	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	269
TABLA 4. 56	
MODULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINÁMICO NÚCLEOS	270
TABLA 4. 57	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	279

TABLA 4. 58	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	280
TABLA 4. 59	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	281
TABLA 4. 60	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	282
TABLA 4. 61	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	283
TABLA 4. 62	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	284
TABLA 4. 63	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	285
TABLA 4. 64	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	286
TABLA 4. 65	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	287
TABLA 4. 66	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	288
TABLA 4. 67	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	289
TABLA 4. 68	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	290
TABLA 4. 69	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	291
TABLA 4. 70	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	292
TABLA 4. 71	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN.....	293
TABLA 4. 72	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	294
TABLA 4. 73	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	295

TABLA 4. 74	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	296
TABLA 4. 75	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	297
TABLA 4. 76	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	298
TABLA 4. 77	
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN NÚCLEOS.....	299
CAPITULO V	
TABLA 5. 1	
RESULTADOS DE LOS REVENIMIENTOS REALIZADOS A LOS DOS TIPOS DE CEMENTO.....	313
TABLA 5. 2	
RESULTADOS DE PESOS VOLUMÉTRICOS REALIZADOS A LOS DOS TIPOS DE CEMENTO	315
TABLA 5. 3	
RESULTADOS DE CONTENIDO DE AIRE REALIZADO A LOS DOS TIPOS DE CEMENTO.....	317
CAPITULO VI	
TABLA 6.1	
CAPACIDADES DE COMPRESOR Y DIÁMETRO DE MANGUERA.....	349

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

CAPITULO I

CAPITULO II

FIGURA 2. 1

ESQUEMA DE COLOCACIÓN POR LA VÍA SECA 14

FIGURA 2. 2

ESQUEMA DE COLOCACIÓN POR LA VÍA HÚMEDA 17

GRÁFICO 2. 1

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO COMBINADO SEGÚN ACI 506 GRANULOMETRÍA N° 1 41

GRÁFICO 2. 2

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO COMBINADO SEGÚN ACI 506 GRANULOMETRÍA N° 2 43

GRÁFICO 2. 3

GRANULOMETRÍA DE AGREGADO COMBINADO SEGÚN ACI 506 GRANULOMETRÍA N° 3 46

FIGURA 2. 3

DISTRIBUCIÓN TÍPICA DE LANZADORA PEQUEÑA 57

FIGURA 2. 4

PLANTAS DE RENDIMIENTO GRANDE Y MEDIANO 58

FIGURA 2. 5

LANZADORA DE CÁMARA SIMPLE 60

FIGURA 2. 6

LANZADORA DE CÁMARA DOBLE 61

FIGURA 2. 7

SECUENCIA BÁSICA DE OPERACIONES 61

FIGURA 2. 8

OPERACIÓN BÁSICA DE LA RUEDA DE ALIMENTACIÓN 62

FIGURA 2. 9

ESQUEMA INTERNO DEL CILINDRO ROTATORIO (VÍA SECA) 63

FIGURA 2. 10

ESQUEMA INTERNO DE LANZADORA TIPO TAZÓN (VÍA SECA) 64

FIGURA 2. 11	
ESQUEMA INTERNO DEL ALIMENTADOR NEUMÁTICO (VÍA HÚMEDA)	65

CAPITULO III

FIGURA 3. 1	
CURVA GRANULOMÉTRICA 0-8.	88
FIGURA 3. 2	
CURVA GRANULOMÉTRICA 0-15.	88
FIGURA 3. 3	
CURVA GRANULOMÉTRICA	103
FIGURA 3. 4	
REMOCIÓN DEL MATERIAL DE REBOTE POR EL ASISTENTE DEL BOQUILLERO	123
FIGURA 3. 5	
SEÑALES DE COMUNICACIÓN	127
FIGURA 3. 6	
VESTIMENTA PROTECTORA	128
FIGURA 3. 7	
POSICIONES DE LANZADO	136
FIGURA 3. 8	
POSICIONES DE LA BOQUILLA PARA GENERAR MENOS REBOTE	137
FIGURA 3. 9	
PEQUEÑOS MOVIMIENTOS CIRCULARES	137
FIGURA 3. 10 MÉTODOS DE LANZADOS	139
FIGURA 3. 11	
APLICACIÓN CORRECTA DE CONCRETO LANZADO EN DIVERSOS ESPESORES	140
FIGURA 3. 12	
PROCEDIMIENTO APROPIADO PARA EL LANZADO DE CONCRETO EN ESQUINAS	141
FIGURA 3. 13	
DIMENSIONES DE PANELES DE PRUEBA	152

CAPITULO IV

CAPITULO V

GRÁFICO 5. 1

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 323

GRÁFICO 5. 2

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 324

GRÁFICO 5. 3

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 324

GRÁFICO 5. 4

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-1157 TIPO GU 325

GRÁFICO 5. 5

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-1157 TIPO GU 325

GRÁFICO 5. 6

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 326

GRÁFICO 5. 7

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-1157 TIPO GU 327

GRÁFICO 5. 8

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 328

GRÁFICO 5. 9

COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO
A.S.T.M. C-1157 TIPO GU 329

GRÁFICO 5. 10

COMPORTAMIENTO DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON
CEMENTO A.S.T.M. C-150 TIPO I..... 331

GRÁFICO 5. 11

COMPORTAMIENTO DE RELACIÓN DE POISSON A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO A.S.T.M. C-150 TIPO I 332

GRÁFICO 5. 12

COMPORTAMIENTO DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO A.S.T.M. C-1157 TIPO UG 333

GRÁFICO 5. 13

COMPORTAMIENTO DE RELACIÓN DE POISSON A EDADES DE 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO CON CEMENTO A.S.T.M. C-1157 TIPO UG 334

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

CAPITULO I

CAPITULO II

FOTOGRAFÍA 2. 1

ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES CON SHOTCRETE..... 31

FOTOGRAFÍA 2. 2

REVESTIMIENTO DE LA LÍNEA DE SOPORTE PRIMARIO DE UN TÚNEL CON SHOTCRETE. 31

FOTOGRAFÍA 2. 3

APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO EN UN ÁNGULO CORRECTO..... 31

FOTOGRAFÍA 2. 4

APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO EN UN ÁNGULO CORRECTO..... 31

FOTOGRAFÍA 2. 5

HECHURA DE UNA PISCINA CON CONCRETO LANZADO 32

FOTOGRAFÍA 2. 6

REPARACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES (COLUMNAS)..... 33

FOTOGRAFÍA 2. 7

UTILIZACIÓN DE CONCRETO LANZADO PARA RECUBRIMIENTO EN TÚNELES USANDO ROBOT PARA SU

APLICACIÓN..... 33

FOTOGRAFÍA 2. 8

EN LA IMAGEN SE OBSERVA UN SHOTCRETE APLICADO EN UNA ESTRUCTURA REFORZADA..... 35

FOTOGRAFÍA 2. 9 AQUÍ SE APRECIA UN INCINERADOR. 35

FOTOGRAFÍA 2. 10 COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO REFRACTARIO..... 35

FOTOGRAFÍA 2. 11 COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO EN UNA MINA..... 36

FOTOGRAFÍA 2. 12 COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO EN UNA ESTRUCTURA MARINA..... 37

FOTOGRAFÍA 2. 13 COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO EN UN ALCANTARILLADO..... 37

FOTOGRAFÍA 2. 14 PLANTA MÓVIL 58

FOTOGRAFÍA 2. 15 PLANTA MÓVIL 59

FOTOGRAFÍA 2. 16 RUEDA DE ALIMENTACIÓN..... 62

FOTOGRAFÍA 2. 17 RUEDA DE ALIMENTACIÓN..... 62

FOTOGRAFÍA 2. 18 LANZADORA DE TIPO DE TAZÓN GIRATORIO 64

FOTOGRAFÍA 2. 19 LANZADORA DE TIPO DE TAZÓN GIRATORIO	64
FOTOGRAFÍA 2. 20 EQUIPO DE LANZADORA DE MEZCLA HÚMEDA	66
FOTOGRAFÍA 2. 21 EQUIPO DE LANZADORA DE MEZCLA HÚMEDA	66
FOTOGRAFÍA 2. 22 MANGUERA UTILIZADA PARA EL LANZADO DEL CONCRETO	69
FOTOGRAFÍA 2. 23 EJEMPLO DE BOQUILLA	70
FOTOGRAFÍA 2. 24 SECCIÓN DE BOQUILLA	70
FOTOGRAFÍA 2. 25 ACCESORIOS DE LA BOQUILLA	70

CAPITULO III

FOTOGRAFÍA 3. 1 BOQUILLA PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE	136
FOTOGRAFÍA 3. 2 CONCRETO LANZADO DESDE LA PARTE INFERIOR DE PARED	138
FOTOGRAFÍA 3. 3 LANZADO DE CONCRETO ALREDEDOR DE VARILLAS DE REFUERZO	141
FOTOGRAFÍA 3. 4 LANZADO MEZCLA SECA, SOBRE UNA CAPA DE CONCRETO MEZCLA HÚMEDA	142
FOTOGRAFÍA 3. 5 SOBRECUBRIMIENTO DE CONCRETO DE BAJA CALIDAD	144
FOTOGRAFÍA 3. 6 REMOCIÓN DE EXCESO DE MATERIAL	147
FOTOGRAFÍA 3. 7 ACABADO LLANEADO	148
FOTOGRAFÍA 3. 8 APARIENCIA FINAL DEL CONCRETO LANZADO	149
FOTOGRAFÍA 3. 9 ELABORACIÓN DE ARTESAS O PANELES	153
FOTOGRAFÍA 3. 10 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS	154
FOTOGRAFÍA 3. 11 LANZADO A DISTANCIA Y ÁNGULO ARBITRARIO	164
FOTOGRAFÍA 3. 12 ESTABILIZACIÓN DE TALUD EN BOULEVARD ORDEN DE MALTA	166
FOTOGRAFÍA 3. 13 LANZADO DE CONCRETO EN TALUD	166
FOTOGRAFÍA 3. 14 LANZADO DE CONCRETO EN TALUD	167
FOTOGRAFÍA 3. 15 PASO A DESNIVEL CONSTITUCIÓN	167
FOTOGRAFÍA 3. 16 LANZADO DE CONCRETO EN TALUD	168

CAPITULO VI

FOTOGRAFÍA 4. 1	
EJEMPLO DE LOS MALLAS OCUPADAS PARA REALIZAR LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO ...	174
FOTOGRAFÍA 4. 2 MUESTRA DEL AGREGADO FINO DE LA PRUEBA DE IMPUREZAS INORGÁNICAS.	182
FOTOGRAFÍA 4. 3 MOLDE DE CONO Y PISÓN PARA ENCONTRAR EL ESTADO DE SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DE LA ARENA	187
FOTOGRAFÍA 4. 4 MUESTRA DEL AGREGADO GRUESO (CHISPA)	196
FOTOGRAFÍA 4. 5 MEDICIÓN DE TEMPERATURA AL CONCRETO USANDO CEMENTO C-150	233

FOTOGRAFÍA 4.6 MEDICIÓN DE TEMPERATURA USANDO CEMENTO C-1157	233
FOTOGRAFÍA 4.7 EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	237
FOTOGRAFÍA 4.8 DATO DE CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO OBTENIDO EN LA PRUEBA CON CEMENTO C-1157	237
FOTOGRAFÍA 4.9	
PRUEBA DE REVENIMIENTO REALIZADA EN EL DE CONCRETO CON CEMENTO C - 150	241
FOTOGRAFÍA 4.10	
RESULTADO DE REVENIMIENTO PARA EL CONCRETO CON CEMENTO C - 150, REALIZADO EN CAMPO. 241	
FOTOGRAFÍA 4. 11	
PRUEBA DE REVENIMIENTO REALIZADO EN EL DISEÑO DE CONCRETO CON CEMENTO C - 1157.....	241
FOTOGRAFÍA 4. 12 RESULTADO DE REVENIMIENTO PARA EL CONCRETO CON CEMENTO C - 1157, REALIZADA EN CAMPO.	241
FOTOGRAFÍA 4. 13 MUESTRA DE PESO VOLUMÉTRICO EN LA MEZCLA DE CONCRETO PARA EL TIPO DE CEMENTO C-150.....	245
FOTOGRAFÍA 4. 14 MUESTRA DE PESO VOLUMÉTRICO EN LA MEZCLA DE CONCRETO PARA EL TIPO DE CEMENTO C-1157.....	245
FOTOGRAFÍA 4. 15 ELABORACIÓN DE CILINDROS.....	250
FOTOGRAFÍA 4. 16 CILINDROS FINALIZADOS.....	250
FOTOGRAFÍA 4.17 EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS A PANELES DE CONCRETO LANZADO.....	255
FOTOGRAFÍA 4.18 MUESTRAS DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS DE UN PANEL DE CONCRETO LANZADO	255
FOTOGRAFÍA 4.19 ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS	255
FOTOGRAFÍA 4.20 MUESTRA DE PANEL DONDE SE EXTRAJERON NÚCLEOS.....	255
FOTOGRAFÍA 4. 21 EQUIPO PARA PULSO ELECTRÓNICO	257
FOTOGRAFÍA 4. 22 COLOCACIÓN DE CONCRETO EN FORMA PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE	272
FOTOGRAFÍA 4. 23 PANEL.....	274
FOTOGRAFÍA 4. 24 COLOCACIÓN DE CONCRETO EN EL PANEL	274
FOTOGRAFÍA 4. 25 ACABADO DEL PANEL	274
FOTOGRAFÍA 4.26 EQUIPO PARA ENSAYO A LA COMPRESIÓN	277
FOTOGRAFÍA 4. 27 RUPTURA DE CILINDROS	277
FOTOGRAFÍA 4. 28 NÚCLEOS CABECEADOS	277
FOTOGRAFÍA 4. 29 ENSAYO A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS.....	277
FOTOGRAFÍA 4. 30 FALLA DE NÚCLEO	277

CAPITULO V

CAPITULO VI

FOTOGRAFÍA 6. 1 EQUIPO DE LANZADORA DE MEZCLA HÚMEDA..... 347

FOTOGRAFÍA 6. 2 EQUIPO DE LANZADORA DE MEZCLA HÚMEDA..... 347

CAPITULO I

CAPITULO I ANTEPROYECTO.

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente anteproyecto de trabajo de graduación se abordan los puntos principales, en que consistirá tal investigación, es decir, desde las etapas de investigación bibliográfica, hasta la realización de ensayos y análisis e interpretación de resultados. Se presenta una breve reseña de la utilización y evolución del concreto lanzado, tanto en el país como a nivel mundial. Se plantea por otro lado la problemática que se enfrenta al no contar con el diseño de mezcla y control de calidad del concreto lanzado, esto implica tanto problemas técnicos como económicos, presentando el trabajo de graduación como una alternativa para la solución de esta problemática, para lo cual se justifica mencionando el aporte que se tendrá con la investigación.

Cabe mencionar que en nuestro país se ha utilizado el concreto lanzado en varios proyectos, lo cual nos servirá de referencia para describir el proceso que se ha seguido para el diseño y control de calidad, y de esta forma poder establecer y comparar con la manera correcta según el Comité ACI 506. Queda lo anterior plasmado en el documento de Trabajo de graduación, cumpliendo con nuestros objetivos de diseñar la mezcla y establecer la metodología del control de calidad del concreto lanzado.

Se plantea además en el desarrollo de este anteproyecto el contenido del trabajo de graduación, es decir capítulos, temas, sub-temas que se abordarán durante la investigación; presentando además una programación de actividades, evaluaciones, etc. para poder llevar a cabo la investigación en el tiempo establecido según el reglamento que regula este tipo de investigaciones; teniendo en consideración los recursos humanos, económicos necesarios para tal investigación.

1.2 ANTECEDENTES

Las necesidades a la solución de problemas ingenieriles como: recubrimientos de mampostería, recubrimiento de acero estructural, refuerzo de estructuras de concreto, reparaciones, revestimientos refractarios, estabilidad de taludes, etc., son de mucha importancia y relevancia los cuales de acuerdo al mecanismo utilizado para solucionarlos marcan y destacan el grado de desarrollo tecnológico alcanzado por un país en el campo de la tecnología del concreto.

El concreto lanzado tuvo su origen a principios del año 1907, cuando el Doctor Carl Ethan Akeley, escultor y naturista norteamericano del museo de historia y ciencias naturales de Chicago; se vió en la necesidad de hacer modelos de animales prehistóricos y formar sus músculos, llevando al científico a inventar una máquina para lanzar mortero, debido a que el moldeado no podría lograr las formas irregulares de dichos animales. Para ello, utilizó aire comprimido, para transportar desde un deposito la mezcla de cemento-arena a través de una manguera que terminaba en una boquilla, en cuya salida se le aplica la cantidad de agua necesaria y así colocar la mezcla en una armazón de alambre sin escurrirse dándole el acabado deseado, este proceso fue patentado por Cement Gun en el año de 1911 con el nombre de Gunita, palabra que ha conquistado un lugar seguro en el vocabulario de Ingeniería a nivel mundial.

En el viejo continente en 1920 se da la patente en Alemania con el nombre de Spritzbetón, ya que este proceso fue de gran utilidad debido a que se utilizó en temperaturas y condiciones climatológicas desfavorables.

En 1930 se da la introducción con el nombre genérico de shotcrete por la American Railway Engineering Association y considerado como un material de innovación y calidad que presenta una alternativa más en reparación de elementos estructurales.

A finales de la segunda Guerra Mundial se usó por primera vez con agregado grueso y la American Concrete Institute adoptó el termino shotcrete (concreto lanzado) y a finales de 1950 fue creado el comité de la American Concrete Institute 506, la cual establece la guía de concreto lanzado (shotcrete). En 1955 se da la introducción de concreto lanzado (shotcrete) por el método de la vía húmeda; posteriormente con

nuevos agregados y mejores aditivos en la década de los setenta`s y ochenta`s, tiende a evolucionar y se crea el método de la vía seca con el uso de aire incluido.

Durante los años de 1980 a 1990 gran número de innovaciones se implementaron para el concreto lanzado expandiendo su aplicación a diferentes campos de la ingeniería.

En El Salvador fue el año de 1962 cuando se utilizó el concreto lanzado por primera vez en la refinería de petróleo de Acajutla de la Compañía Refinera de Acajutla Sociedad Anónima (RASA), para el revestimiento de las tuberías que conectan la planta procesadora con los barcos que transportan el petróleo .

En 1968, la empresa Arquitectura y Construcción Ingenieros S.A. de C.V. (ARCO INGENIEROS) trajo al país una maquina para lanzar mortero, esta se utilizó para el recubrimiento de paredes en los proyectos: Edificio del Centro Nacional de Transformación Agraria (CENTA), Cine Variedades, Edificio del Seguro Social, Salón Azul de la Asamblea Legislativa, Cine Presidente, entre otros. En la década de los ochenta se introdujo el concreto lanzado en forma industrial, por medio de la empresa DSC S.A. de C.V., aplicándolo en el proyecto de la obra de paso (bóveda) de la Residencial La Gloria, Municipio de Mejicanos.

De esta forma ha seguido evolucionando el concreto lanzado hasta llegar al gran auge que actualmente se tiene, tal es el caso de los proyectos como: Paso a desnivel entre Boulevard Constitución y Alameda Juan Pablo II, Prolongación Boulevard Orden de Malta (tramo I y II), Boulevard Constitución y calle San Antonio Abad; en los cuales se ha utilizado el concreto lanzado.

El diseño de mezcla que se realiza para el concreto lanzado se hace de acuerdo al Comité ACI 506; dicho diseño puede variar dependiendo del tipo de cemento y agregados utilizados, así como de los diferentes parámetros que intervienen, atendiendo a la aplicación que el concreto vaya a tener.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño de mezcla y la propuesta del control de calidad del concreto lanzado, es muy necesario ya que en nuestro país no se tienen resultados que puedan ser comparados en función de las propiedades que nos presenta el concreto utilizando diferentes tipos de cemento de acuerdo a la aplicación que el concreto va a tener, por lo que al no aplicar un correcto diseño de mezcla considerando el tipo de cemento utilizado según las especificaciones del proyecto podemos tener un pésimo comportamiento del concreto si no se atienden además correctamente los procedimientos de elaboración, manejo y colocación del concreto lanzado.

De lo anterior resulta inconveniente que en nuestro país no exista un documento que trate sobre como diseñar mezclas de concreto y que contenga además los elementos necesarios para llevar a cabo el control de calidad del mismo con el objetivo de poder tener parámetros de comparación y proyectarse sobre los resultados que se obtendrían al elaborar el concreto con diferentes tipos de cemento.

La variedad de los problemas que se pueden ocasionar al utilizar la técnica del concreto lanzado sin tener un diseño de mezclas así como un control de calidad es: la aparición de agrietamientos, descascaramiento del concreto, una alta permeabilidad, deficiencia en la resistencia, un alto porcentaje de desperdicio, calidad deficiente y el inadecuado manejo del equipo, así como mezclas sobrediseñadas afectando la economía del proyecto, etc.

Todo esto sin tomar en cuenta el tipo de estructura que se está realizando, así como el tipo de cemento utilizado.

En vista de lo antes establecido se plantea la necesidad de investigar la técnica del concreto lanzado y en especial el diseño de mezcla, así como una propuesta para el control de calidad de éste, ya que es una alternativa para la construcción de diferentes elementos y un beneficio para el desarrollo del país tanto económico como social.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GENERALES:

1. Realizar un estudio detallado de los procedimientos para el diseño de mezcla del concreto lanzado atendiendo las diversas aplicaciones que este pueda tener con el propósito de que la técnica del concreto lanzado sea aplicada correctamente según la necesidad.
2. Elaborar un documento de propuesta de la metodología del control de calidad para el concreto lanzado que sirva para uniformizar criterios o estándares nacionales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Elaborar el diseño de mezcla para el concreto lanzado, basándose en lo establecido por el Comité ACI 506, utilizando los tipos de cemento: ASTM C-150 tipo I, ASTM C-1157 Tipo UG.
2. Desarrollar pruebas de laboratorio que están relacionadas con el diseño y control de calidad de mezclas de concreto lanzado.
3. Analizar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido para los diferentes tipos de cementos utilizados en el diseño.
4. Proponer la metodología para el control de calidad del concreto lanzado y que pueda ser adoptada en el país.

1.5 ALCANCES

1. Con el diseño de mezcla obtenido para los cementos ASTM C – 150 Tipo I y ASTM C -1157 Tipo UG y las propiedades adquiridas por el concreto, se podrá comparar y analizar los resultados; destacando las ventajas que presenta cada cemento.
2. Con el diseño de mezcla desarrollado se podrá producir el concreto que presente el proporcionamiento óptimo, que satisfaga las necesidades técnicas y económicas de determinado proyecto.
3. La propuesta de metodología para el control de calidad del concreto lanzado podrá ser utilizado y adoptado en todos los proyectos donde sea necesario, logrando uniformizar criterios para dicho control.
4. Se realizarán las pruebas necesarias para el diseño de mezcla y las necesarias para analizar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, aplicables al concreto lanzado, las cuales se detallan en el contenido del Trabajo de Graduación.

1.6 LIMITACIONES

1. El diseño de mezcla únicamente se realizará con dos tipos de cemento: ASTM C-150 tipo I, ASTM C-1157 Tipo GU, debido a que se cuenta con un tiempo establecido, que no alcanzaría si se utilizan mayor cantidad de tipos de cemento; debido a lo complejo que se tornaría la investigación.
2. El control de calidad se realizará a nivel de propuesta, de acuerdo a las experiencias obtenidas en la aplicación que haremos de concreto lanzado; así como a la adaptación de experiencias a las condiciones de nuestro país
3. La aplicación que se realice, se llevará a cabo solo por uno de los dos métodos de aplicación, ya que el equipo se obtendrá con ayuda de empresas que cuenten con él, es decir que en su debido momento se detallará el método.; considerando además tratar de evitar problemas de tiempo.
4. Solo se llevara a cabo el estudio de un banco de materiales.

1.7 JUSTIFICACIÓN

Actualmente existe en el país, un auge considerable de utilización de concreto lanzado; se cuenta con experiencias recientes en obras viales, proyectos de reparación y rehabilitación de estructuras de concreto. Sin embargo dichas experiencias difieren en diversos tópicos como por ejemplo: el método de diseño utilizado y procedimientos para realizar el control de calidad, por lo que se hace necesario en primer instancia, unificar criterios para diseñar dichas mezclas y controlar su calidad, en función, de los lineamientos generales establecidos por el Comité ACI 506. Este es un paso muy importante para considerar a futuro un procedimiento de adaptación local de dicho Comité y poder de esta manera construir y aplicar un método y normativa nacional referida a la técnica del concreto lanzado.

CAPITULO II

CAPITULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 GENERALIDADES

El concreto lanzado o shotcrete juega un importante rol en la moderna tecnología del concreto. Ampliamente usado en obras de ingeniería y en construcción en general, su mayor campo de aplicación es la construcción de túneles, donde forma una parte vital en el sistema primario de soporte (parte superior en un túnel, techo, sobrecabeza, overhead, cielo).

Apropiadamente aplicado el concreto lanzado es un material estructuralmente resistente y durable, con alta adherencia a diferentes tipos de materiales entre los cuales podemos mencionar: roca, concreto, mampostería, acero y otros materiales. La obtención de estas propiedades favorables es fruto de una adecuada planificación, supervisión y habilidad de la cuadrilla de aplicación. Otras características del concreto lanzado, son la cantidad de rebote o rechazo que ocurre durante la proyección (25% - 40%) y la emisión del polvo al ambiente, principalmente cuando se utiliza el método de proyección por vía seca.

En construcción de túneles, la demanda de una mayor calidad y economía en el concreto lanzado se ha incrementado fuertemente en los últimos años en todo el mundo. El desarrollo de la moderna tecnología del concreto lanzado ha tomado lugar a través de una estrecha colaboración entre usuarios y fabricantes de equipos y aditivos, obteniéndose que el actual rango de equipos y productos disponibles en diversos países satisfaga la demanda por alta calidad y economía de este material.

2.1.1 DEFINICIONES

2.1.1.1 CONCRETO LANZADO.

El término concreto lanzado se utiliza para referirse a “Un mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie”. Simplemente dicho, el concreto lanzado es concreto o mortero rociado. Si la mezcla que se va a lanzar cuenta sólo con agregados finos, se le llama mortero lanzado, y si los agregados son gruesos se le denomina concreto lanzado.

Es una técnica utilizada para colocar concreto con la velocidad suficiente para adquirir una adecuada compactación.

Existen dos procedimientos para el lanzado de concreto: vía seca y vía húmeda.¹

Algunos contratistas utilizan el término “gunite” para describir el proceso por la vía seca, y “concreto lanzado” para describir el proceso de la vía húmeda. Tal uso es incorrecto y está en conflicto con el Instituto Americano del Concreto (Por sus siglas en ingles American Concrete Institute “ACI”) y la Asociación de Cemento de Portland (Por sus siglas en ingles Portland Cement Association “PCA”). El Concreto lanzado, tanto por la vía seca o húmeda, es el término correcto para describir todo el concreto o mortero rociado.

El concreto lanzado es similar a un concreto convencional de alta calidad, con respecto a sus propiedades. Típicamente tiene una baja relación agua / cemento (a/c), normalmente el material fresco colocado tiene un revenimiento cero y puede sostenerse por sí mismo sin escurrirse. El concreto lanzado también puede colocarse hacia arriba, en una sola operación en plafones, en espesores hasta de 50 mm.

Adquiere algunas de sus propiedades únicas en el proceso de colocación, ya que es compactado simultáneamente al impactar la superficie. El Concreto lanzado es quizás el método más diverso disponible para la construcción con concreto. Los

¹ Fuente: “Shotcrete; equipment, materials and applications; The wide world of shotcrete; Autor: James Warner/ The Aberdeen group/ Adisson ILL/ pag. 1-2”

procedimientos para su funcionamiento apropiado están bien desarrollados, y el trabajo de alta calidad se obtiene regularmente. El funcionamiento confiable, sin embargo, requiere que los diseñadores y los constructores entiendan y empleen los procedimientos apropiados para el uso individual. Los dos procedimientos de lanzamiento de concreto: vía seca y vía húmeda se detallan a continuación.

2.1.1.2 PROCESO DE LANZADO DE CONCRETO POR LA VÍA SECA.

Es el concreto en el cual el cemento, agregados finos y gruesos, fibras metálicas (si son especificadas) y en sus casos aditivos en polvo (microsilíce, etc.), se mezclan hasta conseguir una perfecta homogeneidad.

La mezcla se carga en la máquina lanzadora, en ese momento se pueden agregar los aditivos acelerantes en polvo para conseguir resistencias iniciales altas y disminuir el rebote. El equipo introduce el material hacia la manguera, mediante el empleo de aire comprimido. Así mismo el material es transportado hacia la boquilla a gran velocidad. En ésta se introduce agua a presión junto con el aditivo acelerante líquido, si se usa, mediante un anillo perforado, mezclándose con los demás ingredientes.

La mezcla ya húmeda es lanzada a alta velocidad desde la boquilla hacia la superficie, compactándose simultáneamente con la colocación.

Se describe a continuación la secuencia del proceso de colocación vía seca:

1. Se mezcla perfectamente el cemento con la arena seca (Las proporciones de los materiales que intervienen son variables; el cemento generalmente empleado es Cemento Pórtland Normal, aunque también se usan cementos de alta resistencia, de rápido endurecimiento o resistentes a la acción de los sulfatos, con diferentes arenas y gravas, ya sean naturales o artificiales).
2. La mezcla de cemento - arena se almacena en un recipiente mecánico presurizado por medio de aire, llamado *lanzador*.
3. La mezcla se introduce en una manguera de descarga por medio de una rueda alimentadora o distribuidor que está dentro del lanzador.

4. Este material se introduce por aire comprimido a través de la manguera de descarga a una boquilla especial. La boquilla está ajustada dentro de un múltiple perforado a través del cual se atomiza agua bajo presión, mezclándose íntimamente con el chorro de arena - cemento.
5. El concreto húmedo sale de la boquilla proyectado a alta velocidad sobre la superficie en que va a colocarse.

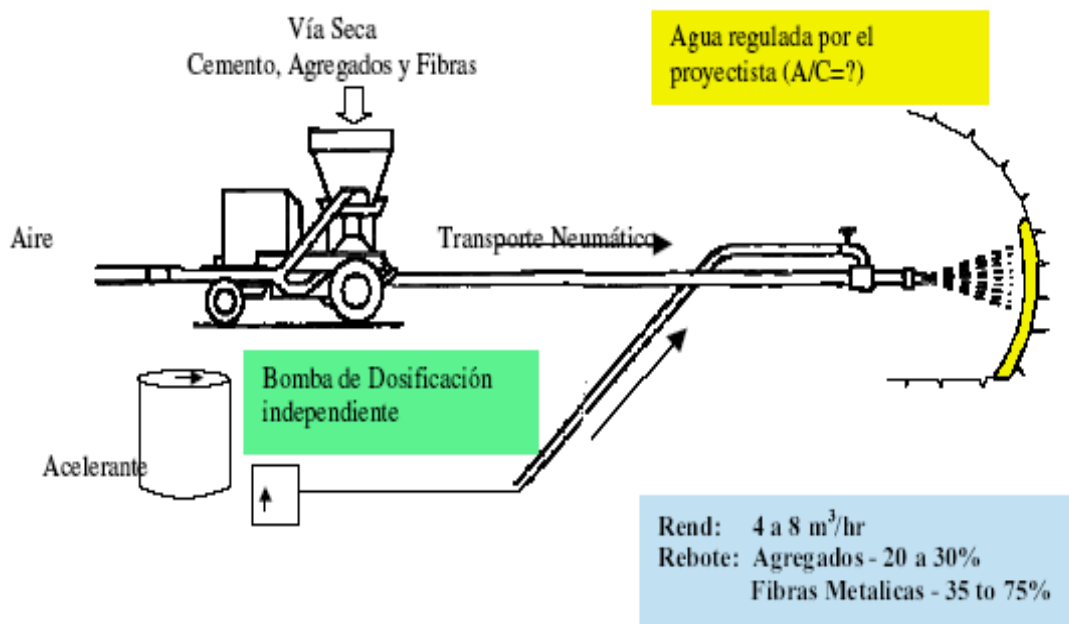


Figura 2. 1
Esquema de colocación por la vía seca

Como todo proceso el concreto lanzado vía seca tiene sus ventajas y desventajas:

VENTAJAS.

- Distancias más largas de transporte.
- Limpieza fácil.
- Requiere bajas relaciones de agua /cemento.
- Permite obtener una mayor energía de compactación.
- La maquina de impulsión es generalmente más económica.
- Conveniente para aplicaciones de poco volumen.

- El agua de mezclado y la consistencia de la mezcla se controlan directamente en la boquilla, lo que permite adaptarse a condiciones variables de colocación y a las variaciones de la humedad del agregado.

DESVENTAJAS

- Menos adecuado en la aplicación de fibras.
- Relación a/c variable
- Tiende a generar polvo.
- Genera una cantidad de rebote 30% o más.
- Bajo rendimiento de colocación.
- Genera desgaste del equipo.
- Requiere mayor consumo de aire.

2.1.1.3 CONCRETOS LANZADOS DE ALTA Y BAJA VELOCIDAD.²

El uso de máquinas de mezclado seco también se puede clasificar en dos categorías: concretos lanzados a “alta velocidad” y a “baja velocidad”.

Los concretos lanzados a alta velocidad se producen usando una pequeña boquilla y una elevada presión de aire para producir una alta velocidad en la boquilla y, por lo tanto una velocidad elevada de impacto, con velocidades de las partículas de 90 – 120 m/seg, dando como resultado un concreto lanzado muy bien compactado. Las variaciones que se tienen al colocar el concreto lanzado a alta velocidad son relativamente bajas.

El concreto lanzado de baja velocidad se produce usando una máquina de gran rendimiento y una manguera de gran diámetro con la boquilla amplia (generalmente una boquilla de paso). El concreto lanzado por la técnica de baja velocidad no se compacta como el de alta velocidad, pero, sin embargo exhibe características típicas

² Fuente: “Concreto Lanzado” Autor: T.F. Ryan/ 1976 Nueva Serie/ IMCYC/ pag. 2.

del concreto lanzado; baja relación a/c, buena compactación en el lugar de aplicación, alto contenido de cemento.

En la práctica la máquina que se usa depende del tipo de concreto lanzado que se requiere, pero cualquier máquina puede adaptarse para obtener un mínimo de resultados satisfactorios. Las propiedades del concreto lanzado pueden modificarse cambiando la salida ajustada a la boquilla, el tamaño de la manguera o el tamaño de la boquilla.

2.1.1.4 PROCESO DE LANZADO DE CONCRETO POR LA VÍA HÚMEDA

En el concreto lanzado vía húmeda se mezcla el cemento, los agregados, el agua, fibras tanto metálicas como de polipropileno, y los aditivos, exceptuando el acelerante, hasta conseguir una mezcla homogénea, con la trabajabilidad adecuada, con el revenimiento mínimo que pueda ser bombeado.

Luego se carga el concreto en la tolva de la máquina lanzadora y es introducida en la manguera de transporte. Este a su vez es transportado por presión hidráulica o por medio de aire comprimido hacia la boquilla. En la boquilla se inyecta aire comprimido para incrementar la velocidad, este aire comprimido que se añade en la boquilla, tiene dos funciones para descompactar y acelerar el material, y es donde los aditivos acelerantes se adicionan habitualmente. Debido al método de impulsión desde la máquina hasta la boquilla, se asemeja a un concreto bombeado tradicional.

El concreto lanzado vía húmeda necesita la adición de aditivos acelerantes en la boquilla. El primer efecto sobre el concreto es el de eliminar el revenimiento (obtener una consistencia seca) mientras el concreto se encuentra en el aire, así cuando se impacta contra la superficie, permite adherirse a ésta, e incrementar el espesor de capa que se está colocando. Esta reducción de revenimiento debe de ocurrir en segundos.

Hasta hace pocos años, el método más utilizado era el de proyección por vía seca, pero hoy en día la tendencia ha cambiado, especialmente en shotcrete para soporte de rocas. El método dominante del futuro será el de proyección por vía húmeda debido a que ofrece un mejor ambiente de trabajo, mayor calidad, uniformidad y producción.

Actualmente, un 70% del shotcrete se aplica mediante vía húmeda, mientras que el 30% restante se aplica por vía seca. En algunas regiones del mundo predomina el método por vía húmeda, países tales como Escandinava, Italia, Noruega, Suiza, Francia, Hong Kong, es el único método empleado. Hoy en día se aplican en el mundo entero más de 8 millones de m³ al año.

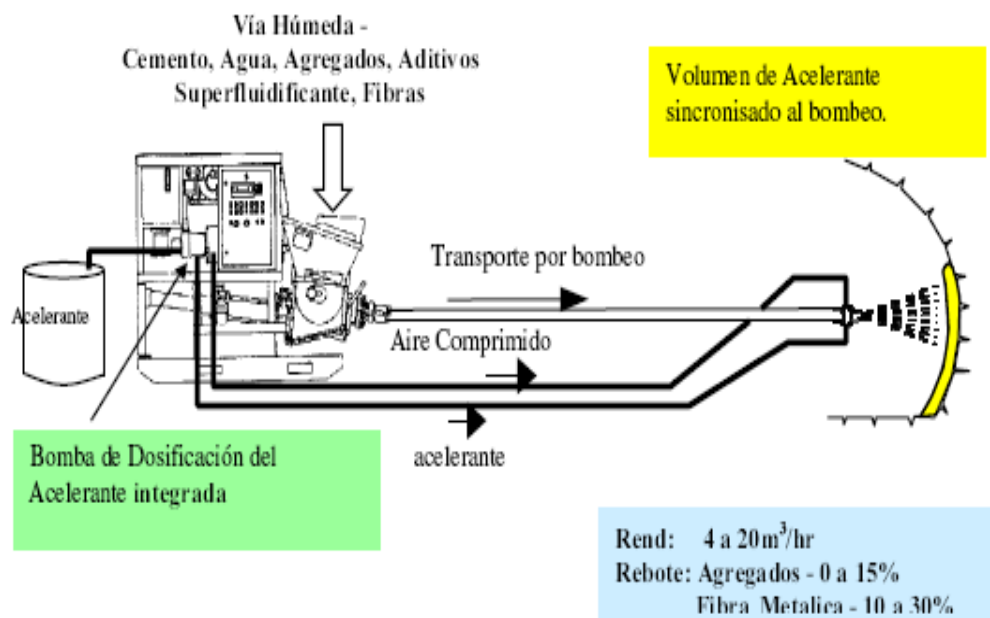


Figura 2. 2
Esquema de colocación por la vía Húmeda

Como todo proceso el concreto lanzado vía húmeda tiene sus ventajas y desventajas:

VENTAJAS

- El agua de mezclado es controlada en la etapa de mezclado dosificándose con mayor precisión
- Se genera un rebote de (8%- 12%).
- Mayor rendimiento.
- Menor generación de polvo y pérdida de cemento.
- Permite reducir la cantidad de agua mediante el adecuado empleo de aditivos plastificantes y superfluidificantes.

- Se logran mezclas más homogéneas, con mejores resistencias a compresión y más uniformes.
- Mejor adherencia.

DESVENTAJAS

- Línea más pesada.
- El equipo utilizado es de mayor costo.
- Limpieza de bombas y líneas.
- Distancias más cortas de transporte.

2.1.1.5 VÍA SECA VRS. VÍA HÚMEDA.³

Tal como se mencionó anteriormente, el método por la vía húmeda es el único utilizado en Escandinava, Italia, Noruega, Suiza, Francia, Hong Kong y en un gran número de importantes proyectos subterráneos en todo el mundo. El uso del shotcrete para aplicaciones de soporte de rocas ha aumentado en forma exponencial en los últimos 15 a 20 años, lo cual ha impulsado un intenso desarrollo del mismo.

La mala fama de la técnica de proyección por vía húmeda se debe a los deficientes equipos utilizados y al poco conocimiento del método, factores que han acarreado la producción de un concreto de muy baja calidad. Para que la mezcla pudiera pasar por el equipo, se utilizaban contenidos muy altos de agua, con una relación de agua/cemento hasta de 1.0. Gracias a la tecnología de la industria del concreto actual, hoy en día es totalmente factible producir shotcrete por vía húmeda que tenga una resistencia a la compresión a los 28 días superior a 60 MPa.

Por otro lado en cuanto a la economía podemos decir que en un turno de 8 horas, la capacidad promedio de proyección del método por vía húmeda es usualmente de 4 a 5 veces mayor que la del método por vía seca. Si bien los costos de inversión en los nuevos robots de vía húmeda aumentaron significativamente, al mismo tiempo hubo

³ Fuente: "Shotcrete; equipment, materials and applications; Wet-mix shotcreting; Autor: John Tinberg/ The Aberdeen group/ Adisson III/ pag. 12"

una caída igualmente significativa del costo de colocación del shotcrete, y también disminuyó uno de los principales factores de costo, a saber: el tiempo de preparación por cada ciclo. Gracias a los sistemas robóticos integrados, la aplicación del shotcrete puede comenzar a los pocos minutos de la llegada de los equipos al frente. La introducción de los perforadores hidráulicos aumentó la capacidad de perforación en un 100%.

Además los operarios del proceso por vía seca estaban acostumbrados a trabajar en medio de una gran cantidad de polvo. Se emitía polvo no sólo desde la boquilla, sino también desde la máquina de proyección. Como norma general, los resultados de las mediciones de polvo en el ambiente de trabajo eran más de tres veces la cantidad permisible.

El método por vía húmeda mejoró significativamente las condiciones del ambiente de trabajo, trayendo consigo mayor seguridad para los trabajadores de túneles. Los riesgos a la seguridad eran frecuentemente inaceptables sin un robot y sin utilizar fibras metálicas para refuerzo.

Sin embargo, todavía se piensa equivocadamente que el método por vía húmeda no ofrece resultados de alta calidad. Lo cierto es que si se utilizan aditivos reductores de agua (baja relación agua/cemento) y microsilíce, se pueden obtener resistencias a la compresión de hasta 100 MPa aplicando shotcrete por vía húmeda.

Es preferible la utilización del concreto por la Vía Húmeda por las razones siguientes:

- El contenido de agua del concreto lanzado mezcla húmeda es más preciso de controlar. Es necesario ajustar el contenido de agua de mezcla seca del concreto lanzado y un boquillero inexperto podría producir un concreto lanzado de humedad baja.
- El concreto lanzado de Mezcla húmeda produce rebote de solamente cerca del 5% (el material que despiende del sustrato). La mezcla seca de concreto lanzado produce un rebote del 30% a del 50%, produciendo un aumento del material y costos de limpieza. La mezcla seca de concreto lanzado también produce más polvo, que puede ser un problema al trabajar en áreas confinadas.

- La presión y el volumen de los materiales lanzados en el método de mezcla húmeda se regulan más fácilmente y el boquillero puede concretar más en su trabajo de rociar.
- Usando el método de mezcla húmeda, se asegura mejor que las adiciones y el agua se mezclen a fondo con los otros ingredientes.

Algunas de las razones por las cuales el concreto lanzado es tan usado son las siguientes:

- Puede dársele cualquier acabado y color.
- Ideal para estructuras de pared delgada.
- Alta resistencia, adhesividad y durabilidad.
- Alta densidad y baja permeabilidad.
- Evita la colocación de cimbras.
- Disminución de grietas por temperatura.

El concreto lanzado es usado en algunos de los siguientes casos:

- Cuando el costo de la cimbra es muy caro o se requiere cimbras con formas imprácticas,
- Cuando se puede reducir el número de cimbras o eliminarlas,
- Cuando el acceso al área de trabajo es difícil,
- Cuando se requieren espesores variables, o es necesario la aplicación en capas delgadas
- Cuando los métodos tradicionales de colocación no sean posibles

2.1.1.6 ESPECIFICACIONES GENERALES.⁴

(NOTA: Las especificaciones siguientes son empíricas y se deben ajustar a las diversas condiciones del trabajo que se presente.)

1. Solamente el cemento Portland que cumpla con las especificaciones y las pruebas estándares de la Sociedad Americana para la Prueba de Materiales (ASTM) será utilizado.
2. El agregado fino consistirá en arena limpia y será resistente, denso, durable, limpio, anguloso y graduado uniformemente de fino a grueso, sin partículas más grandes que 3/8 pulg. de diámetro. Estará libre de materia orgánica y no contendrá más de 5% en peso de marga o arcilla.
3. La arena que se utilizará no contendrá menos que 3% ni más de 6% de humedad.
4. Antes de colocar la mezcla en la tolva de la pistola, todos los grumos demasiado grandes, serán quitados pasando la mezcla a través de una malla del tamaño conveniente.
5. La presión del aire se mantendrá uniforme y será suficiente para mantener la operación uniforme y satisfacer el inyector.
6. El agua usada para la hidratación en el inyector será potable y mantendrá una presión uniforme que sea por lo menos 1.1 Kg/cm². sobre la presión del aire usada, pero no menor a 4.2 Kg/cm².
7. Cuando se deje una junta de construcción esta deberá ser con un grado de inclinación. Antes de colocar a la sección adyacente, la junta inclinada será limpiada y humedecida totalmente. No se permitirá ninguna junta cuadrada.
8. El concreto lanzado será curado por lo menos 7 días después de colocado. No se colocará concreto lanzado durante tiempo de heladas a menos que se tomen las medidas protectoras como con el trabajo de concreto ordinario. El concreto lanzado no será colocado contra superficies congeladas.

⁴ Fuente: "Portland Cement Association (P.C.A.)"/ pag.2

Podemos además establecer diferencias entre concreto lanzado y concreto tradicional:

- El concreto tradicional primero se coloca y después se compacta, generalmente por vibración.
- El concreto lanzado el tamaño máximo del agregado es 3/8"; en el concreto tradicional se pueden utilizar varios tamaños.
- En el concreto lanzado existe rebote.
- El concreto lanzado tiene mayor adherencia a la superficie.
- El concreto lanzado maneja relaciones a/c menores de 0.45
- El concreto lanzado generalmente requiere mayores cantidades de cemento.

2.1.1.7 REBOTE EN LA PROYECCIÓN.

El rebote de proyección está formado por los componentes que no se adhieren a la capa de concreto, y que salen rebotados fuera del lugar adecuado. La proporción de rebote es mayor inicialmente porque el chorro de mezcla rebota directamente en el soporte, antes que se forme una capa de concreto amortiguadora, y también cuando está dirigido a las armaduras. Por ello, los espesores gruesos tienen una menor proporción de rebote en contra de los espesores delgados.

El porcentaje de rebote en todos los casos dependerá de la relación agua/cemento, del tipo de granulometría de los agregado gruesos, de la cantidad de agregado grueso presente en la mezcla de concreto, de la presión de agua (vía seca), de la velocidad de proyección (caudal de aire), del ángulo de proyección, de la distancia de proyección, del diseño del robot y, sobre todo, de la habilidad y experiencia del asistente del lanzador. Como experiencia, se pueden establecer los siguientes parámetros comparativos de porcentajes de rebote en los diferentes sistemas de proyección:

- Vía seca: 30 – 35%.
- Vía húmeda: 8 – 12%.

La reducción del rebote es una consideración muy importante a tener en cuenta en una obra, para lo cual se debe hacer un estudio serio y exhaustivo de los factores enumerados con anterioridad, y utilizar además adiciones a base de microsílíce o aditivos especiales reductores del rebote.

2.1.2 PROPIEDADES

Las propiedades de un mortero o concreto lanzado, son similares o superiores a las de mezclas convencionales que tengan la misma composición.

El aspecto natural del concreto lanzado, es áspero y rugoso, lo que depende directamente del tamaño máximo del agregado grueso empleado y de la técnica de proyección. Esta rugosidad superficial, puede alisarse mediante tratamientos de terminación adecuados.

La estructura interna de mezclas proyectadas, consta normalmente de agregados gruesos más finos y un mayor contenido de cemento que las mezclas tradicionales. Generalmente la relación agua / cemento es mas baja y su compacidad más alta, lo que incide en la porosidad. Los poros capilares se distribuyen uniformemente, no presentan habitualmente cavidades y, además la proyección genera poros finos, aislados y esféricos que funcionan como vasos de expansión mejorando la resistencia a las heladas. Por otra parte, la colocación en capas, impide casi totalmente la formación de fisuras continuas de contracción.

Los valores de resistencia a compresión habitual oscilan entre 200 kg/cm² y 450 kg/cm² (20 a 45 MPa), aunque en aplicaciones especiales se han desarrollado resistencia sobre 700 kg/cm² (70 MPa).

Indudablemente la propiedad más destacada de mortero y concreto lanzado, es su adherencia a la superficie de soporte, siempre que esta sea sólida, se encuentre limpia y saturada con superficie seca, y tanto mejor mientras sea más rugosa.

La densidad de los morteros proyectados, varía entre 2100 y 2200 kg/m³ y la de concreto lanzado, entre 2200 y 2400 kg/m³.

Gracias a su estancamiento elevado y a su adecuado volumen de poros capilares, las mezclas proyectadas presentan una excelente impermeabilidad y baja absorción. En consecuencia, tiene una buena resistencia a la congelación y deshielo, al ataque químico, a la abrasión y al desgaste.

Como todos los morteros y concretos, las mezclas lanzadas presentan una alta resistencia al fuego.

La contracción por secado del concreto lanzado, varía con las proporciones de la mezcla, pero está generalmente entre 0.06% y 0.1%, lo que es ligeramente superior a un concreto convencional de bajo revenimiento. Ello debido a las mayores dosis de cemento utilizado. En consecuencia tiene un mayor potencial para generar fisuración, lo que exige una cuidadosa distribución de juntas y/o un mayor empleo de refuerzo.

2.1.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO⁵

Aspecto

La superficie natural del concreto lanzado es rugosa. Esta rugosidad dependerá sobre todo del tamaño del agregado grueso utilizado y de la técnica de proyección. El lanzador determina el aspecto del mismo.

Coloración

Sobre todo en la vía seca, aparece una variación de tonalidades grises en la superficie debidas a la distribución del agua sobre la misma, y sobre todo cuando se emplean acelerantes de fraguado o cuando se ejecutan los trabajos en varias fases.

Adherencia

La propiedad más llamativa del concreto lanzado es su adherencia al soporte, con la condición de que éste sea sólido, limpio y exento de partes sueltas. La mezcla choca

⁵ Pliego de Condiciones P.C. 91 Procedimiento SIKA ®(Junio 1998). Pliego General de Condiciones Técnicas para la aplicación de los productos Sika en el hormigón proyectado por vía seca, semihúmeda y húmeda. HORMIGÓN PROYECTADO

sobre el soporte a una velocidad elevada, taponando las irregularidades, las fisuras y los poros con la ayuda de las partículas más finas, es decir, el cemento y los fillers. A la vez, sobre el soporte se forma una fina capa de pasta de cemento, en la cual se incrustan los granos de agregado grueso, efectuándose un puente o lechada de adherencia, lo que garantiza después del endurecimiento una fijación sólida al soporte. Su resistencia al desprendimiento vendrá dada por esta cualidad, variando según la naturaleza de la superficie de aplicación. Esta resistencia al desprendimiento varía entre 0,3 y 2,0 N/mm.

Porosidad

El concreto lanzado generalmente contiene una mayor cantidad de agregados gruesos finos y de cemento que un concreto tradicional, por lo cual su porosidad es menor. Si además la relación agua/cemento es menor y la compacidad elevada, se crean poros bajo forma de inclusiones de aire que no se comunican entre sí.

Densidad aparente

El contenido de cemento y la porosidad determinan la densidad aparente del concreto lanzado, la cual varía entre 2200 y 2400 kg/m³.

Resistencia a la compresión

Es la propiedad más medible de un concreto lanzado y en la que se basa todas las exigencias en los pliegos de condiciones de una obra. Esta resistencia se rige según los principios de la tecnología del concreto. Dicha resistencia a la compresión es, la mayoría de las veces, ligeramente inferior a la de un concreto normal de granulometría 0-30 mm., debido principalmente a la finura del concreto lanzado. Como dato standard se alcanzan resistencias a compresión no inferiores a 200 - 400 kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, una característica fundamental del concreto lanzado es la evolución de resistencias con el tiempo a causa de su elevado contenido en cemento.

Resistencia a tracción

La resistencia a tracción obtenida en un concreto lanzado varía entre 1,6 y 2,1 N/mm² a los 28 días, y 3,3 - 5,3 N/mm² a los tres años. Estos valores aumentan notablemente con la adición de fibras metálicas.

Permeabilidad

Un hormigón es estuco según la norma UNE si su coeficiente de permeabilidad Darcy es igual a 50×10^{-10} m/s. En el caso del concreto lanzado su coeficiente de permeabilidad es inferior. Esta permeabilidad es regularmente más acusada en la dirección paralela a las capas de proyección.

Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto lanzado varía entre 28.000 y 33.000 N/mm².

Temperatura de trabajo

La temperatura de la mezcla antes de su colocación no debe estar por debajo de los 5 °C ni exceder de 35 °C, a menos que se tomen disposiciones especiales. El concreto o mortero no debe proyectarse cuando la temperatura se encuentra bajo los 5 °C.

2.1.2.2 VALORES TÍPICOS DEL CONCRETO LANZADO.⁶

- Módulo de elasticidad 17×10^3 a 41×10^3 MPa
- Contracción por secado entre 0.06% y 0.10%.
- Resistencia a la flexión hasta de 60 kg/cm^2 a 28 días.
- Resistencia a la compresión de 200 a 400 kg/cm^2 .
- Densidad entre 2200 y 2400 kg/m^3 .
- Adherencia mínima: 10 kg/cm^2 a 28 días.

⁶ Guide to Shotcrete, Reported by joint ACI. Comité 506, ACI 506 R -90(95), Editorial ACI, ciudad Farmington Hills, Mich 1997.

La tabla 2.1 muestra valores de esfuerzos de adherencia medidos en base a esfuerzos de compresión y cortante⁷.

Muestra N°	Esfuerzo de compresión de núcleos de concreto lanzado psi (MPa)	Esfuerzo de adherencia en cortante psi (MPa)
1	5850(40.3)	720(5.0)
2	7140(49.2)	598(4.1)
3	5900(40.7)	422(2.9)
4	5410(37.3)	520(3.6)
5	7060(48.7)	874(6.0)
6	4620(31.9)	411(2.8)
7	4580(31.6)	508(3.5)

A. Concreto lanzado mezcla seca sobre concreto viejo

Muestra N°	Esfuerzo de compresión de núcleos de concreto lanzado psi(MPa)	Esfuerzo de adherencia en cortante psi (MPa)
8	4780(33.0)	560(3.9)
9	4360(30.1)	530(3.7)
10	4660(32.1)	500(3.4)

B. Concreto lanzado mezcla seca sobre concreto lanzado

Muestra N°	Esfuerzo de compresión de núcleos de concreto lanzado psi(MPa)	Esfuerzo de adherencia en cortante psi (MPa)
11	4810(33.2)	131(0.9)
12		181(1.3)
13	4420(30.5)	243(1.7)
14		220(1.5)
15	4860(33.5)	336(2.3)

Tabla 2. 1 Esfuerzos de Adherencia del Concreto Lanzado

⁷ Esfuerzos de Adherencia del Concreto Lanzado (fuente ACI 506R-90)

2.1.3 APLICACIONES

Las primeras aplicaciones del mortero lanzado, el "gunité" de Akeley, fueron como recubrimiento (inicialmente como estuco y posteriormente como protección de estructuras de acero contra fuego y la corrosión).

En la actualidad, los morteros y concreto lanzado han alcanzado una gran difusión, particularmente en obras que requieren rapidez en colocación y puesta en servicio, en estructuras con superficies extensas y/o de forma irregular, en elementos de bajo espesor, y en situaciones en las que la adherencia del concreto con otros materiales sea importante.

Por lo anterior, las mezclas lanzadas se emplean principalmente en construcciones subterráneas, estabilización de taludes, estructuras laminares, reparaciones y revestimientos en general.

Los morteros y concreto lanzado, han encontrado un amplio campo de aplicación en estructuras y sistemas constructivos altamente especializados, como los siguientes:

- Revestimiento de canaletas y depósitos sometidos a abrasión por arrastre de materiales.
- Revestimiento de estructuras antiguas de concreto, acero o madera expuestas a ambiente agresivo.
- Concretos refractarios para construcción, mantenimiento y reparación de revestimientos de hornos, calderas, generadores, incineradores y chimeneas industriales. Nuevos procedimientos de aplicación en caliente y proyección en bancadas, para capas de mayor espesor, abren nuevos campos para el uso de mezclas refractarias proyectadas.
- Concreto lanzado con fibras, con propiedades mejoradas de resistencia a tracción, flexión, corte, impacto y desgaste, ha resultado particularmente efectivo para consolidación de roca subterránea, protección de pendiente y reparaciones. En concreto refractario, las fibras aumentan la resistencia al choque térmico, al daño por ciclos de temperaturas y al desarrollo de fisuras.

- Mezclas modificadas con polímeros, las que presentan mayores resistencias a tracción y flexión, mejoran la adherencia y reduce la absorción. Se aplican para revestir depósitos y estanques de almacenamiento o proceso de materiales cáusticos o ácidos, canaletas y canchas de vertido de productos químicos y, en general, revestimiento, mantenimiento y reparación de concretos en ambientes altamente agresivos. Esto las hace especialmente convenientes para estructuras marinas y plantas industriales.
- Una aplicación particular del mortero proyectado, son las estructuras de ferrocemento, sobre todo cuando se requiere una producción masiva y rápida.
- Otra posibilidad son las construcciones por capas compuestas por una placa de material sintético (por ej: espuma de poliestileno o poliuretano). También se utiliza madera aglomerada, corcho y fibra de vidrio provista de mallas de acero por ambas caras, empalmadas mediante amarres transversales que sirven de superficie de aplicación, aislamiento y armadura para la mezcla proyectada. Una vez fijada en su lugar definitivo, se reviste por ambas caras con mortero o concreto proyectado, constituyendo un panel de concreto armado con aislamiento interno.
- Las aplicaciones del concreto lanzado pueden ser clasificadas bajo tres categorías generales.

2.1.3.1 CONCRETO LANZADO CONVENCIONAL

Utilizando cemento Pórtland, agregados convencionales y aditivos comunes donde se necesiten. Dentro de esta categoría podemos mencionar:

- a) Estructuras nuevas: edificios, canales, piscinas, roca artificial, tanques presforzados, obras hidráulicas, etc.
- b) Reparaciones: Concreto deteriorado en domos, túneles, edificios, tanques, cisternas, estructuras de acero, etc.

a) Estructuras Nuevas



Fotografía 2. 1 Estabilización de taludes y construcción de túneles con shotcrete.



Fotografía 2. 2 Revestimiento de la línea de soporte primario de un túnel con shotcrete.



Fotografía 2. 3 Aplicación del concreto lanzado en un ángulo correcto.



Fotografía 2. 4 Aplicación del concreto lanzado en un ángulo correcto.



Fotografía 2. 5 Hechura de una piscina con concreto lanzado

b) Reparaciones



Fotografía 2. 6 Reparación de elementos estructurales (columnas)



Fotografía 2. 7 Utilización de concreto lanzado para recubrimiento en túneles usando robot para su aplicación.

2.1.3.2 CONCRETO LANZADO REFRACTARIO

Con frecuencia se usa concreto lanzado que contenga cemento Portland común como protección contra incendios en estructuras existentes; pero las mezclas, ya sea con OPC (Cemento Pórtland ordinario) o HAC (Cemento Luminoso) y tabique refractario triturado poseen propiedades refractarias considerables y se usan ampliamente en los hornos de todos los tipos. La mayoría de las plantas siderúrgicas, de hornos de calcinación, etc., sostienen un equipo de concreto lanzado con su cuadrilla, llevando programas de mantenimiento de tiempo completo. Algunas empresas suministran las mezclas apropiadas, listas para ser usadas como concreto lanzado refractario, que contienen frecuentemente cemento blanco, pentaluminato tricálcico, (tcpa).

Algunos de los materiales que son utilizados en el concreto lanzado refractario y sus temperaturas máximas se muestran en el siguiente cuadro.

* Cemento Portland ordinario

** Cemento luminoso

Material Refractario	Rango de Temperatura	Tipo de recubrimiento	Objetivo principal del revestimiento.
Arena y cemento Portland ordinario.	Hasta 150°C	denso	(2)
Arena y cemento aluminoso. (HAC)	Hasta 300°C	denso	(2)
Tabique refractario triturado o arcilla calcinada y (HAC)	Hasta 1200*°C	denso	(1) y (2)
Arcilla expandida (o escoria espumosa, ceniza pulverizada y combustible, etc.), y HAC.	Hasta 900 C	aislante	(1), (2).(3) y (4)
Diatomita calcinada y HAC.	Hasta 900 C	aislante	(1), (2), (3) y (4)
Perlita y vermiculita y HAC.	Hasta 900 C	aislante	(1). (2), (3) y (4),
Agregados refractarios de alta temperatura (por ejemplo Alag) y HAC.	Hasta 1200°C	denso	(1), (2), (3), (4).

Tabla 2. 2 Aplicación del concreto lanzado refractario

* Para temperaturas más elevadas se requieren generalmente cementos tcpa,



Fotografía 2. 8 En la imagen se observa un shotcrete aplicado en una estructura reforzada



Fotografía 2. 9 Aquí se aprecia un incinerador.



Fotografía 2. 10 Colocación de concreto lanzado refractario.

2.1.3.3 CONCRETOS LANZADOS ESPECIALES

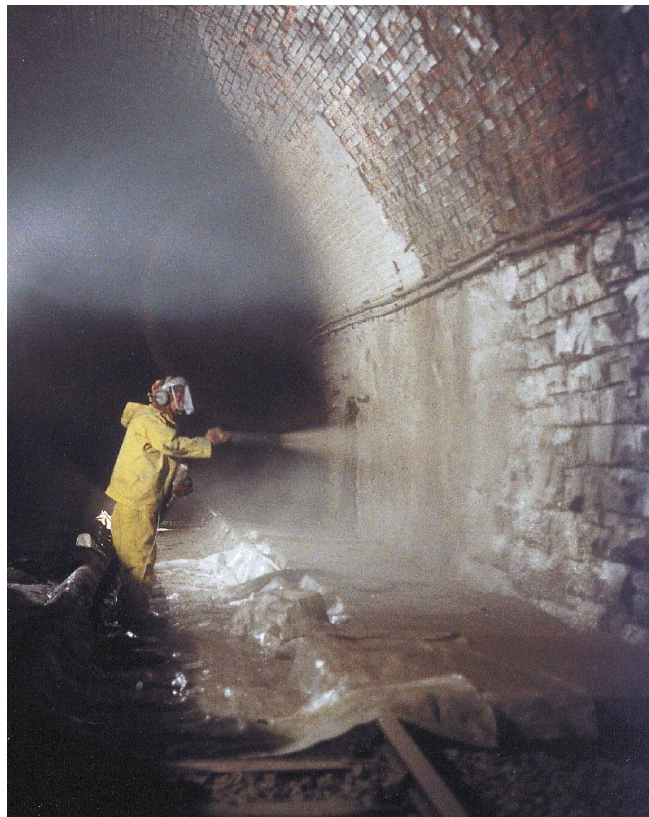
Estos proporcionan propiedades especiales, para lo cual se adicionan aditivos especiales que pueden contener sodio, potasio, silicatos, etc. actuando como acelerantes, retardantes, etc. Pueden utilizarse en chimeneas, áreas que sufren agresiones significativas.



Fotografía 2. 11 Colocación de concreto lanzado en una mina.



Fotografía 2. 12 Colocación de concreto lanzado en una estructura marina.



Fotografía 2. 13 Colocación de concreto lanzado en un alcantarillado.

2.1.4 MATERIALES

Para lograr obtener concretos o morteros de alta calidad es necesario que para la producción de ellos se utilicen materiales de alta calidad, y que a la vez se encuentren almacenados en condiciones adecuadas⁸.

2.1.4.1 CEMENTO

- *Cemento Pórtland:* El cemento debe estar de conformidad con lo establecido en las normas ASTM C 150 o C 595 para poder ser utilizado en la técnica del concreto lanzado. El cemento debe cumplir con los requisitos de calidad respectivos. Si el concreto lanzado está expuesto a suelos o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, deberán usarse cementos resistentes a los sulfatos. Cuando las exigencias estructurales requieran alta resistencia rápida, se preferirá el empleo de un cemento Pórtland de endurecimiento rápido.
- *Cemento con aluminato de calcio:* Se trata de un cemento de endurecimiento rápido, que generalmente se prefiere al cemento Pórtland para usos en que se requiere resistencia térmica, como en los revestimientos refractarios. También proporciona elevada resistencia a ciertos ácidos. Sin embargo, su uso puede requerir ciertas precauciones debido a su alto calor prematuro de hidratación; esto incluye una limitación al tamaño de la revoltura, limpieza frecuente del lanzador y los tubos, el uso de arena más seca de la normal y un terminado rápido aplanando con una llana. También, las marcas difieren apreciablemente en composición y rendimiento, reflejando diferencias en las materias primas y en los procedimientos de manufactura.

⁸ (Según Sección 2.5 del ACI 301.)

2.1.4.2 AGREGADOS

Las funciones principales de los agregados son:

- a) Dar un relleno relativamente económico para el material cementante ya que los agregados son más baratos que el cemento.
- b) Proveer una masa de partículas aptas para resistir la acción de cargas aplicadas, abrasión, el paso de humedad y la acción climática.
- c) Reducir los cambios de volumen resultante de los procesos de fraguado y endurecimiento y de los cambios de humedad en la pasta de cemento.
 - *Agregado grueso*: las propiedades de los agregados gruesos que influyen sobre la resistencia y las proporciones de una mezcla de concreto son: la gradación, el tamaño, la forma de las partículas y la textura superficial. Estas propiedades varían con los diversos agregados gruesos convencionales de los que se disponen. Los agregados convencionales son principalmente, las gravas la piedra triturada y la escoria de alto horno.
 - *Agregados de peso normal*: El agregado no sólo limita la resistencia del concreto, puesto que los agregados débiles no pueden constituir concreto resistente, sino que sus propiedades físicas y químicas, afectan tanto la durabilidad como el comportamiento del concreto recién mezclado, ya endurecido, así como en las proporciones de la mezcla y en la economía. Deben de cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C 33.
 - *Agregados de peso ligero*: Existen muchas variedades y tipos de agregados ligeros, cada uno de los cuales puede comportarse de manera diferente en el concreto con respecto a los otros. Muchos son angulares y tienen texturas superficiales ásperas, los agregados ligeros naturales incluyen la diatomita, la piedra pómez, escoria, cenizas volcánicas y tufa, no obstante estos no se utilizan mucho. En este caso estos deberán cumplir con lo especificado en la norma ASTM C 330.

El ACI 506 R define 3 granulometrías diferentes para su aplicación en el concreto lanzado:

Malla	Porcentaje que pasa en peso por malla individual		
	Graduación N° 1	Graduación N° 2	Graduación N° 3
3/4 " (19 mm)	----	----	100
1/2" (12 mm)	----	100	80-95
3/8" (10 mm)	100	90-100	70-90
N° 4 (4,75 mm)	95-100	70-85	50-70
N° 8 (2,4 mm)	80-100	50-70	35-55
N° 16 (1,2 mm)	50-85	35-55	20-40
N°30 (600 µm)	25-60	20-35	10-30
N° 50 (300 µm)	10-30	8-20	5-17
N° 100 (150 µm)	2-10	2-10	2-10

Tabla 2. 3
Limites granulométricos para combinación de agregados ACI 506 R – 90

La granulometría 1

Básicamente es agregado fino (arena), sus empleos son:

- a) Trabajos de reparación de concreto con espesores menores a 50 mm,
- b) Recubrimiento final sobre capas de concreto lanzado con agregado grueso.

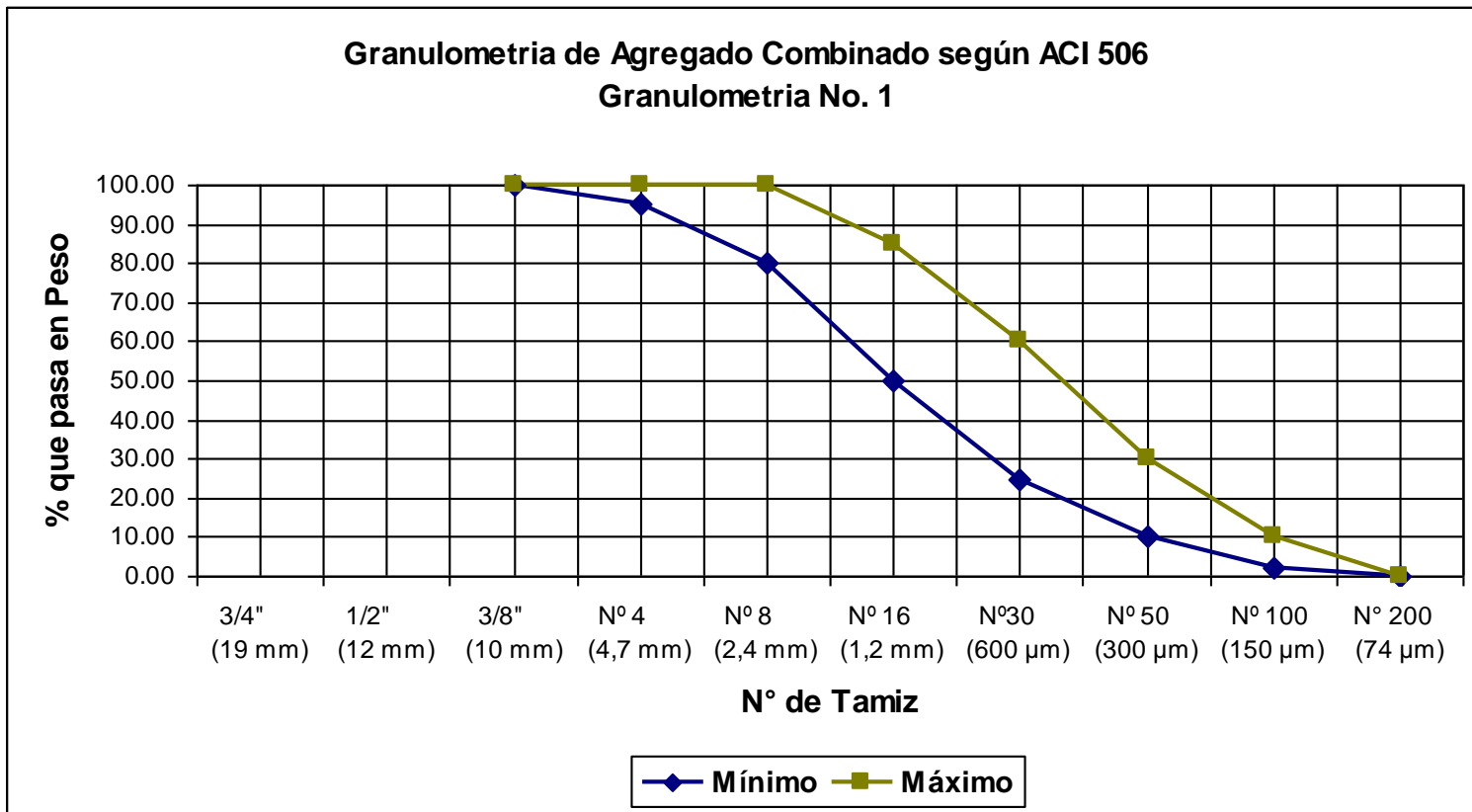


Gráfico 2. 1 Granulometría de agregado combinado según ACI 506 Granulometría N° 1

La granulometría 2

- a) Protección, para evitar la corrosión de las fibras metálicas en ambientes agresivos.

Para acabados pueden utilizarse arenas más finas que las recomendadas en la granulometría 1, aunque habrá que considerar que el uso de agregados finos genera mayor contracción por secado, mientras que los agregados más gruesos tienden a producir una mayor cantidad de rebote.

La granulometría 2 contiene mayor cantidad de agregados gruesos, (relación arena/grava, 70/30) se utiliza para la mayoría de trabajos de concreto lanzado y para reparaciones con espesores mayores a 50mm.

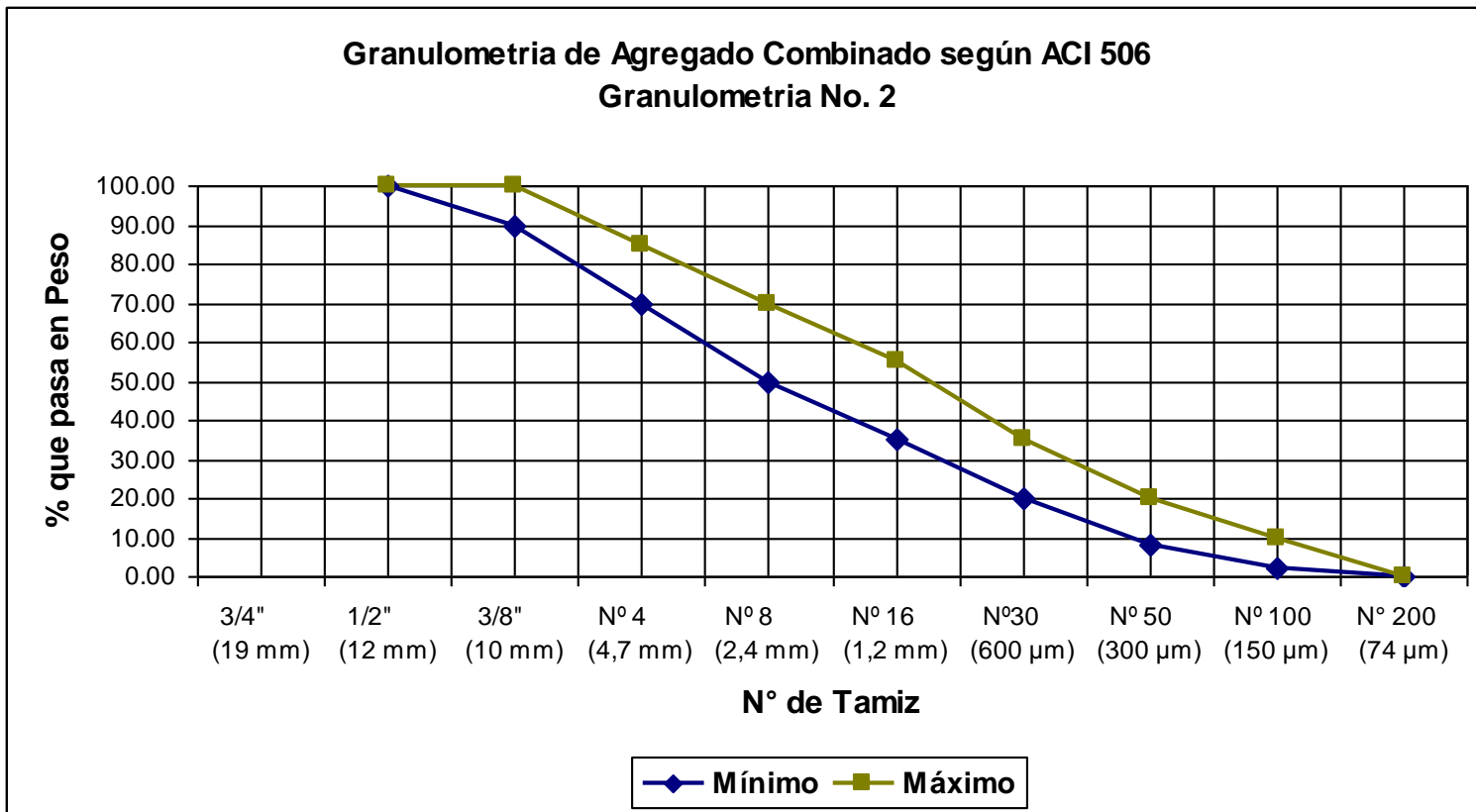


Gráfico 2. 2 Granulometría de agregado combinado según ACI 506 Granulometría N° 2

La granulometría 3

Su empleo es limitado. Contiene tanto agregados gruesos como finos y es recomendable pesar por separado uno del otro para evitar problemas de segregación. Muy rara vez se usa en trabajos de reparación, principalmente por el tamaño de agregado.

En lo que se refiere a todos los concretos especiales, la calidad del agregado es un asunto primordial tanto para el concreto fresco como para el endurecido. Es importante que la distribución del tamaño de grano y otras características sean lo más uniforme posibles.

Particularmente importantes son la cantidad y las características de los finos (es decir, el tamaño de grano y el análisis de tamaño de grano). No hablaremos de selección del agregado dado que usualmente debe utilizarse el material disponible y adaptar la dosificación al mismo; no obstante, para la proyección de mezclas húmedas deben observarse los siguientes criterios:

- a) Diámetro máximo: 8 – 10 mm, debido a limitaciones del equipo de bombeo y también para evitar grandes pérdidas por rebote. Desde un punto de vista tecnológico se prefiere un valor superior de diámetro máximo.
- b) La curva granulométrica del agregado es también muy importante, especialmente en su sección inferior. El contenido de material fino en el tamiz N° 0.125 mm debe oscilar entre un límite inferior de 4 - 5% y uno superior de 8 - 9%.
- c) Los materiales finos demasiado pequeños producen segregación, mala lubricación y riesgo de atascamiento. Sin embargo, en caso de usar concreto con fibra, el sobrante de material fino es importante tanto para el bombeo como para la compactación.

Un contenido elevado de material fino produce un concreto cohesivo. Dado que los márgenes de la cesta del tamiz son relativamente pequeños, frecuentemente conviene combinar dos o más fracciones, por ejemplo: 0 - 2, 2 - 4 y 4 - 8 mm, ajustando la proporción entre ellos, con objeto de elaborar una curva de granulometría que esté

dentro de los límites de la curva ideal. La insuficiencia del material fino puede compensarse utilizando más cemento o microsílíce; para compensar el exceso de dicho material, se aumenta la dosificación de aditivos reductores de agua.

En lo posible, la cantidad de partículas de 8 mm no debe exceder el 10%; en caso contrario, las partículas rebotarán durante la proyección sobre superficies duras (al comenzar la aplicación), o penetrarán el concreto ya colocado produciendo cavidades difíciles de rellenar.

Durante el tamizado, almacenamiento y manejo de los agregados, deben eliminarse partículas de tamaño superior a 8 mm, ya que pueden bloquear la boquilla y dificultar la limpieza. Es importante efectuar una buena clasificación de los agregados, y ninguna fracción debe constituir más del 30% del total. El contenido de material triturado y de forma irregular no debe exceder el 10%. A menudo, la mejora de la curva granulométrica de una arena natural mediante el uso de material triturado supone aumentos en la demanda de agua y disminución de la facilidad de bombeo y de la compactación. Por tanto, antes de utilizar materiales triturados como agregados, deben hacerse pruebas comparativas para determinar si la adición de dichos materiales mejora los resultados.

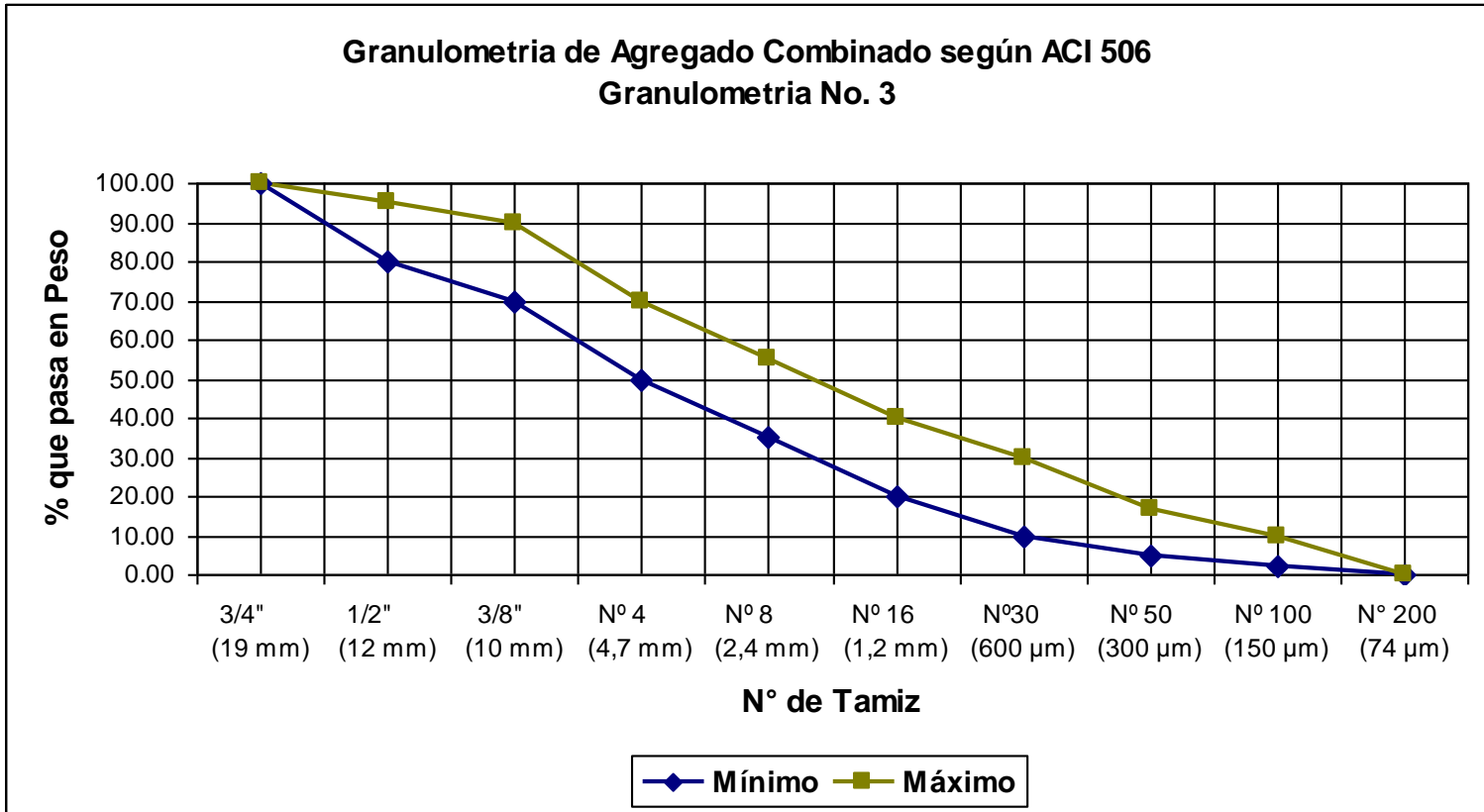


Gráfico 2. 3 Granulometría de agregado combinado según ACI 506 Granulometría N° 3

2.1.4.3 AGUA

El agua que se usa en la fabricación del concreto, incluyendo el agua interna de los agregados, debe ser limpia y no contener cantidades dañinas de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el acero.

- *Agua de mezclado:* El agua de mezclado debe ser limpia y libre de sustancias que puedan dañar al concreto o al acero. Es recomendable que el agua a utilizar sea potable, si no lo es, por lo menos el esfuerzo de cubos de mortero hechos con esa agua, debe ser al menos el 90% del esfuerzo de cubos de mortero hechos con agua destilada.
- *Agua de curado:* Esta debe estar libre de sustancias dañinas al concreto, en el caso que se aplique este método de curado ya que también puede aplicarse otros métodos de curado.

2.1.4.4 ADITIVOS

Avances en Materiales de Concreto Lanzado. Antes de los años 80, la mayoría de concreto lanzado usado para la reparación y la rehabilitación, fueron hechas con cemento Portland convencional y las mezclas de agregados normales por la vía seca de concreto lanzado. Un concreto lanzado con una modificación de un polímero fue utilizado para el trabajo de reparación en condiciones agresivas de intemperismo. También se tenía un uso limitado del concreto lanzado por el método de la vía húmeda, sobre todo para proyectos de gran capacidad.

En la actualidad, los métodos de vía seca y húmeda del concreto lanzados contienen a menudo materiales de cementación suplementarios, tales como cenizas volantes, humo de sílice, adiciones o reemplazos parciales del cemento. Estos materiales mejoran la trabajabilidad y el funcionamiento del concreto lanzado.

Los aditivos: son sustancias orgánicas y/o inorgánicas diferentes al agua, agregado y cemento hidráulico, que reaccionan químicamente y físicamente, y que se agregan al concreto en estado fresco, antes, durante o después del mezclado en pequeñas cantidades, con el fin de mejorar algunas propiedades en estado fresco o endurecido.

Los aditivos pueden ser utilizados en la técnica del concreto lanzado, para mejorar o completar las propiedades del concreto ya sea en estado fresco o endurecido, o también para mejorar las condiciones de colocación. Es necesario que antes de ser utilizado algún aditivo éste sea ensayado para determinar los resultados esperados. Cada uno de los aditivos debe cumplir con la norma ASTM especificada para cada uno.

Los aditivos tienen efectos muy diversos en su empleo en el concreto lanzado, pueden afectar las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido por ejemplo:

En estado fresco (vía húmeda):

- Aumentar la trabajabilidad sin incrementar el contenido de agua, o bien disminuir el contenido de agua con la misma trabajabilidad.
- Retrasar o adelantar el tiempo de fraguado del concreto
- Reducir la segregación
- Reducir la pérdida de revenimiento
- Actuar como una ayuda para el bombeo
- Facilitar el acabado de la superficie, etc.

En concreto endurecido

- Acelerar el desarrollo de resistencia a tempranas edades
- Incrementar la resistencia
- Aumentar la durabilidad
- Disminuir la permeabilidad del agua
- Controlar la expansión de los álcalis con cierto tipo de cementos
- Mejorar la adherencia entre el acero y el concreto
- Inhibir la corrosión del acero de refuerzo
- Producir concretos con color

- Mejorar la adherencia entre concreto nuevo con concreto viejo

A continuación se listan algunos de los aditivos que se encuentran en el mercado y que son ampliamente utilizados en el concreto lanzado.

Acelerantes:

Los aditivos acelerantes han sido empleados por muchos años pero esto no indica que todos los concretos lanzados deban de usarlos. Cuando se requiera el desarrollo de un fraguado rápido o una resistencia prematura, bajo ciertas condiciones podrá usarse el cloruro de calcio u otro aditivo acelerante aprobado (aluminatos, silicatos). *Nunca debe usarse el cloruro de calcio en una cantidad mayor del 2% en escama, o 1.5% anhídrido por peso del cemento, excepto cuando se necesite un “fraguado de destello” para obturar filtraciones.* Aún en este último caso, cuando existe acero de refuerzo, es preferible usar acelerantes apropiados basados en aluminosilicatos o carbonatos.

Los aditivos que contengan cloruro de calcio no deberán usarse en concreto lanzado expuesto al agua de mar o al agua que contenga sulfatos, o en concreto lanzado que esté en contacto con acero preesforzado o en donde aquél recubra metales diferentes (como aluminio y acero) en contacto entre sí.

Entre los beneficios que nos pueden brindar son:

- Desarrollo de resistencias tempranas
- Incremento del espesor de capa, logrando construirla en una sola pasada, incrementando productividad
- Disminución del tiempo de fraguado del concreto
- Disminución de rebote.

La dosificación del acelerante variará dependiendo de la habilidad del lanzador, la superficie, la relación agua/cemento (A mayor relación agua/cemento mayor dosificación de aditivo acelerante para evitar que se desprenda al aplicarse en superficies verticales o sobrecabeza) entre otras cosas.

Desgraciadamente la mayoría de los acelerantes tienen efectos adversos sobre las propiedades del concreto como: reducción en la resistencia final, comparada con un concreto sin acelerante. Por lo que el consumo de aditivo acelerante se deberá tener al mínimo (menor cantidad en muros, que sobrecabeza).

Cenizas volantes

Las cenizas volantes que se utilizan en el concreto lanzado son las mismas que las utilizadas en concreto convencional por las razones siguientes:

- Mejora la trabajabilidad y la bombeabilidad del concreto lanzado por el proceso de vía húmeda con los agregados.
- Reduce el calor de hidratación y, por consecuencia, reduce el potencial de agrietamiento por cambios de temperatura en secciones gruesas
- Mejora resistencia a los sulfatos
- Controla las reacciones del álcali-agregado
- Produce una mezcla más económica

En el concreto lanzado vía húmeda se ha tenido un desarrollo reciente en cenizas volantes en grandes cantidades. La mezcla contiene del 40% al 60% de cenizas volantes en peso, con reductores de agua y altas dosificaciones de superplastificantes para producir una relación baja de agua/cemento. Resultando en un concreto lanzado que tiene una buena estabilidad de volumen (capacidad de contracción y lento endurecimiento), una buena durabilidad a la acción de hielo-deshielo, y una baja permeabilidad del cloruro comparada con la mezcla de la vía húmeda convencional, del concreto lanzado con cemento Portland. Éstas características son deseables para usos de reparación y rehabilitación, pero en investigaciones mas extensas es necesario determinar el funcionamiento de las cenizas volantes en grandes cantidades en el concreto lanzado. Hasta la fecha, el concreto lanzado se ha utilizado principalmente para encerrar y sellar pendientes y rocas expuestas.

Humo de sílice

Los países escandinavos iniciaron el uso del humo de la sílice en concreto lanzado vía húmeda a finales de los años 70 y a principios de los años 80. Los investigadores encontraron que al sustituir entre el 7% y el 15% del peso del cemento con humo de sílice presento varias ventajas:

- Mejoró la adherencia y la cohesión de la plasticidad del concreto lanzado
- Capacidad de colocar mayores espesores de concreto lanzado con poco o nada de acelerador.
- Mejora características del concreto lanzado endurecido, particularmente resistencia a la compresión y a la flexión.

Al usar el humo de sílice en concreto lanzado vía húmeda, es necesario agregar un reductor de agua y un superplastificante para controlar la demanda de agua de la mezcla. De no ser así, el humo de sílice demandará más agua, que puede ser perjudicial a la calidad total del concreto lanzado y conducir a un excesivo agrietamiento por contracción.

En 1983, los investigadores en British Columbia, Canadá, condujeron una extensa investigación de laboratorio en el uso potencial del humo de sílice en el concreto lanzado vía seca. Encontraron las ventajas que se obtendrían con el humo de sílice para la vía húmeda del concreto lanzado⁹. Éstos incluyen:

- Mejora substancial en la adherencia y la cohesión de la pasta del concreto lanzado.
- Capacidad para colocar capas de hasta 16 pulgadas sobre una superficie horizontal en una sola rociada con poco o nada de acelerador.
- Proporciona resistencia a la salida de agua del concreto lanzado fresco y conserva la cantidad de agua.
- Mejora la economía con reducciones en el rebote y aumento en el porcentaje de productividad.

⁹ Fuente: "Shotcrete; equipment, materials and applications; Developments in shotcrete for repairs and rehabilitation; Autor: Dudley R. Morgan/ The Aberdeen group/ Adisson ILL/ pag. 22"

- Mejoras las características del concreto lanzado endurecido, incluyendo resistencia a la compresión y a la flexión y resistencia al hielo y deshielo.
- Resistencia a los ataques químicos y sulfatos.

Aditivos Incluidores de Aire

Debido a que los aditivos incluidos de aire tienen muy poco tiempo para reaccionar en el concreto lanzado vía seca, este tipo de aditivos se ocupa solamente en el concreto lanzado de mezcla húmeda para aumentar la resistencia a condiciones de intemperismo severo, para aumentar la trabajabilidad de la mezcla o para reponer las pérdidas de aire en la misma debido al paso de ésta a través del equipo. Los aditivos incluidos de aire deben cumplir los requisitos de la norma ASTM C-260.

Aditivos de Latex

Esta clase de aditivos mejoran la resistencia a la flexión y a la tensión, dan mayor capacidad de unión, así como también reducen la absorción y penetración de cloruros.

Aditivos Puzolánicos

A veces se usan las puzolanas como reemplazo de una parte de cemento Portland. Estos reemplazos rara vez son mayores que 25% del contenido del cemento. Estos aditivos pueden incrementar la trabajabilidad o facilidad de bombeo de concreto lanzado de mezcla húmeda; proveen mayor resistencia al ataque de los sulfatos y a la reacción de agregados alcalinos. Los aditivos puzolánicos deben cumplir con la norma ASTM C-618.

Cementos de alta resistencia a edades tempranas

Una opción en vez de emplear aceleradores es utilizar sistema controlado de cementos de alta resistencia a edades tempranas para concreto lanzado. Las pruebas demuestran que los concretos lanzados que contienen estos cementos adquieren resistencias a edades más tempranas y a edades mayores que concretos lanzados con

un acelerante químico. También tienen buena durabilidad bajo condiciones de hielo y deshielo.

Algunos cementos tienen diferente acomodo con el tiempo. Los cementos que se acomodan más rápidos son más convenientes para el uso en el sitio, para la vía húmeda del concreto lanzado. No pueden ser usados cuando el concreto tiene demasiado tiempo de retraso ya sea desde la planta central o en el transporte hacia el lugar de descarga.

Refuerzo

Antes de los años 80, la mayoría del concreto lanzado era reforzado con concreto con acero de refuerzo convencional o con un tejido de acero (electromalla). Aunque estos materiales del refuerzo siguen siendo los más utilizados en la reparación de concreto lanzado, las fibras de acero y de polipropileno han incrementado su uso debido a que presentan algunas ventajas en su funcionamiento.

Fibras de acero

A principios de los años 70, un importante avance en la tecnología del concreto lanzado era el desarrollo del concreto lanzado con refuerzo de fibras de acero (steel-fiber-reinforced shotcrete SFRS). SFRS es particularmente útil para los usos en ataques químicos o ambientes marinos agresivos, porque resiste mejor la corrosión que el concreto lanzado con el refuerzo de acero. Mientras la matriz del concreto lanzado conserve su alcalinidad inherente y sin agrietamiento, la deterioración de SFRS es poco probable. La corrosión de las fibras de acero discretas ocurre solamente a la profundidad de la carbonatación superficial en el concreto lanzado. Si la corrosión de las fibras superficiales es poco vistosa, se puede aplicar una capa de concreto lanzado sin refuerzo.

SFRS tiene otra ventaja, es fácil de usar y da menos problemas por la ejecución inadecuada.

Otras de las ventajas que ofrece es que en ciertos trabajos se puede eliminar el acero de refuerzo (previo análisis estructural) y con eso se elimina el problema de sombras

(rebote atrapado atrás del acero de refuerzo, creando una zona débil) y oquedades en algunas ocasiones en trabajos de concreto lanzado con refuerzos, esos defectos ocurren por las siguientes razones:

- Muy poca presión de aire en la boquilla.
- La boquilla está demasiado lejana de la superficie de recepción.
- El concreto lanzado se aplica en un ángulo incorrecto a la superficie de recepción.
- El rociado o el rebote fresco o endurecido no se controla y no se trata correctamente.

La cantidad de la fibra de acero de refuerzo varía entre 36 Kg/m³ a 83 36 Kg/m³ (60 a 140 libras por yarda cúbica), dependiendo de requisitos de trabajo, tipo y tamaño de la fibra. Generalmente, las cantidades más altas de fibras de acero se utilizan en estructuras conforme a compresiones severas y esfuerzos impuestos como:

- Impacto o fuerzas explosivas.
- Ciclos de cargas dinámicas, repetidas y pesadas.
- Grandes superficies expuestas, que son más susceptibles al agrietamiento y a la contracción.

Fibras Sintéticas:

Las fibras sintéticas hoy en día se emplean ampliamente en trabajos de reparación en aplicaciones de concreto lanzado vía húmeda. Principalmente se ha empleado las fibras de polipropileno, pero existen otros tipos de fibras sintéticas.

Hay dos tipos de fibras, unas son polifilamentos, que solo nos ayudan a edades tempranas cuando el concreto está en estado fresco, se dosifican a razón de 1 a 6 Kg/m³ principalmente para evitar el agrietamiento por contracción plástica, hacen más cohesivo al concreto, y nos ayudan a mejorar en el acabado, pero una vez endurecido el concreto, no aportan ningún refuerzo. Las otras, son monofilamentos, que se

dosifican entre 8 a 14 kg/m³ que soportan esfuerzos de carga/deformación, y tienen una absorción de energía similar a las fibras metálicas.

Otras de las ventajas que ofrece este tipo de fibras es que no existe el problema de corrosión manteniendo la integridad de la fibra en ambientes agresivos.

Aditivo espumante

Ciertos aditivos espumantes, que reducen la tensión superficial del agua e incrementan su habilidad humectante, pueden usarse con algún efecto para reducir el porcentaje de rebote. Estas sustancias frecuentemente se usan en unión con acelerantes; pudiéndose obtener estas características pre-mezclando estos aditivos.

Los colores

Generalmente se emplean solo en recubrimientos rápidos, que se completan en una operación para evitar variaciones en el color y el efecto de la línea oscura en las juntas al reanudar el trabajo al día siguiente. Es necesaria una gran habilidad en la aplicación para obtener un buen acabado coloreado.

2.1.5 EQUIPO

2.1.5.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS PARA CONCRETO LANZADO.

Los equipos de concreto lanzado disponen hoy en día de los procedimientos más avanzados y estudiados, y se complementan con modelos autónomos que disponen de todos los servicios complementarios para el concreto lanzado como aire, energía eléctrica, bombas de agua, dosificadores, cintas transportadoras, carro móvil y brazos robot hidráulicos, lo cual permite una movilidad fácil para el desarrollo de cualquier trabajo.

El tipo de máquina empleado en la práctica dependerá del tipo de concreto que se requiera, pero casi todas las máquinas permiten que se adapte en alguna medida su producción. Las propiedades del concreto pueden modificarse cambiando la salida acoplada al rotor, el tamaño de la manguera, o el diámetro de la boquilla o pistola. En general se recomendará, si es posible, la proyección automatizada por medio de brazos robots hidráulicos. Con su utilización se mejorará la calidad del concreto, se disminuirán los porcentajes de rebote, se mejorarán en gran medida las condiciones de trabajo y la seguridad del mismo, además de obtenerse dispersiones menores en los resultados de resistencias de dicho concreto. En el concreto lanzado por vía húmeda, es obligada la utilización de dichos brazos hidráulicos, debido a los rendimientos que se obtienen y a los empujes soportados por los sistemas de transporte que imposibilitan su proyección manual.

En cualquier caso, independientemente del sistema de proyección escogido (vía seca, vía húmeda), la máquina de proyección deberá asegurar un transporte continuo del concreto con el fin de conseguir una colocación uniforme del mismo, descartándose así las máquinas estucadoras con velocidades de proyección escasas. Las máquinas de concreto lanzado por vía seca de flujo diluido, disponen de un tambor o rotor perforado con una serie de cilindros, a través de los cuales baja la mezcla procedente de la tolva de alimentación de la máquina. En la parte inferior del rotor, la mezcla entra en la tubería de transporte, en la cual se le añade el aire comprimido que empuja al concreto en seco hasta la boquilla de salida, adicionándose el agua en la misma boquilla (vía seca). El aditivo acelerante, cuando es en polvo, se agrega

directamente en la tolva de alimentación, y cuando es líquido se agrega junto con el agua.

Una distribución típica de lanzadora pequeña se muestra en la figura 2.3¹⁰, e instalaciones de rendimiento más grandes en las figuras 2.4 y fotografía 2.14. En la fotografía 2.15 se ilustra una pequeña planta móvil.

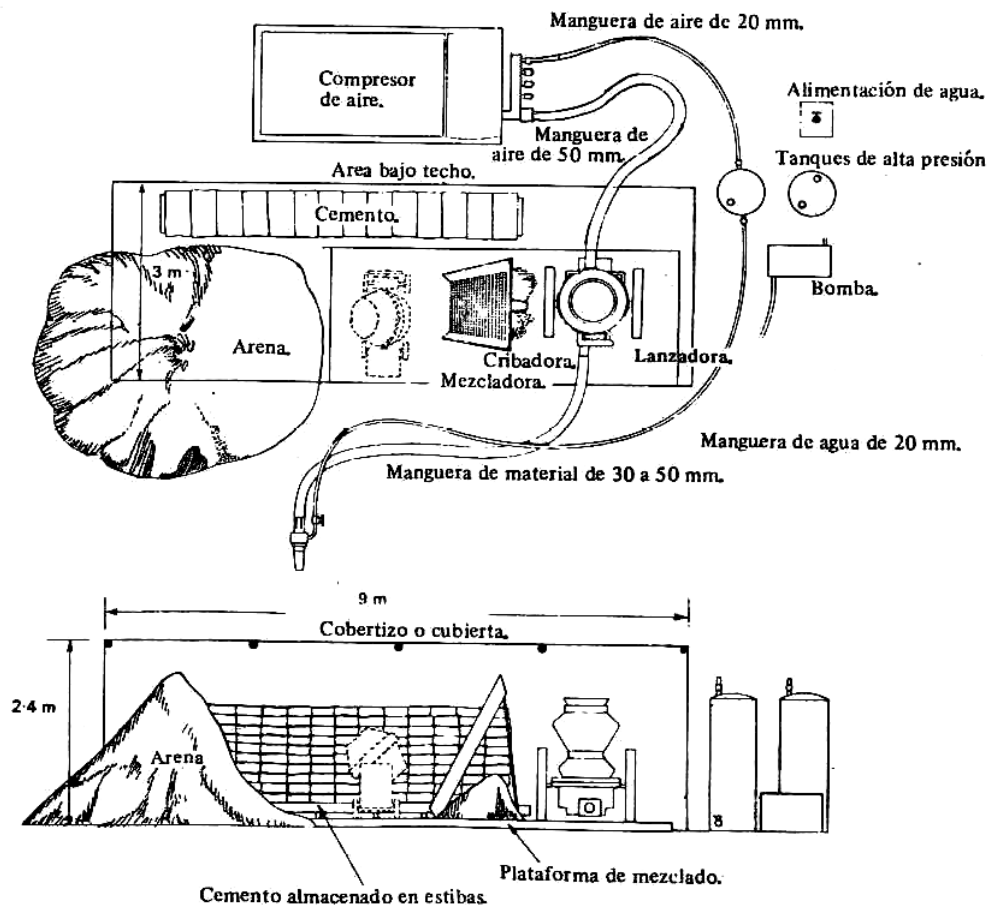


Figura 2.3
Distribución típica de lanzadora pequeña

¹⁰ Concreto lanzado, Timothy Ryan F, 1976 Nueva serie IMCYC/10.

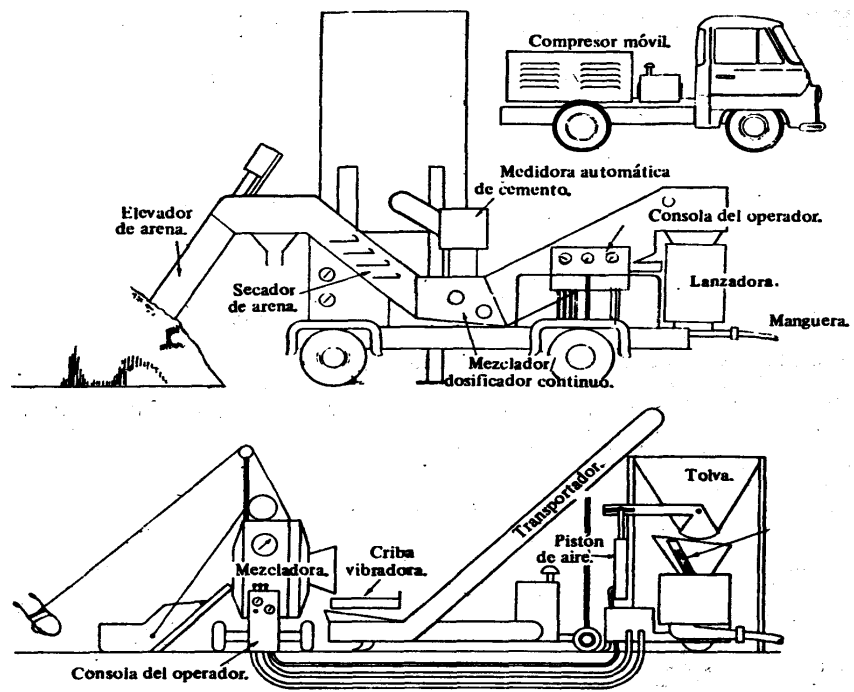


Figura 2. 4
Plantas de rendimiento grande y mediano



Fotografía 2. 14 Planta móvil



Fotografía 2. 15 Planta móvil

2.1.5.2 LANZADORAS DE MEZCLA SECA

El sistema original de lanzadoras de cemento se ha desarrollado grandemente; sus mecanismos son diferentes pero el principio básico es el mismo: alimentar mezcla seca a una cámara en la cual el aire a alta presión la lanza a través de una manguera.

Las lanzadoras de concreto lanzado vía seca pueden dividirse en dos tipos diferentes:

- a) Lanzadoras de cámara simple y doble.
- b) Lanzadoras de alimentación continua, usualmente llamadas lanzadoras rotatorias.

Lanzadoras de cámara doble y sencilla

1. *Las lanzadoras de cámara simple* proporcionan una operación intermitente entre colocación y carga del material dentro de la cámara, y al cerrarse ejerce presión sobre la cámara causando que el material alimente la tubería o manguera. Cuando la cámara está vacía esta no ejerce presión. La figura 2.5 muestra este tipo de lanzadora. Algunas lanzadoras de cámara simple utilizan una rueda alimentadora rotatoria para obtener una acción positiva y hacer que el material fluya.

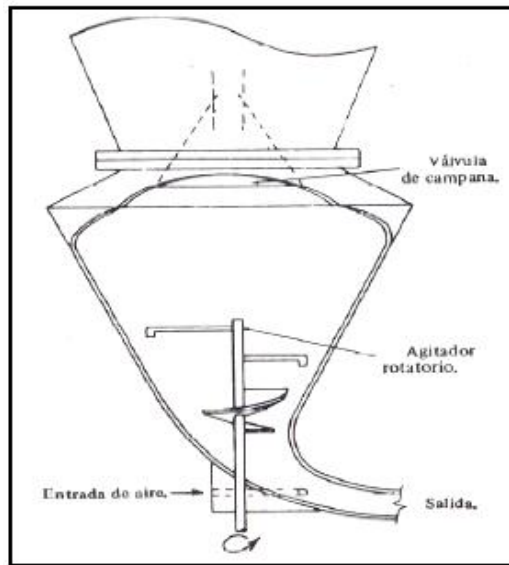


Figura 2. 5
Lanzadora de cámara simple

2. *Las lanzadoras de doble cámara* permiten una operación continua usando la cámara superior como un reloj de arena durante el ciclo de carga. La figura 2.6¹¹ ilustra este tipo de lanzadoras, y la figura 2.7 muestra la secuencia de operación. La mayoría de lanzadoras de doble cámara utilizan el principio de rueda de alimentación rotatoria, mostrada en la figura 2.8.

¹¹ Guide to Shotcrete, Reported by joint ACI, Comité 506, ACI 506 R -90(95), Editorial ACI, ciudad, Farminton Hills, Mich 1997.

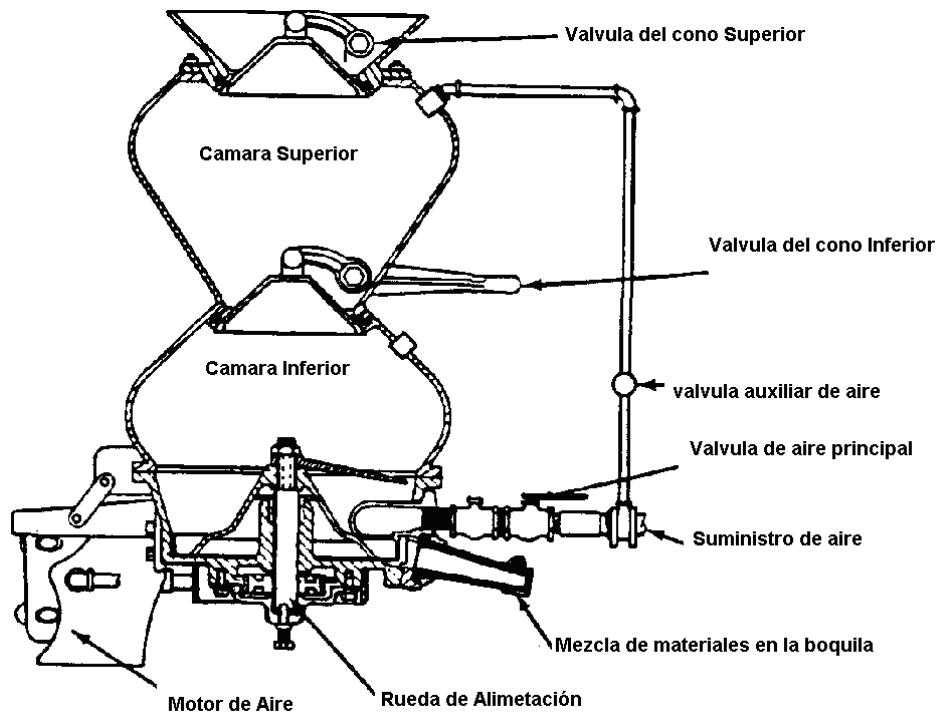


Figura 2. 6
Lanzadora de cámara doble

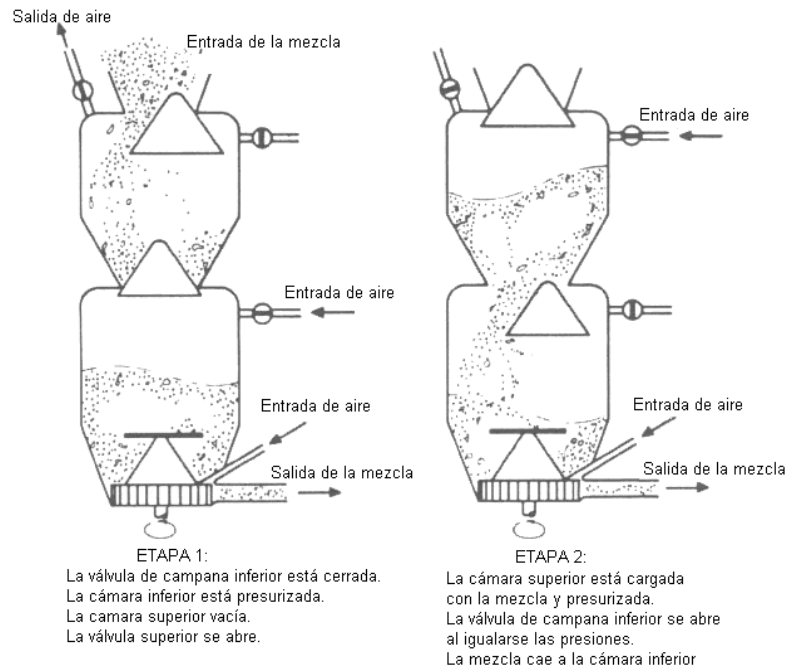


Figura 2. 7
Secuencia básica de operaciones

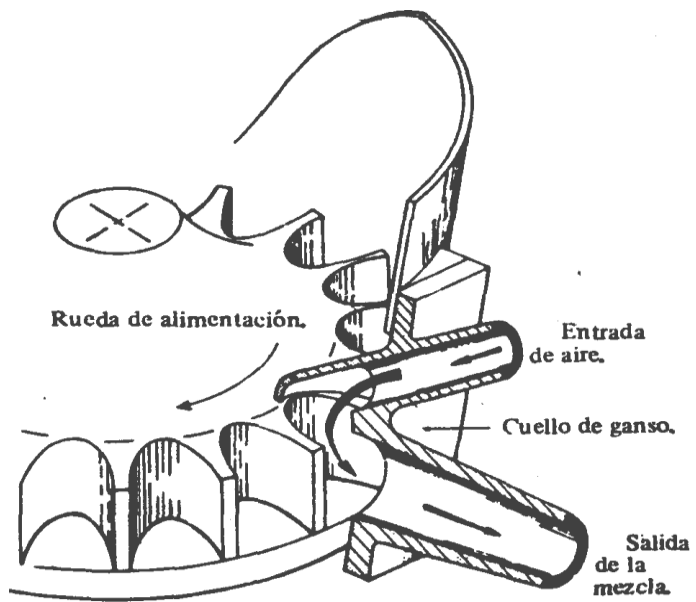


Figura 2. 8
Operación básica de la rueda de alimentación



Fotografía 2. 16 Rueda de alimentación



Fotografía 2. 17 Rueda de alimentación

Lanzadoras de rueda continúa.

Este tipo de lanzadoras proveen de una acción giratoria continua, existen dos tipos de lanzadoras rotatorias:

1. *Tipo tambor rotatorio:* este se muestra en la figura 2.9; el barril consta de un número de cámaras cilíndricas colocadas entre dos placas perfectamente planas. Al girar el tambor, cada cámara, a su vez, se carga con material que cae desde arriba, es cerrada al pasar por un área aislada y se descarga al ponerse bajo la presión de aire de arriba que fuerza el material hacia la salida, en donde otros suministros de aire soplan la mezcla dentro de la manguera.

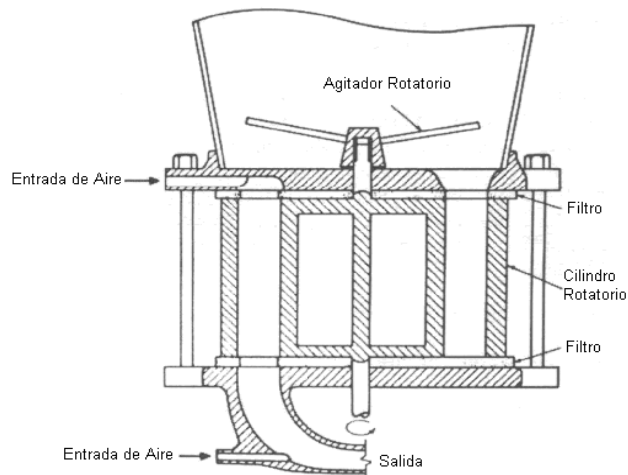
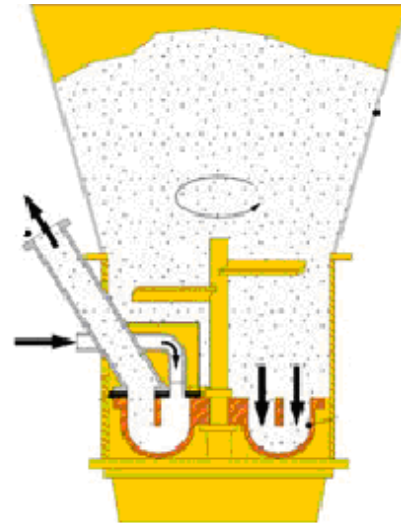


Figura 2. 9
Esquema interno del cilindro rotatorio (Vía Seca)

2. *Tipo tazón rotatorio:* se ilustra en la Fotografía 2.18 y 2.19, así como en la figura N° 2.10. Este utiliza un elemento para sellar el borde de la superficie de rotación. El material es cargado por gravedad y lo que salta y se introduce por las cavidades en forma de U, luego se descarga en el cuello, particularmente la cavidad está abajo del elemento de sello, el aire se está inyectando por una pierna de la cavidad en U y por la otra el material está llegando a la manguera



Fotografía 2. 18 Lanzadora de tipo de tazón giratorio



Fotografía 2. 19 Lanzadora de tipo de tazón giratorio

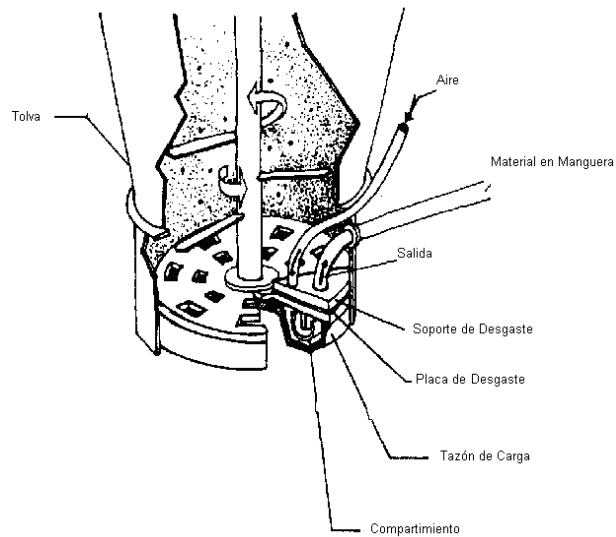


Figura 2. 10 Esquema interno de lanzadora tipo tazón (Vía Seca)

2.1.5.3 LANZADORAS DE MEZCLA HÚMEDA

Estas consisten en un sistema de aire presurizado con alimentación de aire adicional a la línea de alimentación a la salida de la maquina .Estas máquinas rara vez pueden usarse para una superficie vertical. Un esquema de ella se muestra en la figura 2.11.

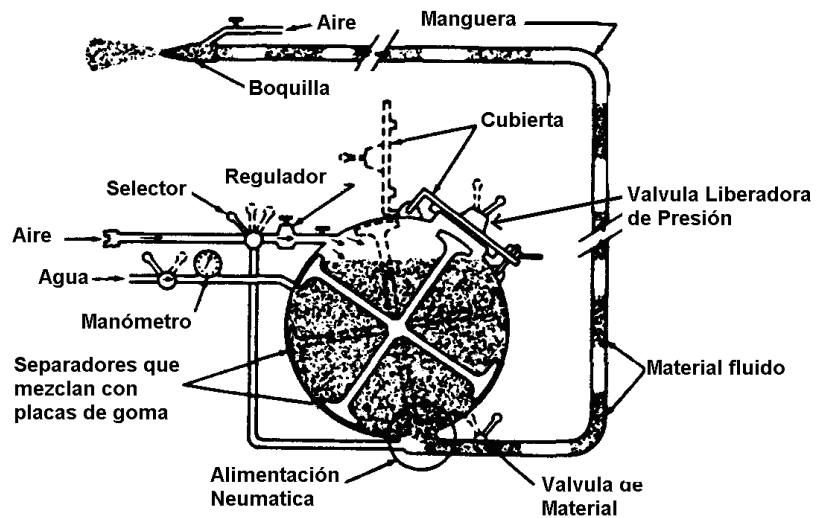


Figura 2. 11
Esquema interno del alimentador neumático (Vía húmeda)



Fotografía 2. 20 Equipo de Lanzadora de mezcla húmeda



Fotografía 2. 21 Equipo de Lanzadora de mezcla húmeda

2.1.5.4 REQUERIMIENTOS DE AIRE

Un compresor de aire de gran capacidad es apropiado y esencial para una satisfactoria operación en la técnica del concreto lanzado. El compresor debe suministrar aire seco y libre de aceite; adecuados para mantener la velocidad en la boquilla, mientras en operación simultánea el resto del equipo es limpiado por el soplo del aire. La mayoría de lanzadoras traen secadores incorporados, sin embargo en condiciones muy húmedas se requieren secadores adicionales.

Por otro lado cabe mencionar que el tipo de compresor puede variar dependiendo del tipo de equipo, de las condiciones, y del modo de operación. Además algunas lanzadoras requieren compresores con ciertas capacidades.

Las capacidades de los compresores se muestran en la tabla 2.4, esta es en general una guía usada en la aplicación del concreto lanzado. Esas capacidades generalmente se ajustan a la edad del compresor, altura de colocación, longitud de la manguera, peso unitario de los materiales, y otros factores que pueden reducir la capacidad del compresor. Es importante mencionar que deben incrementarse en aproximadamente 2.2 kN/m^2 por metro de longitud de manguera y por 4.5 kN/m^2 por metro de altura arriba de la lanzadora. La altura máxima a la cual puede entregarse con seguridad el concreto lanzado es unos 100 metros arriba de la lanzadora.

Para una disposición normal de la lanzadora se requiere una capacidad del compresor no menor de 7000 lts/min. Para el empleo del concreto lanzado en estructuras, por ejemplo para 25 cm en muros, se necesita un compresor con capacidad de 10,000 a 17,000 lts/min. La presión normal de funcionamiento medida con un manómetro colocado cerca de la salida de la lanzadora, es generalmente entre 240 y 280 kN/m^2 , mientras que la presión de alimentación es 550 a 700 kN/m^2 .

Diámetro de la manguera		Capacidad del compresor	
in	mm	cfm a 100 psi	m ³ /min a 700 kPa
1	25	350	10
1 1/4	32	450	12,5
1 1/2	38	600	17
2	51	750	21
2 1/2	64	1000	28

Tabla 2. 4
Capacidades de compresor y diámetro de manguera

2.1.5.5 SUMINISTRO DE AGUA

El agua llega a una válvula instalada en la boquilla a través de una línea ligera flexible, de alta presión. Siempre que sea posible se conectará esta línea directamente a la alimentación principal, la cual no debe tener una presión menor de 400 kN/m². Cuando tenga que proveerse presión adicional, se adiciona una bomba accionada por motor.

2.1.5.6 MANGUERAS

La selección de la manguera debe hacerse de acuerdo al tipo de material que esta va a transportar, ya sea aire o agua; todas deben ser de alta presión.

Las mangueras de aires se usan para suministrar aire a la lanzadora de concreto, a la boquilla en el proceso de mezcla húmeda, al tubo de chiflón y a otros equipos que requieran aire para su funcionamiento. Estas deben ser suficientemente grandes de tal forma que aseguren un adecuado volumen de aire para operar el equipo. Los materiales por los que están hechas deben ser flexibles, livianas y de un material resistente al aceite, abrasión y a los dobleces.

Las mangueras de agua se utilizan para suministrar agua a la boquilla; se recomienda que todas las mangueras tengan un diámetro interno mínimo de ¾ pulg (19mm).

Las mangueras para material podrán ser antiestáticas o conductoras y conectadas a tierra. Generalmente se requieren aproximadamente 30 m de manguera de material

como longitud mínima para producir una alimentación confiable a la boquilla. Un punto que debe observarse con cuidado es la correspondencia entre la manguera de alimentación y los acoples; por ejemplo no se recomienda unir una manguera de alimentación con una de diámetro menor que ella, pues esto provocará un mal control de la lanzadora, o si es posible congelación de las válvulas y las aspas del motor.

Se ilustra a continuación un ejemplo de mangueras utilizadas.



Fotografía 2. 22 Manguera utilizada para el lanzado del concreto

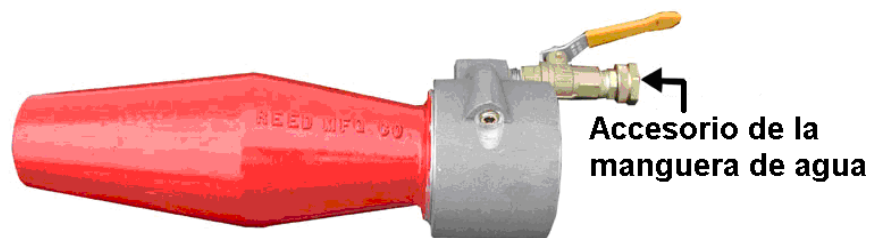
2.1.5.7 BOQUILLAS

La función de la boquilla consiste en inyectar agua al material (mezcla seca) entregado por la manguera, para que se forme una mezcla homogénea y uniforme, y que pueda ser transmitida a suficiente velocidad para ser dirigido con exactitud al punto donde será colocado. Este proceso que se da en la boquilla se conoce como hidratación.

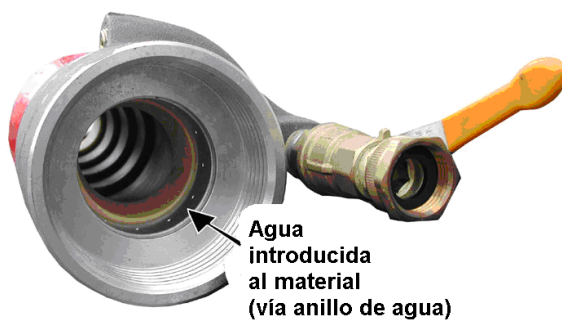
Las boquillas poseen dispositivos básicos para suministrar un flujo variable, agua orientada radialmente; los que pueden ser un anillo perforado de bronce, hule o acero o una roldana ranurada, etc. Un buen dispositivo envolverá la mezcla en un chorro de agua, el cual debe estar diseñado para que el lanzador pueda regular fácil y rápido el flujo de agua.

La boquilla puede conectarse a la línea de agua que alimenta el dispositivo de distribución de agua; el cual puede ser removible o formar parte permanente del cuerpo.

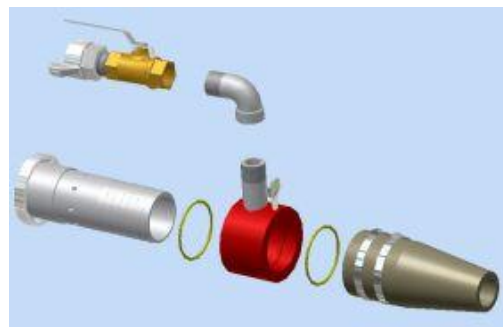
En la boquilla se genera hasta un 20% o más de material de rebote. Se ha encontrado que la introducción de turbulencias, vórtices o expansiones Venturi pueden reducir el porcentaje de rebote y producir un mejor concreto lanzado.



Fotografía 2. 23 Ejemplo de Boquilla



Fotografía 2. 24 Sección de Boquilla



Fotografía 2. 25 Accesorios de la boquilla

2.1.6 PERSONAL

Debido a que la calidad del concreto lanzado depende básicamente de los operadores, es necesario que estos se sujeten a aprendizaje y reciban instrucciones precisas para operar las máquinas.

La cuadrilla de lanzado consiste en.

- 1 lanzador
- 1 operador del chiflón (aprendiz de lanzador)
- 1 operador del lanzador
- 1 operador de mezcladora
- 1 sobrestante
- Y varios peones que ayuden al movimiento de la manguera, colocar andamios, mezclado, etc.

El lanzador

Tiene las funciones de:

1. Asegurarse que la boquilla se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento, que los chorros de agua estén sin obstrucciones, que las mangueras no tengan incrustaciones, que estén bien colocadas y sus acoples bien hechos.
2. Asegurarse que la superficie donde se va colocar el concreto lanzado esté limpia, libre de polvo, lechada, grasa, etc.
3. Asegurarse que se recibe el chorro de mezcla en un flujo regular a la presión correcta y uniforme requerida.
4. Mantener la boquilla de tal forma que el concreto lanzado se proyecte lo más directamente posible, para que de esta forma se compacte adecuadamente y se tenga menos rebote.

5. Regular el control de agua para asegurar una compactación adecuada, bajo porcentaje de rebote y ausencia de revenimiento.
6. Dirigir al operador de la lanzadora de acuerdo a sus necesidades y detener el trabajo cuando se presente alguna deficiencia.
7. Eliminar cualquier bolsa de arena que se forme y cualquier área que tenga corrimientos de concreto o depresiones.
8. Disparar el concreto con el espesor, alineamiento y superficie requerida.

Operador del Chiflón

1. Ayudar al lanzador con el tubo de chiflón, de aproximadamente 1.2 m de longitud y al menos 20 mm de diámetro, equipado con una válvula para eliminar por medio de soplado el material de rebote de la superficie de trabajo, del que está atrás del refuerzo y en los rincones.
2. Ayudar al lanzador en cualquier otra forma, como cambiar las mangueras de lugar, eliminar bolsas de arena, aplanar la superficie, etc. y actuar como mensajero y emisor de señales.

Operador de lanzadora

1. Asegurarse que la lanzadora se encuentra en excelentes condiciones de trabajo.
2. Regular el suministro de la mezcla de la lanzadora de acuerdo con las necesidades del boquillero en cuanto a presión y volumen.
3. Asegurarse que el suministro de la mezcla en alguna forma deje de ser regular.
4. Asegurarse que en las conexiones de las mangueras no se pierda aire o en la lanzadora.
5. Dirigir al operador de la mezcladora de acuerdo a sus necesidades y rechazar cualquier material que se haya dejado por más de dos horas sin utilizar.

6. Sopletear todas las mangueras de material al detenerse el trabajo y vaciar el lanzador si la interrupción dura más de una hora.

Operador de la mezcladora

1. Asegurarse que la mezcladora esté limpia y en condiciones mecánicas de primer orden, además debe limpiarse diariamente.
2. Mezclar el cemento y arena en las proporciones del diseño de mezcla.
3. Mezclar por lo menos un minuto independientemente el tipo de mezcladora que se use.
4. Rechazar cualquier cemento insano, mal graduado, de mala calidad o arena con un contenido de humedad mayor de 10%.
5. Cribar los materiales cuidadosamente para asegurarse que no existen materiales que pudieran obstruir la manguera.
6. Asegurarse que el cemento está almacenado cerca y a la mano de la máquina, sobre una tarima y bajo techo.
7. Asegurarse que la arena se almacene bajo techo y bajo lonas, de tal manera que pueda drenarse libremente.

El sobrestante

Este tiene la responsabilidad de la terminación satisfactoria del trabajo y actuar como coordinador y director.

CAPITULO III

CAPITULO III DISEÑO DE MEZCLA Y CONTROL DE CALIDAD.

3.1 DISEÑO DE MEZCLA

3.1.1 GENERALIDADES

El diseño de la mezcla es el proceso de combinar los componentes del concreto, cemento, agregados, agua, fibras y aditivos en proporciones predeterminadas para lograr un propósito particular. No son materiales combinados al azar.

El diseño de mezcla para el concreto lanzado¹², está generalmente basado en la resistencia a la compresión. La razón principal para las variaciones en la resistencia depende en la naturaleza de:

1. El proceso de recubrimiento,
2. Tipo de equipo utilizado y
3. Calidad del trabajo.

Esto es bastante cierto para el concreto lanzado Vía Seca; donde el boquillero no solo es responsable de usar la técnica adecuada de colocación, sino que también regula y controla el contenido de agua, como una variante causante de fluctuaciones en la resistencia.

En aplicaciones específicas, particularmente aquellas que utilizan capas delgadas de concreto lanzado, propiedades diferentes a la resistencia a la compresión pueden ser más importantes para una aplicación exitosa. Tales cualidades como: permeabilidad y durabilidad deben ser consideradas, por lo tanto se requiere alterar las proporciones de la mezcla.

Hay una amplia gama de equipo para aplicación del concreto lanzado, y no existe un

¹² Guide to Shotcrete. Reported by A CI Committee 506 (Reapproved 1995)

criterio para el proporcionamiento de mezcla que se pueda aplicar a todos los casos.

Antes de preparar la mezcla se deben hacer las siguientes consideraciones:

1. Características requeridas para el trabajo con concreto lanzado y los requerimientos exigidos.
2. La especificación seleccionada para el trabajo, rendimiento o prescripción.
3. El tipo de equipo apropiado para el trabajo ya sea en la Vía Seca o Húmeda, y también con o sin agregado grueso.

Hay dos aproximaciones distintas para especificar una dosificación:

1. por comportamiento o
2. por prescripción.

En el primer caso, se especifica la calidad requerida y el constructor decide como cumplir con ella. Normalmente se especifica la calidad de materias primas y la resistencia a compresión.

En el caso de dosificación por prescripción, se indica solamente la calidad de materias primas y su proporción en masa, por ejemplo, cemento; agregados = 1:4.

Cuando se trate de dosificación para mezclas por vía húmeda, se indica adicionalmente el asentamiento (Revenimiento) y el contenido de aire (si se requiere).

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA¹³.

Generalidades

El enfoque desde el punto de vista de la Mezcla Diseñada es el método preferido para la especificación de la mezcla para el concreto o mortero lanzado porque produce un producto final mejor definido y más consistente que el método de la Mezcla Prescrita.

¹³ Guía de especificación para hormigón y mortero proyectado centro tecnológico del hormigón (cth) versión abril 2005, Chile.

Mezcla Diseñada (Comportamiento)

La mezcla debe ser diseñada por el contratista para lograr ya sea la resistencia especificada a compresión ($f'c$), o la resistencia y otras propiedades especificadas, usando materiales que cumplan con lo especificado para el proyecto.

La especificación del concreto o mortero también puede contener requisitos adicionales, como:

- Tipo de cemento
- Granulometría del agregado
- Resistencia a la compresión a una determinada edad.
- Revenimiento si se trata de la vía húmeda.
- Contenido de aire, si se trata de la vía húmeda.
- Comportamiento específico que requiera uso de aditivos
- Relación máxima agua/cemento
- Absorción de agua

Mezcla Prescrita

El contratista debe proveer, o proponer para la aprobación del cliente, una mezcla prescrita que la experiencia haya demostrado ser adecuada para los fines propuestos. La aprobación del cliente debe quedar sujeta a que la mezcla funcione en las condiciones particulares de la obra (personal, materiales, equipo, etc.)

La mezcla prescrita puede ser informada según lo siguiente:

- Tipo y contenido de cemento
- Peso, volumen y graduación de los agregados
- Dosis de los aditivos
- Revenimiento si se trata de la vía húmeda.

- Contenido de aire, si se trata de la vía húmeda.
- Relación agua/cemento
- Consistencia
- Relación agregados/cemento
- Tipo y contenido de fibra (colocado)
- Tipo y dosis de los agregados
- Tipo y calidad de los aditivos
- Tipo y calidad de las adiciones

Nota: Para determinar la consistencia es recomendable emplear la mesa según DIN 1048 (Norma Alemana, cuyo equivalente es la mesa Vibratoria de Thaulow).

En general, es preferible la especificación por comportamiento, teniendo a la vista las propiedades que pueden lograrse en la práctica con los materiales, equipos y mano de obra disponibles.

Diseño de mezcla combinada

Cuando ninguna de las mezclas, ni la de diseño ni la establecida es adecuada, se puede solicitar al contratista que proponga una mezcla para una especificación híbrida, combinando los elementos de ambas secciones.

Proporcionamiento de la mezcla de concreto lanzado

Los principios de tecnologías de mezclas corrientes, pueden aplicarse en general para dosificar mortero y concreto lanzado, tomando en cuenta sus particularidades: las mezclas proyectadas, tiene un contenido de cemento mas alto y una granulometría más fina que la mezcla original (debido al rebote), esto debido a que las mezclas que presentan un contenido alto de agregado grueso tendrán un alto porcentaje de rebote. Estas características incrementan la contracción y la posibilidad de fisuración, y se dan con mayor intensidad en el proceso de vía seca.

La dosificación de mezcla por vía húmeda puede hacerse básicamente de acuerdo con métodos conocidos, como Faury (Método europeo para el diseño) o ACI, para concretos bombeados. El Revenimiento debe ser el mínimo que pueda colocarse con el equipo empleado (El ACI 506 recomienda 3 pulg.). Exceso de Revenimiento, produce mezclas más débiles y deslizamiento o desprendimiento en colocación sobre superficies verticales o de sobre cabeza.

En general podemos considerar que cada obra de mortero o concreto lanzado es única, dadas sus condiciones particulares de diseño, emplazamiento, materiales, equipos y mano de obra, por esto, se hace necesario efectuar pruebas previas a la construcción, a fin de establecer las dosificaciones definitivas y afinar las metodologías de colocación. Esto es particularmente importante cuando se han especificado propiedades especiales, como altas resistencias mecánicas, o cuando se requieren varias mezclas distintas en una obra.

También es recomendable, efectuar pruebas previas a la construcción, cuando se experimentan nuevos materiales, como aditivos especiales, y cuando hay dudas sobre la granulometría o calidad del agregados disponible.

En algunos casos, las pruebas previas a la construcción apuntan a verificar el efecto de la cantidad y espaciado de la armadura u otras condiciones similares a las de obra, a fin de proveer una indicación confiable de la calidad que puede obtenerse de la estructura.

3.1.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS¹⁴

Factores importantes

La calidad final, la aplicación y las características del concreto lanzado, así como la efectividad de los acelerantes de fraguado se verán influidas en gran medida por una serie de factores importantes que alterarán sus propiedades.

¹⁴ Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000, Engineering and Design STANDARD PRACTICE FOR SHOTCRETE

Temperatura ambiente

Se deberá evitar en la medida posible la aplicación del concreto lanzado a baja temperatura ambiente, ya que ello influirá en el inicio de fraguado del concreto lanzado. A bajas temperaturas la acción de los aditivos acelerantes se retrasará provocando problemas en la aplicación, lo que obligará a aumentar las dosificaciones de dicho tipo de aditivos. Se deberá trabajar en cualquier caso por encima de +1°C de temperatura ambiente. Dicho problema es más acuciante en el caso de trabajar con aditivos acelerantes a base de silicato.

Temperatura del concreto

El efecto que produce la temperatura baja de un concreto (3-10°C) es similar a la que se presenta cuando se trabaja a baja temperatura ambiente, influyendo igualmente en el inicio de fraguado de dicho concreto lanzado. A bajas temperaturas la acción de los aditivos acelerantes se retrasará provocando problemas en la aplicación, lo que obligará a aumentar las dosificaciones de dicho tipo de aditivos. Dicho problema se podrá solucionar en el caso de la vía húmeda, en la cual el agua se le añade en la planta de concreto, calentando el agua de mezclado.

Temperatura del agua

Se deberá evitar trabajar con agua de mezclado a bajas temperaturas, ya que ello retrasará el inicio de fraguado y la acción de los acelerantes.

Edad del cemento

El cemento a utilizar en trabajos de concreto lanzado deberá tener una edad de fabricación reciente, evitándose el empleo de cementos “viejos” que influirán negativamente en el inicio de fraguado del concreto y retrasando la acción de los acelerantes, e impidiendo la aplicación de espesores importantes de concreto.

Tipo de cemento

Se recomienda en general para trabajos de concreto lanzado tanto por vía seca como por vía húmeda la utilización de cementos de alta resistencia inicial, preferiblemente del tipo ASTM C – 150 tipo I y ASTM C – 595 tipo IP. El empleo de otros tipos de cementos con adición de cenizas volantes ó fillers producirá un retraso en la acción de los acelerantes e imposibilitará la aplicación de capas gruesas de concreto lanzado. En cualquier caso antes de comenzar la obra se deberá realizar un estudio de compatibilidad entre el cemento disponible y los diferentes tipos de acelerante existentes (ensayo de Vicat) con el fin de establecer el tipo de acelerante más idóneo de acuerdo con las condiciones de cada obra en particular.

En cualquier caso, el cemento será de un mismo tipo y de la misma marca, y se fabricará en una misma planta.

Espesores de concreto lanzado

El espesor de concreto lanzado que se podrá aplicar dependerá de diversos factores tales como el tipo, la edad y la cantidad de cemento, de la dosificación del aditivo acelerante de fraguado, de la calidad de los agregados (arena y chispa), de la compatibilidad existente entre el aditivo superfluidificante y el acelerante en el concreto lanzado por vía húmeda, de la relación agua/cemento, así como de la habilidad y experiencia del boquillero.

Relación agua/cemento

La relación agua/cemento influye en gran medida en la calidad final, en su colocación, así como en las resistencias iniciales y finales del concreto lanzado. En general se deberá trabajar con relaciones a/c lo más reducidas posibles, lo cual favorecerá además la posibilidad de aplicación de espesores mayores de concreto.

Rebote de proyección

El rebote de proyección está formado por los componentes que no se adhieren a la capa de concreto, y que salen rebotados fuera del lugar adecuado. La proporción inicial de rebote es alta cuando el chorro de mezcla se dirige directamente al soporte sobre el que se trabaja, y también cuando está dirigido a las armaduras, pero la formación de una capa amortiguadora reduce dicha cantidad. Por ello los espesores gruesos tienen una menor proporción de rebote en contra de los espesores delgados.

El porcentaje de rebote en todos los casos dependerá de la relación agua/cemento, del tipo de granulometría de los agregados, de la cantidad de agregado grueso presente en la mezcla de concreto, de la presión de agua (vía seca), de la velocidad de proyección (caudal de aire), del ángulo de proyección, de la distancia de proyección, del diseño del robot y, sobre todo, de la habilidad y experiencia del boquillero. Como experiencia, se pueden establecer los siguientes parámetros comparativos de porcentajes de rebote en los diferentes sistemas de proyección:

- Vía seca: 30 - 35%
- Vía húmeda: 8 - 12%

La reducción del rebote es una consideración muy importante a tener en cuenta en una obra, para lo cual se debe hacer un estudio serio y exhaustivo de los factores enumerados con anterioridad, y utilizar además adiciones a base de humo de sílice ó aditivos especiales reductores del rebote.

El concreto lanzado para la línea de soporte en roca se tiene experiencias de un alto rebote. Secciones más rígidas o estructuras en suelo experimentan un rebote más bajo. Para la colocación de capas delgadas en superficies rígidas, el agregado grueso debe ser reducido al mínimo o eliminado de la mezcla para reducir al mínimo el rebote.

Cloruros.

El ion total del cloruro (Cl⁻) de todos los suministros incluyendo el agua de mezclado, cemento, aditivos, y el agregado no debe exceder 0.06% de la masa del cemento para los miembros pretensados. Para otro refuerzo en el concreto lanzado, este límite se

aumenta a 0.10% en un ambiente húmedo expuesto al cloruro y 0.15% en un ambiente húmedo no expuesto al cloruro.

Tamaño máximo nominal del agregado (TMNA).

La selección de TMNA depende de varios factores. Los factores más importantes son: la contracción, tamaño de colocación, y la rigidez del sustrato.

Otras Consideraciones.

En general, la tecnología para el concreto convencional puede ser aplicada para proporcionar el concreto lanzado.

Es importante tomar en cuenta todas las consideraciones para obtener el mejor diseño de mezcla, tales como:

- (1) Vía de aplicación del concreto lanzado, apropiada para el trabajo, Vía Seca o Húmeda.
- (2) Trabajos específicos contratados para el concreto lanzado.
- (3) El tipo de especificación.
 - a) Funcionamiento versus prescripción.
 - b) La proporción de la mezcla ordenada versus Contractual.
- (4) Espesor de capa que se desea por pasada
- (5) Posición de la superficie, vertical o de sobrecabeza
- (6) Si existe presencia de agua
- (7) Estado del clima
- (8) Demanda de resistencia a edades tempranas
- (9) Lugar donde se llevara a cabo la mezcla del concreto.
- (10) Como será transportado.
- (11) Si es o no premezclado.

- (12) Distancia a la que se encontrara el equipo de proyección, etc.

3.1.3 MATERIALES CONSTITUTIVOS¹⁵

La calidad de los materiales a utilizar, los agregados y sus granulometrías, el cemento y su dosificación, el lugar y las condiciones de trabajo, y, por último, el equipo empleado, influyen en la calidad del concreto lanzado. Se deberán realizar ensayos previos, tanto del funcionamiento de los equipos como de los materiales a emplear, para determinar así la composición más idónea y la calidad del equipo a utilizar. Los principales componentes del concreto son:

- Agregados
 - Fino
 - Grueso
- Cemento
- Agua
- Aditivos
- Adiciones

Agregados

Los agregados a emplear en los morteros y concretos lanzados se obtendrán por la selección y clasificación de materiales naturales o procedentes de trituración, o por una mezcla de ambos. Pueden emplearse agregados que no cumplan con la granulometría citada, siempre que en los ensayos preliminares se obtengan buenos resultados. La arena para las capas de acabado y otras aplicaciones especiales, puede ser también más fina que la granulometría especificada. No obstante, deberá tenerse siempre en cuenta que las arenas más finas favorecen la contracción y las más gruesas incrementan el porcentaje de rebote. Estos agregados estarán compuestos de partículas limpias, duras, resistentes y de una calidad uniforme. Su forma será redondeada o cúbica y contendrá menos del 15% de partículas planas, delgadas o

¹⁵ Pliego General de Condiciones Técnicas para la aplicación de los productos Sika en el hormigón proyectado por vía seca, semihúmeda y húmeda. P.C. 91 Madrid, España.

alargadas, definiendo como una partícula alargada aquella que tiene su máxima dimensión cuatro veces mayor que la mínima.

3.1.3.1 AGREGADOS FINO

Se define como **agregado fino** para mortero y concreto, el material compuesto por partículas duras y resistentes de las que pasa por el tamiz N° 4 ASTM un mínimo del 95% en peso. Este agregado fino estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contengan el cemento.

La composición granulométrica de la arena se acostumbra analizar mediante su separación en siete fracciones, cribándola a través de mallas normalizadas como "serie estándar", cuyas aberturas se duplican sucesivamente a partir de la más reducida que es igual a 0.150 mm (ASTM No.100). De esta manera, para asegurar una razonable continuidad en la granulometría de la arena, las especificaciones de agregados para concreto (ASTM C 33) (42, 43) requieren que en cada fracción exista una proporción de partículas comprendida dentro de ciertos límites establecidos empíricamente. Dichos límites, que definen el uso granulométrico.

Criterio rígido es la aceptación de la arena con base en esta característica, sino de preferencia dejar abierta la posibilidad de que puedan emplear arenas con ciertas deficiencias granulométricas, siempre y cuando no exista la alternativa de una arena mejor graduada, y se demuestre mediante pruebas que la arena en cuestión permite obtener concreto de las características y propiedades requeridas a costo razonable.

3.1.3.2 AGREGADO GRUESO

Se define como **agregado grueso** para concretos, la fracción de agregados mineral de la que queda retenida en el tamiz N° 4 ASTM un mínimo del 70% en peso. Los agregados gruesos podrán ser rodados o triturados, debiendo en ambos casos estar constituidos por partículas limpias, sólidas, resistentes y duraderas, de constitución uniforme y estar exentos de polvo, suciedad, arcilla, materia orgánica u otras materias perjudiciales. Así mismo, este agregado grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis.

El agregado debe cumplir con los requisitos de calidad de (ASTM C 33). La Tabla 2.3 muestra límites de granulometría aceptables. La granulometría No.1 debe utilizarse si se desea una mezcla de mortero. Las granulometrías No. 2 y 3 contienen agregado grueso; La última granulometría es similar al tamaño máximo nominal del agregado 19.0 mm (3/4 pulg.) excepto por una reducción en los tamaños alargados se reduce al mínimo el rebote. Si el agregado no cumple con las granulometrías, se hacen pruebas antes de iniciar el proyecto y se obtienen resultados aceptables. Sin embargo, una gradación uniforme es esencial. Tanto el agregado grueso como fino deben ser separados por grupo para evitar la segregación.

De igual modo que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea continuidad de tamaños en su composición granulométrica, si bien los efectos que la granulometría de la grava produce sobre la manejabilidad de las mezclas de concreto no son tan notables como los que produce la arena.

Para analizar la composición granulométrica de la grava en conjunto, se le tamiza por mallas cuyas aberturas se seleccionan de acuerdo con el intervalo dimensional dado por su tamaño máximo, buscando dividir este intervalo en suficientes fracciones que permitan juzgar su distribución de tamaño a fin de compararla con los límites granulométricos que le sean aplicables.

Por otra parte, para la utilización de la grava en la elaboración del concreto, se acostumbra subdividirla en fracciones que se manejan y dosifican individualmente en proporciones adecuadas para integrar la curva granulométrica requerida en la grava total.

De acuerdo con lo anterior, cuando se verifica la granulometría de una muestra de grava, pueden presentarse dos casos que ameritan la aplicación de criterios de juicio diferentes. El primer caso es cuando se analiza una muestra de grava integral procedente de una determinada fuente de suministro propuesta y se requiere juzgar si contiene todos los tamaños en proporciones adecuadas para integrar la granulometría requerida en el concreto, o si es posible considerar la trituración de tamaños mayores en exceso para producir tamaños menores faltantes, o bien si resulta necesario buscar otra fuente de suministro para sustituir o complementar las deficiencias de la fuente en estudio.

El segundo caso se refiere a la verificación granulométrica de fracciones individuales de grava, previamente tamizadas a escala de obra, a fin de comprobar principalmente si el proceso de separación por tamizado se realiza con la precisión especificada dentro de sus correspondientes intervalos nominales. En tal caso, debe prestarse atención especial a la cuantificación de los llamados defectos de clasificación representados por las partículas cuyas dimensiones resultan fuera del intervalo nominal de la fracción, y para los cuales hay limitaciones específicas. A las partículas menores que el límite inferior del intervalo se les denomina subtamaño nominal y a las mayores que el límite superior del intervalo, sobretamaño nominal.

El empleo de agregados finos o gruesos, o una mezcla de ambos, se hará de acuerdo con el espesor a aplicar en el mortero o concreto lanzado. Como norma general, en ningún caso se emplearán tamaños de grano superiores a 25 mm.

Sika (Empresa dedicada a la distribución de Aditivos para el concreto) ha obtenido las curvas granulométricas 0-4,0-8, 0-12, 0-15, 0-20 y 0-25 partiendo de las normas que reflejan un amplio compendio basado en la experiencia de numerosos trabajos ejecutados durante un período de muchos años, así como en las siguientes Normas y Curvas tipo:

- UNE 83-607-94 (Norma europea)
- ASTM C 33
- BS 882 (Normas inglesas para Yacimientos naturales de agregados finos y gruesos)
- A.C.I. (Publicación SP - 14)
- Curvas granulométricas de LINDER (Curvas Granulométricas utilizadas en Europa)
- Curvas granulométricas de DROGSLER (Curvas Granulométricas utilizadas en Europa)

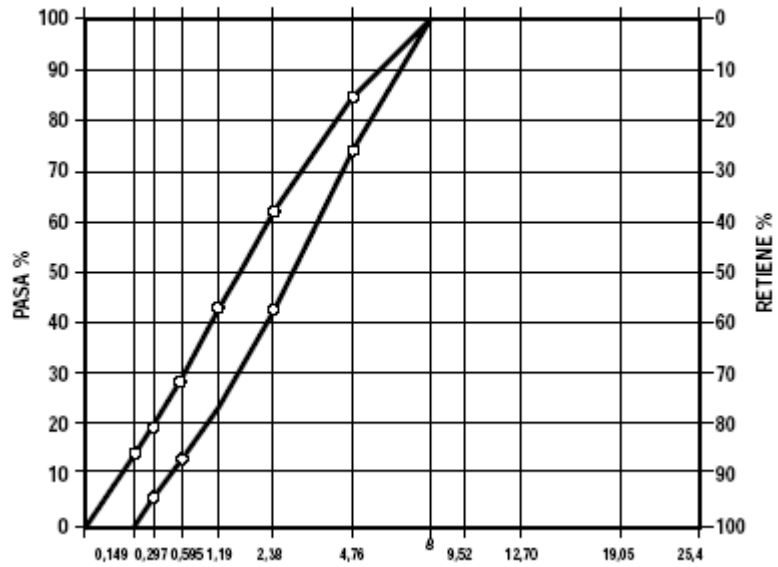


Figura 3. 1
Curva granulométrica 0-8.

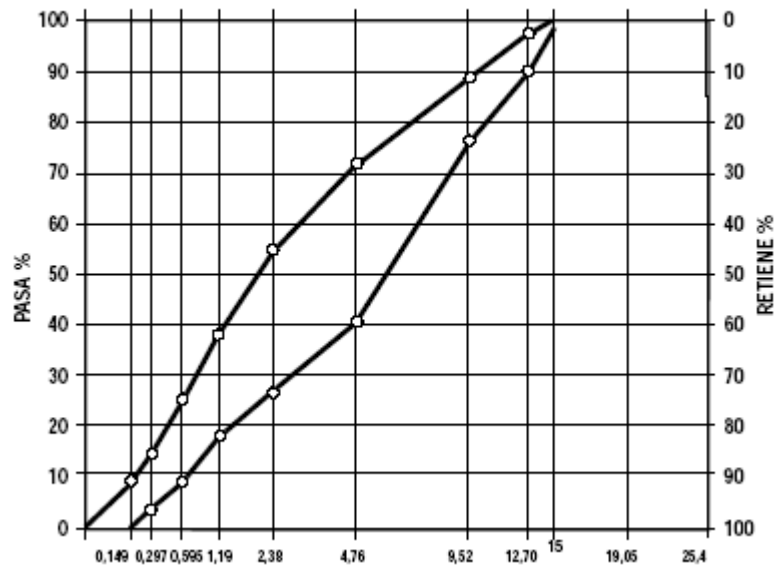


Figura 3. 2
Curva granulométrica 0-15.

Las curvas granulométricas 0-4 y 0-8 se emplean para la confección de morteros lanzados, mientras que las curvas 0-12, 0-15 y 0-20 se emplean para concretos lanzados. Dichas curvas son válidas tanto para vía seca, como para vía húmeda. En el caso de la vía húmeda, la curva resultante deberá aproximarse lo más posible a la curva del mayor% retenido.

3.1.3.3 CEMENTO.

Todos los cementos para concreto hidráulico son elaborados a base de clinker portland, por cuyo motivo se justifica centrar el interés en éste y en los cementos a que da lugar.

Cementos portland simples, mezclados y expansivos

Para la elaboración del clinker portland se emplean materias primas capaces de aportar principalmente cal y sílice, y adicionalmente óxido de fierro y alúmina, para lo cual se seleccionan materiales calizos y arcillosos de composición adecuada. Estos materiales se trituran, dosifican, muelen y mezclan íntimamente hasta su completa homogenización, ya sea en seco o en húmedo.

La materia prima así procesada, ya sea en forma de polvo o de lodo, se introduce en hornos rotatorios donde se calcina a temperaturas del orden de 1400 °C, hasta que alcanza un estado de fusión incipiente. En este estado se producen las reacciones químicas requeridas y el material se subdivide y aglutina en fragmentos no mayores a 6 cm, cuya forma se regulariza por efecto de la rotación del horno. A este material fragmentado, resultante de la calcinación, se le denomina clinker portland.

Una vez frío, el clinker se muele conjuntamente con una reducida proporción de yeso, que tiene la función de regular el tiempo de fraguado, y con ello se obtiene el polvo fino de color gris que se conoce como cemento portland simple. Además durante, la molienda, el clinker puede combinarse con una escoria o un material puzolánico para producir un cemento mezclado portland-escoria o portland-puzolana, o bien puede molerse con determinados materiales de carácter sulfo-calcio-aluminoso para obtener los llamados cementos expansivos.

También es factible incorporar aditivos durante la molienda del clinker, siendo de uso frecuente los auxiliares de molienda y los inclusores de aire. Estos últimos dan por resultado los cementos inclusores de aire para concreto, cuyo empleo es bastante común en EUA.

De conformidad con lo anterior, a partir del clinker portland es posible fabricar tres principales grupos o clases de cementos hidráulicos para la elaboración de concreto:

- 1) Los cementos portland propiamente dichos, o portland simples, moliendo solamente el clinker y el yeso sin componentes cementantes adicionales.
- 2) Los cementos portland mezclados, combinando el clinker y el yeso con otro cementante, ya sea este una escoria o una puzolana.
- 3) Los cementos expansivos que se obtienen añadiendo al clinker otros componentes especiales de carácter sulfatado, cálcico y aluminoso.

El primer grupo constituye los cementos que se han utilizado tradicionalmente para la fabricación del concreto hidráulico en el país. Los del segundo grupo son cementos destinados al mismo uso anterior, y cuya producción se ha incrementado en los últimos 20 años, al grado que actualmente representan más de la mitad de la producción nacional.

Finalmente, los cementos del tercer grupo son más recientes y aún no se producen regularmente, si bien su utilización tiende a aumentar en EUA para las llamadas estructuras de concreto de contracción compensada. Así, mediante ajustes en la composición química del clinker, o por medio de la combinación con otros cementantes, o por la adición al clinker de ciertos materiales especiales, es factible obtener cementos con características y propiedades adecuadas para cada uso específico del concreto hidráulico.

Materiales Cementantes

a. Cemento Portland¹⁶.

(1) Los requisitos del cemento para el concreto lanzado son similares a los del concreto convencional. El cemento de Portland debe cumplir con los requisitos de CRD-C 201¹⁷ (Sociedad Americana Para Pruebas de los Materiales (ASTM) C 150), tipo I o II.

Donde el concreto lanzado estará expuesto al suelo o agua con altas concentraciones de sulfatos, se debe utilizar el cemento tipo II o V. El cemento mezclado debe cumplir los requisitos de (ASTM C 595), tipo IP o ES, y la resistencia moderada a los sulfato puede ser especificado agregando el sufijo MS al tipo designado. Cuando los requerimientos estructurales requieren esfuerzos tempranos, el cemento tipo III que satisface los requisitos de (ASTM C 150) debe ser considerado.

(2) *Cemento bajo-álcali.* Se debe especificar cuando los agregados usados se consideran químicamente reactivos con el álcali en el cemento.

(3) *Cemento con aire incluido.* Se ha utilizado en el proceso de Vía Húmeda y se han alcanzado resultados variados, generalmente con el aire incluido hay un nivel mas bajo en el concreto convencional. Generalmente, el uso del Cemento con aire incluido no es recomendado, puesto que se afecta el contenido de aire del terreno por factores externos tales como presión de aire, longitudes de manguera, y tipo de equipo. AEA permite flexibilidad de compensar para estos factores.

b. Puzolana.

Cuando es agregada a la matriz del cemento Portland, la puzolana reacciona con el hidróxido de calcio y el agua para producir más gel de silicato de calcio.

Por lo tanto, los concretos lanzados con puzolana pueden exhibir a largo plazo un buen funcionamiento al esfuerzo y baja permeabilidad. La puzolana se agrega a veces a la

¹⁶ Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC 20314-1000, Engineering and Design STANDARD PRACTICE FOR SHOTCRETE

¹⁷All CRD-C designations are to Handbook for Concrete and Cement, 1949, US Army Engineer Waterways Experiment Station. Parenthetical references are ASTM equivalents.

mezcla húmeda del concreto lanzado para aumentar la trabajabilidad, mejorar el bombeo, aumentar la resistencia al ataque de sulfatos, y reducir la extensión causado por la reacción de la alcali-silice. El uso de las cenizas volantes facilita el bombeo de largas distancias del concreto lanzado. El reemplazo de cemento Portland con puzolana debe ser considerado cuidadosamente, por que a edades tempranas el desarrollo de la fuerza es retrasado.

La puzolana debe cumplir con (ASTM C 618).

La puzolana y las cenizas volantes naturales no son utilizados típicamente en la Vía Seca del concreto lanzado. Sin embargo, el humo de sílice se ha utilizado en la Vía Seca del concreto lanzado y no retrasa el desarrollo de la fuerza.

c.Humo de sílice.

(1) El humo de sílice es extremadamente fino, amorfo material puzolanico que es un residuo del silicio, ferro silicio, o de otra producción de la aleación del silicio dentro de hornos eléctricos de arco hundido. El humo de sílice se condensa del escape de los gases que forman partículas esféricas extremadamente diminutas. El material por encima del 85% de dióxido de la sílice, son aproximadamente 100 veces más finos que el cemento Portland, y tiene una gravedad específica entre 2.1 y 2.6.

(2) Las adiciones de humo de sílice generan condiciones favorables en el concreto lanzado. Debido a la naturaleza puzolanica del humo de sílice, su adición da lugar a un aumento en el esfuerzo y la durabilidad. Debido a su fineza extrema, las partículas de humo de sílice llenan los vacíos microscópicos entre el cemento y las partículas fomentan la reducción de permeabilidad y el aumento de densidad del concreto lanzado. Mezclas de Concreto lanzado con adiciones de humo de sílice, exhiben adherencia y cohesión crecientes.

(3) Debido a que el humo de sílice es tan fino, el material no es manejable en su estado natural seco. Por lo tanto, el humo de sílice está comercialmente disponible en varias formas procesadas. En una forma, el humo de sílice se encuentra en densidades de 30 a 40 libras por pie cúbico (pcf) densidad bulk suelta. Otras modificaciones incluyen la adición de un poderoso reductor de agua (WRA) para

producir un producto formulado. El humo de sílice está también disponible en forma de esferas. Una acción de mezclado significativa es necesaria para disolver totalmente las esferas. El gel de humo de sílice es producido mezclándose pesos iguales de humo sílice y de agua. Esta Mezcla puede ser modificada incluyendo adiciones de reductores de agua.

(4) Las adiciones de humo de sílice al concreto lanzado Vía Húmeda deben hacerse conjuntamente con la adición normal del WRA. Adiciones de humo de sílice fuera de WRA haría necesario adiciones grandes de agua para mantener un nivel conveniente de trabajabilidad. El adicionar agua incrementa la relación agua/cemento y afecta la adición del humo de sílice. Por otra parte, WRA no se recomienda para las adiciones de humo de sílice Vía seca del concreto lanzado puesto que la mezcla total está en contacto con el agua solamente el tiempo en que la mezcla sale del inyector e impacta la superficie. El uso de WRA en la Vía seca del concreto lanzado causaría que el concreto lanzado compactado se exfoliara y se aflojara de la superficie.

(5) Para el concreto lanzado Vía Húmeda, cualquier proceso de embalaje es aplicables. Si el humo de la sílice no es preembalado con un WRA, la adición debe ser por bachada. En la Vía Seca del concreto lanzado es mejor proporcionar los productos secos del humo de la sílice.

3.1.3.4 AGUA

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. En el primer caso es de uso interno como agua de mezclado, y en el segundo se emplea exteriormente cuando el concreto se cura con agua. Aunque en estas aplicaciones las características del agua tienen efectos de diferente importancia sobre el concreto, es usual que se recomiende emplear igual de una sola calidad en ambos casos. Así, normalmente, en las especificaciones para concreto se hace referencia en primer término a los requisitos que debe cumplir el agua para elaborar el concreto, porque sus efectos son más importantes, y después se indica que el agua que se utilice para curarlo debe ser del mismo origen, o similar, para

evitar que se subestime esta segunda aplicación y se emplee agua de curado con características inadecuadas.

En determinados casos se requiere, con objeto de disminuir la temperatura del concreto al ser elaborado, que una parte del agua de mezclado se administre en forma de hielo molido o en escamas. En tales casos, el agua que se utilice para fabricar el hielo debe satisfacer las mismas especificaciones de calidad del agua de mezclado.

Como componente del concreto convencional, el agua suele representar aproximadamente entre 10 y 25% del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo de agregado que se utilice y del revenimiento que se requiera. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, aún en proporciones reducidas, puede tener efectos adversos significativos en el concreto.

Una práctica bastante común consiste en utilizar el agua potable para fabricar concreto sin ninguna verificación previa, suponiendo que toda agua que es potable también es apropiada para elaborar concreto; sin embargo, hay ocasiones en que esta presunción no se cumple, porque hay aguas potables aderezadas con citratos o con pequeñas cantidades de azúcares, que no afectan su potabilidad pero pueden hacerlas inadecuadas para la fabricación de concreto. En todo caso, la consideración contraria pudiera ser más conveniente, es decir, que el agua para la elaboración del concreto no necesariamente requiere ser potable, aunque sí debe satisfacer determinados requisitos mínimos de calidad.

Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos, la reacción álcali-agregado y la corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxido de carbono disuelto, principalmente. Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo, se acostumbra

precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a 7 y 28 días. En estas pruebas se comparan especímenes elaborados con mezclas idénticas, en las que sólo cambia la procedencia del agua de mezclado: agua destilada en la mezcla-testigo y el agua en estudio en la mezcla de prueba.

Las pruebas de tiempo de fraguado pueden efectuarse en pasta de cemento, según los métodos (ASTM C 266 o C 191), o bien en mezclas de concreto conforme al método (ASTM C 403). Para llevar a cabo las pruebas de resistencia a compresión, se emplean normalmente especímenes de mortero, elaborados y ensayados de acuerdo con el método (ASTM C 109), aunque también es posible utilizar especímenes de concreto, elaborados y ensayados conforme a los métodos (ASTM C 192 y C 39).

a. Agua de mezclado. El agua utilizada debe ser potable. Si esto no es posible, la fuente de agua propuesta debe ser aprobada según CRD-C 400. (Nomenclatura utilizada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos)

b. Agua de curado. No es necesario requerimientos especiales para el agua utilizada para el curado del concreto lanzado. El agua para el curado del concreto lanzado en áreas arquitectónicas debe estar libre de los elementos que causen manchas.

3.1.3.5 ADITIVOS

Debido a que los componentes básicos del concreto hidráulico son el cemento, el agua y los agregados, cualquier otro ingrediente que se incluya en su elaboración puede ser considerado, literalmente hablando, como un aditivo.

Sin embargo, en la práctica del concreto hidráulico convencional, no se consideran aditivos las puzolanas y las escorias cuando forman parte de un cemento portland-puzolana, portland-escoria, ni tampoco las fibras de refuerzo porque dan origen a concretos que no se consideran convencionales.

Con estas salvedades, resulta válida la definición propuesta por el Comité ACI 116(26), según la cual un aditivo es un material distinto del agua, los agregados, el cemento hidráulico y las fibras de refuerzo, que se utiliza como ingrediente del mortero o del concreto, y que se añade a la revoltura inmediatamente antes o durante el mezclado.

La interpretación que puede darse a esta definición es que un material sólo puede considerarse como aditivo cuando se incorpora individualmente al concreto, es decir, que se puede ejercer control sobre su dosificación. De esta manera, las puzolanas y las escorias solamente son aditivos si se les maneja y administra por separado del cemento portland. Lo cual no deja de ser más bien una cuestión de forma, ya que cualitativamente sus efectos son los mismos que si se administran por conducto del cemento.

Para complementar la definición anterior, se puede añadir que los aditivos para concreto se utilizan con el propósito fundamental de modificar convenientemente el comportamiento del concreto en estado fresco, y/o de inducir o mejorar determinadas propiedades deseables en el concreto endurecido.

El aditivo principal utilizado tanto en el concreto lanzado vía seca como por vía húmeda es el aditivo acelerante de fraguado. Este producto se presenta en polvo o en líquido. La acción del aditivo acelerante en el fraguado inicial y en el endurecimiento del cemento difiere mucho en función de la clase y tipo de cemento, de la cantidad de agua añadida y de la temperatura ambiente, por lo que se hace imprescindible la realización de ensayos previos. Estos ensayos previos de laboratorio deben complementarse con pruebas preliminares en obra para tener en cuenta la influencia de todas las variables de la misma. La incorporación de aditivos acelerantes produce aumentos en las resistencias iniciales y disminución en las finales, con respecto a un concreto patrón sin aditivar.

La base química de estos aditivos acelerantes de fraguado son los silicatos y los aluminatos y su dosificación comprende rangos en torno a:

Vía Seca:

- Polvo: 3-6% del peso del cemento
- Líquido: 4-6% del peso del cemento
- Polvo libre de álcali: 4-5% del peso del cemento
- Líquido libre de álcali: 4-6% del peso del cemento
- Polvo no corrosivo: 4-6% del peso del cemento

Vía Húmeda:

- Silicatos: 10-15% del peso del cemento
- Aluminatos: 3 - 6% del peso del cemento
- Líquido libre de álcali: 4 - 8% del peso del cemento
- Polvo libre de álcali: 4 - 6% del peso del cemento

Con la utilización de los silicatos la disminución de resistencias finales puede llegar al 50%. Con el empleo de los aluminatos no debe superar el 20-25%, y con los aditivos acelerantes libres de álcali es inapreciable.

En el concreto lanzado por **vía seca** pueden emplearse otros aditivos como por ejemplo retardadores de fraguado, reductores del rebote, etc.

En el concreto lanzado por **vía húmeda** es necesario y obligatorio el empleo de aditivos superfluidificantes, y en algunos casos estabilizadores de fraguado, con el fin de conseguir la manejabilidad y la transportabilidad del concreto, utilizándose además otros tipos de aditivos tales como reductores del rebote, facilitadores de bombeo, etc.

USO DE ADITIVOS. Debido a limitaciones del equipo en el concreto lanzado, el uso de aditivos en el concreto lanzado no es igual que en el concreto convencional. Los aditivos deben probarse antes de usarse en trabajos grandes para asegurarse de que las características deseadas sean alcanzadas. Los productos químicos usados en el concreto lanzado deben cumplir con los requisitos dados en (ASTM C 1141). ACI 212.3R (párrafo A-1, ACI (1991a)), las "adiciones químicas para el concreto," contienen información detallada sobre su uso general en el concreto.

INCLUSOR DE AIRE (AEA). El uso de AEA's en el concreto lanzado es aplicable solamente en la Vía Húmeda.

Debido a la pérdida de aire durante el proceso de lanzamiento en la Vía Húmeda, el AEA debe ser separado de modo que el contenido del aire en la mezcla plástica antes del bombeo sea igual a dos veces el contenido del aire endurecido del concreto lanzado deseado. El proceso de mezcla requerida para formar las burbujas de aire no debe ocurrir en el proceso de Vía Seca, por lo tanto una falta de aire no se genera en el sistema usando el aditivo. El aire incluido reduce levemente el rebote.

ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA Y RETARDANTES

La mezcla de WRA's debe cumplir los requisitos de (ASTM C 494) el proceso se adapta fácilmente al proceso de Vía Húmeda, no así en la Vía Seca en el concreto lanzado debido a la ineficacia del aditivo cuando se agrega el aditivo y el agua en el inyector. Los aditivos retardantes raramente se utilizan en el concreto lanzado, a excepción de superficies horizontales donde el acabado subsecuente de la superficie se requiere.

ACELERANTES.

(1) Los acelerantes son esenciales en ciertos usos del concreto lanzado, como en la línea de soporte del túnel, donde la construcción rápida de la sección y el desarrollo temprano de la fuerza son necesarios.

Los primeros acelerantes eran polvos que consistían en soluciones de aluminatos, carbonatos, y silicatos. Los acelerantes modernos, pueden ser polvos o líquidos, y se encuentran dentro de un amplio surtido de productos químicos. Los acelerantes tienen diversos efectos dependiendo de su química, de la química del cemento, y el índice de la dosificación de adición. Algunos de los acelerantes comerciales contienen cloruro de calcio. Muchos son cáusticos, particularmente materiales pulverizados, aunque como cáustico como en la pasta.

(2) Se deben hacer las pruebas para establecer la compatibilidad del acelerante particular con el cemento propuesto para el uso en el proyecto y determinar las cantidades de tal acelerante. Muchos acelerantes reducen las fuerzas a los 28 días en 25 a 40%, dependiendo de la compatibilidad del acelerante y el cemento. Donde el agregado es reactivo, el álcali contenido en el aditivo agregado al cemento no debe exceder 0.6% de la masa del cemento.

(3) Los acelerantes pueden reducir la resistencia a hielo del concreto lanzado. Algunos pueden ser muy cáusticos y por lo tanto es un peligro de seguridad. Por estas razones y debido a su costo, los acelerantes se debe utilizar solamente donde sea necesario y solamente en la cantidad mínimas necesarias para alcanzar los resultados deseados.

(4) El cloruro de calcio, nunca debe estar utilizado en una cantidad mayor de 2% de la masa del cemento, excepto donde "un secado rápido" sea necesario para detener

filtraciones. No debe ser utilizado en exposiciones a sulfatos, ni donde el concreto lanzado traslapa metales distintos (por ejemplo aluminio y acero) en contacto con cada uno. Los aditivos con cloruro de calcio no debe ser utilizados donde el concreto lanzado esta en contacto con acero pretensado.

(5) Los acelerantes líquidos se agregan generalmente en el inyector para Vía Seca o Vía Húmeda. Los acelerantes en polvo se utilizan generalmente solamente en la Vía Seca, agregando el polvo a los ingredientes secos.

Los acelerantes usados en concreto lanzado Vía Húmeda producen un endurecimiento rápido. Sin embargo, el proceso final generalmente ocurre mucho después para la Vía Seca en el concreto lanzado. El tiempo del proceso puede variar extensamente con los materiales, incluyendo un tiempo inicial de menos de 1 minuto, y un tiempo final de al menos de 4 minutos. Algunos de estos materiales pueden ser usados para crear un "Secado rápido" para usos especiales.

POLÍMEROS. La adición de ciertas emulsiones de látex al cemento Portland del concreto lanzado ha aumentado la fuerza extensible y flexural, mejora la cohesión, y disminuye la permeabilidad. Un uso común de éstos materiales ha sido en la reparación de estructuras en ambientes marinas y sujetas al ataque químico. Un látex con las características favorables debe ser seleccionado y el personal de campo debe aplicarlo.

COMPUESTOS QUE ENLAZAN Los compuestos que enlazan no son recomendados generalmente en trabajos con concreto lanzado, porque el enlace entre el concreto lanzado y los substratos correctamente preparados son normalmente excelentes. Cuando es utilizado incorrectamente, los compuestos que enlazan pueden actuar como trituradores del enlace. Los agentes de enlace no se deben utilizar en trabajo de concreto lanzado sin una investigación en que se detecte su eficacia en cada caso.

ADICIONES.

Se podrán utilizar adiciones siempre y cuando se hayan efectuado los ensayos previos.

Las adiciones más empleadas en la actualidad en el concreto lanzado son:

- Cenizas volantes
- Humo de sílice
- Fibras de acero

Las cenizas volantes confieren al concreto una mayor adherencia al soporte, aumentan su densidad, las resistencias finales, el tiempo de manejabilidad y mejoran el acabado. Su adición no deberá ser superior al 15% del peso del cemento cuando éste sea del tipo II, y de un 20% cuando sea del tipo I. Con el empleo de las cenizas volantes las resistencias iniciales se reducen, aunque las resistencias finales a 28 días aumentan.

El humo de sílice o microsílíce mejora muy considerablemente la adherencia del concreto lanzado, disminuye su rebote, mejora la trabajabilidad y la impermeabilidad, y aumenta las resistencias iniciales y finales. El uso del humo de sílice como adición en el concreto lanzado debe de ir acompañado con el empleo de un superfluidificante, ya que por una parte se obtiene la defloculación de dicho humo de sílice y por lo tanto un buen reparto en la pasta de cemento, y por otra para la propia defloculación del cemento. Existen adiciones de humo de sílice tanto en polvo como en slurry (líquido).

Las fibras metálicas incorporadas al concreto lanzado mejoran la resistencia a la figuración, su ductilidad, la absorción de energía y su resistencia al impacto. La presencia de las fibras de acero transforma el comportamiento frágil del concreto en un comportamiento dúctil, aguantando deformaciones importantes sin perder su capacidad portante. La superficie de dichas fibras deberá estar limpia, y no incorporarán lubricantes u otros productos que puedan impedir una buena adherencia al concreto. La fibra estará conformada para obtener un buen anclaje al concreto. La distribución de fibras en la mezcla deberá ser homogénea, no permitiéndose la formación de erizos. Las fibras podrán estar encoladas en peines para facilitar su puesta en obra. Su dosificación variará en función de la resistencia requerida, aunque normalmente se

suelen emplear unos 30-35 kg. por m³ de concreto, con el fin de facilitar su mezclado en el concreto.

3.1.4 PROCESO VÍA HÚMEDA

Muchos de los principios de tecnología del concreto se pueden aplicar al concreto lanzado, específicamente en la Vía Húmeda. Sin embargo se deben reconocer diferencias antes de proporcionar la mezcla. El concreto lanzado colocado tiene un alto contenido de cemento, respecto a la mezcla original, debido al rebote. El rebote también elimina un alto porcentaje de agregado grueso dando como resultado que sea el agregado fino el que se mantiene en posición. Este efecto sumado al hecho que el contenido de cemento de la mezcla de concreto lanzado es usualmente más alto que en las mezclas de concreto normal, con esto se incrementa la posibilidad de problemas de contracción por secado y desarrollo de fisuras superficiales. Esta situación es menos crítica en la Vía Húmeda que en la Vía Seca.

Proporcionamiento Vía Húmeda. El Proporcionamiento se puede hacer de acuerdo con el ACI 211.1 con la corrección del contenido de agregado para concreto bombeado.

En ocasiones el contenido de agregado grueso, recomendado por este sistema puede ser un poco alto, pero generalmente el contenido máximo consistente con las restricciones de colocación deben ser usadas. El tamaño del agregado máximo nominal es generalmente 3/4 de pulgada o más pequeño. Las mezclas ricas son comunes en el concreto lanzado, especialmente si su colocación es vertical o de sobrecabeza. El factor limitante para el contenido del cemento en la mezcla es gobernado a menudo por la cantidad de cemento necesario para que el concreto lanzado pueda adherirse a una pared o a un techo, y no al esfuerzo a la compresión especificada.

3.1.4.1 RESISTENCIA

Es la propiedad más medible de un concreto lanzado y en la que se basa todas las exigencias de las especificaciones técnicas de una obra. Esta resistencia se rige según los principios de la tecnología del concreto. Dicha resistencia a compresión es, la mayoría de las veces, ligeramente inferior a la de un concreto normal de granulometría 0-30 mm., debido principalmente a la finura del concreto lanzado. Como dato Standard se alcanzan resistencias a la compresión no inferiores a 250 - 300 kg/cm² a los 28 días. Sin embargo, una característica fundamental del concreto lanzado es la evolución de resistencias con el tiempo a causa de su elevado contenido en cemento. No es inusual que para el concreto lanzado usado en una colocación vertical o de sobrecabeza se tengan esfuerzos a los 28 días que excedan de 4,500 PSI (315 kg/cm²), debido a la cantidad de cemento necesaria para hacer que el concreto lanzado se adhiera.

3.1.4.2 RELACIÓN AGUA/CEMENTO¹⁸

Se definirá la relación agua/cemento como inferior en cualquier caso a 0.4 – 0.5, empleando para ello aditivos superplastificantes/reductores de agua de alta actividad. Por otra parte, trabajar con relaciones agua/cemento elevadas implica una mala calidad y baja resistencia mecánica del concreto y demanda una mayor dosificación de acelerante.

3.1.4.3 REVENIMIENTO

El revenimiento para la Vía Húmeda generalmente debe ser el mínimo tal que pueda ser controlado por la bomba. Un rango de revenimiento 1 ½" – 3" (40 – 75 mm) es normalmente aceptable. El revenimiento excesivo resulta en un concreto lanzado débil, y se desprende cuando es colocado en superficies verticales o de sobrecabeza.

El concreto lanzado Vía Húmeda puede contener aire en un rango de 5 – 8% en la bomba, esto es generalmente aceptable.

¹⁸ Pliego General de Condiciones Técnicas para la aplicación de los productos Sika en el hormigón proyectado por vía seca, semihúmeda y húmeda. P.C. 91 Madrid, España.

Habrá una perdida de aire y revenimiento, a través de la bomba. Esas pérdidas se encuentra comúnmente en el orden de 0.5 a 1.5% de aire y 0.5 a 1" en el revenimiento (12 a 25 mm), sin embargo estas pérdidas depende de algunos factores tales como: longitud de la línea, tipo de bomba y niveles iniciales de aire. Aire adicional es perdido durante el revestimiento.

3.1.4.4 CONTENIDO DE AGREGADOS

Se ajustará la curva granulométrica de los agregados según el método patrón deseado (DIN, ASTM.) tomando para ello las curvas granulométricas de cada una de las fracciones de que se disponga. En particular se empleará una curva de agregados de tamaño máximo 10-12 mm figura 3.3, para facilitar el correcto bombeado del concreto sin bloqueos en la boquilla y para reducir el rebote. Por ello, el contenido en agregados superiores a 8 mm no excederá el 10%, hecho que implicará trabajar con elevadas cantidades de fracción 0/5 (entre 70-80%). El contenido en finos, por otra parte, se situará entre el 4 y el 8%. Un déficit de finos se compensar  dosificando más cemento y micros lice. En el caso contrario, un exceso de finos demandará más agua, con lo que se tendrá que aumentar la cantidad de aditivo reductor de agua.

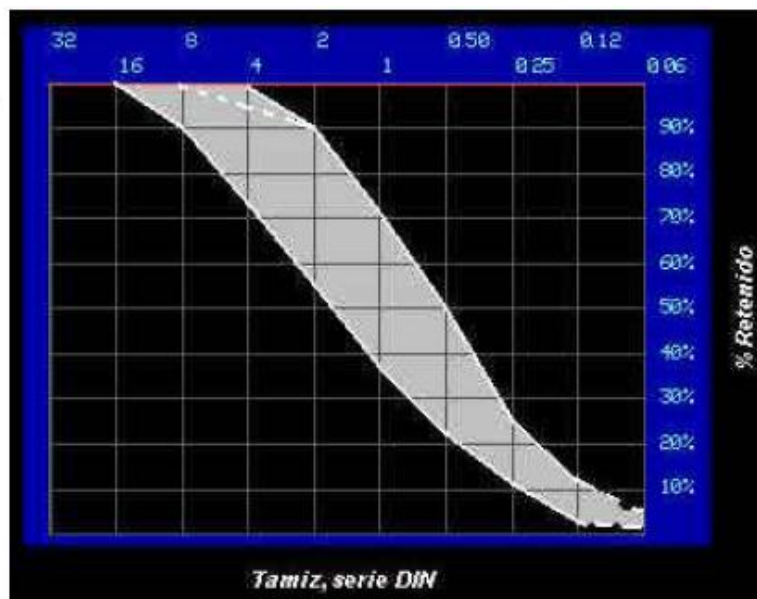


Figura 3.3
Curva granulométrica

El gráfico anterior muestra los límites granulométricos recomendados para concreto lanzado. Se controlará especialmente la ausencia de sustancias químicas que puedan provocar reacciones incontroladas con otros componentes del concreto.

Las prescripciones sobre los agregados empleados para gunita se hallan en UNE 83607 1994 Artículo 6.2.

3.1.4.5 CONTENIDO DE CEMENTO

En el **concreto lanzado vía húmeda**, la dosificación se realiza como si se tratara de un concreto tradicional, al cual se le añade agua en una relación agua/cemento aproximadamente de 0.4 – 0.5. Normalmente se trabaja con concretos lanzados con unos 400-450 kg de cemento por m³. En la vía húmeda por flujo denso, la más utilizada en la actualidad, se recomienda trabajar con arenas con porcentajes de finos próximos al 8-9%, con el fin de facilitar el bombeo de la mezcla. Es obligatorio el empleo de aditivos superfluidificantes

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA HUMEDA

El proporcionamiento puede hacerse básicamente de acuerdo al ACI 211.1. Como la mayor parte de las propiedades que se busca obtener en el concreto endurecido, depende fundamentalmente de la calidad de la pasta de cemento y los pasos para proporcionar una mezcla de concreto es como sigue.

Resistencia

La resistencia a la compresión especificada a los 28 días f'c, para una clase de concreto, es la resistencia que se espera sea igualada o sobrepasada por el promedio de cualquier conjunto de tres ensayos de la resistencia consecutivos, sin que ningún ensayo individual quede debajo de más de 35 Kg/cm² de la resistencia especificada.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA CUANDO NO SE DISPONE DE DATOS PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.

Resistencia a la compresión especificada $f'c$. Kg/cm ²	Resistencia a la compresión requerida promedio. $f'cr$, Kg/cm ²
Menos que 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 85$
Mayor que 350	$f'c + 100$

Tabla 3. 1
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

Relación agua-cemento.

La relación agua-cemento es sencillamente el peso del agua, dividido entre el peso del cemento. La relación agua-cemento que se elija para el diseño de la mezcla, debe ser el menor valor requerido para cubrir las condiciones de exposición de diseño. Las siguientes tablas sirven de guía para escoger la relación agua-cemento para diversas condiciones de exposición y con respecto a la resistencia promedio requerida para mezcla de prueba.

CORRESPONDENCIA ENTRE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión requerida.	
	Concreto sin aire	Concreto con aire
420	0.41	-
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Tabla 3. 2
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

RELACIONES AGUA-CEMENTO MÁXIMAS PERMISIBLES PARA EL CONCRETO CUANDO NO SE DISPONE DE DATOS DE RESISTENCIA DE EXPERIENCIAS EN CAMPO NI DE MEZCLAS DE PRUEBA.

Resistencia a la compresión a los 28 días, Kg/cm ²	Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión requerida.	
	Concreto sin aire	Concreto con aire
175	0.67	0.54
210	0.58	0.46
245	0.51	0.40
280	0.44	0.35
315	0.38	*
350	*	*

Tabla 3. 3
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

AGREGADOS.

Existen dos características en los agregados que tienen una importante influencia sobre el proporcionamiento de las mezclas de concreto, porque afectan la trabajabilidad del concreto fresco:

- a) la granulometría
- b) la naturaleza de las partículas (forma, porosidad, textura superficial).

También el máximo tamaño del agregado grueso no debe exceder de tres cuartos de la distancia libre entre las varillas de refuerzo. Por otro lado la granulometría más deseada para agregado fino dependerá del tipo de obra, de la riqueza de la mezcla y del tamaño del agregado grueso. El volumen del agregado grueso puede determinarse a partir de la siguiente tabla.

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO POR VOLUMEN UNITARIO DE CONCRETO.

Tamaño máximo del agregado en mm (pul)	Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10 (3/8")	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
20 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
40 (1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
70 (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 3. 4
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

REVENIMIENTO.

El concreto debe ser fabricado para tener siempre una trabajabilidad, consistencia y plasticidad adecuadas a las condiciones de trabajo. La trabajabilidad es una medida de lo fácil o difícil que resulta colocar, consolidar y darle acabado al concreto. la consistencia es la facultad del concreto fresco para fluir la que es medida por medio de la prueba de revenimiento. La tabla muestra los tipos recomendados de revenimientos.

Revenimiento (cm)		Construcción de concreto
Máximo	Mínimo	
7.5	2.5	Zapatas y muros de cimentación reforzada
7.5	2.5	Muros de subestructuras, cajones y zapatas sin refuerzos.
10.0	2.5	Vigas y muros reforzados.
10.0	2.5	Columnas de edificios.
7.5	2.5	Pavimentos y losas
5.0	2.5	Concreto masivo.

Tabla 3. 5
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

Contenido de agua.

El contenido de agua del concreto puede ser alterado por un gran número de factores: tamaño y forma del agregado, revenimiento, relación agua-cemento, contenido de aire, contenido de cemento, aditivos y condiciones ambientales. Los contenidos aproximados de agua usados para las proporciones, son para agregado angular. También para algunos concretos estas estimaciones se pueden reducir aproximadamente de 12 Kg, en gravas con partículas trituradas y hasta 27 Kg, para gravas redondeadas.

Estimación de la cantidad de agua de mezclado

Revenimiento (cm)	Agua, Kg/m ³ de concreto, para los tamaños máximos indicados*							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"***	3"***	6"***
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	208	199	187	178	163	154	130	113
7.5 a 10	228	217	202	193	178	169	145	125
15 a 18	243	228	214	202	187	178	160	-
Cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2

Tabla 3. 6
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

Contenido de cemento.

El contenido de cemento se determina usualmente a partir de la relación agua-cemento, y del contenido de agua elegidos, aunque frecuentemente se incluye en las especificaciones, un contenido mínimo de cemento además de una relación agua-cemento máxima. Los requisitos mínimos de cemento sirven para asegurar una durabilidad y acabado satisfactorio, una mayor resistencia al desgaste y una apariencia apropiada.

Tamaño Máximo del Agregado		Kg/m ³
mm	Pulg	
38.1	1 ½	279
25.4	1	309
19.0	¾	320
12.7	½	350
9.5	¾	362

Tabla 3. 7
(Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC)

3.1.4.6 EJEMPLO DE DISEÑO.

Diseñar un Concreto Lanzado de mezcla húmeda para estabilizar un talud de 10 cm espesor. Con refuerzo de malla 6x6 2/2, en La Residencia Vides, Ubicada en Quintas de Santa Elena, Departamento de La Libertad para que cumpla con los siguientes requisitos:

Propiedad	Gravas	Arenas	Cemento	Aditivos
Peso Vol. Suelto (Kg/m ³)	1377.98	1384.04		
Peso Vol. Varillado (Kg/m ³)	1455.0	1509.93		
Grav. Especifica (SSS)	2.60	2.40	3.15	
Modulo de Finura		2.7		
% de Absorción	1.92	4.9		
% de Humedad	0.5	8.15		
Tamaño máximo nominal	3/8"			
Tipo de cemento			Pórtland CESSA C - 150	

Tabla 3. 8 Ejemplo de diseño

Desarrollo:

Revenimiento: Para este ejemplo se escoge un revenimiento de 3-4 pulg.

El tamaño máximo del agregado: es de 9.52 mm.

Resistencia. Como no se disponen datos estadísticos, $f'c$ de la tabla resulta ser $f'c + 85$. Por lo tanto $f'c = 210 + 85 = 295 \text{ Kg/cm}^2$.

Relación agua-cemento. Según tabla gráfica la relación agua/cemento

(a/c), es de 0.55.

Para un revenimiento de 3-4 pulg. y un tamaño máximo de 9.52 mm, la cantidad aproximada de agua en la mezcla (W agua) es 228 kg/m³, valor obtenido de tabla.

Contenido de cemento.

$$C = \frac{\text{agua}}{a \div c} \Rightarrow \text{Cemento mínimo por metro cúbico de concreto.}$$

$$C = \frac{228}{0.55} = 414.54 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Contenido de agregado. Se estimará el contenido de agregado grueso, este parámetro lo necesitaremos, para ello el tamaño máximo del agregado y el módulo de finura; el valor obtenido multiplicado por el peso volumétrico varillada, el que nos permitirá encontrar la cantidad de agregado grueso seco por metro cúbico de concreto.

Tabla 3.4

$$\text{Contenido de agregado grueso} = 0.47\text{m}^3 \times 1455.0 \text{ Kg/m}^3 = 683.85 \text{ Kg.}$$

Haciendo las correcciones para concreto bombeado, reduciendo en un 10% el contenido de agregado grueso, se tiene: $0.9 \times 683.85 = 615.46 \text{ Kg.}$

Una vez establecidas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, el material restante que completo un metro cúbico de concreto debe consistir en arena y aire que pueda quedar incluido. La arena requerida puede determinarse ya sea con base en el peso o en volumen absoluto. Basándonos en el peso: en la tabla A1.5.3.7.1 ACI se estima el peso de un metro cúbico de concreto fresco sin aire incluido, utilizando para ello el tamaño máximo nominal del agregado y considerando además si el concreto tiene o no aire incluido. Con este valor y restando de este el peso de cada componente podemos encontrar el peso de la arena.

$$\text{Peso del concreto} = 2280 \text{ Kg/m}^3$$

Sumando todos los pesos

Agua de Mezclado = 228.0 Kg.

Cemento requerido = 415.0 Kg.

Contenido de agregado grueso = 684.0 Kg.

Total 1327.0 Kg.

Peso de arena = $2280.0 - (\text{Peso. cemento} + \text{Peso. de grava} + \text{Peso de agua}) = m^3$.

Peso de arena = $2280.0 - (1327.0) = 953.0 \text{ Kg.}$

Hasta ahora tenemos los materiales para producir un metro cúbico de concreto (ver tabla).

	Peso (Kg.)	Gravedad Especifica
Agua	228.0	1.0
Cemento	415.0	3.15
Grava	684.0	2.60
Aire	0.0	
Arena	953.0	2.40

Tabla 3. 9 Pesos para 1 m³

Ajustes: Ajustar por humedad del agregado: las cantidades de agregado que realmente deben pesarse para el concreto deben considerar la humedad del agregado, regularmente los agregados están húmedos, y sus pesos secos deben incrementarse con el porcentaje de agua, tanto absorbida como superficial, que éstos contienen.

Grava:

Humedad – Absorción. = $0.5 - 1.92 = -1.42\% = -0.0142$

Arena:

Humedad – Absorción. = $8.15 - 4.9 = 3.25\% = 0.0325$

	Peso (Kg.)	Gravedad Especifica	H% - Abs%	Corrección	Peso (Kg.) Corregidos
Agua	228.0	1.0		-21.26	206.74
Cemento	415.0	3.15			415.0
Grava	684.0	2.6	-0.0142	-9.71	674.29
Aire	0.0				
Arena	953.0	2.4	0.0325	30.97	983.97

Tabla 3. 10 Pesos Corregidos

Cabe mencionar que estas cantidades de materiales se requieren para un metro cúbico, si se deseara mezclas de prueba se tendría que pasar estas cantidades a la cantidad que n metros cúbicos que se necesiten.

3.1.5 PROCESO VÍA SECA

No existe un método reconocido para el diseño de proporciones de mezcla para la Vía Seca, que determine la resistencia a la compresión. Los aplicadores de un área geográfica específica, los cuales siempre utilizan la misma fuente de materiales, pueden proveer información adecuada de las proporciones, basados en la experiencia previa. Esta manera es apropiada para muchos proyectos pequeños, donde los costos de pruebas o ensayos son extremadamente altos. Ensayos son requeridos si la información previa no esta disponible, características diferentes a la resistencia afectan el criterio de diseño o si los requerimientos de diseño varían de una posición de trabajo a otra. Ensayos son recomendados con el fin de determinar las proporciones de la mezcla, si existe duda de la calidad de los materiales o graduación de los agregados y de la cantidad y espaciamiento del refuerzo.

La granulometría sobre el terreno será más fina que la granulometría por bachada debido al rebote, especialmente si se utilizan agregados con tamaños grandes. Como en la Vía Húmeda del concreto lanzado, el factor cemento sobre el terreno será muy importante también.

3.1.5.1 RESISTENCIA

Es posible producir un concreto lanzado Vía Seca con una alta resistencia, con un alto contenido de cemento y con agregados de calidad en la elaboración del concreto lanzado y con esto se alcanza un alto grado de compactación de concreto lanzado colocado. Resultados de hasta 12000 PSI (80 MPa) de resistencia a la compresión han sido reportados para mezclas de prueba y resultados de hasta 10000 PSI son comúnmente mencionados en los libros. Resistencias mayores a los 5000 PSI no deben ser especificados, excepto en proyectos cuidadosamente controlados, donde se han hecho investigaciones del rendimiento potencial de los materiales locales.

Esfuerzo a la Compresión. ACI 506 (párrafo A-1, ACI (1991d)), reporte de datos típicos sobre esfuerzo versus el contenido de cemento Vía Seca del concreto lanzado según se muestra en la Tabla 3-9.¹⁹

Resistencia a la Compresión versus. Contenido de Cemento

Resistencia a la Compresión a los 28 días		Contenido de cemento	
kg/cm ²	PSI	Kg /m ³	lb/yd ³
210	3,000	300 - 380	500 -650
280	4,000	325 - 425	550-700
350	5,000	380 – 500	650-800

Tabla 3. 11
Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506 (Reapproved 1995)

Vía Seca Datos Típicos

¹⁹ Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506 (Reapproved 1995)

3.1.5.2 RELACIÓN AGUA/CEMENTO

La relación agua/cemento influye en gran medida en la calidad final, en su colocación, así como en las resistencias iniciales y finales del concreto lanzado. En general se deberá trabajar con relaciones a/c lo más reducidas posibles, lo cual favorecerá además la posibilidad de aplicación de espesores mayores de concreto. En el concreto lanzado vía seca y la relación a/c será, aproximadamente 0.3 a 0.40, y dependerá sobre todo de la experiencia del boquillero.

3.1.5.3 REVENIMIENTO

Debido a que los ajustes de agua se hacen instantáneamente en la colocación, por el ajuste de la válvula de agua. No se puede controlar en su totalidad ni tener un revenimiento patrón, la trabajabilidad es controlada por el boquillero en la colocación.

3.1.5.4 CONTENIDO DE AGREGADOS

Proporción de agregados

Los agregados deben ser una combinación de tamaños como sea requerido, para producir una graduación, combinada. La distribución de tamaño de los agregados ya colocados será remarcablemente más fina que la de la mezcla propuesta, debido a que el agregado grueso tiene proporcionalmente una mayor pérdida debido al rebote.

La tabla 3.12 contiene información típica para un concreto lanzado Vía Seca con agregado fino que produce la óptima velocidad en la boquilla y un rebote medio.

TABLA 3.12 Cambios típicos en la relación de las proporciones de cemento y agregado lanzados

Mezcla Nominal Lanzada	Mezcla en lugar
1 : 3.0	1 : 2.0
1 : 3.5	1 : 2.8
1 : 4.0	1 : 3.25
1 : 4.5	1 : 3.6
1 : 6.0	1 : 3.8
1 : 5.0	1 : 4.1

Tabla 3. 12
Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506 (Reapproved 1995)

3.1.5.5 CONTENIDO DE CEMENTO

En el **concreto lanzado vía seca** habrá que dosificar la cantidad correspondiente de cemento por m³ (normalmente entre 375 y 400 kg). En la vía seca se recomienda trabajar con arenas que tengan la menor cantidad de finos posibles, siendo las arenas lavadas las óptimas para este tipo de trabajos. Se deberá evitar que las humedades de los agregados sean superiores al 2%, ya que ello influirá en la manejabilidad de dicha gunita.

3.1.5.6 EJEMPLO DE DISEÑO.

Resistencia a la compresión = 4000 PSI (28 MPa)

Cemento tipo: I

Tamaño máximo del agregado = 1/2 in. (12 mm)

Diseño preliminar:

Peso volumétrico del concreto = 2320 kg/m³

Cantidad de cemento seleccionado = 385 kg/m³

El porcentaje de Agua-cemento (A/C) (Asumida) es = 0.35

El agua requerida es = (A/C) X Cantidad de cemento seleccionado = 135 kg/m³

El contenido de agregado es =

(Grava + Arena) = 2320 – 385 - 135

= 1800 Kg. por metro cúbico.

3.2 CONTROL DE CALIDAD.

3.2.1 GENERALIDADES

La producción de concreto lanzado debe ser sometida a los procedimientos de control de calidad. El control de calidad se define como el cumplimiento de las especificaciones aplicadas al proyecto a desarrollar. El control de calidad se define además como una combinación de acciones y decisiones tomadas según los requisitos de las especificaciones y para verificar el cumplimiento de los requisitos especificados.

La elección de la clase de control dependerá en el tipo de proyecto y consecuencia de una falla.

Este trabajo debe ser realizado por personal técnico dirigido por un especialista encargado del Control de Calidad, el cual es el responsable de todo este procedimiento.

3.2.1.1. INTRODUCCIÓN

El concreto lanzado es un material con muchas aplicaciones variadas, por lo que requiere de especial cuidado y atención. Por esto es esencial establecer los procedimientos para el control de calidad, y así asegurar que el producto final funcione como fue diseñado, y que cumpla con la vida útil esperada.

Las especificaciones deben mostrar claramente las responsabilidades del Contratista, para que éste verifique que los materiales propuestos, el equipo, métodos, etc., cumplan con los requerimientos de las especificaciones del proyecto.

3.2.1.2 DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD

Un apropiado diseño es el factor más importante para asegurar la aplicación del concreto lanzado. El diseño del concreto lanzado puede hacerse de forma empírica o basándose en procedimientos analíticos para el diseño del concreto. Esos procedimientos son usados para determinar moldeados, espesores, refuerzo y

proporciones de mezcla. El control de calidad asegura que esos elementos sean diseñados correctamente, y que la obra cumpla los requisitos plasmados en el diseño.

3.2.1.3 MATERIALES

La fuente y calidad de todos los materiales deben ser entregados al responsable del diseño para su aprobación. Si la fuente es aprobada, los materiales deben certificarse por el proveedor de que estos cumplen con las especificaciones o deben probarse regularmente. El tamaño y característica del proyecto puede dictaminar los procedimientos más apropiados.

Las proporciones de las mezclas pueden ser detalladas en las especificaciones o pueden ser seleccionadas por el contratista para producir los esfuerzos de compresión especificados u otras propiedades.

La entrega, manejo y almacenamiento de los materiales deben ser revisados para el cumplimiento de las especificaciones.

3.2.1.4 EQUIPO

El capítulo 2 de este documento contiene una descripción comprensiva del equipo que puede ayudar a alcanzar los resultados esperados. Requerimientos de aire, presión y volumen, deben ser monitoreados regularmente. Compresores, equipo de lanzado, mezcladoras y mangueras deben tener un apropiado mantenimiento, limpieza, calibración, y revisión regular para un apropiado funcionamiento.

3.2.1.5 PERSONAL CALIFICADO

Los criterios para la selección del personal calificado se describen a continuación. Solo la mano de obra del más alto orden producirá un concreto lanzado de alta calidad. Hay dos procedimientos básicos que pueden ayudar a asegurar la mano de obra deseada; *evaluación del aplicador y pruebas de preconstrucción*. El ACI 506.3 R proporciona el procedimiento de certificación del boquillero de la cuadrilla del lanzado de concreto. Es recomendable que se incluya en las especificaciones este requerimiento.

El aplicador debe tener una historia rastreable de aceptación de la calidad del concreto lanzado en trabajo similares al proyecto. Es preferible que la cuadrilla principal tenga con seguridad antecedentes exitosos en este campo y referencias que puedan determinar su reputación. El aplicador debe tener soporte técnico ya sea con resultados de pruebas o con alguna literatura. Requerimientos de precalificación pueden ayudar a hacer rápido el procedimiento de evaluación.

Se deben utilizar las pruebas de preconstrucción para materiales, personal, y equipo tal y como se perfilan en el ACI 506.2.

ORGANIZACIÓN DE LA CUADRILLA

Introducción

El elemento más importante en la exitosa instalación de concreto lanzado es la aplicación realizada con humanos. La cuadrilla de lanzado, comprende un supervisor experimentado y artesanos experimentados, que deben entrenarse, integrarse y motivarse para proporcionar un esfuerzo del equipo del que resultara una aplicación del concreto lanzado de la más alta calidad posible.

Composición y obligaciones

La tripulación básica de la cuadrilla de concreto lanzado consiste en :

- a) Capataz
- b) Un boquillero
- c) Un Chiflonero
- d) Un asistente de boquillero
- e) Un operador de lanzadora o bomba
- f) Operador de mezcladora
- g) Varios auxiliares

Algunas de esas obligaciones pueden ser combinadas para que uno del personal realice más de una de esas operaciones. Por ejemplo el capataz puede hacer la función del boquillero; el chiflonero y el asistente de boquillero pueden ejecutar las tareas de otra persona, o el operador de lanzadora y de mezcladora pueden combinar sus funciones con otras personas. En otras tareas más que un boquillero y chiflonero puede necesitarse de varios operando dentro de la cuadrilla, un superintendente y/o ingeniero puede ser requerido.

Obligaciones del capataz

El capataz es responsable de planear y organizar los trabajos y la cuadrilla, manteniendo un trabajo de colocación seguro y monitoreado con los procedimientos de control de calidad. El es responsable de la inspección y mantenimiento del equipo, así como de la clasificación y entrega rápida de los materiales. El capataz selecciona los pasos del trabajo, mantenimiento de la moral de la cuadrilla, asegurar una buena dirección, y actuar como enlace para cualquier supervisión general o para el equipo de inspección del dueño. Es usual que el boquillero, el chiflonero y el lanzador deben ser hábiles para con cualquier posición requerida.

Obligaciones del boquillero

El boquillero es la persona clave en la operación del lanzado del concreto, y es el responsable de la aplicación del concreto lanzado y de que otros obreros brinden lo requerido. Sus obligaciones incluyen coordinar la aplicación con el capataz, chiflonero, y lanzadores. Antes de la colocación del concreto, él debe ver que todas las superficies deben estar limpias, seguras, y libres de material suelto, así como los espesores y el reforzamiento debe estar correctamente colocado y espaciado. Durante la colocación del concreto, él debe controlar el agua contenida en las mezclas secas, y garantizar que la presión de aire es uniforme, y proporcionar alta velocidad de impacto para una buena compactación, verificar el rebote y remover bolsas. El proporciona la dirección a la cuadrilla de lanzado del concreto ayudando con sus tareas a colocar un concreto

lanzado de buena calidad. El generalmente es apoyado por el chiflonero y por el lanzador.

Obligaciones del Chiflonero

El chiflonero cortará o pulirá el concreto lanzado, dejándolo correctamente y con calidad, antes de que se le de el acabado. Asimismo localizará y removerá bolsas de arena, corregirá áreas, depresiones y desprendimientos; a la vez guiará al boquillero para rellenar manchas que requieran concreto lanzado.

Además estará posicionado en donde el boquillero o lanzador lo requieran. Algunos aplicadores combinan las obligaciones del chiflonero y del asistente del boquillero en proyectos pequeños.

Obligaciones del Asistente del Boquillero

El asistente del boquillero, ayuda a este último a movilizar la manguera y ejecuta otras actividades que le indique el boquillero. El transmite señales entre el lanzador y el boquillero, y puede también relevar al boquillero para pequeños períodos. El opera el soplete. Si alguno lo requiere puede cuidar las áreas y avanzar libremente de polvo y de rebote. El asistente de boquillero puede ser un aprendiz de boquillero cuando él tenga la experiencia del lanzador.

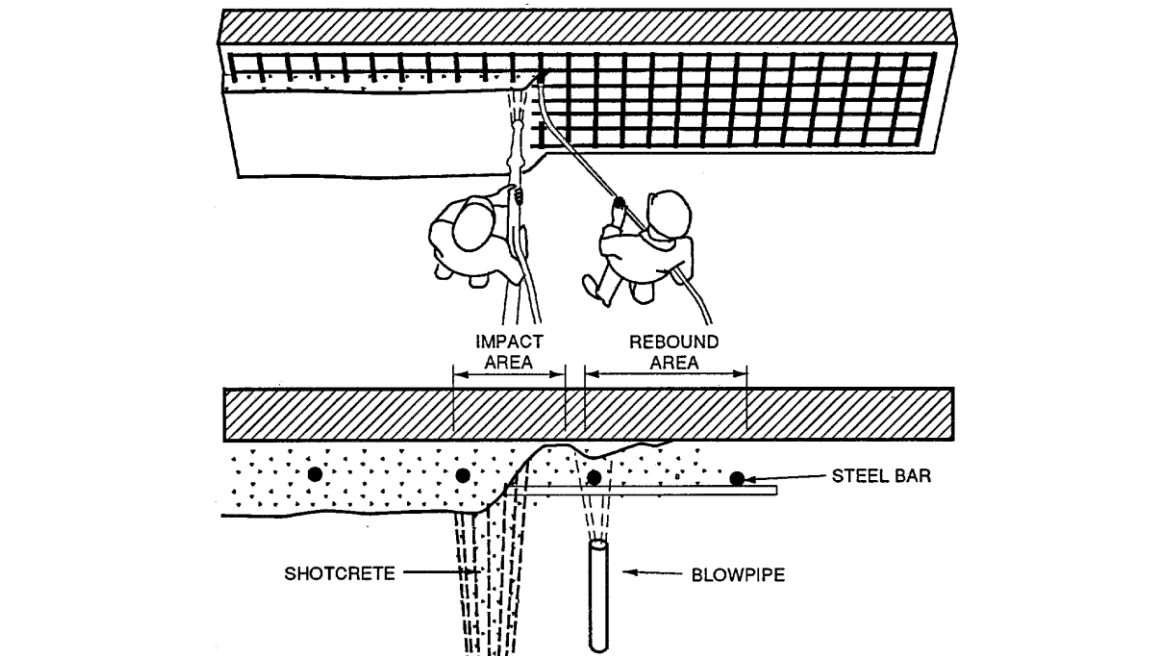


Figura 3. 4
Remoción del material de rebote por el asistente del boquillero

Obligaciones del Lanzador

El lanzador es responsable de proveer el flujo de mezcla al boquillero. El es el responsable de la operación, mantenimiento y limpieza de la maquinaria, y de ayudar a asegurar el control de calidad. El estará especialmente atento a las necesidades del boquillero y que la mezcla sea preparada en las proporciones adecuadas. Generalmente vigilará, controlará y coordinará la mezcla de los materiales y la operación de entrega.

Obligaciones del operador de la bomba.

Generalmente regula en la mezcla seca que la velocidad de lanzado sea uniforme. El coloca y mueve las mangueras de los materiales o la manguera de la bomba, cuando esto es requerido. Es el responsable de la limpieza y mantenimiento de la manguera de los materiales y de la bomba. Coordina la entrega del concreto y monitorea el contenido de agua para observar o probar el revenimiento de la mezcla.

Obligaciones del operador de la mezcladora

Sus obligaciones incluyen el proporcionamiento y mezclado de los materiales y el mantenimiento y limpieza del equipo de mezclado. Para mezclas en campo, es el responsable del almacenamiento, cuidado y disposición de los materiales.

El observará que la mezcla esté libre de materiales extraños, y que los agregados tengan el adecuado contenido de humedad. Garantizará un flujo constante, y cuidará que el material no se utilice después del tiempo límite. Supervisará las labores de quién esté suministrando y cargando la mezcladora.

Obligaciones de los auxiliares

Estas incluyen movimiento del equipo, mangueras, andamiaje y materiales. Ellos son responsables de cuidar y mantener limpias las áreas de trabajo, sopletear y remover el material de rebote; proporcionando apoyo en la aplicación del lanzado.

CALIFICACIONES DE LA CUADRILLA

General

La calidad de una completa aplicación de concreto lanzado es el resultado de la combinación de las habilidades y conocimientos de la cuadrilla de lanzado. El capataz y su cuadrilla deben tener evidencia de cada trabajo anterior, que hayan ejecutado satisfactoriamente que demuestren similares capacidades a las requeridas para el proyecto.

- ✓ El capataz es preferible que pueda todas las posiciones de la cuadrilla, y que tenga un mínimo de 3000 horas de experiencia.
- ✓ Boquillero: debe tener la certificación referida en el ACI 506.3 R o un mínimo de 3000 horas de experiencia como boquillero, y haber tenido por lo menos una aplicación similar como boquillero. El debe ser lo suficientemente hábil para

ejecutar satisfactoriamente sus obligaciones y aplicar el concreto como las especificaciones lo requieran.

- ✓ Chiflonero: Este debe tener experiencia en colocación de concreto lanzado, sin embargo si su trabajo proporciona los resultados especificados, puede calificar para su posición.
- ✓ El lanzador: debe estar familiarizado con la habilidad para operar el equipo de lanzado, conocer los métodos apropiados de la preparación y mezcla de materiales y estar familiarizado con los métodos de comunicación utilizados. Preferiblemente él, debe tener por lo menos un año de experiencia como lanzador.

COMUNICACIÓN

La comunicación, juega un rol vital durante la aplicación del concreto; porque muchos de los factores tales como: la distancia entre boquillero y lanzador, objetos que obstruya la visibilidad entre ellos, y ruidos en niveles que impiden la comunicación oral; influyen en que la cuadrilla de lanzado debe decidir un sistema de comunicación.

Métodos de Comunicación

Varios métodos de comunicación son usados dentro de la industria. Un método práctico son señales con los dedos.

Una práctica común es tener al boquillero o asistente de boquillero con uno o dos dedos elevados viendo al lanzador, indicando que debe regular ya sea la presión de aire o la velocidad de los materiales respectivamente.

Otras señales pueden ser utilizadas por compañías y ser personalizadas de acuerdo a las preferencias de las personas. Movimientos en el aire o de manos y otros métodos de comunicación tales como: silbatos, radios y telefonía pueden también ser usados. Normalmente la comunicación requerida durante el lanzado del concreto son para subir y bajar la presión del aire, comenzar, agilizar, o disminuir el motor, y más importante detener el equipo en caso de surgir peligro. Cualquier método de señales puede ser

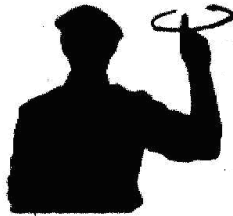
comprendido por cada uno de los miembros para asegurar el cuidado y correcta aplicación.



“Estoy listo”, “ya se arregló la obstrucción”, “la presión es correcta”



“Conecte el agua” o aumente la “presión del agua”



“Conecte el motor”, “Aumente o disminuya la velocidad del motor”



“Pare”



“Existe obstrucción”



“Aumente la presión”

Figura 3. 5
Señales de Comunicación

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.

Equipo protector.

El lanzador necesita protegerse de los rebotes y de las nubes de polvo de cemento. Las piezas individuales de rebote pueden pegar al boquillero a velocidades de 150 km/h o más, por lo que es muy importante que el lanzador use anteojos de seguridad para proteger sus ojos. A continuación se detalla equipo a utilizar.

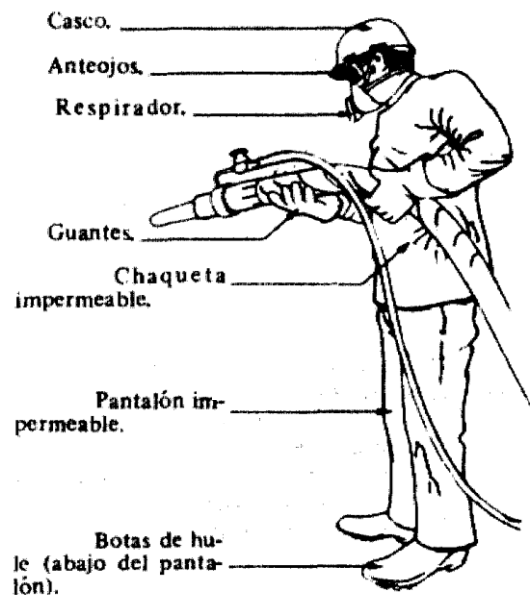


Figura 3. 6
Vestimenta Protectora

3.2.1.6 TÉCNICAS DE COLOCACIÓN

Uno de los factores más importantes que deben ser considerados en el concreto lanzado es la técnica de colocación. Si el control de calidad es excelente pero otros aspectos en la aplicación del concreto lanzado son cuestionables, puede que el producto sea insatisfactorio. Por esta razón es necesario que los procedimientos mencionados en otras partes de este documento sean tomados en cuenta.

COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO

Introducción

La importancia de utilizar las técnicas apropiadas de colocación es para asegurar que no se exagere la calidad del concreto. Este apartado representa la mejor práctica actual; sin embargo, debe entenderse que la práctica varía geográficamente y pueden adaptarse las variaciones existentes. La información contenida aquí es proporcionada para suministrar una guía y dirección para el propietario, diseñador, aplicador, inspector y otras partes interesadas.

Mezclas y Aplicaciones especiales

Desde el punto de vista de la construcción, calidad, utilidad y costo, el concreto lanzado es el que mejor se adapta para capas delgadas, para reforzamientos ligeros en secciones debajo de las 6 pulg (150 mm). Sin embargo se tiene un gran número de situaciones en donde las secciones son más pesadas y tienen más concreto.

En adición, el concreto lanzado algunas veces es requerido por tener propiedades especiales tales como: peso unitario bajo, cualidades aislantes, resistencia al calor o a los ácidos. Esto puede dictaminar el uso de agregados especiales, cementos o aditivos.

Las mezclas con agregados de peso ligero están siendo lanzadas en cantidades crecientes, para construcción de paredes o muros y pisos o losas. Como en el caso de los agregados normales, el concreto lanzado de peso ligero es el que más se adapta para capas delgadas, así como para reforzar secciones ligeramente.

El cemento con aluminato de calcio (alto en alúmina), es preferible al cemento Pórtland, para ciertas aplicaciones en donde el endurecimiento rápido o donde la resistencia al calor o a los ácidos es deseada. Para revestimientos refractarios, el cemento con aluminato de calcio es comúnmente usado en combinación con un agregado resistente al calor.

El lanzado exitoso del concreto de mezclas especiales puede requerir diferentes técnicas de colocación y métodos de instalación. Solo aplicadores especializados y con experiencia deben utilizarse.

Procedimientos preliminares

General: Para iniciar apropiadamente la colocación del concreto lanzado, es importante ver que los materiales y el equipo de lanzado, ambos estén listos para asegurar un funcionamiento uniforme y eficiente de operación.

Materiales: En la mezcla seca hecha en campo, el cemento debe ser fresco y estar empacado en bolsas irrompibles. El agregado debe estar limpio, sin contaminación y

con el contenido de humedad suficiente, usualmente 4% a 6%, para minimizar el polvo. Prehumedecer los agregados puede ser requerido, aunque también mucha humedad puede causar obstrucción en la manguera de los materiales durante el lanzamiento del concreto.

Los materiales suministrados desde el local central, deben estar listos para mezclarse; puede usarse el concreto dentro de los 45 minutos después de mezclado (15 min es el límite para concreto expuesto al calor), las pruebas de preconstrucción determinarán si el producto cumple con los esfuerzos de diseño. Autorizar arenas húmedas sobrantes, en contacto con el cemento, para prolongar el tiempo de fraguado producirá reducción en los resultados de esfuerzos.

Los materiales del método de mezcla húmeda deben cumplir los requerimientos del ACI 304.2R.

El uso exitoso de los materiales anteriores en las mismas combinaciones en mezclas particulares deben ser suficiente evidencia de la capacidad de lanzamiento..

Equipo: el equipo de proporcionamiento, mezclado y lanzamiento debe estar limpio para asegurar la calidad del concreto lanzado. El equipo de proporcionamiento debe ser revisado regularmente para estar seguros de que la mezcla apropiada está siendo obtenida. Desde el punto de vista económico, está en el interés del aplicador en tener su equipo en excelentes condiciones de operación, para maximizar la producción y minimizar atrasos, averías y obstrucciones en la manguera.

Limpieza y prevención

La preparación de la superficie, puede ocurrir días o semanas antes de la operación de lanzamiento. Si es así, la superficie debe ser limpiada por lavado, hacia abajo; todo para el apropiado lanzamiento del concreto.. En la mezcla seca los procedimientos deben cumplir con la corriente de aire-agua en la boquilla.

Si la superficie es extremadamente porosa, esta debe ser prehumedecida algún tiempo antes del lanzamiento para minimizar la absorción del agua de mezclado del concreto.

Procedimientos de operación de lanzado.

Tal como se describe en el capítulo 2, los métodos de mezcla seca y mezcla húmeda utilizan diferentes tipos de equipo de entrega, con diferentes características de operación, que pueden afectar la elección del método de lanzado, la aplicación y la calidad del concreto lanzado.

Método mezcla seca

Cuando la lanzadora se pone en marcha el operador, introduce solo aire comprimido dentro de la manguera de entrega, lentamente adiciona el material mezclado en la dirección del boquillero. El flujo de aire y materiales deben estar balanceados por el lanzador, para que así se proporcionen continuamente.

El boquillero controla el volumen de agua agregada en la boquilla, para que así el material sea humedecido. Se detendrá la operación para cerrar la alimentación de material, y cuando el soplo del aire esté limpio, se cerrará el paso del agua y después el del aire.

Método mezcla húmeda

El concreto premezclado o mortero con un revenimiento generalmente entre 1 1/2 y 3 pulg (38 mm a 75 mm), se debe depositar en la máquina para ser remezclado. La mezcla entonces es bombeada hacia la boquilla donde se añade aire comprimido para incrementar la velocidad de salida y proporcionar un rociado patrón.

El boquillero controla el flujo de aire, pero el contenido de agua y la consistencia son controlados en la mezcladora. Como en el método de mezcla seca, el flujo y el volumen de material es controlado por el operador de lanzadora; sin embargo el control anterior no; es instantáneo.

Aplicación de concreto lanzado

General: la calidad en la aplicación del concreto lanzado depende en que tan gran magnitud el lanzador y el boquillero controlan el agua de mezclado, velocidad en la boquilla, y la técnica usada para el uso de la boquilla. En cada caso, la pericia y experiencia del miembro de la cuadrilla responsable determina la adecuación y calidad de operación.

Lanzado o Bombeado

En el método de mezcla seca, la operación de lanzado adecuada es crítica para asegurar un flujo uniforme y continuo de materiales a través de la manguera o de la boquilla. Si un apropiado balance de flujo de aire y materiales no se mantiene; obstrucciones, lentitud o un rebote excesivo pueden ocurrir. Un flujo pausado e intermitente de material de concreto lanzado causa baja o sobrehumedad de la mezcla y requiere del boquillero para ajustar el agua rápidamente, manipular la boquilla, dirigirla lejos del área de trabajo o detener el lanzado.

Adecuadamente el concreto lanzado resultado de un mal lanzado debe ser removido.

En el método mezcla húmeda, el prehumedecido no afecta la calidad del concreto en ningún grado y asegura que la operación de bombeado no sea crítica. El operador de la bomba debe regularla para entregar uniformemente la mezcla húmeda de concreto y al ritmo requerido para cada aplicación en particular, así mismo debe monitorear que el concreto esté siendo entregado por la bomba alimentadora con una consistencia correcta. El operador de la bomba debe también posicionar y mover la manguera del material utilizada y todo aquello que se pueda requerir para la bomba.

Control del agua de mezclado

En el método de mezcla seca solamente el agua suficiente es agregada en la boquilla de manera que la superficie sobre la que se colocará el concreto tenga un leve brillo. El boquillero puede cambiar el contenido de agua instantáneamente según sea necesario ya sea poco o mucho. Dependiendo de la posición de trabajo, también mucha agua

puede causar en el concreto depresiones o curvaturas, desprendimientos, charcos o caerse.

El escurrimiento puede también suceder en trabajos en altura, donde también mucho material es lanzado o “colgado” en un lugar al mismo tiempo.

Además poca agua generalmente seca, oscurece y deja la superficie sin brillo. Estas condiciones incrementan el rebote, crean bolsas de arena, dificultan la hechura del acabado, y pueden crear delicadas capas laminares de concreto. Para un control efectivo del agua, la presión del agua en la boquilla debe ser de 15-30 psi (100 a 200KPa) o mayor que la presión del aire.

Los mismos principios de lanzado se aplican a mezclas húmedas como para mezclas secas, descritas arriba, excepto que el boquillero no tiene que controlar el contenido de agua. El revenimiento de las mezclas usualmente se mantiene entre 1 ½ y 3 pulg (38 y 75 mm). Debajo de 1 ½ pulg(38 mm) de revenimiento y arriba de 3 pulg (75 mm) pueden desarrollar combaduras, bolsas, charcos y escurrimientos.

Velocidad en la boquilla

La velocidad con la que el material impacta es un factor importante en la determinación de las propiedades fundamentales del concreto lanzado. Para aplicaciones donde son usadas las boquillas estándar de 2 a 6 pies (0.6 a 1.8 m) la velocidad del material en la boquilla y la velocidad de impacto de las partículas de los materiales son casi idénticas. A lo largo de la boquilla puede diferir y puede ser necesario incrementar la velocidad de la boquilla para que esta satisfaga los requerimientos de aplicación. Se debe considerar que también si se da el incremento del factor velocidad significa incremento de rebote.

En concreto mezcla seca debido al equipo de entrega los factores determinan la velocidad del material en la boquilla, ya que dependen del volumen y presión de aire disponible, diámetro y longitud de la manguera, tamaño y tipo de la boquilla, y la velocidad con que se esté lanzando. Estos factores permiten una gran flexibilidad y versatilidad en grandes, medianos y pequeños volúmenes de materiales que pueden ser lanzados con bajas, medianas y altas velocidades; de acuerdo a las necesidades

inmediatas de la aplicación. Pequeñas o grandes variaciones en el flujo, contenido de agua y velocidad puede hacerse por el boquillero.

El contenido de agua en las mezclas secas de concreto lanzado son predeterminadas por el tipo de aplicación y las limitantes de trabajabilidad requeridas para el bombeado. Esto limita el uso de este método para aplicar con baja y mediana velocidad y grandes volúmenes y flujo.

Boquilla: técnica y manipulación

La técnica de la boquilla utilizada para mezclas húmedas y secas son generalmente similares, y requieren considerable atención para detallarse. Puesto que la capacidad del equipo de concreto para procedimientos de mezclas húmedas y secas son diferentes, el requisito difiere en un poco de pericia del boquillero. Con esto no debe asumirse que la técnica para la boquilla es exactamente intercambiable, especialmente los finos detalles del arte.

Espesores y posición de trabajo

El concreto lanzado puede ser aplicado en capas o en espesores sencillos, dependiendo de la posición de trabajo. Los trabajos en altura son lanzados solamente en capas de bastante espesor para prevenir combas, usualmente de 1 a 2 pulg (25 a 50mm), en el momento. En superficies verticales, pueden ser aplicadas en capas o en espesores sencillos, mientras que para superficies horizontales son lanzadas en espesores sencillos.

En algunos casos los espesores de las capas son manejados para cumplir con los requerimientos de que no se hagan combas en el concreto lanzado. Comaduras o desprendimientos que no hayan sido detectados o no estén cortados pueden ocultar grietas y depresiones que hacen al concreto vulnerable a la penetración del agua, a la acción hielo-deshielo, y reducirán o perderán la atadura entre capas.

Lanzado

Cada capa de concreto lanzado es construida para pasar de la boquilla a una sección del área de trabajo.

Cuando sea posible, las secciones deben ser lanzadas en una capa con el espesor de diseño, de ese modo se reducen las juntas frías y laminaciones. El concreto lanzado debe salir de la boquilla con continuidad, y con un flujo ininterrumpido.

El flujo no debe volverse intermitente por ninguna razón, el boquillero debe dirigir lejos del trabajo hasta que de nuevo se vuelva constante. La distancia de la boquilla hasta la superficie de trabajo usualmente está entre 2 y 6 pies (0.6 a 1.8 m). debe ser esta para obtener los mejores resultados requeridos para el trabajo. Como regla general, la boquilla, debe estar sostenido perpendicularmente a la superficie receptora, pero nunca más de 45 grados de la superficie (fig 3.5y 3.6). Cuando la boquilla es sostenida demasiado distinta a 90 grados, el concreto lanzado rueda o se dobla sobre sí, formando un desnivel. Este proceso conocido como “enrollado” no es recomendado en la técnica de la boquilla, es malgastador de material y puede formar poros y desigualdades en el concreto lanzado. El ángulo de lanzado debe ser solo el autorizado cuando no existe otra alternativa apropiada (Fig. 3.7 y fotografía. 3.1).

Para una distribución uniforme del concreto lanzado y minimizar el efecto de desprendimiento, la boquilla es dirigida perpendicularmente a la superficie y girada firmemente en una serie de pequeños óvalos o figuras circulares. Ondear la boquilla hacia atrás rápidamente y cambiar a mayor el ángulo de impacto, desperdiciará material, incrementará el sobrecubrimiento, e incrementará innecesariamente la textura rugosa de la superficie.

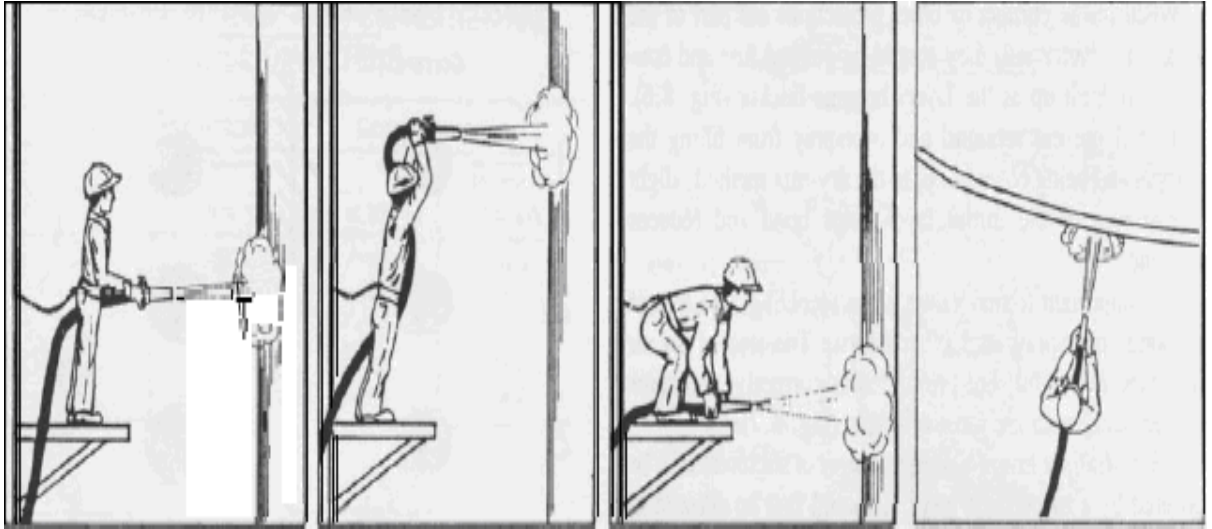


Figura 3. 7
Posiciones de Lanzado

Posiciones correctas de lanzado

Lanzado perpendicular a la pared



Fotografía 3. 1 Boquilla perpendicular a la superficie

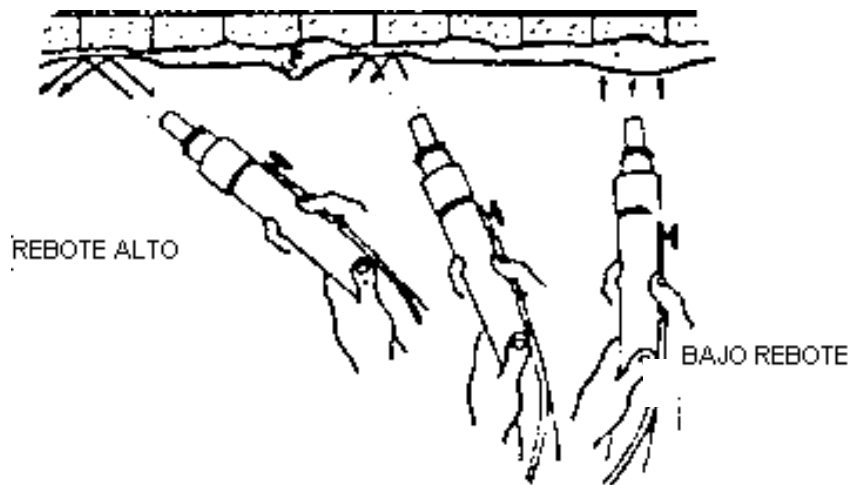


Figura 3. 8
Posiciones de la Boquilla para generar menos rebote

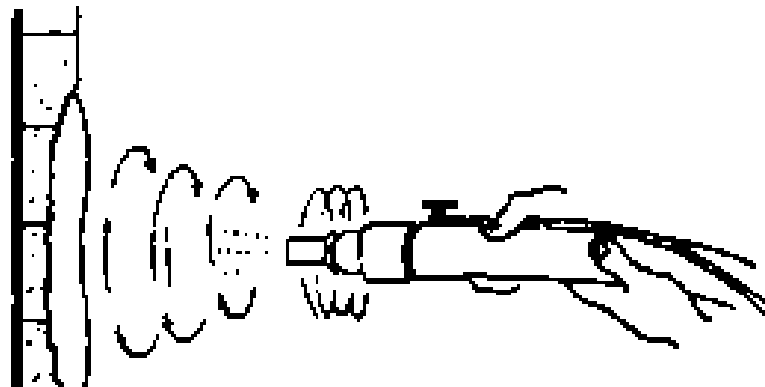


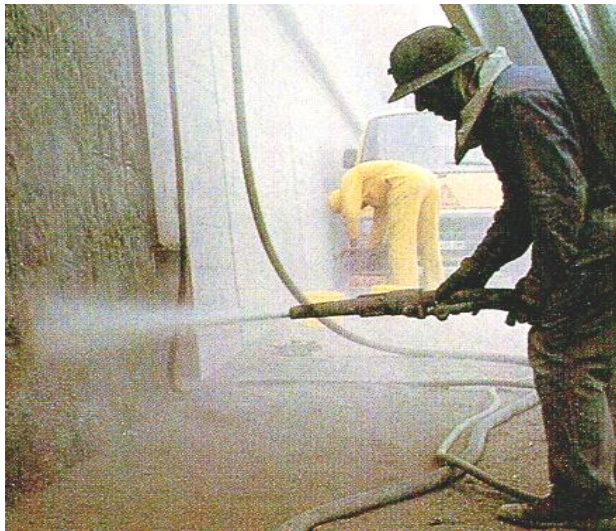
Figura 3. 9
Pequeños movimientos circulares

Las figuras 3.9 y 3.10 son ejemplos de Manipulación de la boquilla para producir un buen concreto lanzado

Cuando se lanzan hacia arquetas y se revisten varillas de refuerzo, la boquilla debería ser sostenida más cerca de lo normal y a un ángulo ligeramente arriba del horizontal para permitir mejor revestimiento del acero y minimizar la acumulación del rebote (fotografía. 3.3). También la mezcla deberá estar un poco más húmeda, pero no tanto, tal que el material se desprenderá del refuerzo. Este procedimiento empuja el concreto lanzado plástico atrás del refuerzo, mientras previene la acumulación del material en la parte frontal del refuerzo (fig. 3.10). Si el desprendimiento ocurre detrás del refuerzo debido al exceso del agua, se pueden desarrollar vacíos y contribuir a la corrosión del

refuerzo. Cuando el refuerzo no está muy espaciado, más de una varilla puede ser cubierta desde una posición.

Cuando se recubren paredes, la aplicación debería empezar en la parte inferior (fotografía. 3.2).



Fotografía 3. 2 Concreto lanzado desde la parte inferior de pared

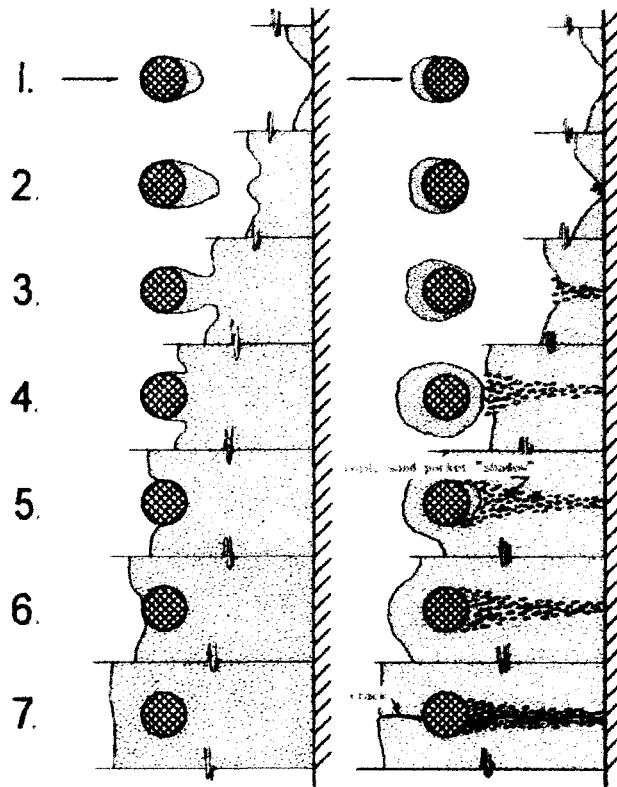


Figura 3. 10 Métodos de lanzados
 (Izquierda) Correcto y (Derecha) Incorrecto, **Métodos de** recubrir las varillas de refuerzo con concreto lanzado

La primera capa debería, cuando sea posible revestir completamente el refuerzo adyacente al molde. Una técnica importante para aplicar una capa gruesa de concreto lanzado (de más de 6 pulg, 150 mm) a una superficie vertical es “recubrimiento de repisa o de asiento”. En lugar de aplicarlo directamente a la superficie, una capa gruesa de material se acumula, la superficie superior de esta capa tiene que ser de una pendiente de 45 grados aproximadamente (fig 3.11).

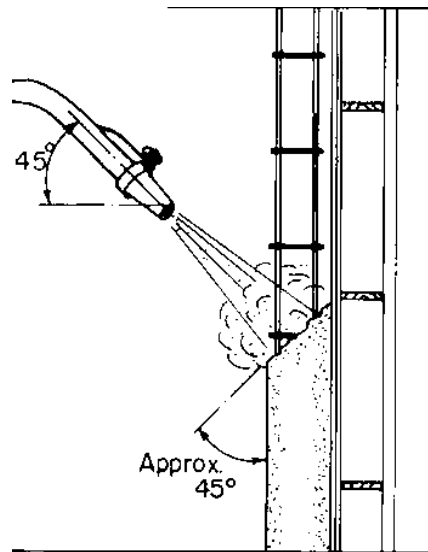


Figura 3. 11
Aplicación correcta de concreto lanzado en diversos espesores

Para recubrir una “losa bloque” la boquilla normalmente se sostiene a un ángulo ligeramente diferente de la perpendicular para que el rebote caiga sobre la porción completada de la cual puede ser removido.

Cuando los exteriores de esquinas u otras proyecciones son parte del área que será recubierta con concreto lanzado, éstas áreas deberán ser recubiertas primero y continuamente hasta que las capas sean más gruesas (fig 3.12). Esto minimiza el rebote y el exceso de recubrimiento en las esquinas. En la vía seca, un poco de humedad en las capas iniciales aumenta la cohesión y reduce el rebote.

Es importante mantener el área a recubrir limpia, libre de rebote, exceso de recubrimiento y otras impurezas.

El uso de una tubería de aire a presión es de ayuda, pero medidas preventivas y correctivas de parte del boquillero son las más efectivas.

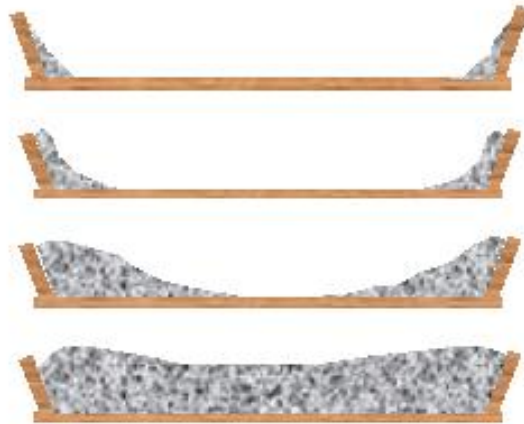


Figura 3. 12
Procedimiento apropiado para el lanzamiento de concreto en esquinas



Fotografía 3. 3 Lanzado de concreto alrededor de varillas de refuerzo

Capas Múltiples

Cuando una capa de concreto lanzado será recubierta por una capa sucesiva, deberá esperarse que comience a fraguar o se rigidice. Después el material suelto no uniforme y el exceso del material deberá ser removido, utilizando los medios adecuados. Cualquier depósito en la superficie (excedente) después del recubrimiento, deberá ser acabado y la superficie se finalizará utilizando agua o aire a presión. Adicionalmente la superficie deberá ser examinada cuidadosamente con un martillo para identificar zonas

huecas, que son el resultado del rebote o falta de cohesión. Estos vacíos y otros defectos deberán ser corregidos. Las superficies que serán recubiertas deben ser humedecidas previamente. Materiales no cohesivos no deben ser aplicados a superficies que serán cubiertas por una capa adicional de concreto lanzado. Es una buena práctica dejar la superficie rugosa para mejorar la adherencia de las capas posteriores (fotografía 3.4).



Fotografía 3. 4 Lanzado mezcla seca, sobre una capa de concreto mezcla húmeda

Concreto Lanzado Estructural

En ciertas ocasiones es ventajoso utilizar concreto lanzado para la construcción de elementos estructurales (pesados) densamente reforzados y para agregar columnas, vigas y paredes a una construcción existente. El uso adecuado de concreto lanzado en secciones estructurales requiere un planeamiento cuidadoso, además de habilidad y cuidado continuo en la aplicación del recubrimiento. El tamaño de la boquilla y la velocidad a la cual es aplicado el revestimiento deberá ser limitado cuando sea necesario, para permitir un control completo de la boquilla y producir una aplicación uniforme y densa, incluso en lugares angostos.

Para permitir la fuga de aire y rebote durante el recubrimiento, las columnas deben formarse solamente en caras adyacentes cuando sea posible moldearse. Sin embargo resultados satisfactorios se pueden obtener cuando tres lados son moldeados, siempre y cuando el ancho sea al menos 1.5 veces la profundidad.

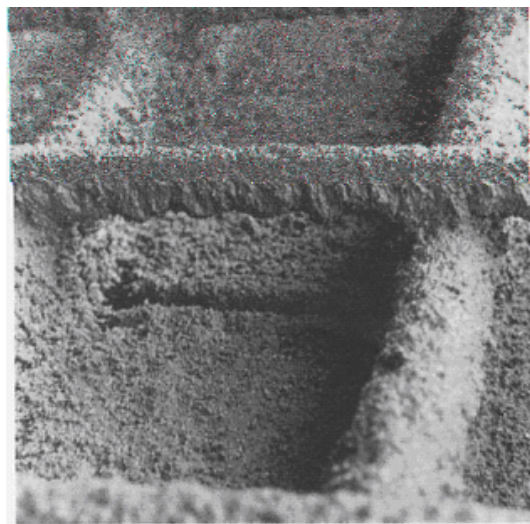
Los pilares pueden ser moldeados en dos lados opuestos o adyacentes. El fondo y un lado de la viga deben ser moldeados; esto proveerá el área máxima para el escape de aire y rebote durante la acumulación de recubrimiento. Las orillas abajo en el fondo, deberán ser construidas de manera que no haya deslizamiento cuando el elemento se someta a presión.

Cuando la sección contiene dos capas de refuerzo es deseable atrasar la colocación de la segunda capa, hasta que la primera ha sido recubierta con concreto lanzado. Sin embargo resultados adecuados pueden ser obtenidos cuando se recubre dos capas de refuerzo, siempre y cuando la capa más cercana a la boquilla tiene un espaciamiento mínimo de 12 veces el diámetro de la varilla de refuerzo en ambas direcciones, y la capa posterior de refuerzo debe tener un espaciamiento mínimo de 6 veces el diámetro en ambas direcciones.

Generalmente no es recomendable aplicar concreto lanzado en agujeros. El concreto lanzado no debe ser usado para construir columnas en forma de espiral.

Rebote o sobre recubrimiento

El rebote y sobrecubrimiento son dos resultados no deseados del recubrimiento con concreto lanzado. Ambos pueden ser controlados o minimizados con la pericia del boquillero. El sobrecubrimiento es el material que se desprende de la superficie receptora, tiene características similares tanto en la vía húmeda como en la seca. Se adhiere al suelo, moldes, refuerzos y otros elementos, dejando una capa gruesa no consolidada de concreto lanzado de baja calidad (fotografía 3.5). Deberá ser removido preferiblemente antes que se endurezca. Si no se remueve y se cubre con concreto lanzado fresco se pueden producir áreas huecas y zonas arenosas. El rebote es agregado y pasta de cemento que ha rebotado de la superficie durante la aplicación de concreto lanzado, debido a la colisión con la superficie dura, refuerzo o con el agregado. La cantidad de rebote varía con la posición de trabajo, presión de aire, contenido de cemento, contenido de agua, tamaño máximo y graduación de los agregados, cantidad de refuerzo y espesor de la capa. Inicialmente el porcentaje de rebote es alto pero se reduce después que se ha generado una superficie de amortiguación. El rebote es mucho más delgado y tosco que la mezcla original. El contenido de cemento del concreto lanzado que se adhiere en el lugar, es mucho más alto debido al rebote, esto incrementa la resistencia pero aumenta la tendencia a la contracción.



Fotografía 3. 5 Sobrecubrimiento de concreto de baja calidad

El rebote no debe ser incorporado a la construcción por el boquillero. Si no se desprende debe ser removido. El rebote no debe ser reutilizado debido al peligro de contaminación, también el contenido de cemento, estado de hidratación y granulometría del agregado son todos variables e imprescindibles.

Los valores en la tabla 3.13 muestran pérdidas aproximadas debido al rebote para vía seca y húmeda del concreto lanzado. Estos valores pueden ser más altos o más bajos dependiendo de la experiencia del boquillero.

Superficie	PORCENTAJE DE REBOTE	
	Mezcla seca	Mezcla Húmeda
Pisos o losas	5-15	0-5
Paredes verticales o inclinadas	15-25	5-10
Trabajos en altura	25-50	10-20

Tabla 3. 13
Pérdidas de Rebote

Supervisión del trabajo

El recubrimiento deberá ser suspendido bajo las siguientes inclemencias del tiempo:

1. Fuertes vientos que dificultan los procedimientos de aplicación adecuados.
2. Temperaturas muy bajas cuando el trabajo no pueda ser protegido.
3. Lluvia que cause deslizamiento o desprendimiento del concreto lanzado.

Acabado

En la vía seca del concreto lanzado el acabado debe ser ideal desde un punto de vista estructural y de durabilidad. Un mal acabado puede crear ruptura, reducir la cohesión interna y reducirla unión entre el concreto lanzado y el refuerzo o el concreto lanzado y la superficie a cubrir.

Acabados adicionales pueden ser complicados debido a que la vía seca del concreto lanzado es usualmente rígida y difícil para llanear. A diferencia del concreto el concreto lanzado tiene poco exceso de agua para proveer la lubricación necesaria para facilitar un acabado efectivo.

En el concreto lanzado vía húmeda se siguen los mismos procedimientos que en la vía seca, excepto que el acabado puede ser un poco más sencillo de trabajar gracias a la alta consistencia del mismo.

Acabados Naturales

El acabado natural es el dejado por la boquilla después que el concreto lanzado ha sido aplicado hasta la línea y el grado adecuado. La boquilla deja una superficie rugosa, la cual es utilizada para varias aplicaciones. En aquellos casos en donde el mejor alineamiento, apariencia, afinado son requeridos, el concreto lanzado se aplica una fracción más allá de una línea guía, nivel o el molde, esto le permite obtener la rigidez necesaria para que la superficie no presente rupturas cuando sea llaneada. El material excedente es removido hasta llegar al nivel de acabado (fotografía 3.6).

Las líneas guías o el nivel son removidos y las marcas que dejan se resanan. El acabado que queda en esta condición es el acabado de codaleado. Si el acabado es escobado, entonces se llama acabado natural de escoba. También puede ser acabado de llana.



Fotografía 3. 6 Remoción de exceso de material

Acabados flash y de capa

Cuando un acabado fino o de muy buena apariencia se desea, una capa flash puede ser utilizada. La capa flash es una superficie delgada de hasta 6 mm de espesor que contiene arena con graduación N° 1 colada a través de una malla N° 4 para eliminar las partículas grandes que complican el acabado. La mezcla se aplica relativamente húmeda con una boquilla a una distancia de 32.4 a 3.6 m. y a un bajo volumen con alta presión resultando en una fina textura y acabado de estuco. La capa flash es aplicada a la superficie la cual estaba aproximadamente 6 mm debajo de su nivel, ya sea inmediatamente después de ser colocada o posteriormente y se codalea como se describe en la sección anterior.

Para paredes gruesas un método alternativo es aplicar una capa de acabado lo cual provee mayor uniformidad en textura y apariencia. La aplicación básica del concreto lanzado llega hasta cerca de 6 a 25 mm del nivel final. Una superficie delgada o una capa de entre 6 a 25 mm pueden ser aplicadas inmediatamente después de codlear o posteriormente. Justo antes de la aplicación del acabado final la superficie rectora es lavada utilizando agua o aire a presión. La capa de acabado puede utilizar arena similar a la utilizada en la capa de base.

Acabados finales

Si se desea la capa flash, puede ser hecha de las siguientes maneras

Codaleado

Este procedimiento deja una textura uniforme, pero granular, es también usado como un preliminar para un tratamiento de la superficie.

Goma flotante

Una esponja de goma se aplica directamente a la capa flash o al acabado codaleado dejando un acabado un poco más fino.

Acabado de escoba

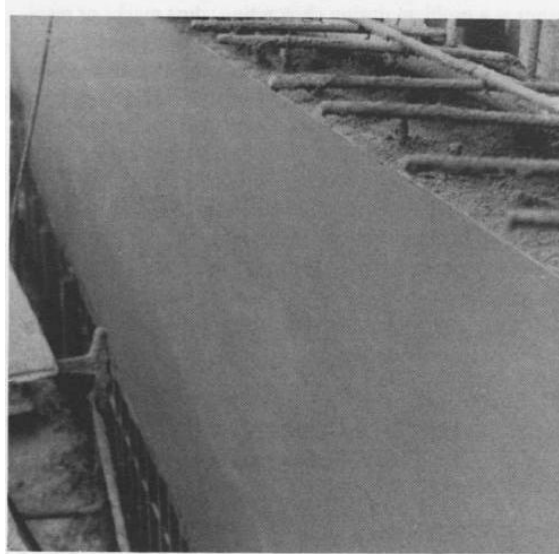
Un fino peine se utiliza para dejar un acabado de textura fina y arenosa.

Llaneado

Un acabado de llana se aplica al codaleado dejando un fino y duro acabado. Este acabado es difícil de alcanzar ya que requiere un esfuerzo considerable. No es recomendable. Los acabados de concreto lanzado son menos finos que los hechos al concreto (fotografía 3.7 y 3.8).



Fotografía 3. 7 Acabado llaneado



Fotografía 3. 8 Apariencia final del concreto lanzado

Curado

El concreto lanzado al igual que el concreto debe ser curado adecuadamente para que su resistencia potencial y durabilidad sean óptimas. Esto es muy cierto para las secciones delgadas, superficies texturizadas, o baja relación a/c asociada con el concreto lanzado. El mejor método para el curado es mantener el concreto lanzado húmedo por 7 días mientras se mantiene a una temperatura arriba de los 5° C.

Los compuestos de curado son efectivos si las condiciones de secado son severas y donde no se aplicara concreto lanzado adicional o pintura, dado que la apariencia sea aceptable. Donde la superficie tiene un acabado natural o flash el compuesto de curado de membrana húmeda debe ser aplicada con mayor énfasis que en superficies con acabados más finos. Un caudal de 2.4 m²/L debería ser adecuado. El curado natural es permitido, si la humedad relativa es mayor o igual al 85%, información más detallada puede ser encontrada en el ACI 308 y ACI 506.2.

El secado rápido del concreto lanzado al final del período de curado debe ser evitado.

Concreto lanzado en clima cálido

Los problemas asociados con la mezcla y el recubrimiento en climas cálidos son más agudos en la vía húmeda que en la vía seca. En la vía seca es deseable que el tiempo entre el mezclado y el recubrimiento no exceda los 15 min.

De lo contrario una disminución no deseable en resistencia, debido a la prehidratación puede ocurrir. Con el concreto lanzado vía húmeda los efectos no deseables son similares a los del concreto bombeado.

Los problemas incluyen un incremento en la demanda de agua, un incremento en la pérdida de revenimiento, incrementa la dificultad de fijar la tasa de agua y dificultad para regular el flujo de aire. Deben desarrollarse procedimientos adecuados para resolver estos problemas y asegurar un recubrimiento adecuado.

Una vez el concreto lanzado está ubicado en el lugar ambos métodos siguen procedimientos similares de acabado y curado. Las operaciones de curado deben proceder tan rápidamente como las condiciones del concreto lanzado lo permitan. El curado debe de empezar tan pronto como el acabado se haya hecho. Idealmente la temperatura del concreto lanzado debe estar entre 10° y 38° C durante todas las fases del procedimiento de colocación. ACI 305 puede ser consultada para mayor información.

3.2.1.7 INSPECCIÓN

Es necesario contar con un inspector calificado con conocimientos profundos para implementar el control de calidad. El tiene que estar familiarizado con planos, especificaciones, y normas aplicables. El debe entender todas las fases de los procesos del concreto lanzado, especialmente la técnica de instalación, referida a continuación. El debe inspeccionar continuamente los trabajos, prestando atención a los materiales, moldes, refuerzo, equipo, colocación, acabado, curado, y protección del producto terminado. Así también él es responsable de las pruebas de campo que se describen en la sección 3.1.2.8.

3.2.1.8 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

Un importante aspecto del control de calidad del concreto lanzado son las pruebas físicas antes, durante y después de la colocación. El ACI 506.2 describe en forma completa los procedimientos seguidos para las pruebas en preconstrucción y construcción.

Normalmente las edades de prueba para esfuerzos a compresión son 7 y 28 días, si embargo puede requerirse para períodos más cortos bajo condiciones particulares de aplicación u otras condiciones.

Algunas pruebas adicionales pueden ser requeridas en estado fresco para determinar contenidos de agua y de cemento. Otras pruebas pueden ser incluidas para: absorción de agua, contracción por secado, resistencia a los ciclos de hielo y deshielo.

La aceptación del concreto debe estar basada en los resultados obtenidos a partir de núcleos taladrados o cubos aserrados. Pueden usarse los datos obtenidos con mecanismos no destructivos tales como el martillo de impacto o pruebas (ASTM C 805, ASTM C 803), equipo ultrasónico (ASTM C 597) y aparatos (ASTM C 900) pueden ser convenientes para determinar la uniformidad y calidad en el concreto colocado.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD²⁰

Responsabilidad para las pruebas

Los servicios de pruebas rutinarias, deben ser proporcionados por una agencia de arquitectos o ingenieros. Estos servicios de pruebas deben proporcionarse a cuenta del propietario.

Servicios de pruebas; La agencia indicada probará

- a) Probar los materiales propuestos, incluyendo agua, para el cumplimiento de las especificaciones.
- b) Revisar y chequear la proporción de la mezcla propuesta.

²⁰ Fuente ACI 506.2-4

- c) Especímenes para pruebas de preconstrucción
- d) Obtener muestras de materiales de la planta o de las reservas durante la construcción y pruebas, para cumplir con las especificaciones.
- e) Pruebas del progreso del esfuerzo del concreto lanzado en obra.

Pruebas de preconstrucción

Preparación de especímenes para examinarlos y probarlos antes de la construcción.

1. Se tiene que hacer un espécimen de prueba para cada aplicación hecha con el equipo, materiales, proporciones de mezcla propuestas para el proyecto.
2. Tomar un panel de prueba de por lo menos 30 x 30 pulg (762 x 762 mm) por cada mezcla que se tenga considerada y por cada posición de lanzado que se encuentre en el trabajo (piso, vertical, y secciones en altura). Proporcionar el mismo reforzamiento de la estructura por lo menos la mitad del panel de prueba para un adecuado embebido del refuerzo de acero. Los paneles de prueba deben ser fabricados en los mismos espesores que la estructura, pero no menos de 3 pulg (76 mm), Tomar por lo menos cinco cubos o núcleos del panel de prueba. Todos deben ser cortados en superficies densas y libres de laminaciones y bolsas de arena.

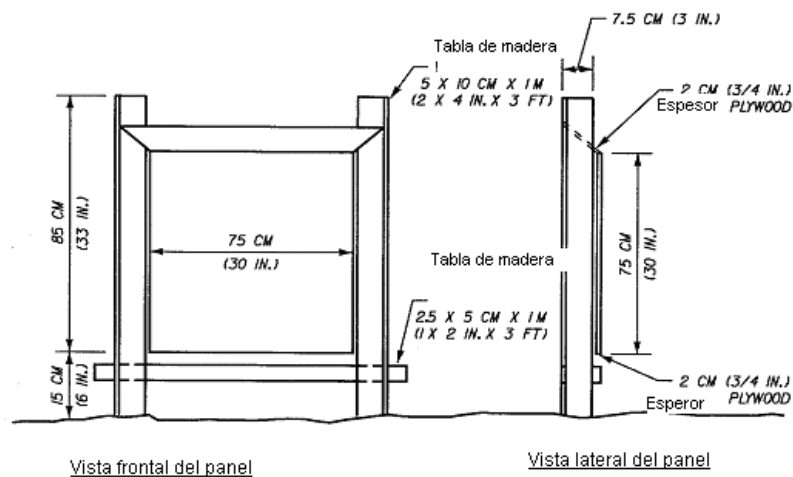


Figura 3. 13
Dimensiones de paneles de prueba

Cuando es aceptado por el ingeniero las pruebas de preconstrucción pueden ser eliminadas si se ha demostrado que la mezcla, materiales, equipo, y personal obtienen resultados satisfactorios en trabajos similares. En tal caso, se toman paneles con la primera estructura de concreto lanzado colocado.

Pruebas de construcción

La agencia destinada probará los esfuerzos del concreto lanzado por uno y más métodos descritos a continuación

1. Cortar núcleos de la estructura y probarlos de acuerdo a la ASTM C 42. Un juego de tres núcleos deben ser tomado no menos de uno por colado y no menos de uno por cada 50 yardas cúbicas (38 m³). Los núcleos deben ser empapados en agua por un mínimo de 40 horas antes de la prueba.
2. Tomar un panel de prueba con las dimensiones mínimas de 18 x 18 x 3 pulg (457 x 457 x 76 mm), lanzado en la misma posición representativa del trabajo, por cada 50 yardas cúbicas (38 m³) de concreto colocado, pero no menos de un panel por turno. Los paneles deben ser lanzados durante el curso de los trabajos normales del boquillero. El curado en campo de los paneles debe ser en las mismas condiciones que en la obra, excepto que los especímenes de prueba, deben ser empapados en agua por un mínimo de 40 horas antes de la prueba. La agencia destinada cortará núcleos de 3 pulg (76 mm) de diámetro o cubos de 3 pulg (76 mm)para cada panel de prueba.



Fotografía 3. 9 Elaboración de artesas o paneles

3. Cuando la longitud de un núcleo es menor de dos veces el diámetro, aplicar el factor de corrección dado en ASTM C 42, para obtener los esfuerzos de compresión de núcleos individuales. El promedio de los esfuerzos de compresión de tres núcleos tomados de la estructura o del panel de prueba, representativo de 50 yardas cúbicas (38 m^3) de concreto lanzado, será igual o mayor de $0.85 f'c$ ningún núcleo individual menor de $0.75 f'c$. El promedio de tres cubos tomados del panel representativo de 50 yardas cúbicas (38 m^3) de concreto lanzado, será igual o mayor de $f'c$ ningún núcleo individual menor de $0.88 f'c$. La aceptación final del concreto lanzado se basará en los resultados obtenidos de núcleos o cubos cortados. Los datos obtenidos con el martillo de impacto, equipo ultrasónico, y otras pruebas no destructivas no permitirán la aceptación final del concreto lanzado.



Fotografía 3. 10 Extracción de núcleos

PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD²¹

Fase de preproducción

Antes de iniciar la producción del concreto lanzado, para todo trabajo permanente, los siguientes requisitos y reportes de pruebas deben ser realizadas por el Contratista, para verificar que sus materiales, métodos, equipo, y procedimientos cumplan con los requerimientos contractuales.

a .Requisitos

1. *Materiales cementantes:* El fabricante debe suministrar la certificación de los resultados de sus pruebas, para verificar que el cemento y la puzolana cumplen con los requerimientos contractuales. Resultados de pruebas apropiados, deben proveerse para verificar que el humo de sílice también cumple con los requerimientos contractuales.
2. *Agregados:* Los datos de las pruebas deben ser proporcionados para verificar que el agregado fino y grueso, cumplen con la calidad y gradación requeridas.
3. *Aditivos y componentes de curado:* El fabricante debe proporcionar la certificación para verificar que los aditivos inclusotes de aire, retardantes, reductores de agua, acelerantes, y componentes de curado cumplen con los requerimientos contractuales.
4. *Fibras y reforzamiento:* el fabricante debe proporcionar la certificación para verificar que las fibras propuestas y el refuerzo cumplen con los requerimientos de las especificaciones.
5. *Proporcionamiento de la mezcla:* Los resultados de las pruebas deben proveerse para verificar que la proporción de mezcla propuesta por el contratista producirá un concreto lanzado que cumpla con la calidad

²¹ Fuente: Standard Practice for Shotcrete, Cuerpo de Ingenieros

requerida en las especificaciones. Los especímenes de prueba deben contener los materiales propuestos para el proyecto y deben obtenerse de paneles de prueba lanzados con el equipo y por el boquillero que se usarán para los trabajos.

6. *Pruebas de compatibilidad del acelerante.* Cuando un acelerante es propuesto para usarse en el concreto lanzado, los datos de la prueba ASTM C 1141, deben ser proporcionados para verificar que la combinación del cemento y el acelerante cumplen con los requerimientos contractuales de tiempos de fraguado iniciales y finales fijados.
7. *Certificación del boquillero:* El ACI certifica al boquillero del concreto lanzado. Si se requiere en las especificaciones, la anterior certificación para cada boquillero que colocará el concreto lanzado esto debe ser cumplido.
8. *Equipo:* Si se determina que es necesario para diseñar y así se expresa en el contrato, el equipo y disposición de la planta propuesta para producir, transportar y colocar el concreto lanzado deben ser proporcionados para verificar la conformidad con los requisitos de las especificaciones.
9. *Curado y protección:* Los métodos para proveer los requerimientos de curado y protección del concreto lanzado en el lugar, deben ser requeridos. Protección a exposiciones al calor y al frío deben planearse y solicitarse.

b. Fabricación de paneles de prueba, pruebas, y evaluación

Paneles de prueba deben planearse ser lanzados primero en un proyecto, para que permita evaluar con el tiempo suficiente los paneles antes de iniciar la producción del concreto lanzado para los trabajos fijos. Paneles de prueba son necesarios para la evaluación de la mezcla de concreto propuesta y para evaluar las calificaciones del boquillero propuesto. Los especímenes deben ser cortados o extraídos del panel de prueba para verificar los requisitos contractuales de esfuerzo. Los especímenes y los paneles de prueba deben ser examinados visualmente para detectar laminaciones, rayas de arena, bolsas de agregados, acero de refuerzo no rodeado completamente

por el concreto lanzado, y cualquier otra indicación ya sea para problemas con proporción de la mezcla o habilidad del boquillero.

Fase de producción

a. Materiales

1. *Materiales cementantes:* La certificación del fabricante de los resultados de pruebas del cemento, puzolana y las pruebas adecuadas para el humo de sílice debe ser proporcionada en el intervalo especificado y cuando se desconfíe de un cambio de apariencia en la obra.
2. *Agregados:*
 - a. *Calidad:* Los datos de pruebas deben proporcionarse para verificar que la calidad de los agregados cumplen con los requerimientos de las especificaciones. Los datos de las pruebas deben ser entregados en los intervalos requeridos y cuando se desconfíe de un cambio de apariencia en la obra.
 - b. *Graduación:* La graduación para cada grupo de agregados debe ser verificado con la prueba ASTM C 136, en los intervalos establecidos y cuando se desconfíe de un cambio de apariencia en la obra. Cambios en las graduaciones de los agregados pueden causar cambios en los requerimientos de agua de mezclado con acompañamiento de cambios en los esfuerzos y características de colocación del concreto lanzado.
 - c. *Contenido de humedad:* El contenido de humedad para cada grupo de agregados debe conocerse para calcular la cantidad de agua libre para agregar en cada bachada de concreto lanzado. El contenido de humedad debe ser establecido antes de iniciar y para cualquier cambio hecho con la fuente de reservas de existencia.
3. *Aditivos y componentes de curado:* La certificación del fabricante debe comprender los aditivos inclusores de aire, retardantes, reductores de agua, acelerantes, y componentes de curado y debe ser proporcionada en el

intervalo establecido y cuando se desconfie de un cambio de apariencia en la obra.

b. Preparación de la superficie.

La habilidad del contratista para preparar las superficies de acuerdo a los requerimientos de las especificaciones debe ser verificada durante cada movimiento. No debe ser colocado concreto lanzado hasta que la superficie haya sido preparada completamente. Unir las capas del concreto lanzado con el estrato subyacente es esencial para una adecuada ejecución.

c. Concreto lanzado

1. *Esfuerzo:* El esfuerzo del concreto lanzado debe ser verificado en los intervalos establecidos. El método para obtener los ejemplares, el método de probarlos, la frecuencia de las pruebas y los requerimientos de esfuerzo deben ser claramente expresados en las especificaciones contractuales.

- a. *Paneles de prueba:* Un panel de prueba debe ser lanzado por lo menos una vez por cada turno. El panel debe ser lanzado por el boquillero quien colocará el concreto lanzado en los trabajos permanentes. El panel debe ser por lo menos de 18 por 18 por 3 pulgadas. El panel de prueba, debe ser curado en el sitio del proyecto de acuerdo con los requerimientos contractuales, lo suficiente hasta que haya alcanzado un esfuerzo que permita movilizarlo al laboratorio donde se probará. El curado debe ser continuo en el laboratorio de prueba hasta que el espécimen se haya obtenido del panel. Núcleos o vigas pueden ser tomadas del panel de acuerdo a lo previsto en la ASTM C 42. Núcleos son usados para verificar el esfuerzo de compresión del concreto no reforzado con fibras, y vigas son usadas para verificar el esfuerzo de flexión del concreto reforzado con fibras. debe ser lanzado con el mismo equipo y técnica, el mismo espesor por pasada, mantener la distancia de lanzamiento, etc., que en el trabajo real. El operador también debe ser el mismo.

El panel se debe proteger de inmediato contra la pérdida de humedad, envolviendo con lámina de polietileno u otro método equivalente.

Cada panel de ensayo se debe marcar para su posterior identificación (mezcla, ubicación, fecha, operador, etc.)

El panel no se debe mover dentro de las primeras 18 hrs. después de aplicado el hormigón o mortero proyectado. El curado debe continuar hasta los 7 días posteriores o hasta que se extraigan las muestras de ensayo.

b. Muestras en el lugar: En los intervalos establecidos y cuando estime necesario el oficial del contratante, núcleos o vigas deben ser obtenidos del lugar donde se lanzó concreto para verificar los esfuerzos. Las muestras deben ser curadas y probadas de manera similar que los paneles de prueba.

2. *Proporcionamiento de la mezcla:* Las proporciones de la mezcla del concreto lanzado deben ser revisadas regularmente para verificar que las proporciones originales se están manteniendo. Esto generalmente es cumplido para verificar que los pesos de la bachada, especialmente los pesos de los materiales cementantes y el agua son los requeridos.
3. *Contenido de aire:* En la mezcla húmeda de concreto lanzado, generalmente es requerido tener un contenido de aire especificado determinado por la ASTM C 231. El contenido de aire debe ser determinado en intervalos regulares y en las situaciones especificadas. El contenido de aire especificado en los documentos contractuales es más alto que el requerido para una duración convencional de concreto y permite alrededor del 50% del aire perdido durante el lanzamiento del concreto lanzado. Las especificaciones detallan como el contenido de aire es determinado. Si se saca una muestra de la bomba, la ejecución de la prueba se detalla en la ASTM C 231.
4. *Pruebas de rebote:* Esto es conveniente para determinar periódicamente la cantidad de concreto lanzado que es rebotado desde la superficie de colocación. Esto puede ser hecho indicando un área de colocación y

colección total del material de rebote después que la colocación haya sido completada. El porcentaje de rebote puede ser calculado para determinar el volumen del material lanzado y el volumen de material colectado.

5. *Curado y protección:* El contratista debe verificar que los requerimientos de curado y protección del concreto lanzado estén siendo proporcionados. Un adecuado curado es importante realizarlo debido al regular bajo contenido de agua del concreto lanzado. Cualquier secado prematuro puede dañar el proceso de hidratación. Una adecuada protección durante tiempos calientes o fríos son esenciales para una adecuada hidratación del concreto lanzado.
6. *Pruebas no destructivas:* La uniformidad y calidad del concreto en obra pueden ser evaluadas por medio de pruebas no destructivas descritas en ASTM C 805, ASTM C 803, ASTM C 51, ASTM C597, ASTM C78, ASTM C 900.

GUIA PARA FRECUENCIA DE PRUEBAS			
<i>Propiedad/ Actividad</i>	<i>Procedimiento de prueba</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Comentario</i>
Materiales cementantes	Pruebas de fabrica	pro cada 400 ton de cemento	
Calidad de los agregados			
Calidad	ASTM C 33	Inicio	Incrementar si es necesario
Graduación	ASTM C 33	Por colado	
Forma de las partículas	ASTM C 4791	Inicio	
Contenido de humedad	ASTM C 566	Diario	
Propiedades no endurecidas			
Contenido de aire	ASTM C 231	Por bachada	Mezcla húmeda solamente
Revenimiento	ASTM C 143	Por bachada	Mezcla húmeda solamente
Proporciones de las mezclas		Por colado	
Rebote		Diario	
Espesores		Por 50 ft2	
Propiedades endurecidas			
Fabricación de paneles	Por	Por colado	
Núcleos taladrados en obra	ASTM C 42	3 por 2500 ft2	
Esfuerzo de compresión	ASTM C 42/C 39	3 por 2500 ft2	
Esfuerzo de flexión	ASTM C 42/C 78	2 por 5000 ft2	Solamente concreto reforzado con fibras
Dureza	ASTM C 1018	3 por 5000 ft2	
Superficies rugosas		2 por 1000 ft2	
Delaminaciones		1 por 25 ft2	

Tabla 3. 14
Frecuencia de pruebas, fuente Standar Practice for Shotcrete, cuerpo de Ingenieros

3.3 CONTROL DE CALIDAD UTILIZADO EN ALGUNOS PROYECTOS DE EL SALVADOR

El control de calidad que se realiza en El Salvador con respecto al concreto lanzado, puede decirse que obedece a prácticas nacionales y no a estándares que rigen dicha técnica; tal es el caso del ACI 506. Para demostrar lo anterior hemos visitado empresas que laboran en el país utilizando la técnica; ya sea construyendo o supervisando. Las empresas que se visitaron son: CPK, RODIO-SWISSBORING como constructores y CONSULTORA TECNICA como Supervisión. La manera en como realizan el control de calidad en nuestro país se describe a continuación, tomando en cuenta que este debe realizarse en etapas antes, durante y después de la construcción.

ETAPA DE PRECONSTRUCCION

- ✓ **Materiales:** Respecto a los materiales no se realiza ningún tipo de control, ya que las empresas visitadas manifiestan que debido a que ellos utilizan concreto premezclado; el control de calidad de los agregados, cementantes, aditivos, etc. es responsabilidad de la empresa contratada para estos servicios; por lo que se respaldan en la garantía que ofrece la empresa. Sin embargo es aconsejable que se realicen inspecciones para verificar los materiales y la mezcla propuesta por dicha entidad. Investigando en CONCRETERA SALVADOREÑA, empresa encargada del suministro de concreto se sabe que ellos por su parte realizan pruebas a los agregados por lo menos dos veces al mes; para verificar la calidad y propiedades de estos; así como las necesarias cuando se obtienen variaciones en los resultados de la dosificación del concreto. La empresa supervisora visitada manifestó que ellos exigen al suministrante del concreto el diseño de la mezcla para su aprobación.
- ✓ **Equipo:** Podemos decir que en el país según lo investigado no es el personal de la cuadrilla de lanzado el encargado del mantenimiento y revisión del equipo,

si no por el contrario es un mecánico el responsable de revisar el equipo antes de ser utilizado en algún proyecto.

- ✓ **Personal:** El personal utilizado para la cuadrilla de lanzado, según investigamos lo tratan de mantener dentro de las empresas, ya que según se nos expreso es la misma gente con la que empezaron a utilizar la técnica del concreto lanzado en el país. Esta gente no recibe ningún tipo de capacitación, más que la experiencia que van adquiriendo en campo y con la cual han logrado obtener resultados óptimos. Si se necesita de nuevas cuadrillas, los que ya tienen experiencia se las transmiten. Lo anterior deja al descubierto que no se realizan pruebas previas con el personal a utilizar ya que es hasta el momento del lanzado que se les instruye.
- ✓ **Pruebas de preconstrucción:** Según el comité ACI 506 se deben realizar paneles de prueba antes de la ejecución de los trabajos de lanzado; sin embargo en nuestro medio estos paneles no se realizan.

ETAPA DE CONSTRUCCION

- ✓ **Materiales:** Al igual que durante la etapa de preconstrucción las empresas visitadas no realizan pruebas de calidad a los materiales, debido a que utilizan concreto premezclado.
- ✓ **Equipo:** Durante la etapa de construcción un mecánico es el encargado de revisar el equipo de lanzado, aunque después de los colados según pudimos observar es el mismo personal encargado del lanzado el que realiza la limpieza del equipo; aunque sin funciones específicas, es decir todos realizan funciones varias. Se nos comento que el mecánico es el encargado de revisar el sistema de pistones de la bomba lanzadora, inmediatamente después de cada colado para evitar daños en el equipo.
- ✓ **Personal:** En esta etapa en nuestro país se utilizan alrededor de 6 personas dentro de las cuales podemos identificar:

1. El operador de la lanzadora, se encarga de operar la bomba y de verificar que no se obstruya.
2. El boquillero, se encarga de operar la boquilla y es el responsable de dirigir al operador de la lanzadora; por lo que pudimos observar en el país los boquilleros no tienen el cuidado de respetar la distancia ni el ángulo de lanzado.



Fotografía 3. 11 Lanzado a distancia y ángulo arbitrario

3. El capataz, es el que coordina los trabajos y de verificar que todo se realice de acuerdo a lo previsto; así como de emitir señales de comunicación entre el operador de la lanzadora y el resto de la cuadrilla.
4. Auxiliares (3); estos encargados del movimiento de las mangueras y de ayudar al sostenimiento de las mismas.

Además de la cuadrilla utilizan de 2 a 3 albañiles para realizar los trabajos de acabado al concreto.

- ✓ **Pruebas de Construcción:** En este aspecto en el país no se realizan paneles representativos del lanzado; según las empresas constructoras visitadas cuando empezaron a utilizar el concreto lanzado elaboraron paneles de dimensiones 1.0 x 1.0 m, con estos probaron la mezcla a utilizar, el personal, la técnica de lanzado; etc. obteniendo resultados favorables por lo que siguieron manteniendo esos aspectos y por lo cual actualmente ya no los elaboran. Lo anterior se refiere a las empresas constructoras, por su parte la supervisión manifestó que ellos si elaboran paneles por cada colado, estos eran fabricados con fondo metálico y marco de aluminio de 40 X 40 cm. Los paneles elaborados sirvieron para extraer seis núcleos de cada uno y probarlos verificando que se cumpliera que el promedio de los tres fuera igual o mayor a 0.85 f'c.

En algunos proyectos en donde el Propietario o la Supervisión lo exigen realizan extracción núcleos; así como también solicitan al suministrante del concreto la elaboración de cilindros de prueba.

De acuerdo a experiencia de las empresas se investigó que al concreto en estado fresco le practican pruebas de: Revenimiento, temperatura; siendo los valores requeridos 3"- 4" para el revenimiento y 32°C la temperatura máxima para colocar el concreto.

APLICACIONES DE CONCRETO LANZADO EN EL SALVADOR



Fotografía 3. 12 Estabilización de talud en Boulevard Orden de Malta



Fotografía 3. 13 Lanzado de concreto en talud



Fotografía 3. 14 Lanzado de concreto en talud



Fotografía 3. 15 Paso a desnivel constitución



Fotografía 3. 16 Lanzado de concreto en talud

CAPITULO IV

CAPITULO IV RECOPIACIÓN DE DATOS.

Con la recopilación de datos se pretende obtener los diferentes datos para utilizarlos en el diseño de mezcla a través de las distintas pruebas de laboratorio a algunos de los componentes del concreto, especialmente a los materiales pétreos (agregados finos y agregados gruesos) ya que son tomados de canteras y bancos de materiales todos utilizados actualmente en la elaboración de concretos normales que garantizan su buena calidad para ser utilizados en este tipo de concreto. Para lo cual se muestran los resultados en forma de gráficos o tablas.

El objetivo de este capítulo es garantizar la calidad de los diferentes elementos que componen el concreto, así como en el proceso del concreto en los estados fresco y endurecido.

Las diferentes pruebas de laboratorio a realizar son las siguientes:

Para Agregado Grueso y Agregado Fino:

- Análisis Granulométrico (A.S.T.M. C-136)
- Gravedad Específica y Absorción (A.S.T.M. C-127 y A.S.T.M. C-128)
- Determinación del Peso Volumétrico (A.S.T.M. C-29)

Para Agregado Fino:

- Prueba de Impurezas Orgánicas para Agregado Fino (A.S.T.M. C-40)
- Contenido de Humedad de la Arena (A.S.T.M. C-566)

Para Concreto Fresco:

- Prueba de Revenimiento.(A.S.T.M. C-143)
- Fabricación de especímenes (A.S.T.M. C-192)
- Contenido de Aire (A.S.T.M. C-231)
- Peso Volumétrico (A.S.T.M. C-138)
- Paneles de Prueba (A.S.T.M. C-1140)

Para Concreto Endurecido:

- Curado de los especímenes (A.S.T.M. C-192)
- Resistencia a la Compresión (A.S.T.M. C-39)
- Extracción de núcleos (A.S.T.M. C-42)
- Determinación del Módulo de Elasticidad y Poisson (A.S.T.M. C-597)

El cemento utilizado es:

- Cemento Pórtland Tipo I el cual se encuentra regulado por la Norma A.S.T.M. C-150. El Fabricante CESSA nos garantiza que el producto supera lo establecido por la norma antes mencionada.
- También el cemento A.S.T.M. C – 1157 UG conocido comercialmente como cemento MAYA, El fabricante es CESSA la cual nos garantiza que la realización de este producto es bajo la norma antes mencionada.

4.1 AGREGADO FINO

Este material Pétreo es una mezcla de dos canteras diferentes una es de la cantera de Jiboa y la otra es de la cantera de Aguilares, Dpto. de San Salvador. Esta mezcla es utilizada por la empresa “CONCRETERA SALVADOREÑA S.A. de C.V.”.

Las pruebas que se tomaron para dicho agregado se basaron bajo la norma A.S.T.M. C-702 para obtener una muestra representativa y buenos parámetros para la calificación del agregado fino.

Las diferentes pruebas a realizar son:

- Análisis Granulométrico (A.S.T.M. C-136)
- Pruebas de Impurezas Inorgánicas para agregado fino (A.S.T.M. C-40)
- Gravedad Específica y Absorción. (A.S.T.M. C-128)
- Determinación del Peso Volumétrico (A.S.T.M. C-29)
- Contenido de Humedad de la Arena (A.S.T.M. C-566).

4.1.1 ANALISIS GRANULOMÉTRICO (A.S.T.M. C-136)²²

El uso de este método de ensayo es usado primeramente para determinar la graduación de materiales propuestos para usarse como agregados o siendo usados como agregados. Los resultados son usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de las partículas con los requerimientos especificados aplicables y para proporcionar información necesaria para el control de la producción de varios productos agregados y mezclas conteniendo agregados. Para determinar la graduación y separar los tamaños de los agregados, se utilizan las mallas ó tamices de diferentes aberturas (ver fotografía 4.1) las cuales proporcionan el tamaño máximo del agregado en cada una de ellas; en la práctica los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al total de la muestra. Estos porcentajes se calculan tanto parciales como acumulados, en cada malla, ya que con estos últimos se procede a trazar la gráfica de valores del material. Los límites de la granulometrías para agregados finos y gruesos están dados por la Norma A.S.T.M. C-33. Para agregados finos tenemos los siguientes datos según tabla 4.1:

Malla (Especificación E11)	Porcentaje Pasando
9.5 mm. (3/8 pulg.)	100
4.75 mm. (Nº 4)	95 a 100
2.36 mm. (Nº 8)	80 a 100
1.18 mm. (Nº 16)	50 a 85
600 µm (Nº 30)	25 a 60
300 µm (Nº 50)	5 a 30
150 µm (Nº 100)	0 a 10

Tabla 4. 1
Límites del agregado fino²³

En nuestro caso para ocupar una granulometría en concreto lanzado nos basaremos con las Norma ACI 506 en la cual nos muestra tres tipos de granulometrías

²² Método de Ensayo Estándar para Análisis por Malla se Agregados Gruesos y Fino A.S.T.M. C 136-01.

²³ Especificación Estándar para Agregados para Concreto. A.S.T.M. C33-02a, Sección 6.1

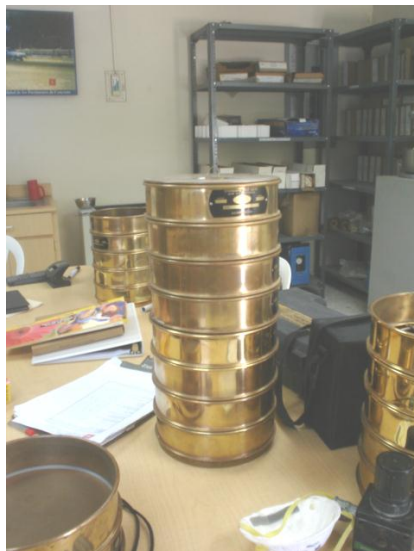
combinadas según mostrado en Tabla 4.2, pero el procedimiento para la evaluación del agregado será con la Norma A.S.T.M. C 33-02a, que además de analizar su granulometría se toma en cuenta el módulo de Finura (Sección 6.2), las sustancias dañinas (sección 7) y método de Muestreo y Ensayo (Sección 12):

Granulometría:

Malla	Porcentaje que pasa en peso por malla individual		
	Graduación N° 1	Graduación N° 2	Graduación N° 3
3/4" (19.0 mm.)	----	----	100
1/2" (12.0 mm.)	----	100	80-95
3/8" (10.0 mm.)	100	90-100	70-90
N° 4 (4.75 mm.)	95-100	70-85	50-70
N° 8 (2.4 mm.)	80-100	50-70	35-55
N° 16 (1.2 mm.)	50-85	35-55	20-40
N° 30 (600 µm)	25-60	20-35	10-30
N° 50 (300 µm)	10-30	8-20	5-17
N° 100 (150 µm)	2-10	2-10	2-10

Tabla 4. 2
Límites de la granulometría para combinación de agregados²⁴

²⁴ Guía para Concreto Lanzado A.C.I. 506R-90, Sección 2.4.1



Fotografía 4. 1 Ejemplo de los Mallas ocupadas para realizar la granulometría del Agregado Fino

Módulo de Finura²⁵:

El cálculo del módulo de finura (MF) de una arena se obtiene sumando los porcentajes retenidos acumulados por las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100; dividiendo la sumatoria entre cien. Los valores límites son presentados en la Tabla 4.3 que se muestra a continuación.

ARENA	MÓDULO DE FINURA
Muy Fina	< 2.0
Fina	2.0 – 2.3
Medio Fina	2.3 – 2.6
Media	2.6 – 2.9
Medio Gruesa	2.9 – 3.2
Gruesa	3.2 – 3.5
Muy Gruesa	> 3.5

Tabla 4. 3
Clasificación de Arena por Módulo de Finura.

MATERIALES Y EQUIPO A UTILIZAR

- Arena de mezcla de las Canteras de Jiboa y Aguilares.

²⁵ Según Norma A.S.T.M. C-125

- Balanza con capacidad de 1.0 Kg.
- Balanza con capacidad de 0.1 g. de precisión.
- Juego de mallas N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, Fondo y Tapa.
- Juegos de pesas para la Balanza (500.0 gr. y 1000 gr.).
- Papel Periódico.
- Brochuelo
- Recipientes de Aluminio.
- Agitador mecánico de mallas (rop-tap).

PROCEDIMIENTO

1. Seleccionar una muestra de agregado fino de aproximadamente unos 15.0kgs. y se deja por un espacio de 24 horas al aire libre o hasta que el agregado pierda humedad. La cantidad anterior es para tener una muestra representativa ya que donde mantiene el material es de gran cantidad.
2. Se procede a cuartear la muestra varias veces con el cuarteador de arena, para lograr una cantidad de 500.0 gr. según Norma A.S.T.M. C-702 y poder realizar el ensayo.
3. Ordenar de forma decreciente los siguientes tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200 y Fondo.
4. Colocar los 500 gr. de muestra en el juego de mallas previamente ensamblados, luego se coloca la tapadera y se agitan por espacio de 30 minutos, en el agitador mecánico de malla.
5. Después del tiempo de agitado, se deja reposar un tiempo de 3 minutos, para permitir que los finos se asienten.
6. Colocar las porciones retenidas de cada malla en charolas y pesar dichas cantidades retenidas, se verifica que los tamices se encuentren limpios.
7. Registrar los datos en la tabla de resultados.
8. Calcular el porcentaje de error de la prueba y verificar que no sea mayor del 0.5%.
9. Efectuar los cálculos.
10. Hacer análisis de resultados.

11. La granulometría de la arena se procedió a realizarlo tres veces para ver si la granulometría de la arena se comportaba de la misma manera, ya que esta arena es una mezcla.

PROCEDIMIENTOS PARA LOS CÁLCULOS

Porcentaje de error:

Para calcular el porcentaje de error se ocupa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Error} = \frac{(W_0 - W_F)}{W_F} \times 100\% \leq 0.5\%$$

Ecuación 4. 1

Donde:

W₀: Peso inicial de la muestra

W_F: Peso final de la muestra.

Cálculo del % retenido parcial:

$$\% \text{ Retenido Parcial} \cong \frac{(\text{Peso Retenido en cada malla})}{\text{Peso Inicial}} \times 100\%$$

Ecuación 4. 2

Cálculo del Módulo de Finura:

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

Ecuación 4. 3

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \% \text{ Retenido acumulado de malla anterior} + \% \text{ Retenido parcial de dicha malla}$$

Ecuación 4. 4

% Acumulado que pasa :

$$\text{Para malla No X} = 100\% -$$

$$\% \text{ Retenido acumulado de malla No X}$$

Ecuación 4. 5

El procedimiento del análisis granulométrico descrito anteriormente está regido por la Norma A.S.T.M. C-136, el módulo de finura por la A.S.T.M. C-125 y los límites de graduación por el ACI 506, debido a que es para concreto lanzado. Esta última define los requisitos de graduación y calidad de los agregados finos y gruesos, empleados en la fabricación del concreto. Cabe mencionar que la composición granulométrica del agregado fino suele identificarse por su módulo de finura.

Para el análisis granulométrico se realizaron tres pruebas con la arena de mezcla procedente de la cantera de Jiboa y la cantera de Aguilares, las cuales esta mezcla cumplen con las especificaciones establecidas según las normas antes mencionadas.

A continuación se presentan las Tablas 4.4; 4.5; 4.6 donde están las granulometrías del agregado fino, con su respectivo módulo de finura y gráfico.

IMPORTANCIA.

En algunos proyectos o aplicaciones se especifican ciertos límites granulométricos ya que la granulometría y el tamaño máximo del agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto. Las variaciones en la granulometría pueden afectar seriamente a la uniformidad del concreto de una revoltura a otra, las arenas muy finas resultan antieconómicas; las arenas muy gruesas y el agregado grueso pueden producir mezclas rígidas, no trabajables. En general aquellos agregados que no tienen una gran deficiencia o exceso de cualquier tamaño y tienen una curva granulométrica suave producirán los resultados más satisfactorios.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma % que pasa ACI 506.1	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00			
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	10.44	2.08	2.08	97.92	95.00	100.00
Nº 8 (2,4 mm.)	34.32	6.84	8.92	91.08	80.00	100.00
Nº 16 (1,2 mm.)	109.68	21.86	30.78	69.22	50.00	85.00
Nº30 (600 µm)	122.73	24.46	55.24	44.76	25.00	60.00
Nº 50 (300 µm)	116.27	23.17	78.42	21.58	10.00	30.00
Nº 100 (150 µm)	73.49	14.65	93.07	6.93	2.00	10.00
Nº 200 (74 µm)	34.79	6.93	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	501.72	100.00				

Módulo de Finura = 2.7

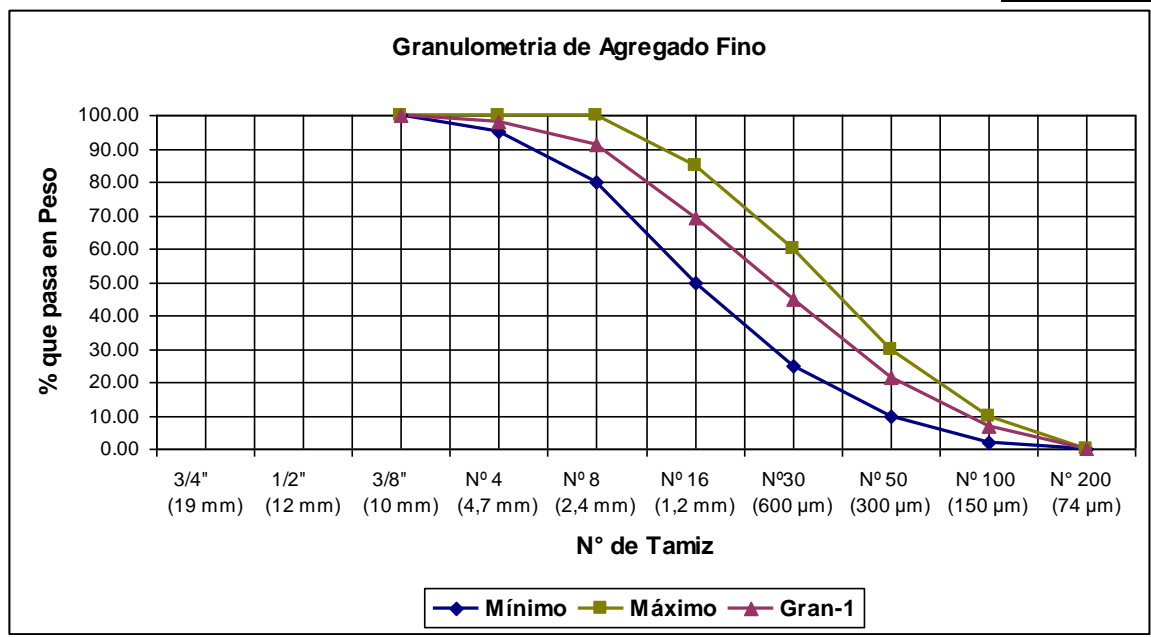


Tabla 4. 4
 Granulometría Nº 1 del Agregado Fino.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma% que pasa ACI 506.1	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00			
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	7.84	1.54	1.54	98.46	95.00	100.00
Nº 8 (2,4 mm.)	31.08	6.10	7.64	92.36	80.00	100.00
Nº 16 (1,2 mm.)	100.14	19.65	27.29	72.71	50.00	85.00
Nº30 (600 µm)	133.86	26.27	53.56	46.44	25.00	60.00
Nº 50 (300 µm)	132.75	26.05	79.61	20.39	10.00	30.00
Nº 100 (150 µm)	76.22	14.96	94.57	5.43	2.00	10.00
Nº 200 (74 µm)	27.67	5.43	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	509.56	100.00				

Módulo de Finura = 2.6

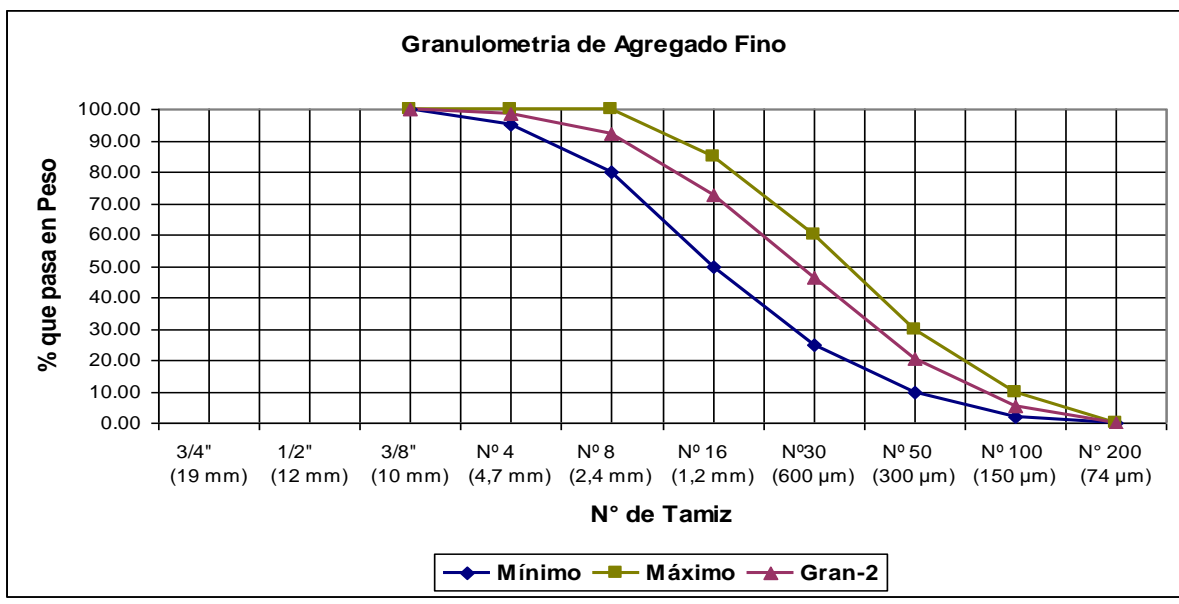


Tabla 4. 5
Granulometría Nº 2 del Agregado Fino.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma% que pasa ACI 506.1	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00			
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	15.80	3.05	3.05	96.95	95.00	100.00
Nº 8 (2,4 mm.)	32.00	6.17	9.22	90.78	80.00	100.00
Nº 16 (1,2 mm.)	87.70	16.92	26.14	73.86	50.00	85.00
Nº30 (600 µm)	136.90	26.41	52.56	47.44	25.00	60.00
Nº 50 (300 µm)	149.50	28.84	81.40	18.60	10.00	30.00
Nº 100 (150 µm)	78.30	15.11	96.51	3.49	2.00	10.00
Nº 200 (74 µm)	18.10	3.49	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	518.30	100.00				

Módulo de Finura = 2.7

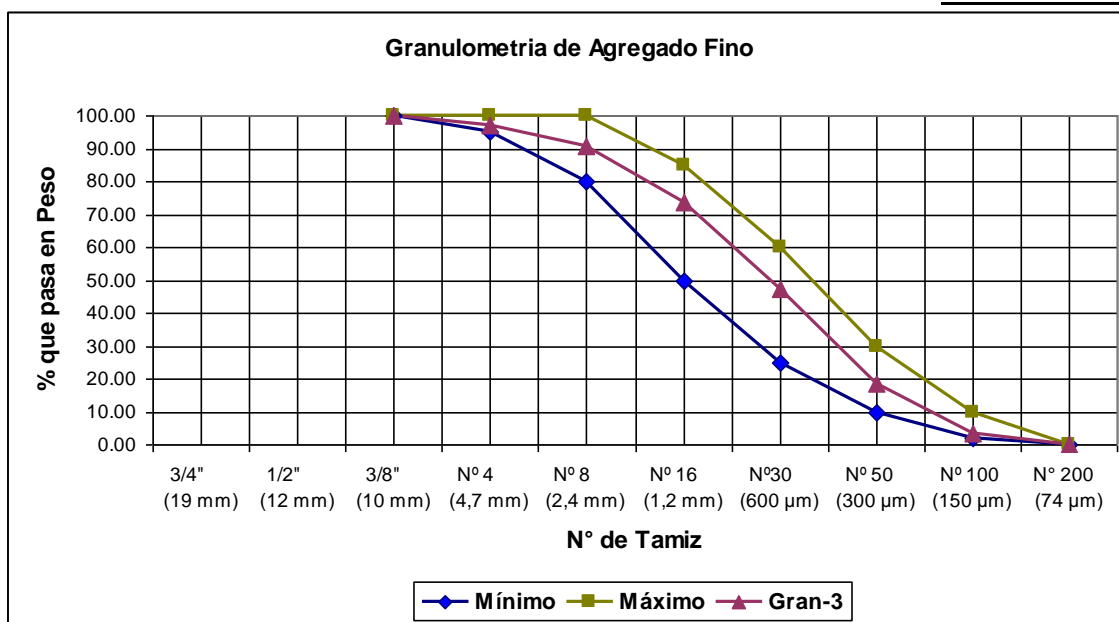


Tabla 4. 6
 Granulometría Nº 3 del Agregado Fino.

4.1.2 PRUEBAS DE IMPUREZAS INORGÁNICAS PARA AGREGADO FINO (A.S.T.M. C-40)²⁶

Este ensayo cubre los procedimientos para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en el agregado fino que serán usados en morteros o concretos hidráulicos. Un procedimiento es usado una solución salina como color estándar y otra usa vidrios de color estándar.

En nuestro caso usaremos el procedimiento de agregar una solución salina para tener un color estándar conocido como “Colorimetría”.

El método es usado en hacer una determinación preliminar de la aceptabilidad del agregado fino debido a que existen cantidades límites de sustancias perjudiciales al concreto, con este ensayo se pretende determinar cualitativamente y nuestro límites estarán basados con los requerimientos de la Especificación A.S.T.M. C 33 relativos a impurezas inorgánicas.

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Botellas de Vidrio Transparente, con sus respectivas tapaderas.
- Cuarteador mecánico para arena.
- Balanza de 0.01gr de precisión.
- Probeta de 1000 ml.
- Agitador de Vidrio.
- Guantes de Hule.
- Soda Cáustica
- Franelas.
- Papel Toalla.
- Carta de colores.

PROCEDIMIENTO:

1. Realizar un muestreo del agregado fino que sea representativa del agregado fino, tomando porciones aleatorios para mejor aceptación de los datos.
2. Se procede a cuartear el agregado fino.

²⁶ Método de Ensayos Estándar para Impurezas en el Agregado Fino para Concreto A.S.T.M. C 40-99

3. Se prepara una solución de 3% de Hidróxido de Sodio en agua (Solución Salina).
4. Llenar una botella de vidrio a un nivel de 130.0 ml (4.5 onzas Fluidas)
5. Agregar la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen de agregado fino y liquido, indicado después de 200.0 ml (7.0 Onzas Fluidas).
6. Cerrar la botella, agitarse vigorosamente.
7. Dejar reposar la mezcla por un periodo de 24.0 Horas
8. Comparar el color de la solución de la muestra con la “carta de colores” de referencia, y anotar el dato.
9. La comparación nos ayuda a concluir con el grado de impurezas que tiene el agregado fino.

Ver Fotografía 4.2



Fotografía 4. 2 Muestra del agregado fino de la prueba de impurezas inorgánicas.

IMPORTANCIA.

Las impurezas orgánicas pueden retrasar el fraguado y el endurecimiento del concreto, pueden reducir el aumento de resistencia, y en casos poco usuales pueden causar deterioros. Impurezas orgánicas tales como las turbas, los humus, y las margas orgánicas tal vez no sean tan nocivas, sin embargo es preferible evitarlas. Los materiales más finos que la malla No. 200, en especial los limos y Las arcillas, pueden estar presentes como polvo suelto y formar una capa alrededor de las panículas de agregado. Aún las capas delgadas de limo o ardua en las partículas de grava pueden

ser perjudiciales porque pueden debilitar la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado. Si ciertos tipos de limo o arcilla están presentes en cantidades excesivas, la cantidad necesaria de agua se tiene que incrementar de manera importante.

4.1.3 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (A.S.T.M. C-128)²⁷

Este método de ensayo cubre la determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino.

Gravedad específica en general es la masa por unidad de volumen de un material expresado en Kg/m^3 (lb/pie^3).

La gravedad específica es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, y también es ocupado para el cálculo de vacíos de los agregados.

Según la condición en que se encuentre el material, así se determinan distintos tipos de peso específico:

a) Densidad Relativa en Masa.

Es la relación entre la densidad del agregado (peso de las partículas de los agregados secadas al horno por unidad de volumen de partículas de agregado, incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluye los vacíos entre ellas) y la densidad del agua a una temperatura declarada; los valores son adimensionales.

b) Densidad Relativa en Masa, en base a la condición de superficie seca saturada.

Es la relación entre la densidad del agregado saturado superficialmente seco (Es el peso de las partículas del agregado por unidad de volumen de los agregados en la cual los poros permeables de las partículas del agregado son llenados con agua y los poros impermeables vacíos, pero no incluyendo los poros entre los agregados) y la densidad del agua a una temperatura declarada.

El peso específico determinado en base a la superficie seca saturada (SSS), es utilizado si el agregado está mojado (el material debe haber estado sumergido durante aproximadamente 24 hrs.). Esto implica que la absorción ha sido satisfecha.

²⁷ Método de Ensayos Estándar para Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino A.S.T.M. C 128-00

c) Densidad Relativa Aparente.

Es la relación entre la densidad aparente del agregado (Es el peso de las partículas por unidad de volumen de la porción impermeables de las partículas del agregado), y la densidad del agua a temperatura declarada.

d) Absorción.

Se define como el peso del agregado debido a la penetración del agua en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito pero no incluye al agua adherida al lado superficial, expresado como porcentaje del peso seco.

Para calcular la absorción es necesario que el agregado se encuentre en contacto con el agua por tiempo suficiente como para satisfacer en su mayoría el potencial absorbente. La absorción estándar en el laboratorio es aquella que se obtiene después de sumergir los agregados secos por espacio de 24 hrs.

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Arena sumergida en agua por espacio de 24 hrs.
- Matraz calibrado para gravedad específica.
- Balanza de 1 Kg. de capacidad ± 0.1 g de precisión.
- Termómetro.
- Un molde metálico
- Un pisón metálico.
- Charolas.
- Horno.
- Cucharas de albañil.
- Placas de material no absorbente.
- Una probeta.
- Un embudo
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE ABSORCIÓN:

1. Se obtiene una muestra de arena, se introduce en agua para su saturación por un periodo de 24 horas.
2. Decantar el exceso de agua, extender la muestra sobre una superficie plana, no absorbente y exponerla a temperatura ambiente, remover frecuentemente para asegurar que el secado sea homogéneo.
3. Para determinar que el material se encuentre en estado “saturado superficialmente seco” (SSS), se realiza la prueba del cono truncado, esta se efectúa de forma continua para encontrar el estado SSS.
4. Después de determinar el estado saturado superficialmente seco se pesa la muestra, luego se deja en el horno por un tiempo de 18 a 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 ° C.
5. Se saca del horno, se deja enfriar hasta que el material se encuentra a temperatura ambiente, posteriormente se pesa y se determina el contenido de humedad y ese es el porcentaje de Absorción.

$$\% \text{ Abs} \cong \frac{(W_{ar(sss)} - W_{ars})}{W_{ars}} \times 100\%$$

Ecuación 4. 6

Donde:

% Abs = Porcentaje de Absorción.

$W_{ar(sss)}$ = Peso de la arena en estado Saturado Superficialmente Seca (SSS).

W_{ars} = Peso de la arena en estado Seco.

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD (GRAVEDAD ESPECÍFICA):

1. Pesar el matraz calibrado más agua parcialmente lleno (W_{ma}).
2. Pesar el matraz más arena seca más agua parcialmente lleno (W_{maar}).
3. Se llena el matraz con agua hasta el cuello, posteriormente se hace el baño de maría, hasta desairar totalmente la muestra.
4. Dejar enfriar hasta obtener temperatura ambiente; posteriormente se hace llegar al nivel de aforo.

5. Se pesa (W_{maarT}), luego se toma la temperatura, con esta se encuentra el peso (W_{mac}) según carta de calibración.

$$W_{ar} \cong W_{maar} - W_{ma}$$

Ecuación 4. 7

$$G_s \cong \frac{W_{ar}}{W_{mac} + W_{ar} - W_{maarT}}$$

Ecuación 4. 8

Donde:

G_s = Gravedad Específica de la arena

W_{ar} = Peso de arena (gr.).

W_{ma} = Peso matraz + agua parcial (grs.).

W_{maar} = Peso matraz + agua + arena parcial (grs.).

W_{mac} = Peso matraz + agua completa (tabla de calibración) (grs.).

W_{maarT} = Peso matraz + arena + agua completa (grs.).

CÁLCULOS

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los ensayos de Gravedad Especifica y de la Absorción para los agregados finos

Se realizaron tres ensayos para cada tipo de Cemento debido ya que a la hora de realizar el mezcla del cemento C-1157, Hubo variación del agregado fino cambiando la Absorción de está ya que era una nueva mezcla de las canteras antes mencionadas.



Fotografía 4. 3 Molde de Cono y Pisón para encontrar el estado de saturada superficialmente seca de la arena

IMPORTANCIA.

La gravedad específica y la absorción se usan en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación- deshielo tengan pesos específicos bajos.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD" Gravedad Especifica y absorción para el agregado fino A.S.T.M. C-128			
PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-150			
Ensayo de Gravedad Especifica			
No de Ensayo	1	2	3
Picnómetro	A	B	C
Peso de Matraz + agua (parcial) gr.	416.20	425.86	429.67
Peso de Matraz + agua + arena (s.s.s.) (parcial) gr.	538.50	558.22	537.25
Peso de Arena (s.s.s.) gr.	122.30	132.36	107.58
Peso de Matraz + agua + arena (s.s.s.) (aforado) gr.	731.40	755.60	738.40
Peso de Matraz según calibración	657.95	675.85	675.15
Temperatura	31.00	34.00	32.00
Gravedad Especifica	2.50	2.52	2.43
Ensayo de Absorción			
Peso de Arena (s.s.s.)	93.45	99.66	95.48
Peso Seco de Arena (gr.)	89.13	94.95	91.08
Absorción%	4.8%	5.0%	4.8%
Promedio de Gravedad Especifica	2.48		
Promedio de Absorción%	4.9%		
PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-1157			
Ensayo de Gravedad Especifica			
No de Ensayo	1	2	3
Picnómetro	A	B	C
Peso de Matraz + agua (parcial) gr.	419.58	478.69	441.23
Peso de Matraz + agua + arena (s.s.s.) (parcial) gr.	532.14	609.45	568.98
Peso de Arena (s.s.s.) gr.	112.56	130.76	127.75
Peso de Matraz + agua + arena (s.s.s.) (aforado) gr.	746.92	784.69	756.58
Peso de Matraz según calibración	679.52	706.00	680.99
Temperatura	32.00	30.00	29.00
Gravedad Especifica	2.49	2.51	2.45
Ensayo de Absorción			
Peso de Arena (s.s.s.)	105.70	116.98	108.21
Peso Seco de Arena (gr.)	99.86	110.15	102.00
Absorción%	5.8%	6.2%	6.1%
Promedio de Gravedad Especifica	2.48		
Promedio de Absorción%	6.0%		

Tabla 4. 7

Datos de Gravedad Específica y Absorción del agregado fino utilizado para cada tipo de Cemento el A.S.T.M C-150 y A.S.T.M. C-1157

4.1.4 DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M. C-29)²⁸

El Peso Volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material durante la prueba; la denominación que se le dará a cada una de ellas será: “Peso Volumétrico Suelto” y “Peso Volumétrico Varillado”.

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.): Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

Peso Volumétrico Varillado (P.V.V.): Conocido también como Peso Volumétrico Compactado, se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales aplicados y que están sujetos al acomodamiento y asentamiento provocados por la segregación, trabajabilidad o transporte del mismo.

Para obtener el valor del peso volumétrico de las arenas deberán estar secados a la intemperie.

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Muestra representativa de arena
- Franelas
- Varilla de punta de bala (5/8", lisa)
- Regla para enrasar
- Un recipiente metálico (Con volumen conocido)
- Balanza de 1 gr. de precisión
- Juegos de pesas
- Cuarteador de arena
- Un Vernier (Pie de Rey)
- Malla N° 4
- Cucharón de Metal
- Cinta métrica

²⁸ Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados

- Charolas de Aluminio y de Metal

PROCEDIMIENTO

1. Dejar el material a la intemperie durante 24 horas para secarlo.
2. Cuartear la arena del hasta obtener un volumen de 150% del volumen del recipiente a ocupar, (La norma nos indica entre 125% hasta 200% del volumen del recipiente.
3. Determinar el peso del recipiente y se cálculo el volumen del mismo.

a) DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

1. Llenar el recipiente con agregado fino desde una altura aproximada de 50 mm. del borde de este, dejando caer la arena hasta que se forme un cono cuyos taludes lleguen al borde de la medida.
2. Enrasar el recipiente en los bordes de la medida de tal manera obtener una superficie plana, tratando de evitar los movimientos bruscos con el engrasador y las vibraciones con el recipiente.
3. Pesar el recipiente con el contenido de arena y anotar su peso.
4. Luego determinar el Peso volumétrico suelto (PVS) según la siguiente formula:

$$PVS \cong \frac{(W_{mars} - W_m)}{V}$$

Ecuación 4. 9

Donde:

W_m = Peso del Molde en Kg.

W_{mars} = Peso del Molde más material suelto en Kg.

V = Volumen del molde en M^3 .

b) DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO

1. Llenar el recipiente en tres capas iguales aproximadamente. Cada capa será compactada o varillado con 25 golpes consecutivos, con la varilla de punta de bala de $\varnothing 5/8"$, tratando de distribuirlos sobre toda la superficie de la muestra, evitando que la penetración de la varilla sobrepase el espesor de la capa.
2. En la última capa la arena se deja por encima de la capacidad del recipiente para poder enrasarlo con la regla metálica.

3. Pesar el recipiente con el contenido de arena y anotar su peso.
4. Después de obtener estos datos se procede a calcular según la siguiente fórmula para el Peso Volumétrico Varillado (PVV).

$$PVV \cong \frac{(W_{mmv} - W_m)}{V}$$

Ecuación 4. 10

Donde:

W_m = Peso del Molde en Kg.

W_{mmv} = Peso del Molde más material varillado en Kg.

V = Volumen del molde en M^3 .

IMPORTANCIA.

El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal varía desde aproximadamente $1,200 \text{ kg}/m^3$ a $1,760 \text{ kg}/m^3$. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla.

CÁLCULOS

Hacer los cálculos de Pesos Volumétricos

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD" Peso Volumétrico Suelto y Varillado para el agregado fino A.S.T.M. C-29 PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-150 Y CEMENTO C-1157			
Peso Volumétrico Suelto			
No de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	1.6000	1.6000	1.6000
Volumen del molde	0.0028	0.0028	0.0028
Peso de molde + arena	5.4760	5.4740	5.4760
Peso Volumétrico Suelto	1384.29	1383.57	1384.29
Peso Volumétrico Varillado			
No de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	1.5950	1.5950	1.5950
Volumen del molde	0.0028	0.0028	0.0028
Peso de molde + arena	5.8130	5.8450	5.8110
Peso Volumétrico Varillado	1506.43	1517.86	1505.71
Promedio del Peso Volumétrico Suelto		1384.05	
Promedio del Peso Volumétrico Varillado		1510.00	

Tabla 4. 8
Datos de Peso Volumétrico Suelto y Varillado

4.1.5 CONTENIDO DE HUMEDAD DE ARENA (A.S.T.M. C-566)²⁹

Este método cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado.

El ensayo es suficientemente exacto para propósitos usuales, tales como ajuste en peso de las cantidades de materiales en una hechura de concreto, por lo tanto debe realizarse con frecuencia, si es posible a diario, ya que el contenido de humedad es muy variable. Este generalmente mide la humedad en la muestra de ensayo más confiablemente que la muestra puede ser hecha para representar el agregado suministrado. En caso donde el agregado es alterado por el calor o donde se requieren medidas más refinadas, el ensayo puede ser dirigido usando un horno de temperatura controlada

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Balanza de 1 gr. de precisión.
- Fuente de calor (Este puede ser un Horno o una Cocina)
- Recipiente para muestra
- Un agitador

PROCEDIMIENTO

1. Se pesan los recipientes para la muestra, estos deben estar vacíos.
2. Se cuartea la arena para conocer su contenido de humedad, asegurándose que el agregado sea representativo a la del material que se ocupara en el concreto.
3. Se pesan los recipientes con la arena húmeda.
4. Se colocan en el horno por un tiempo de 24 horas, o para obtener el resultado más rápido se calienta el material por medio de una cocina, agitándola para que la pérdida de humedad sea homogénea.
5. Para verificar que la arena ha perdido la humedad, con un pedazo de vidrio se coloca sobre la arena y si este se empaña quiere decir que todavía tiene humedad.

²⁹ Método de Ensayo Estándar para contenido de Humedad Total del Agregado por Secado.

6. Cuando el agregado ha perdido toda su humedad, se le toma el peso y se anota.
7. Para calcular la humedad del agregado se utiliza la siguiente formula.

$$W\% = \frac{(W_{hr} - W_{sr})}{(W_{sr} - W_r)} \times 100\%$$

Ecuación 4. 11

Donde:

W_{hr} = Peso húmedo de la arena más recipiente en gr.

W_{sr} = Peso seco de la arena más recipiente en gr.

W_r = Peso del recipiente en gr.

$W\%$ = Contenido de Humedad en porcentaje.

IMPORTANCIA.

Esta propiedad se utiliza en el proporcionamiento de la mezcla del concreto, por lo que se debe de conocer cuando se realice este procedimiento.

CÁLCULOS

Hacer los cálculos para humedad.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"			
PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-150 Y CEMENTO C-1157			
Contenido de Humedad			
No de Ensayo	1	2	3
Peso de Tara	345.02	323.50	369.15
Peso de Tara + arena humedad	436.87	402.77	459.83
Peso de Tara + arena seca	429.89	396.96	452.86
Porcentaje de Humedad	8.22%	7.91%	8.33%
Promedio de Humedad del Agregado Fino	8.15%		

Tabla 4. 9
Datos de Humedad para el agregado fino.

4.2 AGREGADO GRUESO

El agregado grueso utilizado proviene de la “CANTERA S.A. de C.V.” ubicada en San Diego, Dpto. de Libertad. Banco utilizado por la empresa “CONCRETERA SALVADOREÑA S.A. de C.V.”(Ver fotografía 4.4).

Con el objeto de obtener resultados confiables que indiquen un adecuado uso de los agregados en el concreto, se mantendrán las granulometrías iniciales que presentan cada uno de los agregados a utilizar, para el caso del agregado grueso, el tamaño máximo nominal obtenido es de 9.52 mm. (3/8”).



Fotografía 4. 4 Muestra del agregado grueso (Chispa)

4.2.1 ANALISIS GRANULOMÉTRICO (A.S.T.M C-136)

Con respecto al agregado grueso para obtener su granulometría se realiza el mismo procedimiento que se utilizó en las arenas ya que la Norma A.S.T.M. C-136 es un método para el agregado grueso y el agregado fino.

Para los límites de granulometría del agregado grueso también lo define la Norma A.S.T.M. C-33.

En nuestro caso el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 19.0 mm. (3/8pulg) y los requisitos mínimos para una granulometría según especificaciones A.S.T.M. C-33 es (ver Tabla 4.10):

Tamaño Nominal	CANTIDADES MÍNIMAS QUE PASAN CADA MALLA SEGÚN A.S.T.M. C-33				
	12.50 mm. (1/2pulg)	9.50 mm. (3/8pulg)	4.75 mm. (Nº 4)	2.36 mm. (Nº 8)	1.18 mm. (Nº 16)
9.50 mm. a 2.36 mm. (3/8pulg a Nº 8)	100.0	85.0 a 100.0	10.0 a 30.0	0.0 a 10.0	0.0 a 5.0

Tabla 4. 10
Requisitos mínimos para tamaño máximo nominal Según A.S.T.M C-33

IMPORTANCIA.

Para el caso del concreto lanzado se utiliza grava 0 o chispa como se le dice en el medio, con la granulometría de debe tener el cuidado de su curva granulométrica este dentro de los límites que se especifiquen, esto con el objetivo que la mezcla diseñada sea óptima, en economía, vacíos, etc.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma % que pasa (A.S.T.M. C-33) No 8	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00		100.00	100.00
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	85.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	732.10	72.56	72.56	27.44	10.00	30.00
Nº 8 (2,4 mm.)	217.40	21.55	94.10	5.90	0.00	10.00
Nº 16 (1,2 mm.)	35.90	3.56	97.66	2.34	0.00	5.00
Nº30 (600 µm)	23.60	2.34	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	1009.00	100.00				

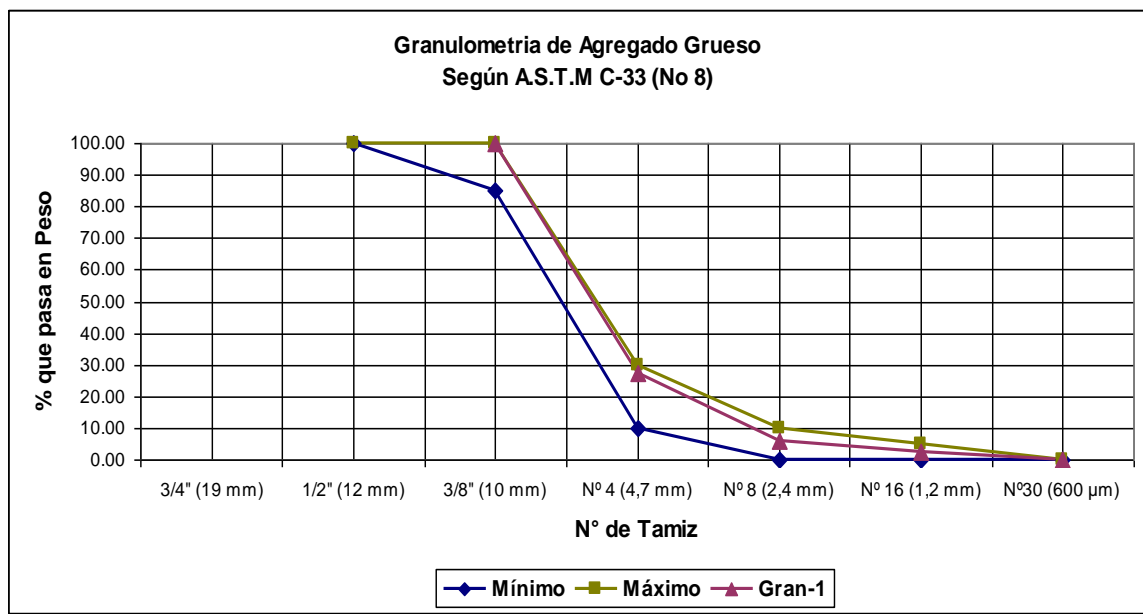
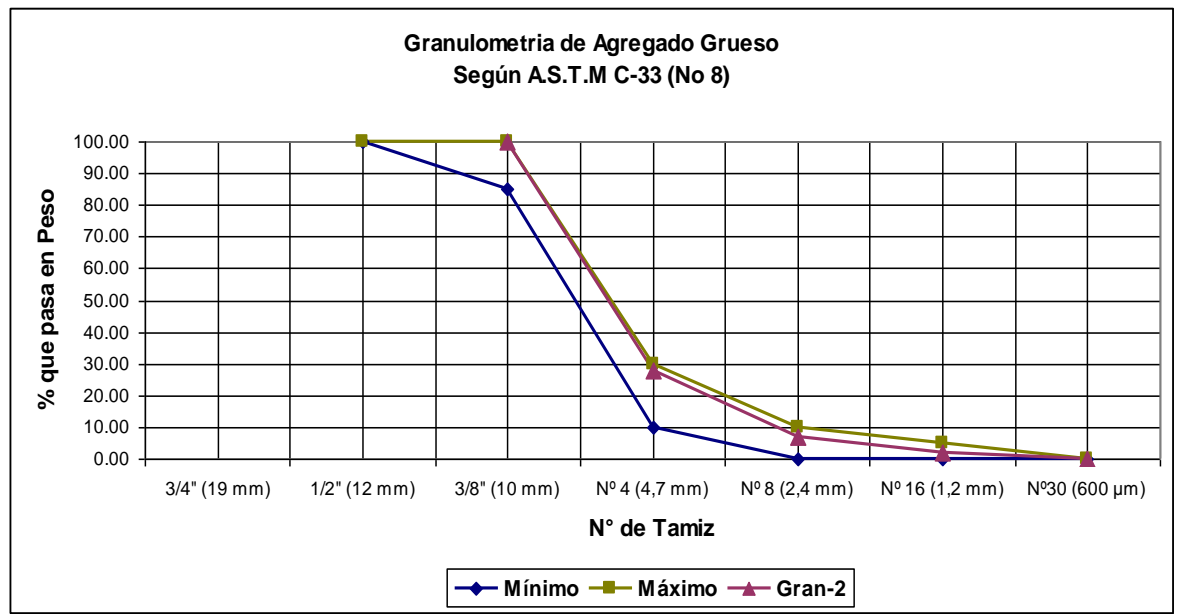


Tabla 4. 11
Granulometría Nº 1 del Agregado Grueso.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

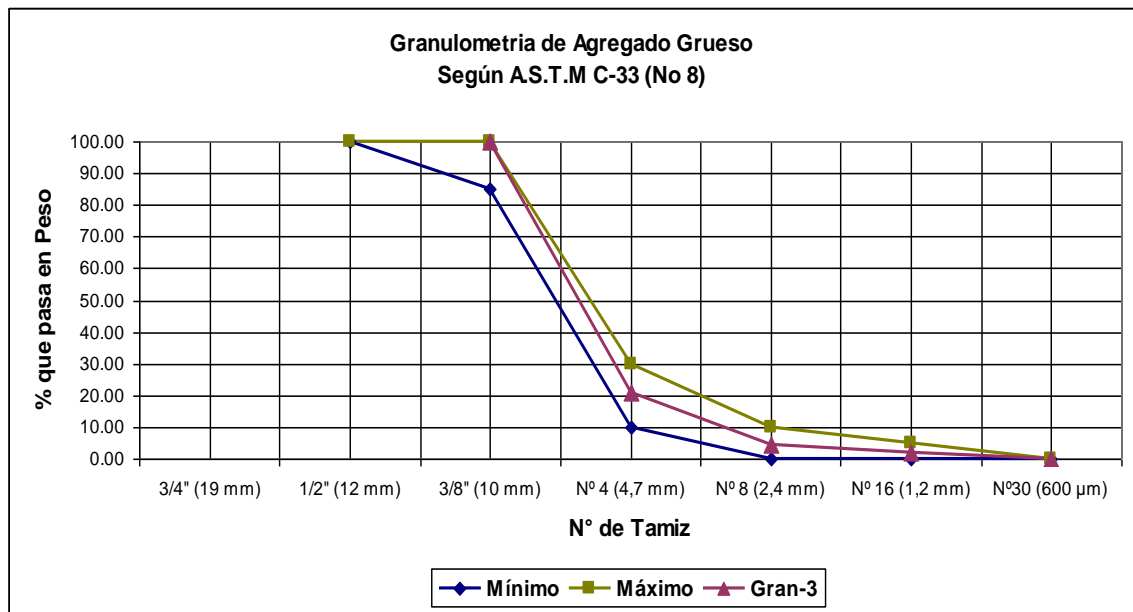
Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma % que pasa (A.S.T.M. C-33) No 8	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00		100.00	100.00
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	85.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	723.50	72.10	72.10	27.90	10.00	30.00
Nº 8 (2,4 mm.)	210.60	20.99	93.09	6.91	0.00	10.00
Nº 16 (1,2 mm.)	49.70	4.95	98.05	1.95	0.00	5.00
Nº30 (600 µm)	19.60	1.95	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	1003.40	100.00				



**Tabla 4. 12
Granulometría Nº 2 del Agregado Grueso.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 TRABAJO DE GRADUACIÓN
 CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Malla	Peso Retenido gr.	% Retenido		% que pasa	Según Norma % que pasa (A.S.T.M. C-33) No 8	
		Parcial	Acumulado		Mínimo	Máximo
3/4" (19 mm.)	0.00	0.00	0.00			
1/2" (12 mm.)	0.00	0.00	0.00		100.00	100.00
3/8" (10 mm.)	0.00	0.00	0.00	100.00	85.00	100.00
Nº 4 (4,7 mm.)	810.20	79.07	79.07	20.93	10.00	30.00
Nº 8 (2,4 mm.)	168.40	16.44	95.51	4.49	0.00	10.00
Nº 16 (1,2 mm.)	27.90	2.72	98.23	1.77	0.00	5.00
Nº30 (600 µm)	18.10	1.77	100.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria=	1024.60	100.00				



**Tabla 4. 13
Granulometría Nº 3 del Agregado Grueso.**

4.2.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (A.S.T.M C-127)³⁰

Este ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad específica de agregado grueso y la absorción del mismo. Las definiciones de gravedades específicas son los mismos conceptos que los utilizados en la prueba de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino A.S.T.M. C 128-00.

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Chispa sumergida por 24 horas.
- Balanza de 5 kg. de capacidad ± 0.5 g. de precisión.
- Dispositivo contenedor de muestra (cesta de alambre No. 6)
- Tanque de agua o pila
- Horno
- Malla No. 4
- Franela.

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA:

1. Obtener una muestra de chispa, se introduce en agua para su saturación por un periodo de 24 horas.
2. Secar la muestra con la franela para absorber todas las capas visibles de agua para que ésta quede en condición de saturada superficialmente seca (W_{SSS}).
3. Obtener del agregado grueso por lo menos 1.0 Kg. para el ensayo en condición superficialmente seca.
4. Pesar el contenedor de muestra.
5. Agregar el agregado grueso al contenedor y sumergirlo en agua totalmente, eliminar todo el aire atrapado en el contenedor mientras este sumergido y pesarlo para obtener su peso aparente.

³⁰ Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso A.S.T.M. C127-01

6. Secar la muestra de prueba en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire y pesarlo (W_S)
7. Realizar el siguiente cálculo para encontrar la Absorción:

$$\text{Abs\%} = \frac{W_{SSS} - W_S}{W_S} \times 100$$

Ecuación 4. 12

Donde:

- Abs%= Absorción del agregado
 W_{SSS} = Peso del agregado Saturado Superficialmente Seco.
 W_S = Peso del agregado Seco.

8. Realizar el siguiente cálculo para encontrar la gravedad específica.

$$GE_{ap} = \frac{W_{ap}}{W_{ap} - W_S}$$

Ecuación 4. 13

Donde:

- GE_{ap} = Gravedad Específica del agregado.
 W_{ap} = Peso aparente del agregado.
 W_S = Peso seco del agregado.

IMPORTANCIA.

La gravedad específica y la absorción se usan en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Generalmente no se le emplea como índice de calidad del agregado, aunque ciertos agregados porosos que exhiben deterioro acelerado a la congelación- deshielo tengan pesos específicos bajos.

CÁLCULOS

<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"</p> <p>Gravedad Especifica y absorción para el agregado grueso A.S.T.M. C-127</p>			
PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO EN CEMENTO C-150 Y C-1157			
Ensayo de Gravedad Especifica			
No de Ensayo	1	2	3
Peso del agregado (s.s.s.) gr	1030.00	1022.00	1038.00
Peso aparente	624.50	614.70	626.10
Peso seco	1010.00	1003.00	1019.00
Gravedad Especifica	2.62	2.58	2.59
Ensayo de Absorción			
Peso del agregado (s.s.s.) gr	1030.00	1022.00	1038.00
Peso seco (gr)	1010.00	1003.00	1019.00
Absorción%	1.98%	1.89%	1.9%
Promedio de Gravedad Especifica		2.60	
Promedio de Absorción%		1.9%	

Tabla 4. 14
Datos de Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso.

4.2.3 DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO (A.S.T.M C-29)

Las definiciones del peso volumétrico es el mismo que se utilizó para el agregado fino ya que están basadas de la misma norma.

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR

- Muestra representativa de arena
- Franelas
- Varilla de punta de bala (5/8", lisa)
- Regla para enrasar
- Un recipiente metálico (Con volumen Conocido)
- Balanza de 1 gr. de precisión
- Juegos de pesas
- Cuarteador de arena
- Un Vernier (Pie de Rey)
- Malla N° 4
- Cucharón de Metal
- Cinta métrica
- Charolas de Aluminio y de Metal

PROCEDIMIENTO

1. Dejar el material secarse a la intemperie durante 24 horas.
2. Cuartear el agregado del hasta obtener un volumen de 150% del volumen del recipiente a ocupar, (La norma nos indica entre 125% hasta 200% del volumen del recipiente).
3. Determinar el peso del recipiente y se cálculo el volumen del mismo.

a) Determinación del Peso Volumétrico Suelto

1. Llenar el recipiente con el agregado desde una altura aproximada de 50 mm. del borde de este, dejando caer el material hasta que se forme un cono cuyos taludes lleguen al borde de la medida.

2. Enrasar el recipiente en los bordes de la medida de tal manera obtener una superficie plana, tratando de evitar los movimientos bruscos con el engrasador y las vibraciones con el recipiente.
3. Pesar el recipiente con el agregado y anotar su peso.
4. Luego determinar el Peso volumétrico suelto (PVS) según la siguiente formula:

$$PVS \cong \frac{(W_{mms} - W_m)}{V}$$

Ecuación 4. 14

Donde:

W_m = Peso del Molde en Kg.

W_{mms} = Peso del Molde más material suelto en Kg.

V = Volumen del molde en M^3 .

b) Determinación del Peso Volumétrico Varillado

1. Llenar el recipiente en tres capas iguales aproximadamente. Cada capa será compactada o varillado con 25 golpes consecutivos, con la varilla de punta de bala de $\varnothing 5/8"$, tratando de distribuirlos sobre toda la superficie de la muestra, evitando que la penetración de la varilla sobrepase el espesor de la capa.
2. En la última capa se deja por encima de la capacidad del recipiente para poder enrasarlo con la regla metálica.
3. Pesar el recipiente con el contenido de arena y anotar su peso.
4. Después de obtener estos datos se procede a calcular según la siguiente formula para el Peso Volumétrico Varillado (PVV).

$$PVV \cong \frac{(W_{mmv} - W_m)}{V}$$

Ecuación 4. 15

Donde:

W_m = Peso del Molde en Kg.

W_{mmv} = Peso del Molde más material varillado en Kg.

V = Volumen del molde en M^3 .

IMPORTANCIA.

La granulometría es importante para lograr una mezcla económica, porque afecta a la cantidad de concreto que puede fabricarse con una cantidad determinada de cemento y agua. Los agregados gruesos deberán llegar al máximo tamaño práctico en las condiciones de trabajo. El tamaño máximo que se pueda usar depende del tamaño y forma del elemento de concreto que se vaya a colar y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo el mismo.

El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal varía desde aproximadamente $1,200 \text{ kg./m}^3$ a $1,760 \text{ kg/m}^3$. El contenido de vacíos entre partículas afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla.

CÁLCULOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"			
Peso Volumétrico Suelto y Varillado para el agregado grueso A.S.T.M. C-29			
PARA DISEÑO DE MEZCLA UTILIZANDO CEMENTO C-150 Y CEMENTO C-1157			
Peso Volumétrico Suelto			
No de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	6.6990	6.6990	6.6990
Volumen del molde	0.0093	0.0093	0.0093
Peso de molde + agregado	19.5990	19.4600	19.4830
Peso Volumétrico Suelto	1387.10	1372.15	1374.62
Peso Volumétrico Varillado			
No de Ensayo	1	2	3
Peso de Molde	6.6990	6.6990	6.6990
Volumen del molde	0.0093	0.0093	0.0093
Peso de molde + agregado	20.2190	20.2330	20.2400
Peso Volumétrico Varillado	1453.76	1455.27	1456.02
Promedio del Peso Volumétrico Suelto		1377.96	
Promedio del Peso Volumétrico Varillado		1455.02	

Tabla 4. 15
Datos del Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Grueso.

4.3 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO.

En esta sección analizaremos la proporción de los agregados que componen el concreto y que éstas deben cumplir los requisitos técnicos como los requisitos económicos.

En nuestro caso son dos diseños de mezclas, una para cada tipo de cemento ya que cada una tiene diferentes especificaciones con en su sistema de producción. También en esta sección no escribiremos el concepto del diseño de mezcla ya que está descrita en el Capítulo III de éste trabajo. Aquí solo describiremos las dosificaciones modificadas debido a la experiencia que se tuvo en campo sin alterar las condiciones iniciales que se desean en este concreto

4.3.1 GENERALIDADES.

Para la dosificación del concreto lanzado según el ACI 506 nos remite al ACI 211 donde se diseña para un concreto convencional en la cual este comité nos clasifica el concreto como un material procesado compuesto por proporciones prefijadas de agregados finos y gruesos con buena granulometría unidos por una masa cementante.

El objetivo del diseño de mezcla es determinar una proporción de los agregados que permita una mezcla óptima es decir económica, segura y practica; y para lograr esto es necesario realizarlo en la práctica para ver si esta cumple con los requisitos técnicos bajo condiciones que se presentan en el proyecto.

4.3.2 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LANZADO.

DISEÑO CON CEMENTO C-150

El primer diseño de Mezcla será utilizando cemento C-150 con los datos obtenidos por los agregados anteriormente (ver Tabla 4.16) y siguiendo la metodología del ACI 506, así como el ejemplo de diseño descrito en el Capítulo III de éste trabajo, también es de tomar en cuenta que para cada diseño de mezcla es de verificar las humedades de los agregados.

<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"</p> <p>Datos adicionales para el diseño de Mezcla con Cemento C-150</p>				
Propiedad	Gravas	Arenas	Cemento	Aditivos
Peso Vol. Suelto (Kg/m ³)	1377.98	1384.04		
Peso Vol. Varillado (Kg/m ³)	1455	1509.93		
Grav. Especifica (SSS)	2.6	2.4	3.15	
Módulo de Finura		2.7		
% de Absorción	1.92	4.9		
% de Humedad	0.5	8.15		
Tamaño máximo nominal	3/8"			
Tipo de cemento			Pórtland CESSA C - 150	

Tabla 4. 16
Datos para el diseño de mezcla con cemento C-150

Otras condiciones para este diseño son:

- Que el revenimiento en el momento que se este ocupando con la maquinaria del concreto lanzado es de 3.0 pulg.

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 1)

Sin Aditivo

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	228.00
Cemento	415.00
Chispa	684.00
Arena	953.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	0.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 7.240

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	228.00		-13.6134	214.39
Cemento	415.00			415.00
Chispa	684.00	-0.0127	-8.6868	675.31
Arena	953.00	0.0234	22.3002	975.30
Aire	0.00			0.00
Aditivo	0.00			0.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	214.39	7.50	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	675.31	23.64	
Arena	975.30	34.14	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	0.00	0.00	

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 8.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2331.00
Contenido de Aire (%) -

Nota: Este diseño de mezcla a simple vista se miraba con bastante fluidez, y un aspecto aspero.

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 17
Datos del ensayo No 1**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 2)

Sin Aditivo

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	220.00
Cemento	400.00
Chispa	684.00
Arena	931.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	0.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 7.240

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	220.00		-13.0986	206.90
Cemento	400.00			400.00
Chispa	684.00	-0.0127	-8.6868	675.31
Arena	931.00	0.0234	21.7854	952.79
Aire	0.00			0.00
Aditivo	0.00			0.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	206.90	7.24	No se le agrego 0.30Kg de agua
Cemento	400.00	14.00	
Chispa	675.31	23.64	
Arena	952.79	33.35	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	0.00	0.00	

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 6.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2224.00
Contenido de Aire (%) 2.20

Nota: Este diseño de mezcla a simple vista se miraba con mucha fluidez y no tiene la trabajabilidad deseada.

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) 5.5000
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2239.00
Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 18
Datos del ensayo No 2

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 3)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	220.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	965.00
Aire	0.00
Aditivo (ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 11.600

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	220.00		-56.527	163.47
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	965.00	0.0670	64.655	1029.66
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	163.47	5.72	Se le agrego 0.64 Kg
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1029.66	36.04	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	87.15	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 2.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2219.00
Contenido de Aire (%) 2.20

Nota: La mezcla estaba muy seca, debido a este fenomeno no se le realizo Remezclado

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 19
Datos del ensayo No 3**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 4)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	220.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	945.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.300

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	220.00		-80.702	139.30
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	945.00	0.0940	88.83	1033.83
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 54.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	139.30	7.52	Se le agrego 1.84 Kg en el proceso
Cemento	415.00	22.41	
Chispa	631.87	34.12	
Arena	1033.83	55.83	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	134.46	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 3.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2193.00
Contenido de Aire (%) 2.50

Nota: La mezcla estaba muy seca, debido a este fenomeno no se le realizo Remezclado

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 20
Datos del ensayo No 4

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 5)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	205.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	950.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.300

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	205.00		-81.172	123.83
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	950.00	0.0940	89.3	1039.30
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 54.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	123.83	6.87	Se le agrego 0.44 Kg en el proceso
Cemento	415.00	22.41	
Chispa	631.87	34.12	
Arena	1039.30	56.12	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	134.46	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 4.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2170.00
Contenido de Aire (%) 0.00

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de
remezclado =

Revenimiento (pulg) 3.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2209.00
Contenido de Aire (%) 3.90

**Tabla 4. 21
Datos del ensayo No 5**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-150 (Prueba No 6)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m ³)
Agua	215.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	940.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.300

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m ³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	215.00		-80.232	134.77
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	940.00	0.0940	88.36	1028.36
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 54.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m ³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	134.77	7.28	
Cemento	415.00	22.41	
Chispa	631.87	34.12	
Arena	1028.36	55.53	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	134.46	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 4.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2193.00
Contenido de Aire (%) 2.50

Nota: Este es la mezcla corregida con la cantidad necesaria de agua para la prueba anterior. Siendo esta la Mezcla definitiva para este tipo de Cemento C-150

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) 3.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2210.00
Contenido de Aire (%) 3.00

**Tabla 4. 22
Datos del ensayo No 6**

El resultado del diseño con cemento C-150 y que cumple con las especificaciones técnicas Y es de la Tabla 4.22. y la dosificación para este tipo de cemento es la siguiente (ver tabla 4.23):

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	215.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	940.00
Aire	0.00
Aditivo (ml)	2490.00

Tabla 4. 23
Dosificación con tipo de cemento C-150 para Concreto Lanzado

DISEÑO DE MEZCLA CON CEMENTO C-1157

En nuestro segundo Diseño de Mezcla será utilizando cemento C-1157 e iniciando con los datos obtenidos en la Tabla 4.16 y el resultado del diseño con cemento C-150 descrito en la Tabla 4.22 de este Capítulo, también es de tomar en cuenta que para el diseño de mezcla es de verificar las humedades de los agregados y que el revenimiento es de 3.0 pulg.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO DE GRADUACIÓN CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"				
Datos adicionales para el diseño de Mezcla con Cemento C-1157				
Propiedad	Gravas	Arenas	Cemento	Aditivos
Peso Vol. Suelto (Kg/m3)	1377.98	1384.04		
Peso Vol. Varillado (Kg/m3)	1455	1509.93		
Grav. Específica (SSS)	2.6	2.4	3.15	
Módulo de Finura		2.7		
% de Absorción	1.92	4.9		
% de Humedad	0.5	8.15		
Tamaño máximo nominal	3/8"			
Tipo de cemento			Pórtland CESSA C - 1157	

**Tabla 4. 24
Datos para el Diseño de Mezcla utilizando Cemento C-1157**

Durante el proceso de diseño de mezcla hubo cambio en el dato de absorción de las arenas y sucedió en la prueba No 9 ver Tabla 4.32

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 1)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	222.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	938.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.300

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	222.00		-80.044	141.96
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	938.00	0.0940	88.172	1026.17
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	141.96	4.97	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1026.17	35.92	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	87.15	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 8.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2187.00
Contenido de Aire (%) 3.80

Nota: Esta dosificación resulto demasiado fluido

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) 7.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2191.00
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 25
Datos del ensayo No 1**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 2)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	215.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	940.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 15.090

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	215.00		-87.658	127.34
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	940.00	0.1019	95.786	1035.79
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	127.34	4.46	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1035.79	36.25	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	87.15	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 4.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2185.00
Contenido de Aire (%) 3.50

Nota: Esta mezcla cumple con los parametros de diseño

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) 3.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2210.00
Contenido de Aire (%) 3.90

**Tabla 4. 26
Datos del ensayo No 2**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 3)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	215.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	940.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 16.700

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	215.00		-102.792	112.21
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	940.00	0.1180	110.92	1050.92
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 54.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	112.21	6.06	Se le agrego 1.30 Kg
Cemento	415.00	22.41	
Chispa	631.87	34.12	
Arena	1050.92	56.75	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	134.46	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 1.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2185.00
Contenido de Aire (%) -

Nota: Se observa demasiada variación con la dosificación No 2 a pesar de ser las mismas proporciones

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 27
Datos del ensayo No 3

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 4)
Con Aditivo (Flowmix 6ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	225.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	930.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 16.700

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	225.00		-101.612	123.39
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	930.00	0.1180	109.74	1039.74
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	123.39	4.32	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1039.74	36.39	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	87.15	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 1.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2175.00
Contenido de Aire (%) -

Nota: A pesar de tener las correcciones de agua de la prueba anterior sigue siendo demasiado seca.

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 28
Datos del ensayo No 4**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 5)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	225.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	930.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 12.700

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	225.00		-64.412	160.59
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	930.00	0.0780	72.54	1002.54
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	160.59	5.62	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1002.54	35.09	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 7.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2091.00
Contenido de Aire (%) 3.90

Nota: Se observa demasiada variación con la dosificación No 4 a pesar de ser las mismas proporciones.

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 29
Datos del ensayo No 5**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 6)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	215.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	940.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 12.700

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	215.00		-65.192	149.81
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	940.00	0.0780	73.32	1013.32
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	149.81	5.24	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1013.32	35.47	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 6.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2163.00
Contenido de Aire (%) 4.50

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 30
Datos del ensayo No 6

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 7)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	205.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	920.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 16.860

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	205.00		-101.904	103.10
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	920.00	0.1196	110.032	1030.03
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	103.10	3.61	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1030.03	36.05	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 3.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2134.00
Contenido de Aire (%) -

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de
remezclado =

Revenimiento (pulg) 2.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2185.00
Contenido de Aire (%) 4.00

**Tabla 4. 31
Datos del ensayo No 7**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 8)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	640.00
Arena	915.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:	Datos de Absorción:
Chispa = <u>0.650</u>	Chispa = <u>1.920</u>
Arena = <u>16.860</u>	Arena = <u>4.900</u>

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	210.00		-101.306	108.69
Cemento	415.00			415.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	915.00	0.1196	109.434	1024.43
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	108.69	3.80	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1024.43	35.86	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg)	<u>3.00</u>	Nota:
Peso Volumetrico (Kg/m³)	<u>2210.00</u>	
Contenido de Aire (%)	<u>-</u>	

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg)	<u>-</u>
Peso Volumetrico (Kg/m³)	<u>-</u>
Contenido de Aire (%)	<u>-</u>

Tabla 4. 32
Datos del ensayo No 8

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

**Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 9)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)**

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	230.00
Cemento	420.00
Chispa	640.00
Arena	920.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 16.860

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 4.900

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	230.00		-101.904	128.10
Cemento	420.00			420.00
Chispa	640.00	-0.0127	-8.128	631.87
Arena	920.00	0.1196	110.032	1030.03
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	128.10	4.48	
Cemento	420.00	14.70	
Chispa	631.87	22.12	
Arena	1030.03	36.05	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 3.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2087.20
Contenido de Aire (%) 2.50

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg) 2.50
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2157.40
Contenido de Aire (%) -

**Tabla 4. 33
Datos del ensayo No 9**

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 10)
 Con Aditivo (Flowmix 6 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	680.00
Arena	880.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	2490.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
 Arena = 14.600

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
 Arena = 6.000

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	210.00		-67.044	142.96
Cemento	415.00			415.00
Chispa	680.00	-0.0127	-8.636	671.36
Arena	880.00	0.0860	75.68	955.68
Aire	0.00			0.00
Aditivo	2490.00			2490.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	142.96	5.00	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	671.36	23.50	
Arena	955.68	33.45	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	2490.00	87.15	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 3.00
 Peso Volumetrico (Kg/m³) 2189.00
 Contenido de Aire (%) 3.70

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de
 remezclado =

Revenimiento (pulg) -
 Peso Volumetrico (Kg/m³) -
 Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 34
Datos del ensayo No 10

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 11)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	680.00
Arena	880.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.600

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 6.000

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	210.00		-67.044	142.96
Cemento	415.00			415.00
Chispa	680.00	-0.0127	-8.636	671.36
Arena	880.00	0.0860	75.68	955.68
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	142.96	5.00	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	671.36	23.50	
Arena	955.68	33.45	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 4.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2163.80
Contenido de Aire (%) 3.60

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de
remezclado =

Revenimiento (pulg) -
Peso Volumetrico (Kg/m³) -
Contenido de Aire (%) -

Tabla 4. 35
Datos del ensayo No 11

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 12)
Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	680.00
Arena	880.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:

Chispa = 0.650
Arena = 14.600

Datos de Absorción:

Chispa = 1.920
Arena = 6.000

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	210.00		-67.044	142.96
Cemento	415.00			415.00
Chispa	680.00	-0.0127	-8.636	671.36
Arena	880.00	0.0860	75.68	955.68
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 35.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	142.96	5.00	
Cemento	415.00	14.53	
Chispa	671.36	23.50	
Arena	955.68	33.45	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	116.20	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg) 6.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2176.00
Contenido de Aire (%) 3.80

Nota:

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de
remezclado =

Revenimiento (pulg) 5.00
Peso Volumetrico (Kg/m³) 2191.00
Contenido de Aire (%) 4.50

Tabla 4. 36
Datos del ensayo No 12

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

CONCRETO LANZADO:

"DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

Cantidad de materiales para el Diseño de Mezcla con Cemento C-1157 (Prueba No 13)
 Con Aditivo (Flowmix 8 ml por kg de cemento)

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	680.00
Arena	880.00
Aire	0.00
Aditivo (en ml)	3320.00

Datos corregidos debido a las humedades de los agregados para un metro cubico

Datos de Humedades:	Datos de Absorción:
Chispa = <u>0.650</u>	Chispa = <u>1.920</u>
Arena = <u>14.680</u>	Arena = <u>6.000</u>

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	H% - Abs%	Corrección	Pesos Corregidos Kg
Agua	210.00		-67.748	142.25
Cemento	415.00			415.00
Chispa	680.00	-0.0127	-8.636	671.36
Arena	880.00	0.0868	76.384	956.38
Aire	0.00			0.00
Aditivo	3320.00			3320.00

Datos para un Volumen de = 54.0 Litros

Componente	Peso Kg (para 1 m³)	Peso para ensayo Kg	Observación
Agua	142.25	7.68	
Cemento	415.00	22.41	
Chispa	671.36	36.25	
Arena	956.38	51.64	
Aire	0.00	0.00	
Aditivo	3320.00	179.28	Esta medida es en ml.

Datos Obtenidos en la Mezcla =

Revenimiento (pulg)	<u>4.50</u>
Peso Volumetrico (Kg/m³)	<u>2191.50</u>
Contenido de Aire (%)	<u>3.00</u>

Nota: Despues de repetir tres veces la misma dosificación damos por definitiva esta proporción para este tipo de Cemento C-1157

Datos Obtenidos en la Mezcla despues de 15 min. de remezclado =

Revenimiento (pulg)	<u>3.50</u>
Peso Volumetrico (Kg/m³)	<u>2198.00</u>
Contenido de Aire (%)	<u>3.50</u>

Tabla 4. 37
Datos del ensayo No 13

El resultado del diseño con cemento C-1157 y que cumple con las especificaciones técnicas, es de la Tabla 4.37. y la dosificación para este tipo de cemento es la siguiente (ver tabla 4.38):

Componente	Peso Kg (para 1 m³)
Agua	210.00
Cemento	415.00
Chispa	680.00
Arena	880.00
Aire	0.00
Aditivo (ml)	3320.00

Tabla 4. 38
Dosificación con tipo de cemento C-1157 para Concreto Lanzado

4.4 PRUEBAS AL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO.

CONCRETO FRESCO.

4.4.1 MEDICIÓN DE TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (A.S.T.M. C-1064 -86)

Esta prueba cubre la determinación de la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado dosificado con cemento Pórtland. Puede usarse para verificar que el concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura.

La temperatura de la mezcla de concreto recién mezclado puede medirse en el equipo de transporte, si es que está cubierto por al menos tres pulgadas (75 mm.) en todas direcciones. Puede además medirse después de vaciar el concreto usando las cimbras como recipiente de contención.

MATERIAL Y EQUIPO

- ✓ Recipiente (Carretilla)
- ✓ Aparato medidor de temperatura
- ✓ Pala

PREPARACION DE LA MUESTRA

1. Inmediatamente antes de obtener la muestra humedecer el recipiente con agua.
2. Tomar muestra de concreto recién mezclado siguiendo la práctica C 172, excepto que no se requieren muestras combinadas si el único propósito de la muestra es determinar la temperatura.
3. Colocar el concreto recién mezclado en la carretilla.

PROCEDIMIENTO

1. Extraer una muestra de concreto recién mezclado de acuerdo a C 172 y colocarlo en una carretilla.

2. Colocar el aparato medidor de temperatura en la mezcla recién mezclada de modo que el termómetro estuviera sumergido al menos 3 pulgadas (75 mm.). Presionar suavemente la superficie del concreto alrededor del termómetro de modo que la temperatura ambiental no afecte la medición.
3. Dejar el termómetro en la mezcla de concreto recién mezclado por un período de 2 minutos, luego se leyó y registró la temperatura.
4. Determinar la temperatura de la mezcla de concreto fresco, dentro de los 5 minutos posteriores a la toma de muestra.

A continuación unas fotografías de dicha prueba:



Fotografía 4.5 Medición de Temperatura al concreto usando cemento C-150



Fotografía 4.6 Medición de Temperatura usando cemento C-1157

IMPORTANCIA.

El hecho de controlar esta característica es de fundamental importancia debido a que esta propiedad puede afectar la trabajabilidad (perdida de revenimiento al elevarse la temperatura), además nos indica el tiempo de fraguado del concreto, y al colocarse concreto a altas temperaturas se corre el riesgo de que se fisure o se agriete el elemento.

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

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA
PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

MEDICION DE TEMPERATURA DEL CONCRETO RECIENTE MEZCLADO

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 05/NOV/2005

MUESTRA N°	TEMPERATURA (°C)	OBSERVACIONES
1	30.5	CEMENTO C-150
2	32	CEMENTO C-1157
OBSERVACIONES		

Tabla 4. 39
Datos de Temperatura del Concreto

4.4.2 PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO (A.S.T.M. C 231-91 b)

Este método cubre la determinación del contenido de aire de concreto recién mezclado mediante del cambio de volumen de concreto con cambios de presión. Este método de prueba es para usarse con concretos y morteros hechos con agregados densos, no es aplicable a concretos de agregados ligeros, escorias de fundición enfriadas por aire o agregados con alta porosidad. La prueba intenta determinar la cantidad de aire recién mezclado exclusivo de cualquier aire que puedan contener las partículas de los agregados.

MATERIAL Y EQUIPO

- ✓ Medidor tipo A: Un medidor que consiste en un recipiente de medir y una sección superior que lo cubre (Fotografía 4.7). La forma en que trabaja este medidor consiste en igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara de aire hermética con el volumen de aire desconocido de la muestra de concreto.
- ✓ Tazón de medición: Debe ser de forma cilíndrica, estar hecho de acero u otro material duro que no reaccione con la pasta de cemento, con un diámetro mínimo de 0.75 a 1.25 veces su altura y una capacidad de al menos 0.006 m^3 . Debe tener un borde en la parte superior para poder cerrarlo herméticamente con la sección superior.
- ✓ Sección Superior: Debe estar hecha de acero o de otro metal duro que no reaccione con la pasta de cemento. Debe tener un borde en la parte inferior para cerrar herméticamente el aparato. Al igual que el tazón de medición sus superficies interiores deben tener un terminado suave y ser de forma tal que haya espacio para aire por arriba del nivel superior del recipiente de medición. La tapa debe tener un indicador directo del contenido de aire, con una escala para medir un rango de contenido de aire de al menos 8%, con una precisión de 0.1%. La sección superior debe tener válvulas de aire a presión, válvulas de

escape de aire y llaves para quitar y agregar aire. Como accesorio debe tener una bomba manual.

- ✓ Varilla de apisonado: Esta debe ser redonda, de acero de 5/8" de diámetro y no menor de 16" de longitud, teniendo el extremo redondo o hemisférico, con diámetro de 5/8".
- ✓ Martillo de hule.
- ✓ Placa para remover exceso de concreto.
- ✓ Recipiente para el agua.

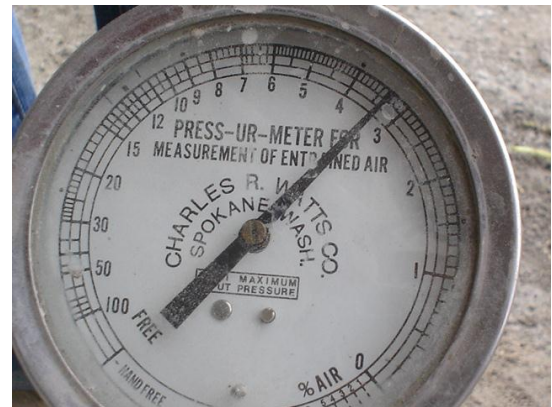
PROCEDIMIENTO

1. Obtener una muestra de concreto recién mezclado de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C-172.
2. Humedecer el interior del recipiente y Colocarlo en una superficie plana, firme y nivelada; para luego llenar el recipiente en tres capas iguales; cada capa se compactó 25 veces con la varilla de apisonado, golpeando a la vez cada capa con el martillo de hule de 10 15 veces para cerrar cualquier hueco que haya quedado y para liberar burbujas de aire atrapadas.
3. Retirar el exceso de concreto ya sea con la varilla de apisonado o con la placa para remover el exceso de concreto.
4. Limpiar bien los bordes del recipiente y de la cubierta para que cuando ésta se una al recipiente cierre herméticamente, ensamble al aparato.
5. Cerrar la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición, y luego abrir ambas llaves de desagüe que se encuentran en los hoyos de la cubierta.
6. Con la bomba manual inyectar agua a través de una de las llaves de desagüe hasta que el agua salga por la otra llave de desagüe.
7. Mecer el medidor hasta que salga todo el aire por la misma llave de desagüe.

8. Cerrar la válvula de escape de aire entre la cámara de aire y bombear aire en la cámara hasta que el indicador de presión llegue a la línea de presión -2%.
9. Estabilizar el indicador a la presión inicial golpeándolo ligeramente.
10. Cerrar las dos llaves de desagüe en los hoyos de la cubierta.
11. Abrir la válvula de aire entre la cámara de aire y el recipiente de medición, golpear firmemente los lados del recipiente para equilibrar la presión interna.
12. Golpear suavemente el indicador de presión para estabilizar la aguja y leer el porcentaje de aire y anotar.
13. Limpiar el equipo y desechar el concreto utilizado.



Fotografía 4.7 Equipo de medición para el contenido de aire del concreto



Fotografía 4.8 Dato de contenido de aire del concreto obtenido en la prueba con Cemento C-1157

IMPORTANCIA.

Esto se hace a manera de comprobación, ya que se compara con el valor de diseño, además, la inclusión de aire aumenta la trabajabilidad del concreto, también si el valor se encuentra muy alto, puede que el peso volumétrico del concreto este bajo comparado con el de diseño, y no se alcance los resultados esperados, en resistencia u otra propiedad.

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

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA
PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE AIRE POR EL METODO DE PRESION

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 05/NOV/2005

MUESTRA N°	CONTENIDO DE AIRE ESPERADO	CONTENIDO DE AIRE MEDIDO
1	3.5%	3%
2	3.5%	3.3%

OBSERVACIONES: *MUESTRA N° 1 ES CON CEMENTO A.S.T.M. C-150
* MUESTRA N° 2 CON CEMENTO A.S.T.M. C-1157

Tabla 4. 40
Datos de Contenido de Aire del Concreto

4.4.3 REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO (A.S.T.M. C 143)

Esta prueba cubre la determinación del revenimiento del concreto de cemento hidráulico, en el laboratorio y en el campo. Este método fue originalmente desarrollado para proporcionar una técnica para monitorear la consistencia de un concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado para incrementar proporcionalmente el contenido de agua de una mezcla de concreto dada, y por lo tanto ser inversamente vinculado con la resistencia del concreto. Bajo condiciones de campo, sin embargo, como una relación de resistencia no está clara y consistentemente demostrado.

EQUIPO

- ✓ Moldes: el molde tendrá la forma en la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulg. de diámetro, en la parte superior 4 pulg. de diámetro y una altura de 12 pulg. El molde estará provisto con piezas para el pie y agarradero, así como de una base provista de sujetadores dispuestos para que pueda quitarse completamente sin mover el molde y además esta debe ser grande para contener todo el concreto del revenimiento.
- ✓ Apisonador: será una varilla de acero recta y lisa de 5/8 pulg. (16 mm.) de diámetro y aproximadamente 24 pulg. (600 mm.) de longitud, teniendo un extremo o ambos redondeado de tipo semiesférico con diámetro de 5/8 pulg. (16 mm.).
- ✓ Cucharón.

MUESTRA

La muestra a utilizar debe ser representativa de la revoltura y debe ser obtenida de acuerdo a la práctica C 172.

PROCEDIMIENTO

1. Humedecer el molde y colocarlo sobre una superficie plana, húmeda y no absorbente. Sujetarlo firmemente en su lugar durante el llenado, colocándose sobre las dos piezas para pie. De la muestra de concreto obtenida llenar el molde en tres capas, cada una de aproximadamente un tercio del volumen del molde.
2. Apisonar cada capa con 25 golpes de la varilla, distribuyendo sobre la sección de la capa. Para la capa inferior será necesario inclinar la varilla ligeramente y hacer aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro y luego avanzar espiralmente con golpes verticales hacia el centro. La capa inferior se apisona en todo su espesor. La segunda capa y la superior, cada una a través de su espesor, de tal manera que los golpes penetren ligeramente en la capa inferior.
3. En la última capa, acumular el concreto sobre el molde antes de iniciar el apisonado, si luego de esto hace falta concreto para llenar el molde, agregar concreto para mantener un exceso sobre ese borde todo el tiempo.
4. Alisar la superficie de concreto por medio de rodadura de la varilla. Inmediatamente remover el molde del concreto, levantando cuidadosamente en dirección vertical. Levante el molde a una distancia de 12 pulg. (300 mm.) en 5 ± 2 segundo mediante un movimiento uniforme hacia arriba, sin movimiento lateral o torcional. El ensayo completo desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde, deberá hacerse sin interrupción y terminarse en un lapso de tiempo de $2 \frac{1}{2}$ minutos.
5. Medir inmediatamente el revenimiento, determinando la diferencia vertical entre el borde del molde y el centro original desplazado de la cara superior del espécimen. Si ocurre una decidida caída o cortante del concreto de un lado o porción de la masa, descarte el ensayo y haga uno nuevo con otra porción de la muestra. El revenimiento se mide en términos de pulgadas (milímetros) con una precisión de $\frac{1}{4}$ pulg. (5 mm.) de hundimiento del espécimen durante el ensayo.
6. Limpiar todo el equipo utilizado.

Fotografías de la Prueba de revenimiento realizadas para los tipos de cemento



Fotografía 4.9 Prueba de revenimiento realizada en el de concreto con cemento C - 150



Fotografía 4.10 Resultado de revenimiento para el concreto con cemento C - 150, realizado en campo.



Fotografía 4.11 Prueba de revenimiento realizado en el diseño de concreto con cemento C - 1157.



Fotografía 4.12 Resultado de revenimiento para el concreto con cemento C - 1157, realizada en campo.

IMPORTANCIA.

Este es una prueba que nos indica la trabajabilidad de una mezcla y en el concreto lanzado es un factor muy importante ya el equipo con el que se coloca este concreto nos indica el revenimiento. Y si no se controla, el equipo puede tener obstrucciones y no se puede llevar acabo el colado.

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

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA
PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

REVENIMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRAULICO

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 05/NOV/2005

MUESTRA N°	REVENIMIENTO ESPERADO (Pulg)	REVENIMIENTO MEDIDO (Pulg)
1	3	3
2	3	1

OBSERVACIONES: *MUESTRA N° 1 ES CON CEMENTO A.S.T.M. C-150
* MUESTRA N° 2 CON CEMENTO A.S.T.M. C-1157

Tabla 4. 41
Datos de Revenimiento del Concreto

4.4.4 DENSIDAD (PESO UNITARIO) EN UNA MEZCLA DE CONCRETO (A.S.T.M. C 138-01)

Este ensayo cubre la determinación de la densidad o peso unitario en mezclas de concreto fresco. La densidad del concreto es la terminología usada para describir la propiedad correspondiente a la masa por unidad de volumen.

La densidad teórica es, por costumbre, una determinación de laboratorio, el valor para el cual es asumido para permanecer constante para todas las revolturas hechas usando idénticos ingredientes y proporciones.

EQUIPO

- ✓ Balanza de 0.1 g de precisión
- ✓ Varilla de apisonado: será una varilla de acero redonda, con un diámetro de 5/8" (16 mm.) y aproximadamente 24" (600 mm.) de longitud, con uno de los extremos redondeados en forma de media esfera, con diámetro de 5/8".
- ✓ Recipiente para medir: un recipiente cilíndrico de acero u otro metal adecuado, que no sea fácilmente atacado por la pasta de cemento; pueden usarse materiales reactivos tales como aleaciones de aluminio. La capacidad mínima del recipiente medidor estará de acuerdo con los requisitos de la tabla 4.42, basado en el tamaño máximo nominal del agregado en el concreto a ser ensayado.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad del Recipiente	
Pulgadas	mm.	Pie ³	Litros
1	25	0,2	6
1½	37,5	0,4	11
2	50	0,5	14
3	75	1	28
4½	112	2,5	70
6	150	3,5	100

Tabla 4. 42
Tabla de Capacidad de los Recipientes

- ✓ Placa de enrasado: una placa metálica rectangular, plana y de al menos $\frac{1}{4}$ " (6 mm.) de espesor o una placa de vidrio o acrílico de al menos 2" (50 mm.) mayor que el diámetro del medidor con el cual se use. Los bordes de la placa deberán ser rectos y lisos con una tolerancia de $\frac{1}{16}$ " (2 mm.).
- ✓ Martillo de hule.

MUESTRA

Obtener la muestra de concreto de acuerdo con la práctica C 172.

PROCEDIMIENTO

1. Medir las dimensiones necesarias del recipiente para determinar su volumen.
2. Pesar el recipiente y anotar.
3. Colocar el concreto en el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con 25 golpes de varilla cuando son usados recipientes de 0.5 pie^3 (14 L) o menores, y con 50 golpes cuando se usen recipientes de 1 pie^3 (28 L), y un golpe por cada 3 pulg^2 (20 cm^2) de superficie para recipientes más grandes. La capa inferior se debe apisonar en su totalidad, sin golpear con fuerza el fondo del recipiente. Los golpes se deben distribuir uniformemente sobre cada capa. Para las dos capas restantes penetre aproximadamente 1" (25 mm.) en la capa inferior. Después de apisonar cada capa, golpear suavemente los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de hule, esto con el objeto de cerrar huecos que haya dejado la varilla de apisonamiento y liberar burbujas de aire atrapadas. Añada la última capa evitando sobrellenar el recipiente.
4. Remover el excedente de concreto de la superficie, con ayuda de la placa de perfilado teniendo cuidado de dejar el recipiente adecuadamente lleno y nivelado. La remoción y aplanado se logra mejor presionando la placa de perfilado sobre la superficie del recipiente y retirando la placa con movimiento a manera de serrucho sobre el área cubierta. Varias pasadas con el borde de la placa inclinado producirán un acabado liso.

5. Limpiar los lados exteriores del recipiente para eliminar el concreto adherido.
6. Determinar la masa del concreto + recipiente y anotar.

CÁLCULOS

1. Determinar el peso unitario del concreto fresco de la siguiente forma:

$$\gamma = m / v$$

Ecuación 4. 16

Donde:

γ = Peso unitario del concreto (Kg/m³)

m= masa del concreto fresco (Kg)

v= Volumen del recipiente (m³)



Fotografía 4. 13 Muestra de Peso Volumétrico en la mezcla de concreto para el tipo de Cemento C-150.



Fotografía 4. 14 Muestra de Peso Volumétrico en la mezcla de concreto para el tipo de Cemento C-1157.

IMPORTANCIA.

Esta es una propiedad que se controla, en primer lugar como un parámetro de comparación entre el tomado en campo y el diseñado, pero mas importante es por que si su resultado es mayor al de diseño se esta produciendo mas concreto y en caso contrario se produce menos concreto. También es un indicador del contenido de aire.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO EN ESTADO FRESCO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

HOJA N°:

FECHA DE ENSAYO: 05/NOV/2005

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (Kg)	PESO RECIPIENTE+ CONCRETO (Kg)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m³)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m³)	OBSERVACION
1	4,35	20,01	0,00701	2234,0	CEMENTO C-150
2	4,35	20,01	0,00701	2234,0	CEMENTO C-1157

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 43
Datos de Peso Volumétrico del Concreto

4.4.5 ELABORACIÓN Y CURADO EN EL LABORATORIO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO PARA ENSAYO (A.S.T.M. C 192M-02)

Con esta práctica se cubre la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo controles precisos de materiales y condiciones de ensayo, usando concreto que puede ser consolidado por varillado o vibrado.

Si la preparación del espécimen es controlado como se estipula aquí, los especímenes pueden ser usados como información para los siguientes propósitos: La proporción de la mezclas para proyectos de concreto, evaluación de diferentes mezclas y materiales, correlación con ensayos no destructivos, suministrar especímenes para propósitos de investigación.

EQUIPO

- ✓ Moldes en general: los moldes para especímenes o sujetadores que están en contacto con el concreto pueden ser hechos de acero, hierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con cemento Pórtland u otros cementos hidráulicos. Deben ser provistos los medios para mantener los platos de las bases unidos firmemente a los moldes. Los moldes reusables serán ligeramente cubiertos con aceite mineral o un adecuado material desmoldante no reactivo antes de su uso. Los cilindros para ensayos de esfuerzo de compresión, módulo de elasticidad de Young, movimiento de longitudinal y esfuerzo de tensión por partidura, pueden ser de 2 pulg. (50 mm.) de diámetro por 4 pulg.(100 mm.) de longitud. Cuando se desea una correlación o comparación con cilindros elaborados en el campo, los cilindros serán de 6 por 12 pulg.(150 por 300 mm.).
- ✓ Barra de apisonado: serán redondas, de barra de acero recta con al menos el extremo de apisonado redondeado con la punta semiesférica del mismo diámetro de la barra, ambos extremos pueden ser redondeados si se prefiere. Las barra serán de diámetro 5/8" pulg.(16 mm.) y aproximadamente de 24 pulg. (600 mm.)

de longitud, y otra de diámetro 3/8" pulg.(10 mm.) y aproximadamente 12 pulg. (300 mm.) de longitud.

- ✓ Martillo de hule.
- ✓ Cucharón.
- ✓ Cuchara de albañil.
- ✓ Carretilla.

PROCEDIMIENTO

- ✓ Preparar la mezcla de concreto de acuerdo a indicaciones de mezclado.
 - ✓ Moldear los especímenes tan cerca como sea posible al sitio donde ellos están siendo almacenados durante las primeras 24 horas. Si no es posible el moldeo cerca del lugar donde serán almacenados moverlos al sitio de almacenamiento inmediatamente después de haber sido enrasados. Evitar el sacudido, golpe, inclinación o rallar la superficie de los especímenes en el traslado al lugar de almacenamiento.
1. Descargar el concreto elaborado en una carretilla previamente humedecida y homogenizar.
 2. Colocar el concreto en los moldes con la ayuda del cucharón. Mueva el cucharón alrededor del borde superior del molde cuando el concreto es vertido para asegurar una distribución simétrica de este y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde.
 3. Distribuir el concreto con la barra apisonadora antes de iniciar la consolidación. En la última capa tratar de añadir una cantidad de concreto que llene exactamente el molde después de consolidar.
 4. Como se usaron cilindros de 6 por 12 pulg. se consolidaron por medio de varillado en tres capas de aproximadamente igual volumen. Varillar cada capa con 25 golpes, la capa inferior se debe apisonar en su totalidad. Los golpes se deben distribuir uniformemente sobre cada capa. Para las dos capas restantes

penetre aproximadamente 1" (25 mm.) en la capa inferior. Después de apisonar cada capa, golpear suavemente los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de hule, esto con el objeto de cerrar huecos que haya dejado la varilla de apisonamiento y liberar burbujas de aire atrapadas.

5. Terminar la superficie del concreto con la ayuda de la cuchara de albañil, previamente enrasada con la varilla de apisonar. Ejecutar todos los acabados con el mínimo de manipulación necesario para producir una superficie plana que es nivelada con el anillo o borde del molde y el cual no posee depresiones o proyecciones mayores de 1/8 pulg. (3 mm.).
6. Remover el concreto alrededor de los moldes.
7. Remover los especímenes de los moldes 24±8 horas de elaborados.
8. Colocar los especímenes en un cuarto húmedo o pila de almacenamiento de agua.



Fotografía 4. 15 Elaboración de cilindros



Fotografía 4. 16 Cilindros finalizados

IMPORTANCIA.

Los cilindros se hacen con el objeto de luego ser ensayados luego y así determinar propiedades como la resistencia a la compresión, peso volumétrico y su masa. En

algunos ocasiones los cilindros son la única forma de comprobar la resistencia del concreto, para el caso del concreto lanzado se tienen los núcleos y se puede establecer una correlación entre ambos. El curado se hace por inmersión y juega un papel importante ya que de no curarse no se reflejarían las condiciones de campo aunque no en su totalidad

CONCRETO ENDURECIDO

4.4.6 OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS TALADRADOS (A.S.T.M. C 42-03)

El ensayo cubre la obtención, preparación y ensayo de núcleos taladrados de concreto para la determinación de la longitud o resistencia a la compresión. Generalmente los especímenes son extraídos cuando existe duda acerca de la calidad del concreto en el lugar a ensayos con resultados de baja resistencia durante la construcción o signos de peligro en la estructura. Otro uso es para proporcionar información sobre esfuerzos en estructuras viejas.

La resistencia del concreto medido por ensayos de núcleos es afectado por la cantidad y distribución de humedad en el espécimen al momento del ensayo. No hay un procedimiento estándar para condiciones de un espécimen que asegure que, al momento del ensayo, estará en idéntica condición de humedad como el concreto de la estructura.

No hay una relación universal entre la resistencia a compresión de un núcleo y la correspondiente resistencia a compresión de cilindros moldeados y curados en forma estándar. La relación es afectada por varios factores tales como el nivel de esfuerzos del concreto, la temperatura del lugar y la historia de la humedad y la resistencia ganada característico del concreto. Históricamente se ha asumido que la resistencia del núcleo es generalmente 85% de la correspondiente resistencia de cilindros curados estándar, pero esto no es aplicable a todas las situaciones.

EQUIPO

- ✓ Perforadora de núcleos.
- ✓ Sierra: para recortar los extremos del núcleo.

MUESTREO

Las muestras de concreto endurecido para uso en preparación del espécimen de prueba para resistencia no deberán ser tomadas hasta que el concreto se ponga bastante duro para permitir que la muestra se remueva sin perturbar el enlace entre el mortero y el agregado grueso. Las muestras que han sido dañadas durante la remoción no deberán ser usadas a menos que la porción dañada sea removida y el espécimen de prueba resultante sea de una longitud apropiada.

Un núcleo será taladrado perpendicular a la superficie y no cerca de juntas o bordes de un elemento o depósito. Registrar y reportar el ángulo aproximado entre el eje longitudinal del núcleo y el plano horizontal del concreto como fue colocado.

NÚCLEOS PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- ✓ Diámetro: para la determinación de la resistencia a la compresión en cargas de soporte de miembros estructurales será de al menos 3.7 pulg. Para miembros estructurales no portantes o cuando es imposible obtener núcleos con relación longitud/diámetro igual o mayor que 1, diámetros del núcleo menores de 3.7 pulg. no son prohibitivos. Para concreto con agregados de tamaño máximo nominal mayor o igual a 1½ pulg., el diámetro del núcleo será ordenado por el especificador de los ensayos.
- ✓ Longitud: la longitud preferida del espécimen cabeceado es entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro. Si la relación (L/D) excede 2.1, reduzca la longitud del núcleo como para que la relación del espécimen cabeceado este entre 1.9 y 2.1. Núcleos con relación (L/D) igual o menor que 1.75 requiere corrección para la medida de la resistencia. Un factor de corrección de resistencia no se requiere para L/D mayores de 1.75. Un núcleo que tiene una longitud máxima de menos del 95% de su diámetro antes del cabeceado o una longitud menor que su diámetro después de cabeceado con los extremos desgastados no deberán ser ensayados.}

Relación (L/D)	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor de corrección	0.98	0.96	0.93	0.87

Tabla 4. 44
Factores de corrección para resistencia a la compresión

- ✓ Condiciones de humedad: después de taladrados esperar que se evapore la humedad superficial, ya sea que el proceso de taladrado haya sido con o sin agua; para luego colocarlos en bolsas plásticas o recipientes no absorbentes y sellados para prevenir la pérdida de humedad. Se debe permitir que los núcleos permanezcan en bolsas plásticas selladas o recipientes no absorbentes por al menos 5 días después del último humedecimiento y antes del ensayo, a menos que se estipule de otra manera.

Cuando se dan direcciones para ensayar núcleos en una condición húmeda y se lleve a cabo por otra condición de acuerdo al párrafo anterior, reportar el procedimiento alternativo.

En este caso de acuerdo al ACI 506.2-4 numeral 1.6.3.2 se dejaron curando los núcleos por un período de 48 antes de la prueba de compresión.

- ✓ Cabeceado: si los núcleos no cumplen con los requisitos de perpendicularidad y planeidad serán aserrados para reunir aquellos requerimientos o cabeceados. En nuestro caso primero de esmerilaron los núcleos y posteriormente fueron cabeceados.
- ✓ Medidas: antes del ensayo medir la longitud de los especímenes cabeceados con una precisión de 0.1 pulg. (2 mm.) y use esta longitud para calcular la relación (L/D). Determine el diámetro promedio de dos mediadas efectuadas en ángulo recto a cada una en la media altura del espécimen.
- ✓ Ensayo: ensayar los especímenes de acuerdo al método de ensayo C 39/C 39 M. *Ensayar el espécimen después de 7 días de extraído, a menos que se especifique lo contrario.*

IMPORTANCIA.

Para el concreto lanzado es la forma en que se evalúan algunas de sus propiedades como por ejemplo la resistencia a la compresión que este caso, los núcleos deberían ser una obligación por que es esta la manera en como se evalúa el concreto lanzado y no necesariamente con cilindros



Fotografía 4.17 Extracción de Núcleos a paneles de Concreto Lanzado.



Fotografía 4.18 Muestras de Núcleos extraídos de un panel de Concreto Lanzado



Fotografía 4.19 Ensayo de Extracción de Núcleos



Fotografía 4.20 Muestra de panel donde se extrajeron Núcleos

4.4.7 MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO Y RELACIÓN DE POISSON DEL CONCRETO (A.S.T.M. C-597)

Este ensaye cubre la determinación del módulo de elasticidad secante (de Young) y la relación de Poisson en cilindros de concreto moldeados y núcleos de concreto taladrados por medio de ensayo no destructivo.

EQUIPO

- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Balanza o báscula de precisión 1Kg
- ✓ Balanza de precisión 0.1 g
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pie de rey
- ✓ Cortadora

PREPARACION DE ESPECÍMENES

- a. Cilindros moldeados: deben estar curados de acuerdo a lo especificado y ensayados de acuerdo a la edad para la cual se desea la información de elasticidad. Serán ensayados una hora después de removerlos del curado y se mantendrán en una tela húmeda en el intervalo de remoción y ensayo; antes del ensayo se procedió a esmerilar aquellos cilindros que no cumplían con los requisitos de planeidad.
- b. Núcleos taladrados: solamente se usaran los taladrados con broca de diamante que posean relación l/d mayor que 1.5. Los requerimientos de curado y condiciones previas al ensayo son las mismas que para cilindros moldeados. Al igual que los cilindros moldeados, los núcleos taladrados se esmerilaron.

PROCEDIMIENTO

1. Después de preparar los especímenes se procedió a pesar cada uno de los núcleos y de los cilindros, así como a tomar sus dimensiones diámetros y alturas.
2. Calcular los pesos volumétricos en lb/pe³, y convertir las alturas a pulgadas.
3. Calibrar el equipo de ensayo.
4. Colocar gel a los especímenes y a los transductores.
5. Colocar los transductores en los extremos del espécimen, tratando que sea en el centro de cada extremo.
6. Ingresar peso volumétrico del espécimen ensayado.
7. Ingresar altura del espécimen ensayado.
8. Leer y registrar valor de Módulo de Elasticidad Dinámico, velocidad y tiempo.
9. De acuerdo al valor obtenido de Módulo de Elasticidad por medio de prueba y error ingresar valores para relación de Poisson dinámica, hasta obtener el valor más cercano al obtenido en el paso N° 8. Anotar el valor encontrado.



Fotografía 4. 21 Equipo para pulso electrónico

IMPORTANCIA.

Este tipo de ensayo no es muy común pero en ocasiones especiales se realiza, los resultados de este ensayo son utilizados para el diseño estructural, este ensayo tiene una correlación entre el modulo de elasticidad estático, este ensayo tiene importancia ya en muchas ocasiones se toma algún valor de modulo de elasticidad que posiblemente no corresponda.

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

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005
 TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:1

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
1	26.44	0.19	139.0	11.7	74.9	13017	5.093x10 ⁶	0.09
2	26.36	0.19	138.6	11.7	72.8	13392	5.361x10 ⁶	0.09
3	25.53	0.18	139.4	11.4	73.9	12837	4.968x10 ⁶	0.085

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 45 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: “DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD”

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:2

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
4	25.58	0.19	133.6	11.4	75.7	12566	4.573x10 ⁶	0.090
5	26.68	0.20	133.4	11.8	74.8	13146	4.972x10 ⁶	0.085
6	27.23	0.20	135.7	12.0	77.4	12970	4.910x10 ⁶	0.085

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 46 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

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

CONCRETO LANZADO: “DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD”

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005
 TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:3

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
7	26.57	0.19	140.5	11.77	74.0	13254	5.323x10 ⁶	0.080
8	25.47	0.18	138.3	11.61	74.1	13074	5.098x10 ⁶	0.080
9	26.13	0.19	140.0	11.61	74.1	12564	4.779x10 ⁶	0.080

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 47 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:4

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
1	26.39	0.19	137.4	11.8	85.9	11434	3.910x10 ⁶	0.085
2	26.50	0.19	139.8	11.8	81.7	12036	4.367x10 ⁶	0.08
3	26.21	0.20	133.6	11.9	NO SE ENSAYO POR ESTAR DAÑADO			

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 48 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:5

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
4	25.80	0.20	130.3	11.8	80.9	12185	4.141x10 ⁶	0.085
5	25.58	0.19	131.8	11.6	88.9	12251	4.266x10 ⁶	0.080
6	26.24	0.20	131.2	12.0	83.9	11918	4.010x10 ⁶	0.080

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 49 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:6

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
7	25.80	0.19	137.8	11.50	80.6	11845	4.202x10 ⁶	0.080
8	26.35	0.19	140.7	11.65	76.2	12707	4.925x10 ⁶	0.075
9	26.13	0.19	138.6	11.73	5.5	12946	5.010x10 ⁶	0.080

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 50 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:7

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
1	0.65	0.00467	138.89	3.49	21.6	13464	5.481×10^6	0.090
2	0.65	0.00465	139.58	3.51	24.4	11988	4.324×10^6	0.090
3	0.63	0.00449	140.14	3.42	21.4	13380	5.410×10^6	0.090

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 51 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:8

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
4	0.60	0.00433	138.3	3.26	21.4	12694	4.806x10 ⁶	0.085
5	0.60	0.00445	134.8	3.33	22.7	12224	4.306x10 ⁶	0.085
6	0.61	0.00451	135.0	3.33	22.4	12443	4.508x10 ⁶	0.085

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 52 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

HOJA Nº:9

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
7	0.69	0.00499	138.1	3.78	25.3	12500	4.616x10 ⁶	0.075
8	0.68	0.00490	138.7	3.73	25.1	12334	4.587x10 ⁶	0.075
9	0.66	0.00476	138.5	3.59	23.8	12570	4.719x10 ⁶	0.075

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 53 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:10

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
1	0.64	0.00453	141.17	3.49	23.8	12220	4.585x10 ⁶	0.09
2	0.63	0.00466	135.14	3.61	23.3	12553	4.593x10 ⁶	0.09
3	0.65	0.00467	139.0	3.52	21.9	13394	5.378x10 ⁶	0.09

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 54 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:11

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
4	0.61	0.00455	133.8	3.35	22.1	12631	4.604x10 ⁶	0.085
5	0.58	0.00439	131.9	3.22	21.4	13530	4.472x10 ⁶	0.085
6	0.61	0.00458	133.1	3.35	23.0	12138	4.228x10 ⁶	0.085

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 55 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

DETERMINACIÓN DE MÓDULO DE ELASTICIDAD Y RELACIÓN DE POISSON DINAMICO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005
TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

HOJA Nº:12

ESPÉCIMEN Nº	PESO (lb)	VOLUMEN (pie ³)	PESO VOLUMÉTRICO (lb/pie ³)	DISTANCIA ENTRE TRANSDUCTORES (Pulg)	TIEMPO (Micro seg)	VELOCIDAD (ft/s)	MÓDULO DE ELASTICIDAD DINAMICO (E) psi	POISSON DINAMICO (μ)
7	0.65	0.00478	135.7	3.64	25.4	11942	4.173x10 ⁶	0.075
8	0.64	0.00453	141.1	3.52	24.2	12121	4.506x10 ⁶	0.075
9	0.64	0.00468	136.5	3.55	23.8	12429	4.548x10 ⁶	0.075

OBSERVACIONES:

Tabla 4. 56 Modulo de elasticidad y relación de Poisson dinámico Núcleos

4.4.8 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA PREPARAR Y ENSAYAR ESPECÍMENES DE PANELES DE CONCRETO LANZADO (A.S.T.M. C-1140-97)

Esta práctica cubre el procedimiento para prepara paneles de prueba de concreto lanzado, vía húmeda y vía seca; así como el ensayo de especímenes de núcleos de los paneles.

Los paneles de prueba para el concreto lanzado son fabricados usando el personal, materiales, equipo y posición de lanzado de la aplicación. Los núcleos son retirados de los paneles para su evaluación. Los resultados de los especímenes obtenidos de acuerdo con el procedimiento pueden ser usados para: ensayos de preconstrucción, calificar al boquillero o el equipo, para el control de calidad, o para la resistencia a la compresión.

PANELES DE PRUEBA MOLDES

- ✓ El molde para recibir el concreto lanzado puede ser construido de madera o acero y lo suficientemente rígidos para prevenir fugas del concreto a través de vibraciones o deformaciones. El molde debe tener como mínimo 24 pulg.(610 mm.) de ancho y 24 pulg. (610 mm.) de largo y un mínimo de 3½ pulg de espesor (89 mm.), con cada lado inclinado. Paneles más grandes son deseables para la certificación del boquillero.
- ✓ Moldes de madera: Estos deben tener un fondo como mínimo de ¾ pulg. de ancho de plywood. Cada pieza debe estar hecha de forma estándar con una tabla de 2 por 4.
- ✓ Moldes de acero: deben tener un espesor mínimo de 3/16 pulg. (5m) (calibre N° 7).

PROCEDIMIENTO

1. Enumerar los paneles: Un panel debe ser lanzado por cada tipo de mezcla dosificada en la misma posición de la estructura a colar.

2. Lanzar el concreto a los paneles usando el mismo equipo, presión de agua y de aire; el mismo personal (especialmente el boquillero), la misma mezcla que para la estructura a colar.



Fotografía 4. 22 Colocación de concreto en forma perpendicular a la superficie

3. Para prevenir la evaporación del agua de los paneles, estos deben ser cubiertos o envueltos con materiales que cumplan con la especificación C 171 o pueden ser almacenados en un cuarto húmedo. Los especímenes curados en campo deben ser trasladados al laboratorio justo antes de la prueba.

OBTENCION DE ESPECÍMENES

Los especímenes pueden ser obtenidos del panel por medio de taladrado, de acuerdo con el método C 42 o pueden cortarse cubos de acuerdo con el método C 513.

Las muestras deben extraerse de la porción central del espécimen, es decir para el caso de paneles de 24 x 24 x 3½ pulg., el área efectiva a utilizarse es de 15 x 15 pulg.

Núcleos para esfuerzos de compresión deben taladrarse en una forma perpendicular a la superficie del panel. Los cubos pueden cortarse en forma paralela o perpendicular al panel. Los especímenes deben ser obtenidos del panel no más de 2 horas antes de la

prueba y tener las condiciones de humedad especificadas en C-42 a menos que se especifique lo contrario.

CÁLCULOS

El esfuerzo de compresión de núcleos puede ser calculado y cumplir con los factores especificados en la A.S.T.M. C-42. para cubos un factor de corrección de 0.85 puede ser aplicado para el esfuerzo de compresión para obtener el esfuerzo equivalente de núcleos taladrados.



Fotografía 4. 23 Panel



Fotografía 4. 24 Colocación de concreto en el panel



Fotografía 4. 25 Acabado del panel

IMPORTANCIA.

Como ya se ha mencionado la forma como se debe controlar las propiedades del concreto lanzado es con los paneles, e ahí la importancia de que en los proyectos en los que se aplique concreto lanzado se hagan paneles. Es de estos donde se extraen los núcleos, también es importante que se hagan según lo indica la norma C – 1140, ya que en algunos proyectos se hacen pero no se hacen como se debe, y también cuando se extraen los núcleos no se extrae el número adecuado, casi siempre se extraen más de lo que indica la norma.

4.4.9 ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (A.S.T.M. C 39/C 39M-01)

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto tales como cilindros moldeados y núcleos taladrados. Está limitado al concreto que tenga peso unitario mayor de 800 kg/m^3 (50 lb/pe^3). El método consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

EQUIPO

- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Balanza o báscula de precisión 1Kg
- ✓ Balanza de precisión 0.1 g
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pie de rey

ESPECÍMENES

Los especímenes no serán ensayados si el diámetro individual de algún cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2%.

Ningún extremo del espécimen para ensayo saldrá de la perpendicularidad al eje por más de 0.5° (equivalente a 0.12 pulg. en 12 pulg.).

Los extremos del espécimen que difieran del plano en más de 0.002 pulg. (0.50 mm.) deberán ser aserrados para reunir la tolerancia, o cabeceados.

PROCEDIMIENTO

Los especímenes deben mantenerse húmedos por algún método conveniente durante el período entre la remoción del lugar de curado y el ensayo. Serán ensayados en condición húmeda.

1. Tomar las dimensiones de diámetro y altura de cada núcleo y cilindro a ensayar.
2. Pesar cada uno de los cilindros y núcleos.
3. Cabecear los núcleos.
4. Tomar las alturas de los núcleos cabeceados.
5. Coloque el espécimen en medio de las dos placas y alinear al eje del espécimen con el centro de carga del bloque con asiento esférico.
6. Verificar antes del ensayo que el indicador de carga esté en cero, caso contrario ajustar.
7. Aplicar la carga continuamente y sin impacto.
8. Aplicar la carga hasta que el espécimen falle y anotar la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo. Notar el tipo de falla y apariencia del concreto.

CÁLCULOS

Calcular el esfuerzo de compresión del espécimen dividiendo la carga soportada por el espécimen durante el ensayo entre el área de la sección transversal promedio, y expresar el resultado con una aproximación de 10 psi (0.1 MPa).



Fotografía 4.26 Equipo para ensayo a la compresión



Fotografía 4. 27 Ruptura de cilindros



Fotografía 4. 28 Núcleos cabeceados



Fotografía 4. 29 Ensayo a la compresión de núcleos



Fotografía 4. 30 Falla de núcleo

IMPORTANCIA.

Esta es la etapa final de todo un proceso, es aquí donde se concluye si el diseño que se hizo cumple con los requisitos de resistencia. En este estudio se ensayaron tanto núcleos como cilindros.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 21/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 28/OCT/2005

HOJA N°: 1

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	7	152	300	181.46	12.48	2292.5	8	44580	245.7
2	7	152	300	181.46	12.66	2325.5	8	38430	211.8

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla original dado por el ACI 211, mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 57 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 21/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 04/NOV/2005

HOJA N°: 2

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
3	14	152	300	181.46	12.18	2237.4	8	51950	286.3
4	14	152	300	181.46	12.24	2248.4	8	54440	300.0

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla original dado por el ACI 211, mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 58 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 21/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 18/NOV/2005

HOJA N°: 3

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
5	28	152	300	181.46	12.36	2270.5	8	66100	364.3

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla original dado por el ACI 211, mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 59 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 25/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 01/NOV/2005

HOJA N°: 4

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	7	152	300	181.46	12.18	2237.4	3.5	57430	316.5
2	7	152	300	181.46	12.24	2248.4	3.5	60500	333.4

OBSERVACIONES Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 60 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 25/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 08/NOV/2005

HOJA N°: 5

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
3	14	152	300	181.46	12.32	2263.1	3.5	69850	384.9
4	14	152	300	181.46	12.28	2255.8	3.5	71850	396.0

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 61 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 25/OCT/2005
FECHA DE ENSAYO: 22/NOV/2005

HOJA N°: 6

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
5	28	152	300	181.46	12.30	2259.4	3.5	83250	471.1
6	28	152	300	181.46	12.30	2259.4	3.5	80450	455.2

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 62 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 01/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 08/NOV/2005

HOJA N°: 7

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	7	152	300	181.46	12.08	2219.0	3.5	37660	207.5
2	7	152	300	181.46	12.10	2222.7	3.5	39010	215.0

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 63 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 01/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 15/NOV/2005

HOJA N°: 8

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
3	14	152	300	181.46	12.10	2222.7	3.5	47590	262.3
4	14	152	300	181.46	12.14	2230.0	3.5	51290	282.7

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 64 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 01/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 29/NOV/2005

HOJA N°: 9

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
5	28	152	300	181.46	12.40	2277.8	3.5	62040	341.9
6	28	152	300	181.46	12.02	2208.0	3.5	58060	320.0

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en laboratorio.

Tabla 4. 65 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005

HOJA N°: 10

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	7	152	297	181.5	11.99	2224.0	3	60880	335.43
2	7	152	297	181.5	11.96	2218.0	3	60350	332.51
3	7	151	290	179.0	11.58	2231.0	3	60780	339.55

OBSERVACIONES: *Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en campo.

*Todas los cilindros presentaron fallas de cortante

Tabla 4. 66 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005

HOJA N°: 11

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
4	14	152	291	181.4	11.6	2197.5	3	71880	396.2
5	14	153	300	183.8	12.10	2194.4	3	67220	365.7
6	14	152	305	181.4	12.35	2232.2	3	69720	384.3

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en campo.

Tabla 4. 67 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005

HOJA N°: 12

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
7	28	151.0	299.0	179.0	12.05	2251.45	3	69490	388.21
8	28	150.0	295.0	176.7	11.55	2215.76	3	73720	417.20
9	28	151.0	295.0	179.0	11.85	2244.10	3	76050	424.86

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 150; con aditivo flow Mix, cilindros elaborados en campo.

Tabla 4. 68 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005

HOJA N°: 13

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	7	152	300	181.5	11.97	2199	1	27540	151.74
2	7	151	300	179.0	12.01	2238	1	31770	177.49
3	7	153	302	184.0	11.88	2139	1	28240	153.48

OBSERVACIONES:* Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo flow Mix, cilindros elaborados en campo.

* Todas los cilindros presentaron fallas tipo columnar

Tabla 4. 69 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005

HOJA N°: 14

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
4	14	152	301	181.4	11.70	2142.8	1	22340	123.2*
5	14	152	295	181.4	11.60	2167.7	1	37510	206.8
6	14	152	304	181.4	11.90	2157.9	1	33340	183.8

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en campo.

Tabla 4. 70 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

CILINDROS MOLDEADOS

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005
FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005

HOJA N°: 15

PROBETA N°	EDAD (días)	DIÁMETRO (mm.)	ALTURA (mm.)	ÁREA (cm ²)	PESO (kgs)	PESO VOL. (kgs/m ³)	REVENIMIENTO (Pulg)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
7	28	152.0	292.0	181.4	11.70	2208.85	1	45430	250.44
8	28	151.0	296.0	179.0	11.95	2255.39	1	62660	350.05
9	28	151.0	298.0	179.0	11.85	2221.51	1	53200	297.21

OBSERVACIONES: Diseño de mezcla elaborada con cemento A.S.T.M. C – 1157; con aditivo Flow Mix, cilindros elaborados en campo.

Tabla 4. 71 Esfuerzo a la compresión

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCION: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005

HOJA: 16

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

NÚCLEO Nº	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	4.35	8.87	9.57	14.86	293.0	2222.9	2.2	7	4500	302.8
2	4.33	8.91	9.59	14.72	293.0	2233.9	2.2	7	3290	223.5
3	4.33	8.69	9.29	14.72	286.9	2242.9	2.1	7	4670	317.2

OBSERVACIONES: *CURADO POR INMERSION DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO
* Todas los núcleos presentaron fallas de cortante

Tabla 4. 72 Esfuerzo a la compresión Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCION: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005

HOJA: 17

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

NÚCLEO N°	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
4	4.33	8.29	8.99	14.72	272.4	2275.0	2.07	14	5240	356.0
5	4.34	8.47	9.17	14.79	277.6	2217.5	2.11	14	5210	352.3
6	4.33	8.45	9.15	14.72	276.1	2220.3	2.11	14	5660	384.5

OBSERVACIONES: CURADO POR INMERSION DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO

Tabla 4. 73 Esfuerzo a la compresión Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCIÓN: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005

HOJA: 18

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-150

NÚCLEO N°	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
7	4.34	9.60		14.79	314.2	2212.92	2.2	28	2860	PROYECTAR
8	4.33	9.47		14.72	309.8	2222.41	2.2	28	4290	PROYECTAR
9	4.34	9.13		14.79	299.7	2219.46	2.1	28	3020	PROYECTAR

OBSERVACIONES: CURADO POR INMERSIÓN DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO

Tabla 4. 74 Esfuerzo a la compresión Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCION: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 12/NOV/2005

HOJA: 19

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

NÚCLEO N°	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
1	4.28	8.87	9.51	14.39	288.4	2259.5	2.2	7	3220	223.7
2	4.33	8.92	9.66	14.72	284.0	2162.9	2.2	7	2900	197.0
3	4.33	8.95	9.73	14.72	293.1	2224.7	2.2	7	3240	220.1

OBSERVACIONES: *CURADO POR INMERSION DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO
* Todas los núcleos presentaron fallas de cortante

Tabla 4. 75 Esfuerzo a la compresión Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCIÓN: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 19/NOV/2005

HOJA: 20

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

NÚCLEO Nº	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
4	4.34	8.51	9.21	14.79	277.0	2200.5	2.1	14	3260	220.4
5	4.34	8.17	8.87	14.79	261.9	2169.8	1.88	14	3840	259.6
6	4.34	8.51	9.21	14.79	275.3	2189.7	1.96	14	4080	275.9

OBSERVACIONES: CURADO POR INMERSIÓN DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO

Tabla 4. 76 Esfuerzo a la compresión Núcleos

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

CONCRETO LANZADO: "DISEÑO DE MEZCLA Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD"

ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

NÚCLEOS TALADRADOS

FECHA DE EXTRACCION: 10/NOV/2005

FECHA DE COLADO: 05/NOV/2005

FECHA DE ENSAYO: 03/DIC/2005

HOJA: 21

TIPO DE CEMENTO: A.S.T.M. C-1157

NÚCLEO N°	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ALTURA CABECEADA (cm)	ÁREA (cm ²)	PESO (g)	PESO VOLUMÉTRICO (Kg/m ³)	RELACIÓN L/D	EDAD (Días)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESFUERZO (Kg/cm ²)
7	4.33	9.24		14.72	295.8	2174.79	2.1	28	3090	PROYECTAR
8	4.29	8.93		14.45	291.7	2260.56	2.1	28	3190	PROYECTAR
9	4.32	9.00		14.65	288.9	2187.20	2.1	28	2790	PROYECTAR

OBSERVACIONES: CURADO POR INMERSION DURANTE 48 HORAS ANTES DEL ENSAYO

Tabla 4. 77 Esfuerzo a la compresión Núcleos

CAPITULO V

CAPITULO V ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

5.1 MATERIALES

El estudio de los componentes del concreto se hace con frecuencia, con el fin de poder prever el comportamiento del mismo, de aquí la importancia de la metodología que se utilice para evaluar sus componentes.

En este capítulo se realizarán las comparaciones referentes a cada uno de los ensayos en relación a las normas con el cual fue hecho, además en base a los resultados también se puede concluir al respecto y así poder hacer algunas predicciones del comportamiento del material.

Cabe mencionar que los estándares con los cuales se harán las comparaciones son normas ASTM y el comité ACI que son los marcos en los cuales se delimitan el trabajo de graduación.

5.1.1 AGREGADO FINO

El agregado fino en su totalidad fue donado por la Empresa proveedora de Concreto, ésta tiene dos bancos de materiales, uno en “Jiboa” Departamento de San Salvador y el otro en la cantera de Aguilares Departamento de San Salvador.

En el plantel de la Empresa proveedora de Concreto, se utiliza una mezcla de arena de ambos bancos de material para la investigación del trabajo de graduación se utilizó esta arena de mezcla.

Para la toma de muestra nos auxiliamos de la Norma ASTM C-702 "Practica para Reducir Muestras de Agregados a Tamaños de Ensayos. Y también se realizo el muestreo en base a la Norma ASTM D-75 Estándar para Muestreo de Agregados.

Cabe mencionar que se tuvo el cuidado que la muestra fuese homogénea tomando las recomendaciones de las normas antes mencionadas.

ENSAYOS:

Los ensayos de laboratorio realizados al agregado fino son los siguientes:

1. Análisis Granulométrico
2. Modulo de Finura.
3. Gravedad Específica.
4. Contenido de Humedad.
5. Contenido de Absorción
6. Peso Volumétrico.
7. Impurezas Orgánicas.

1. Análisis Granulométrico.

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 500.0 g.. Esto se hizo según la Norma ASTM C-136 Método de Ensayo Estándar para el Análisis por Malla de Agregados Gruesos y Finos. El procedimiento de prueba se realizo según esta Norma. Los resultados obtenidos se compararon con los límites granulométricos que se presentan en el ACI 506.1 Especificación para el Concreto Lanzado.

Según este comité nuestra granulometría cumple con la granulometría N° 1. Esta representa un agregado bastante fino, como se puede observar en la gráfica presentada en el capítulo 4, en el cual se observa como la gráfica que se obtuvo se encuentra más cercana al límite inferior de los límites que presenta el ACI 506.

Se debe hacer notar que para este ensayo se tomo un promedio de 3 granulometrías.

Cabe mencionar que por el tipo de equipo con que se cuenta en el país para la proyección del concreto este tipo de granulometría para el agregado fino es la más deseable.

2. Modulo de Finura

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 500.0 g.. Esto se hizo según la Norma ASTM C-136 “Método de Ensayo Estándar para el Análisis por Malla de Agregados Gruesos y Finos”. Y se obtuvo un modulo de finura (M.F.) de 2.7.

La norma ASTM C-33 recomienda que “se podrá utilizar la arena cuyo módulo de finura no sea menor a 2.30 ni mayor a 3.10”; por lo que cumple con lo establecido por la norma, para el Concreto de Comportamiento Normal, y se clasifica como arena media.

3. Gravedad Específica.

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 523.1 g.. Esto se hizo según la Norma ASTM C – 128 Método de Ensayo Estándar para Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino. El procedimiento de prueba se realizo según esta Norma. Se obtuvo un promedio de 2.48. También para este caso se realizó un promedio de tres ensayos.

4. Contenido de Humedad.

Para el ensayo se tomo una muestra variable ya que depende de cómo se encuentre el material y en general se tomo humedades en cada ocasión que se realizo ensayos Esto se hizo según la Norma ASTM C – 566 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por secado. El procedimiento de prueba se realizo según esta Norma.

5. Contenido de Absorción

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 523.1 g.. Esto se hizo según la Norma ASTM C – 128 Método de Ensayo Estándar para Gravedad Específica

y Absorción de Agregado Fino. El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma. Se obtuvo un promedio de 4.9%.

Las especificaciones de los agregados no acostumbran fijar límites de aceptación, debido a que esto depende de muchos factores como son la porosidad, la distribución granulométrica, el contenido de finos, el tamaño máximo, la forma y la textura superficial de las partículas (generalmente para los agregados gruesos), etc. Además como información se tiene que los agregados son de buena calidad si la absorción no excede del 3% en el agregado grueso y del 5% en el agregado fino, por lo que comparando con el resultado obtenido de absorción promedio fue de 4.9, se deduce que es un material de porosidad bastante alta debido a que su absorción se encuentra cerca del rango máximo.

6. Peso Volumétrico.

Para el ensayo se tomó una muestra de aproximadamente 13.01 Kg, para el Peso Volumétrico Suelto y 14.19 Kg, para el peso Volumétrico Varillado. Esto se hizo según la Norma ASTM C – 29 Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados. El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma. Con esto se obtuvo un Peso Volumétrico Varillado promedio de: 1509.93 Kg/m³ y un Peso Volumétrico Suelto de 1384.04 Kg/m³

Estos Valores fueron utilizados para el diseño de mezcla.

7. Impurezas Orgánicas.

Para el ensayo se tomó una muestra variable ya que no es de fundamental importancia la cantidad que se utilice. Esto se hizo según la Norma ASTM C – 40 Método de Ensayo Estándar para Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino para Concreto El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma. La arena se encontró libre de impurezas orgánicas, ya que al compararla con la Carta de Colores de Gardner, el resultado obtenido fue de un color más claro que el color de la referencia N ° 1. Según la ASTM C – 40 “Cuando una muestra sujeta a este procedimiento produce un color

mas oscuro que el color estándar de referencia, o placa orgánica N°3 (Color estándar Gardner N° 11), el agregado fino bajo ensayo deberá ser considerado como que posiblemente contiene impurezas orgánicas perjudiciales, y nuevos ensayos deberán ser hechos antes de aprobar el agregado fino para su uso en la elaboración del concreto”:

En nuestro caso como ya se menciona no es necesario realizar otros ensayos ya que el color es el N° 1 y con esto la arena es apta para la elaboración del concreto.

5.1.2 AGREGADO GRUESO.

El agregado grueso en su totalidad fue donado por la Empresa proveedora de Concreto. El agregado grueso utilizado en las mezclas se tamizo de tal manera que su tamaño máximo fue de 9.52 mm o 3/8” (se utilizo la que paso por esta malla). El agregado proviene de la “CANTERA S.A. de C.V.” ubicada en San Diego, Dpto. de Libertad.

Para la toma de muestra nos auxiliamos de la Norma ASTM C – 702 “Practica para Reducir Muestras de Agregados a Tamaños de Ensayos. Y también se realizo el muestreo en base a la Norma ASTM D – 75 Estándar para Muestreo de Agregados.

Cabe mencionar que se tuvo el cuidado que la muestra fuese homogénea tomando las recomendaciones de las normas antes mencionadas.

ENSAYOS:

Los ensayos de laboratorio realizados al agregado grueso son los siguientes:

1. Análisis Granulométrico
2. Gravedad Especifica.
3. Contenido de Humedad.
4. Contenido de Absorción

5. Peso Volumétrico.

1. *Análisis Granulométrico.*

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 1.0 Kg, esto se hizo según la Norma ASTM C – 136 Método de Ensayo Estándar para el Análisis por Malla de Agregados Gruesos y Finos. El procedimiento de prueba se realizo según esta Norma. Los resultados obtenidos se compararon con los límites granulométricos que se presentan en la Norma ASTM C – 33 Especificación Estándar para Agregados para Concreto.

Según esta norma nuestra granulometría cumple con la granulometría N° 8. Esta representa un agregado bastante fino, como se puede observar en la grafica presentada en el capitulo 4, en el cual se observa como la grafica que se obtuvo se encuentra mas cercana al limite inferior de los limites que presenta la Norma ASTM C – 33.

En el comité ACI 506.1 Especificaciones para El Concreto Lanzado se presentan 3 granulometrías, cada una de ellas es una granulometría integral, es decir abarca desde el agregado grueso hasta el agregado fino. Pero en nuestro caso los resultados obtenidos no pueden ser comparados con el comité ACI debido a que en el país se hace un análisis granulométrico tanto para el agregado grueso como para el fino,

2. *Gravedad Específica.*

Para el ensayo se tomo una muestra de aproximadamente 1766.1 g., esto se hizo según la Norma ASTM C – 127 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorción del Agregado Grueso. El procedimiento de prueba se realizo según esta Norma. Se obtuvo un promedio de 2.60. También para este caso se obtuvo un promedio de tres ensayos.

3. *Contenido de Humedad.*

Para el ensayo se tomo una muestra variable ya que depende de cómo se encuentre el material y en general se tomo humedades en cada ocasión que se realizo ensayos

Esto se hizo según la Norma ASTM C – 566 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por secado. El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma.

4. Contenido de Absorción

Para el ensayo se tomó una muestra de aproximadamente 500.0 g. esto se hizo según la Norma ASTM C – 127 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Grueso. El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma. Se obtuvo un promedio de 1.92%.

Las especificaciones de los agregados no acostumbran fijar límites de aceptación, debido a que esto depende de muchos factores como son la porosidad, la distribución granulométrica, el contenido de finos, el tamaño máximo, la forma y la textura superficial de las partículas (generalmente para los agregados gruesos), etc. Además como información se tiene que los agregados son de buena calidad si la absorción no excede del 3% en el agregado grueso y del 5% en el agregado fino, por lo que comparando con el resultado obtenido de absorción promedio fue de 1.92, se deduce que es un material de porosidad bastante baja debido a que su absorción se encuentra debajo del rango máximo.

5. Peso Volumétrico.

Para el ensayo se tomó una muestra de aproximadamente 3.86 Kg, para el Peso Volumétrico Suelto y 4.075 Kg, para el peso Volumétrico Varillado. Esto se hizo según la Norma ASTM C – 29 Método de Ensayo Estándar para Densidad Bruta (Peso Unitario) y Vacíos en los Agregados. El procedimiento de prueba se realizó según esta Norma. Con esto se obtuvo un Peso Volumétrico Varillado promedio de: 1455.0 Kg/m^3 y un Peso Volumétrico Suelto de 1377.98 Kg/m^3

Estos Valores fueron utilizados para el diseño de mezcla.

5.1.3 CEMENTO.

En el proceso para definir y especificar el concreto potencialmente idóneo para cada aplicación en particular, es de trascendental importancia la definición del cemento apropiado, ya que de éste dependerán significativamente las características y propiedades de la matriz cementante y por consiguiente del concreto.

Para poder proceder de manera realista en este aspecto, es necesario primero hacer un recuento de las clases y tipos de cementos para concreto hidráulico que efectivamente se producen, o pueden producirse, en las fábricas de cemento del país, incluyendo sus respectivas características, usos indicados y normas aplicables.

NOTA 1:

El cemento para el trabajo de investigación fue proporcionado por Cementos de El Salvador (CESSA) a través del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC).

NOTA 2:

Para el trabajo de investigación se planteo en las limitaciones que el diseño de mezcla se realizaría con un tipo de cemento ASTM C-150 Tipo I y en efecto así se hizo.

NOTA 3:

Para el caso del cemento no se realizo ningún tipo de ensayo y se trabajo con las características que proporciona el fabricante y que a continuación se detallan.

NOTA 4:

Otro de los cementos que fue propuesto para el estudio fue el cemento ASTM C – 595 tipo IP, y se hizo la gestión para que se proporcionara este cemento, pero en la planta el “Ronco” en Metapán; en el momento de realizar el pedido por parte del ISCYC este tipo de cemento no se estaba produciendo por lo que el cemento entregado fue un ASTM C – 11457 Tipo UG.

Aclaremos esto ya que no se pudo cumplir con lo que estaba establecido en el Anteproyecto, por razones que se salen de nuestro alcance.

ASTM C-150

Es un cemento hidráulico sin adiciones, es decir que está compuesto únicamente de clinker mezclado con un pequeño porcentaje de yeso en la molienda final. El yeso se utiliza como regulador del fraguado, ya que sin él los concretos y morteros fraguarían excesivamente rápido y no podrían trabajarse.

Este cemento desarrolla resistencias a los 28 días arriba de 5000 psi, lo cual lo hace ideal cuando se requiere de estructuras con altas resistencias que serán sometidas a grandes cargas.

Fabricado con base en la norma ASTM C-150

Características

- 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.
- Debido a las altas resistencias del cemento tipo I 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 postensado, etc.

ASTM C-1157 UG

Es un cemento hidráulico de uso general, el cual posee la misma composición del cemento Tipo 1. Pero con la adición de puzolana y filler en proporciones específicas en la molienda final.

Este cemento alcanza resistencias mayores a los 4000 psi a los 28 días, por lo que es recomendado para cualquier tipo de uso en las construcciones en general.

Fabricado con base en la norma ASTM C-1157

Características

Debido a sus características de desempeño, este cemento puede ser utilizado en la construcción en general, sobre todo en aquellas que no requieren de altas resistencias a edades tempranas.

Puede ser utilizado para la fabricación de concretos estructurales, morteros, suelo-cemento, etc.

5.2 CONCRETO EN ESTADO FRESCO

El concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento, arena (agregado fino), grava o piedra triturada (agregado grueso), en el cual se tiene que tener en cuenta el grado de compactación (que para el concreto lanzado ocurre cuando impacta la superficie donde se coloca), que afecta seriamente la resistencia del concreto fabricado con determinadas proporciones de mezcla; por lo tanto es vital que la consistencia de la masa sea tal que el concreto pueda transportarse, colocarse y acabarse con relativa facilidad y segregación.

Las propiedades en estado fresco del concreto deben permitir que se llenen adecuadamente las formaletas y los espacios alrededor del acero de refuerzo, así como obtener una masa homogénea sin grandes burbujas de aire o agua atrapada.

Es claro que las propiedades del concreto en el sitio no pueden ser obtenidas directamente en su estado fresco, puesto que las características de los elementos estructurales se ven afectadas por las prácticas en obra. Sin embargo, el control de calidad en este momento es la única herramienta para tomar decisiones rápidas durante su colocación.

Las propiedades del concreto lanzado en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayos, son:

- Trabajabilidad
- Masa unitaria (Peso Volumétrico)

- Contenido de aire.
- Temperatura

ENSAYOS:

Para determinar las proporciones de la mezcla se utilizó lo sugerido por el comité ACI 211.1 – 91 “Practica Estándar para la Selección de Proporciones para Concreto de Peso Normal y Pesado. También se hicieron las correcciones para concreto bombeado comité ACI 304.2R – 96 “Concreto Colocado por Métodos de Bombeo”.

También el mezclado de las proporciones se hizo en base a la normas ASTM C – 94 “especificación Estándar para el Concreto Premezclado”. El concreto se fabricó en una Concretera de gasolina con capacidad de 1 bolsa, los componentes fueron pesados en una balanza de 20 Kg de capacidad.

Adicional a estos parámetros tomados en cuenta en el diseño de mezcla se realizaron los siguientes ensayos al concreto fresco:

Laboratorio

1. Revenimiento.
2. Peso Volumétrico.
3. Contenido de aire.
4. Elaboración de especímenes.

1. Revenimiento

Para la elección del revenimiento nos auxiliamos del ACI 211.1 – 91, y se eligió un rango de 3 - 4 pulg. Al realizar una entrevista con la persona que nos iba lanzar el concreto nos mencionó que la maquinaria tenía la capacidad de mover el concreto con un revenimiento de 3 pulg. Por lo que se ajustó el diseño para esto. Otra cosa que se sugirió por parte de la gente de la Empresa proveedora de Concreto, fue que si se iba

a utilizar un aditivo Plastificante, ya que de no ser así se tendría que diseñar la mezcla con un revenimiento muy alto, para que cuando llegara a la obra tuviese el revenimiento esperado (3 pulg.), Inicialmente se empezó con las pruebas de diseño sin utilizar aditivo, pero luego se procedió a utilizar el aditivo. El procedimiento que se seguía era el siguiente. Se mezclaban los materiales en las proporciones ya establecidas, una vez la mezcla estaba lista se homogeneizaba y se sacaba su revenimiento, luego se le daba un tiempo de remezclado de 15 minutos que según el ACI 304 equivalen a 45 minutos de transporte del concreto y después de esto se tomaba nuevamente el revenimiento.

En el cuadro siguiente se muestra el número ensayos que se hicieron para obtener la mezcla que se estaba buscando, así como el revenimiento y la dosificación del aditivo que se utilizó tanto para el cemento C – 150 como para el C – 1157.

Ensayo	Cemento	Dosificación Aditivo	Revenimiento	Observaciones
1	C – 150	0.0	8	Muy Alto, remezclar
2	C – 150	0.0	5 ½	después de remezclar
3	C – 150	6 ml/ por Kg. de cemento	2	Muy bajo, sin remezclar
4	C – 150	6 ml/ por Kg. de cemento	3	sin remezclar
5	C – 150	6 ml/ por Kg. de cemento	3 ½	El esperado, después de remezclar
6	C – 150	6 ml/ por Kg. de cemento	3 ½	remezclar
1	C – 1157	6 ml/ por Kg. de cemento	7	remezclado
2	C – 1157	6 ml/ por Kg. de cemento	3 ½	remezclado
3	C – 1157	6 ml/ por Kg. de cemento	1 ½	sin remezclar
4	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	1 ½	sin remezclar
5	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	7 ½	sin remezclar
6	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	6	sin remezclar
7	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	2	remezclado
8	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	3	sin remezclar
9	C – 1157	6 ml/ por Kg. de cemento	2 ½	remezclado
10	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	3	sin remezclar
11	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	4	sin remezclar
12	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	5	remezclado
13	C – 1157	8 ml/ por Kg. de cemento	3 ½	remezclado

Tabla 5. 1 Resultados de los revenimientos realizados a los dos tipos de cemento.

2. Peso Volumétrico

Para la determinación del peso volumétrico se utilizó la norma ASTM C – 138-01 Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto.

Para este ensayo se utilizó un recipiente de 9.4 lts. De volumen, también la mezcla se ajustó para un peso volumétrico de 2220.0 Kg/m³ para el cemento ASTM C – 150 y 2187.0 Kg/m³ para el cemento ASTM C – 1157.

A continuación se presenta un cuadro en el cual se puede observar el número de ensayo así como el Peso volumétrico y el tipo de cemento.

Ensayo	Cemento	Peso Volumétrico (Kg,m ³)
1	C – 150	2331
2	C – 150	2239
3	C – 150	2219
4	C – 150	2193
5	C – 150	2209
6	C – 150	2210
1	C – 1157	2191
2	C – 1157	2210
3	C – 1157	2185
4	C – 1157	2175
5	C – 1157	2091
6	C – 1157	2163
7	C – 1157	2185
8	C – 1157	2210
9	C – 1157	2157
10	C – 1157	2189
11	C – 1157	2164
12	C – 1157	2191
13	C – 1157	2198

Tabla 5. 2 Resultados de pesos volumétricos realizados a los dos tipos de cemento

3. *Contenido de aire.*

Aunque existen 3 métodos para obtener el contenido de aire se eligió por lo que indica la norma ASTM C – 231 – 91b Método de Prueba Estándar para Determinar el Contenido de Aire del Concreto recién Mezclado por el método de Presión. Se eligió este método por que la Empresa proveedora de Concreto, contaba con este equipo. Las mezclas diseñadas con los cementos C – 150 y C – 1157 fueron consideradas con un 3% de aire. El procedimiento que se seguía era el siguiente: cuando se había remezclado por 15 minutos se procedía a realizar la prueba para obtener el contenido de aire.

Aquí se hicieron un par de observaciones, la primera fue que cuando el contenido de aire era muy alto y el peso volumétrico era bajo pudiese ser que se necesite agregar una cantidad de agregado grueso; y la segunda es que en el transporte el concreto adquiere aire, ya sea por el mezclado y por la inclusión del aditivo.

En el siguiente cuadro se puede observar la cantidad de aire para cada uno de los ensayos y el tipo de cemento.

Ensayo	Cemento	Contenido de Aire (%)	Observaciones
1	C – 150	-	No se hizo
2	C – 150	2.2	Sin remezclar
3	C – 150	2.2	Sin remezclar
4	C – 150	2.5	Sin remezclar
5	C – 150	3.9	remezclado
6	C – 150	3.0	remezclado
1	C – 1157	3.8	Sin remezclar
2	C – 1157	3.9	remezclado
3	C – 1157	-	No se hizo
4	C – 1157	-	No se hizo
5	C – 1157	3.9	Sin remezclar
6	C – 1157	4.5	Sin remezclar
7	C – 1157	4.0	remezclado
8	C – 1157	-	No se hizo
9	C – 1157	2.5	Sin remezclar
10	C – 1157	3.7	Sin remezclar
11	C – 1157	3.6	Sin remezclar
12	C – 1157	4.5	remezclado
13	C – 1157	3.5	remezclado

Tabla 5. 3 Resultados de contenido de aire realizado a los dos tipos de cemento

4. Elaboración de especímenes.

Se elaboraron un total de 18 cilindros, se hicieron 6 de la mezcla original es decir, con cemento C – 150, sin aditivo, luego se elaboraron 6 de cemento C – 150 con aditivo y 6 con cemento C – 1157, con aditivo. Estos especímenes fueron elaborados según lo indica la norma ASTM C – 192 Práctica Estándar para la Elaboración y Curado en el laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.

En el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados, pudiéndose observar que la resistencia a la compresión de cilindros para la que fue diseñada (210 kg/cm^2), se alcanza, a una edad menor a los 28 días, en ambos cementos (C -150 y C – 1157),, esto debido a los altos contenidos de cemento, necesarios en el concreto lanzado para evitar el rebote.

En Obra

1. Revenimiento.
2. Peso Volumétrico.
3. Contenido de aire.
4. Elaboración de especímenes.
5. Temperatura

Revenimiento Cemento C – 150.

En campo se hizo revenimiento a los camiones concreteros, como en nuestro caso se el primer concreto en llegar a la obra fue el hecho con el cemento C – 150 se procedió a muestrear al concreto según lo indicado en la norma ASTM C – 172 “Práctica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”, esta nos indica que no se debe tomar concreto ni al inicio ni al final para la realización de ensayos, luego de tomada la muestra se procedió a realizar el revenimiento según la norma ASTM C – 143 “Práctica Estándar para el Revenimiento de Cemento Hidráulico”. Se obtuvo un

valor de revenimiento de 3 pulg. y al compararlo con el de diseño que fue de 3 pulg. Se puede observar que se cumplió con lo antes establecido.

Revenimiento Cemento C – 1157.

Con este concreto se tuvo un problema ya que cuando el camión llegó no se había finalizado con el concreto de otro camión por lo que el camión con 1157 tuvo que esperar alrededor de 50 minutos al cabo de este tiempo se procedió a muestrear al concreto según lo indicado en la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”, esta nos indica que no se debe tomar concreto ni al inicio ni al final para la realización de ensayos, luego de tomado la muestra se procedió a realizar el revenimiento según la norma ASTM C – 143 “Practica Estándar para el Revenimiento de Cemento Hidráulico”. Se obtuvo un valor de Revenimiento de 1 pulg, y al compararlo con el de diseño que fue de 3 pulg. Se puede observar que no se cumplió con lo diseñado, el resultado es un poco lógico debido al tiempo que se tuvo que esperar para lanzar el concreto.

Peso Volumétrico C – 150.

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”, Para la determinación del peso volumétrico se utilizó la norma ASTM C – 138-01 Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto.

Para este ensayo se utilizó un recipiente de 7.01 lts, de volumen, y se obtuvo un valor de peso volumétrico de 2234.0 Kg/m³ y al compararlo con el de diseño que es de 2220.0 Kg/m³ se puede observar que se cumple con lo propuesto inicialmente.

Además la relación entre el peso volumétrico obtenido y el de laboratorio fue de 1.0, lo que indica que se produjo exactamente 1 m³ de concreto, según la C – 138.

También el peso obtenido se encuentra dentro del rango que nos indica la teoría el cual fue mencionado en el Capítulo II de este trabajo (2200 a 2400 Kg/m³)

Peso Volumétrico C – 1157.

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”, Para la determinación del peso volumétrico se utilizo la norma ASTM C – 138-01 Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto.

Para este ensayo se utilizo un recipiente de 7.01 lts. De volumen, y se obtuvo un valor de peso volumétrico de 2234.0 Kg/m^3 y al compararlo con el de diseño que es de 2187.0 Kg/m^3 se puede observar que se cumple con lo propuesto inicialmente.

Además la relación entre el peso volumétrico obtenido y el de laboratorio fue mayor a 1.0, lo que indica que se produjo más de 1 m^3 de concreto, según la C – 138.

También el peso obtenido se encuentra dentro del rango que nos indica la teoría el cual fue mencionado en el Capitulo II de este trabajo (2200 a 2400 Kg/m^3)

Contenido de aire. C – 150

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado” Este ensayo se hizo segun lo que indica la norma ASTM C – 231 – 91b Método de Prueba Estándar para Determinar el Contenido de Aire del Concreto recién Mezclado por el método de Presión. Y se obtuvo un valor de 3.0% que fue exactamente para lo que fue diseñado.

Contenido de aire. C – 1157

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado” Este ensayo se hizo segun lo que indica la norma ASTM C – 231 – 91b Método de Prueba Estándar para Determinar el Contenido de Aire del Concreto recién Mezclado por el método de Presión y se obtuvo un valor de 3.3%, según la norma C – 231 la tolerancia es de 0.8%, en nuestro caso el valor se encuentra dentro del rango, pero este no es indicativo de un concreto de alta o baja calida.

Elaboración de Paneles para Concreto Lanzado:

Estos especímenes fueron elaborados según la norma ASTM C – 1140 “Práctica Estándar para Preparar y Ensayar Especímenes de Paneles para Concreto Lanzado”. Estos paneles tenían dimensiones de 24 pulg. X 24 pulg. (610 mm x 610 mm) y un espesor de 10 cm. Con estos paneles se pretende simular las condiciones de campo. Luego a estos paneles se les extraerá núcleos que serán ensayados a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Aunque la norma menciona que estos paneles pueden ser utilizados para la certificación del boquillero o para la prueba del equipo a utilizar, pero en este caso se fue para ensayar núcleos a compresión.

Elaboración de especímenes C – 150.

Se elaboraron un total de 12 cilindros, pero estos no fueron hechos según se indica la norma ASTM C – 192, estos fueron a sugerencia de los ASESORES (para simular las condiciones de campo) hechos con la bomba que se lanza el concreto (y el compresor) y hechos de una sola vez, ya que debido a la presión estos quedaban llenos en su totalidad en un sola descarga.

Elaboración de especímenes C – 1157.

Igual que el caso anterior.

Temperatura C – 150.

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”. Luego se realizo el ensayo de temperatura según lo indicado por la norma ASTM C – 1064 “Practica Estándar para la Medición de Temperatura del Concreto con Cemento Pórtland Recién Mezclado”. Se obtuvo un resultado de 30.5 °C.

Temperatura C – 1157

Para este ensayo primero se muestreo según la norma ASTM C – 172 “Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado”. Luego se realizo el ensayo de temperatura según lo indicado por la norma ASTM C – 1064 “Practica Estándar para la Medición de Temperatura del Concreto con Cemento Pórtland Recién Mezclado”. Se obtuvo un resultado de 31.0 °C.

De ambas temperaturas se puede concluir que están dentro del rango de colocación del concreto ya que la máxima temperatura a la que se puede colocar el concreto es 32 °C para el concreto lanzado según nos comentaban el control de calidad de la empresa CPK.

5.3 CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Estos ensayos los podemos dividir como destructivos y no destructivos:

Destructivos: aquellos en los cuales el concreto queda inutilizable para realizar cualquier otro ensayo, ejemplo de ellos es la resistencia a la compresión.

No destructivos: son aquellos en los cuales solo se somete al concreto a pruebas que no dañan físicamente al elemento, ejemplo de estos, el Esclerómetro (martillo Schdmít).

A continuación se presenta una lista de ensayos destructivos y no destructivos:

Destructivos.

- Esfuerzo a la Compresión.
- Extracción de Núcleos.

Esfuerzo a la compresión

Como ya se menciona se hicieron un total de 12 cilindros en el laboratorio 6 para cemento C – 150 y 6 para cemento C – 1157, además se hicieron en obra el día que se

hicieron los paneles 12 cilindros con cemento C – 150 y 12 cilindros con cemento C – 1157, todos estos cilindros serán ensayados a la compresión según la norma ASTM C – 39 “Método de ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto”.

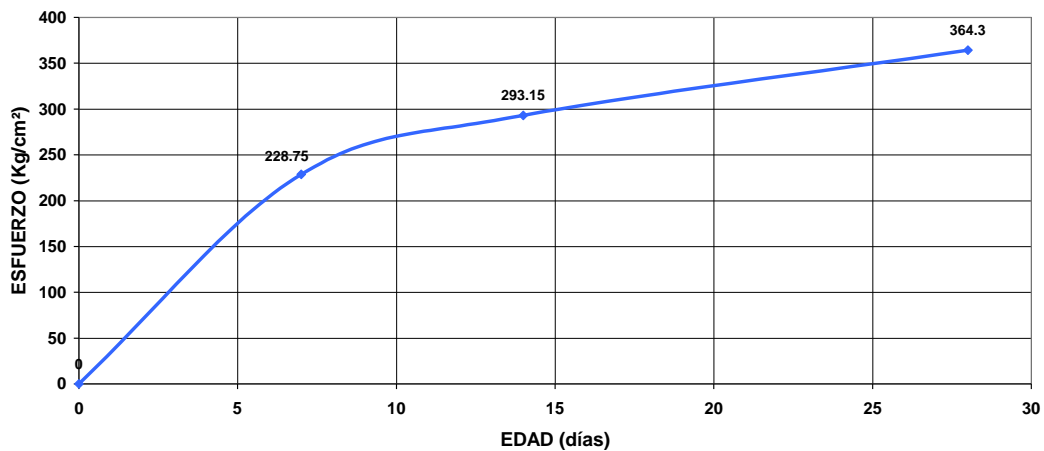
Los resultados de cilindros hechos en laboratorio se pueden observar en el capítulo IV, al igual que los hechos en obra, en ellos se puede apreciar que los resultados obtenidos a la compresión superiores a lo esperado, para cada edad.

A continuación se presentan las gráficas de tiempo–resistencia de los ensayos realizados en laboratorio, y en obra para cada diseño.

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-150 tipo I tenemos los siguientes:

Realizado en laboratorio sin uso de aditivos:

**GRÁFICO EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA CILINDROS MOLDEADOS
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 sin uso de aditivo**



**Gráfico 5. 1
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M.
C-150 TIPO I**

Realizado en laboratorio con uso de aditivos:

GRÁFICO EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA CILINDROS MOLDEADOS
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en Laboratorio

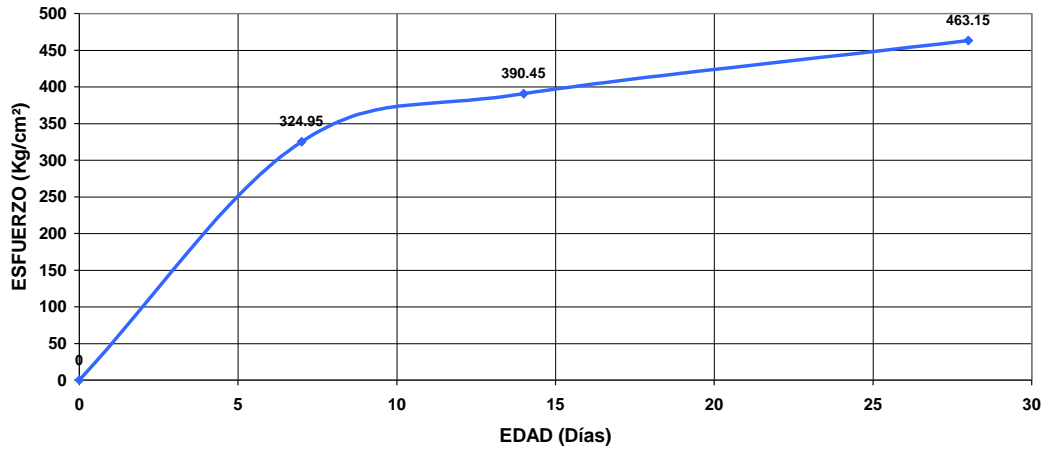


Gráfico 5. 2
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I

Realizado en Obra con uso de aditivos:

GRÁFICO EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA CILINDROS MOLDEADOS
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en Obra

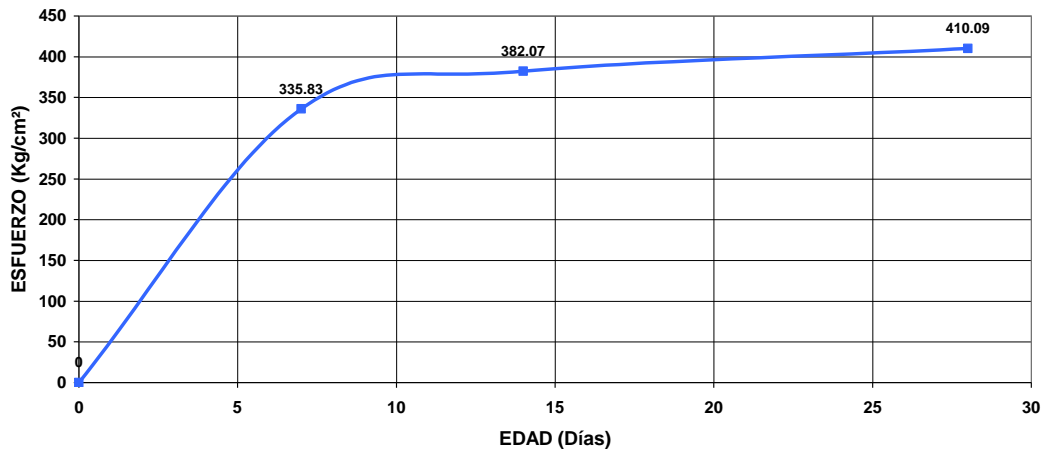


Gráfico 5. 3
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU tenemos los siguientes:

Realizado en laboratorio con uso de aditivos:

GRÁFICO EDAD-ESFUERZO(Kg/cm²) PARA CILINDROS MOLDEADOS
diseñado con cemento A.S.T.M. C-1157 con uso de aditivo realizado en Laboratorio

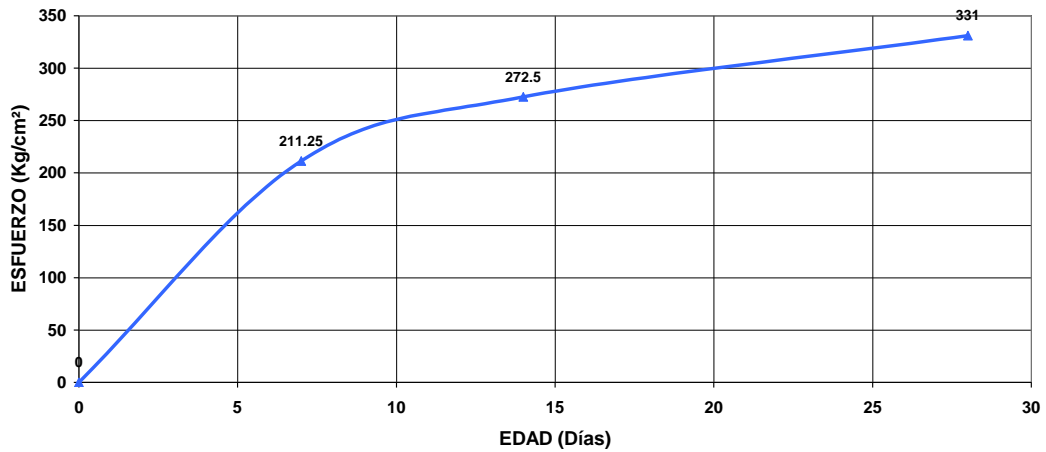


Gráfico 5. 4
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU

Realizado en Obra con uso de aditivos:

GRÁFICO EDAD-ESFUERZO(Kg/cm²) PARA CILINDROS MOLDEADOS
diseñado con cemento A.S.T.M. C-1157 con uso de aditivo realizado en Obra

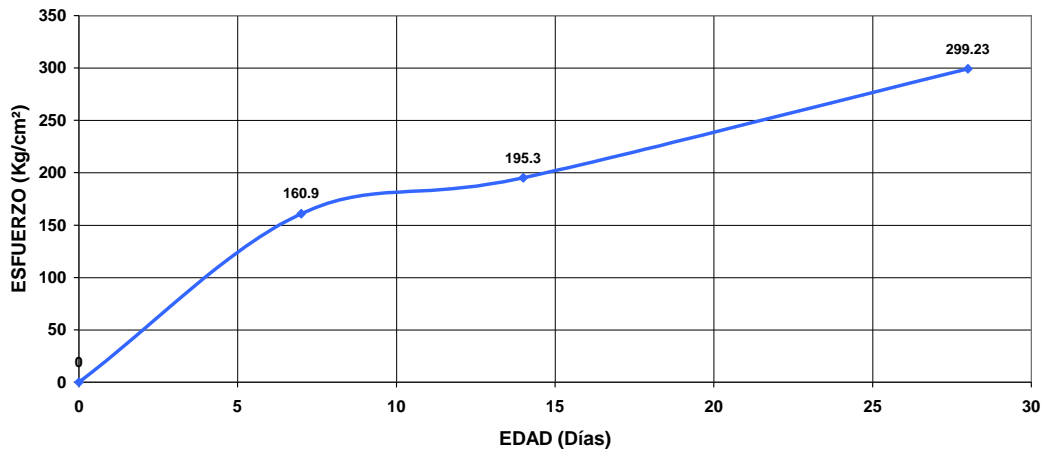


Gráfico 5. 5
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU

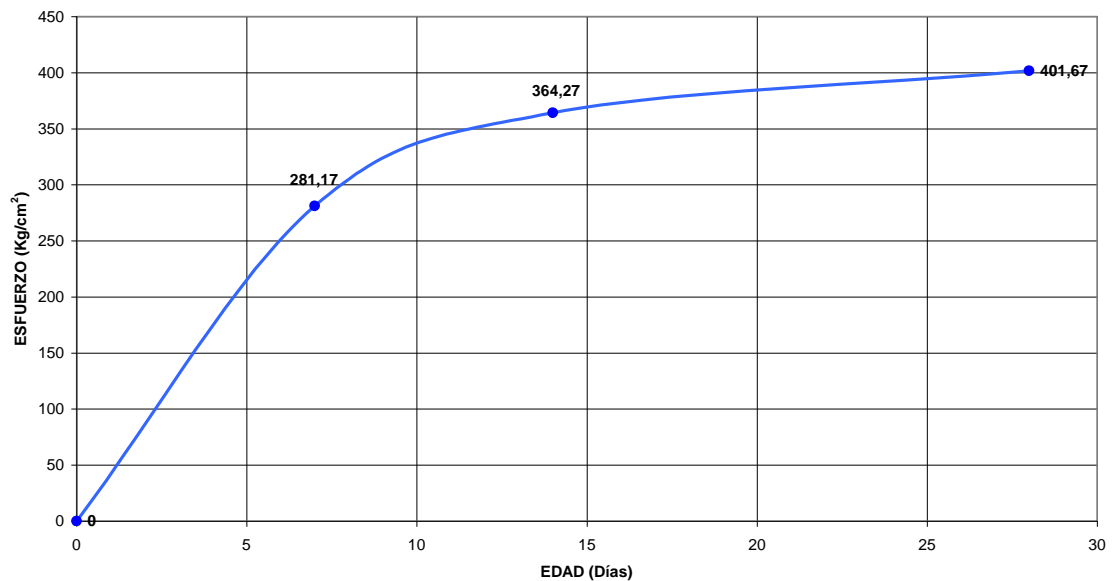
Extracción de Núcleos.

Se extrajó 3 núcleos de cada uno de los paneles esto se hizo según la norma ASTM C – 42 “Método de ensayo Estándar para Obtención y Ensayo de núcleos taladrados y Vigas Aserradas de Concreto”. Cada núcleo fue cabeceado y luego ensayado a la compresión (ver gráficos 5.6 y 5.7) En el capítulo IV obtención de datos se presentaron las relaciones L/D. Se verifica estos resultados comparándolos con lo establecido en el ACI 506.2 – 90, que menciona que el promedio de 3 núcleos debe ser igual o mayor que $0.85f'_c$, que como puede notarse en nuestro caso así es, y también se cumple con otro recomendación de éste comité que es que ningún resultado individual de núcleos sea menor de $0.75f'_c$.

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I tenemos los siguientes:

Realizado en Obra con uso de aditivos:

**GRÁFICO DE EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA NÚCLEOS EXTRAIDOS.
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en Obra.**

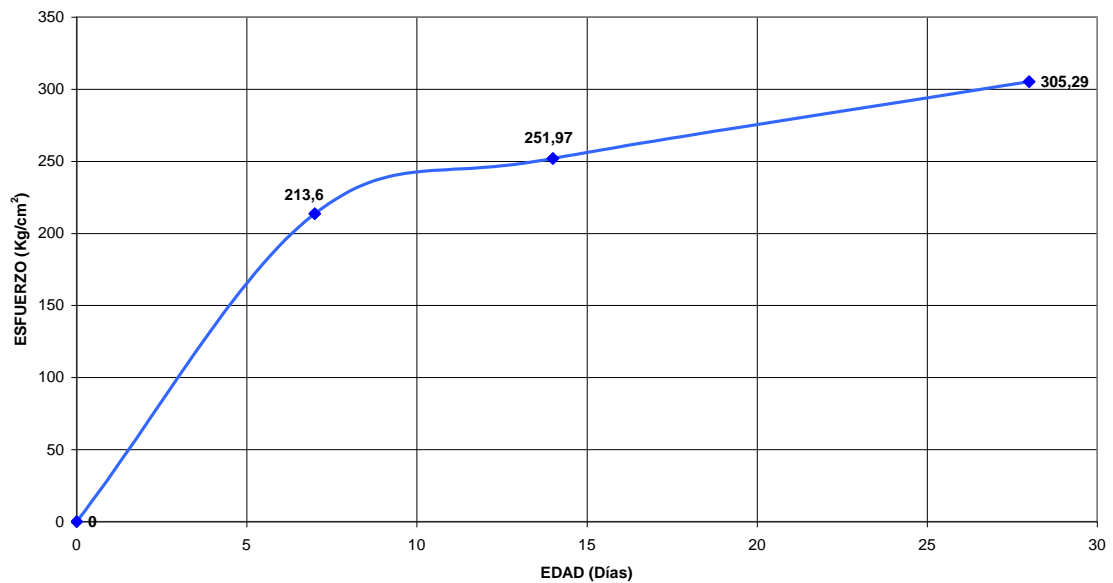


**Gráfico 5. 6
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I**

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU tenemos los siguientes:

Realizado en Obra con uso de aditivos:

**GRÁFICO DE EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA NÚCLEOS EXTRAIDOS.
diseñado con cemento A.S.T.M. C-1157 con uso de aditivo realizado en Obra.**



**Gráfico 5. 7
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU**

La norma ASTM C-42 establece que la resistencia a la compresión de los núcleos debe ser al menos 0.85 la resistencia de los cilindros, y para el cemento C-150 así es, pero no para el C-1157, ya que en este los núcleos superaban a los cilindros, debido a las colmenas que presentaban estos últimos.

Haciendo una comparación de los diferentes diseños realizados en distintas situaciones podemos observar:

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I tenemos los siguientes:

**GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA CILINDROS Y NÚCLEOS.
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en Laboratorio y en Obra.**

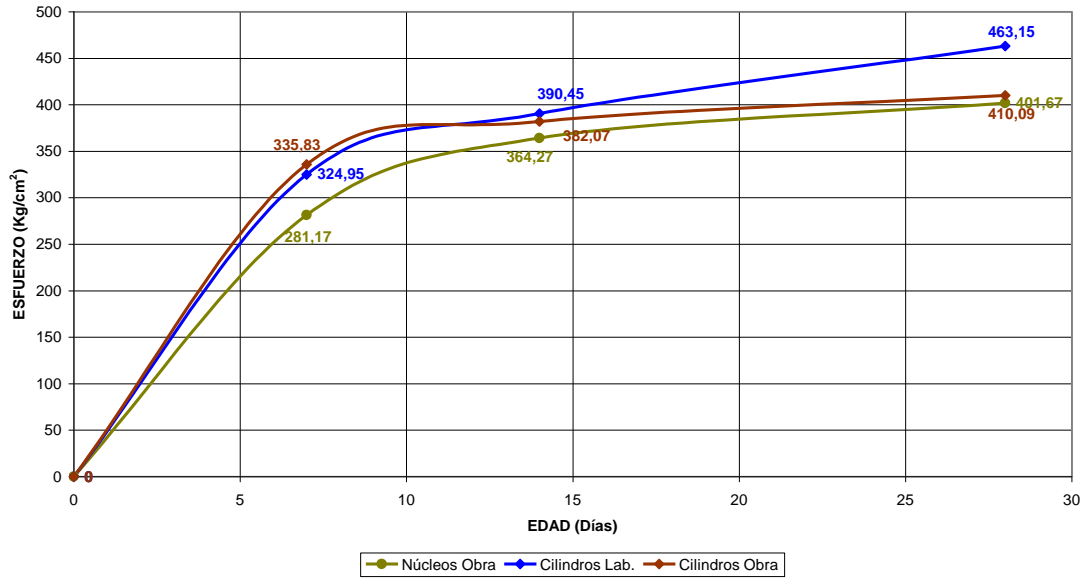


Gráfico 5. 8
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I

Para el diseño de mezcla con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU tenemos los siguientes:

GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD-ESFUERZO (Kg/cm²) PARA CILINDROS Y NÚCLEOS.
diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en Laboratorio y en Obra.

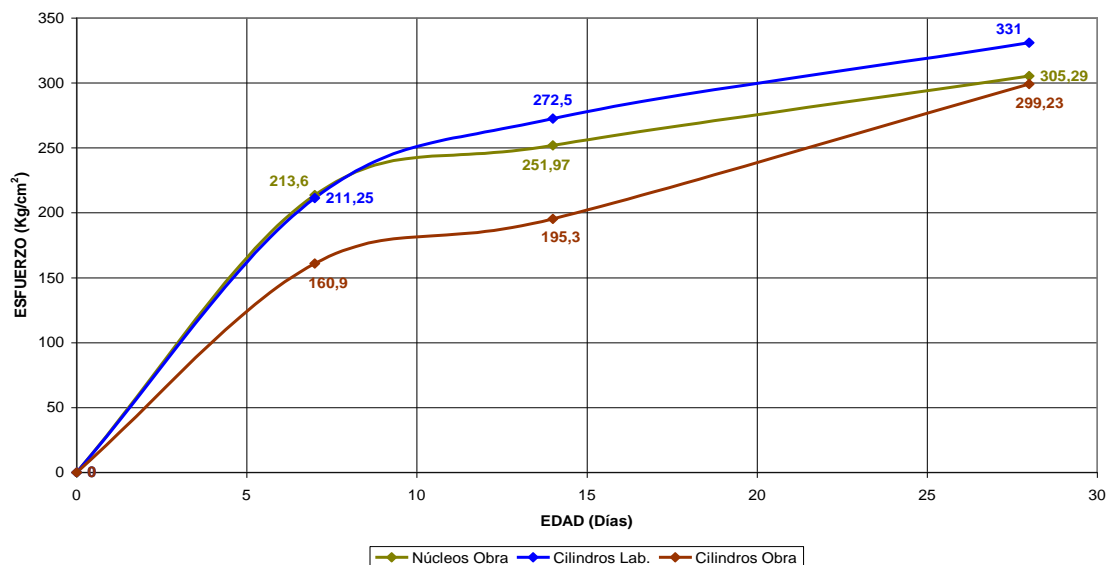


Gráfico 5. 9
Comportamiento de la resistencia a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO GU

Para el cemento C-150 los resultados a la compresión realizados en laboratorio son mayor que los resultados realizados en obra, y el comportamiento de los núcleos es similar a los cilindros realizados en laboratorio en edades de 7 y 14 días, pero los cilindro realizados en campo son menores debido a que fueron llenados directamente con la boquilla del equipo del concreto lanzado, pero cabe mencionar que los resultados de la compresión para los tres diferentes situaciones se cumplió con la resistencia requerida.

Con el cemento C-1157 los resultados a la compresión realizados en laboratorio son mayor que los resultados realizados en obra, y el comportamiento de los núcleos es similar a los cilindros realizados en laboratorio en edad de 7 días, y para las edades de 14 y 28 días es menor, pero los cilindro realizados en campo son menores debido a que no quedaron bien hechos y fueron llenados directamente con la boquilla del equipo del concreto lanzado. En la cual los resultados obtenidos en su mayoría fueron aceptables ya que cumplieron con la resistencia de diseño excepto el núcleo de edad de 28 días.

Cabe mencionar que para el cemento C-1157 los resultados a la compresión de los núcleos es superior a la de los cilindros excepto de los 28 días, esto debido a que como ya se menciona estos fueron hechos con la bomba, y no quedaron bien hechos.

No destructivos:

- Determinación del Modulo de elasticidad.
- Determinación del Modulo de Poisson.

Determinación del Modulo de elasticidad y Modulo de Poisson.

Este ensayo se realizo tanto para los cilindros como para los núcleos, cabe mencionar que en algunos casos no fue posible realizar este ensayo para los cilindros por que se encontraban dañados, como ya se menciona los cilindros fueron hechos con la bomba y por esta razón el fondo de algunos quedaron dañados. Este ensayo se realizo según la norma ASTM C – 597 “Método de ensayo Estándar para Modulo de Elasticidad Estático y Relación de Poisson del Concreto en Compresión”.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación gráficamente para cada tipo de cemento utilizado

GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA CILINDROS Y NUCLEOS

Diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en obra.

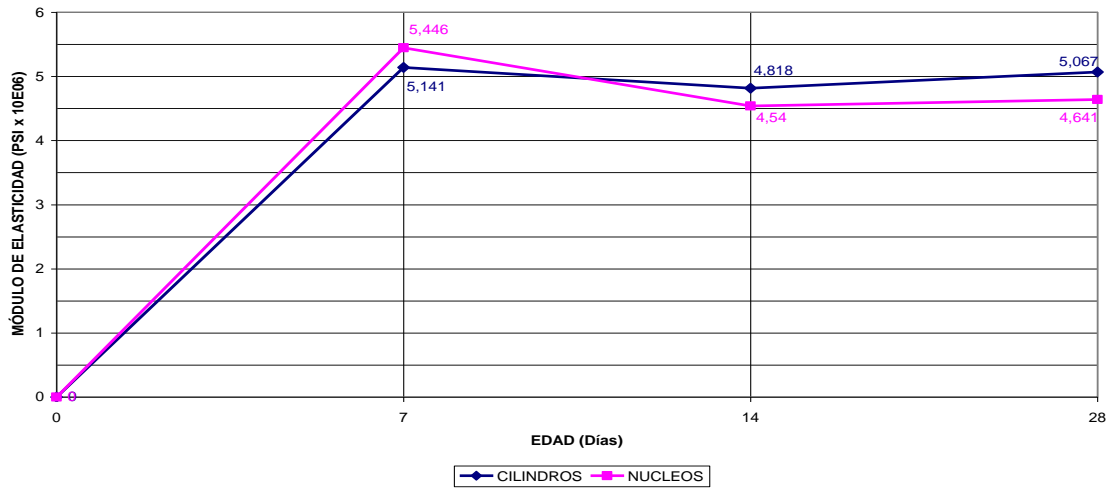


Gráfico 5. 10

Comportamiento de Módulos de Elasticidad a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I

GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD Y RELACIÓN DE POISSON PARA CILINDROS Y NUCLEOS
Diseñado con cemento A.S.T.M. C-150 con uso de aditivo realizado en obra.

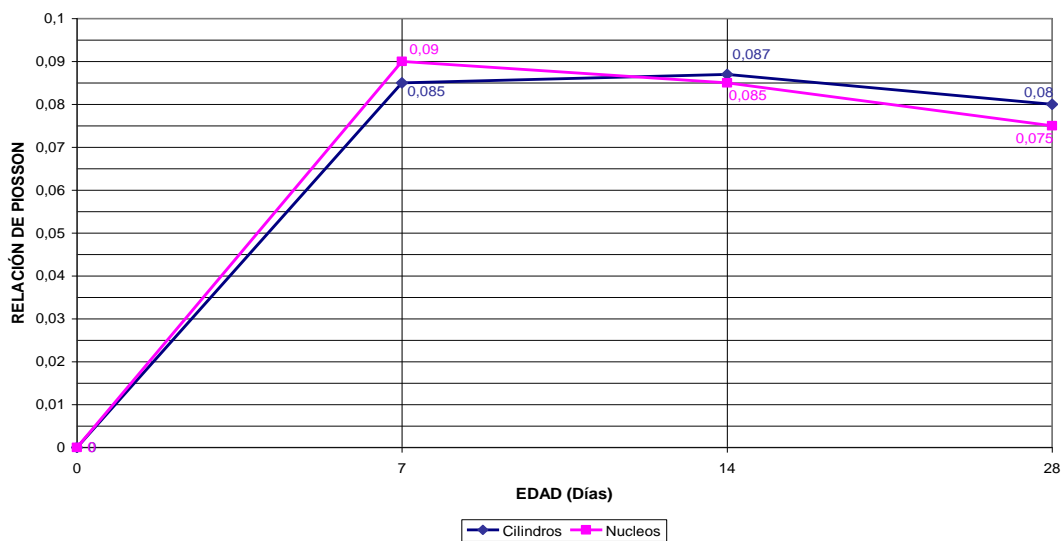


Gráfico 5. 11
Comportamiento de Relación de Poisson a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-150 TIPO I

GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD Y MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA CILINDROS Y NUCLEOS

Diseñado con cemento A.S.T.M. C-1157 con uso de aditivo realizado en obra.

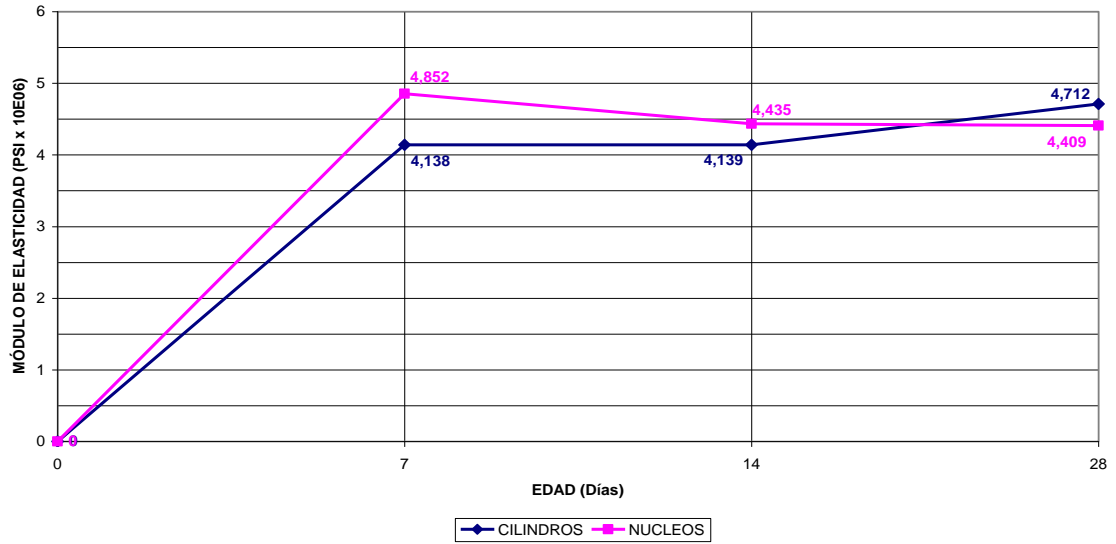


Gráfico 5. 12

Comportamiento de Módulos de Elasticidad a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO UG

GRÁFICO DE COMPARACIÓN DE EDAD Y RELACIÓN DE POISSON PARA CILINDROS Y NUCLEOS
Diseñado con cemento A.S.T.M. C-1157 con uso de aditivo realizado en obra.

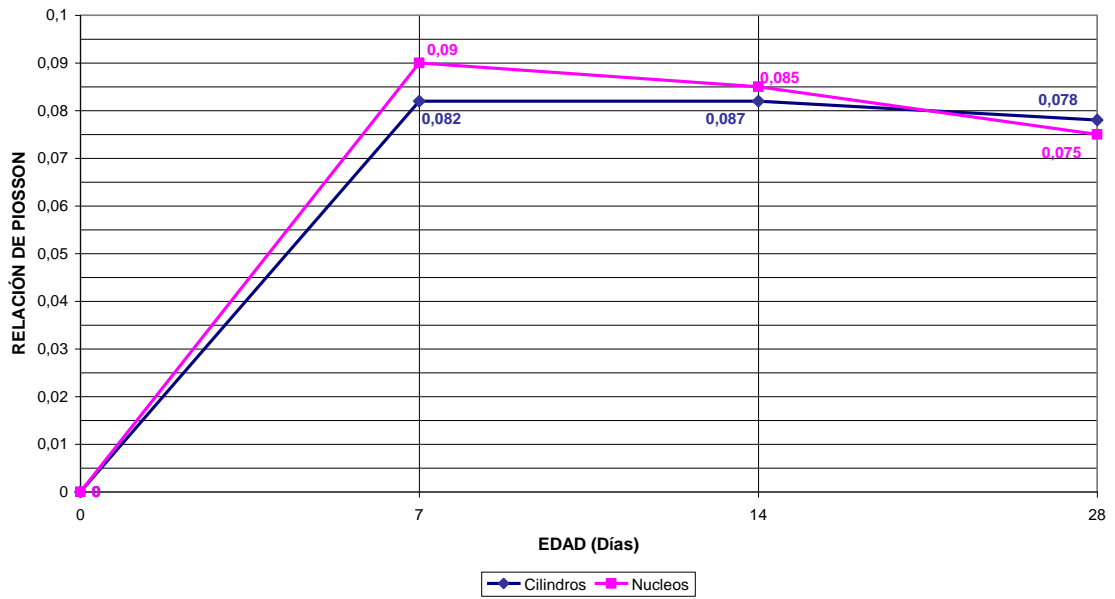


Gráfico 5. 13
Comportamiento de Relación de Poisson a edades de 7, 14 y 28 días del concreto con cemento A.S.T.M. C-1157 TIPO UG

5.4 ELABORACIÓN, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN

Elaboración:

Para el caso nuestro se tuvo un problema con el cemento C – 150, ya que como ya se mencionó este cemento fue proporcionado por CESSA, y cuando se realizo las pruebas para el diseño de mezcla se acabo casi todo el cemento y no se encontró algún distribuidor en la capital. Por lo que el cemento para el diseño que se lanzó fue proporcionado por la Empresa proveedora de Concreto,.

Para el caso del cemento C – 1157, este al igual que el cemento anterior se acabo casi en su totalidad en el establecimiento del diseño. Pero este si se encontró y se compro.

Haciendo este par de observaciones podemos mencionar lo siguiente que para el caso del cemento C – 150, la elaboración fue hecha, de la forma en como se hace por la Empresa proveedora de Concreto. Es decir, los agregados, transportados en bandas sin fin (dosificados por peso), y el cemento almacenado en silos. En el cemento C – 1157 fue igual con la variante que el cemento fue colocado por bolsa, ya que este cemento no es utilizado por la Empresa.

Transporte:

Esta actividad se refiere al traslado de las revolturas de concreto, desde el lugar donde se esta efectuando el mezclado, hasta el sitio mas cercano posible al de su vaciado en la estructura.

En nuestro caso el concreto fue elaborado en el plantel central de la Empresa. Ubicado en 23 Av. Sur N° 480 San Salvador y transportado hasta Ciudad Corinto, carretera a Mariona, Mejicanos.

Colocación:

Consiste en hacer llegar el concreto fresco para depositarlo en la estructura. La aplicación que se realizo en nuestro caso, fue el colado de un muro anclado, aquí se

dio un caso peculiar, debido a que cuando se realizó la terracería, se pasaron del corte, para salvar el nivel se tuvo que colocar piedra, y sobre esta piedra se lanzó concreto.

Aquí es importante definir algo que en el anteproyecto se planteó y es la Vía en que el concreto iba a ser lanzado si de forma húmeda o seca.

Para poder lanzar el concreto por la Vía Seca es necesario que los agregados estén casi secos y en el país esto no se da, y resultaría impráctico que se estuviera secando el agregado, por lo que la Vía Humedad es casi por obligación el método obligado, y es este el método de proyección que se utilizó en el trabajo de investigación.

Otro aspecto a mencionar es que el ángulo de inclinación del talud era muy cercano a 90° y la colección de los paneles en esta posición era bastante complicada, aunque la norma indica que los paneles deben ser colocados en el mismo ángulo que la aplicación que se realizara, aquí se colocaron lo vertical que se pudo, esto se puede observar en las fotografías del capítulo IV.

También la distancia y ángulo a la que se debe lanzar el concreto es un punto crítico en el control de calidad, lastimosamente, para, la elaboración de los paneles si fue algo que se encontraba dentro de lo que indica el ACI 506, no así para la aplicación el muro y teóricamente los paneles simulan las condiciones de campo.

CAPITULO VI

CAPITULO VI PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD

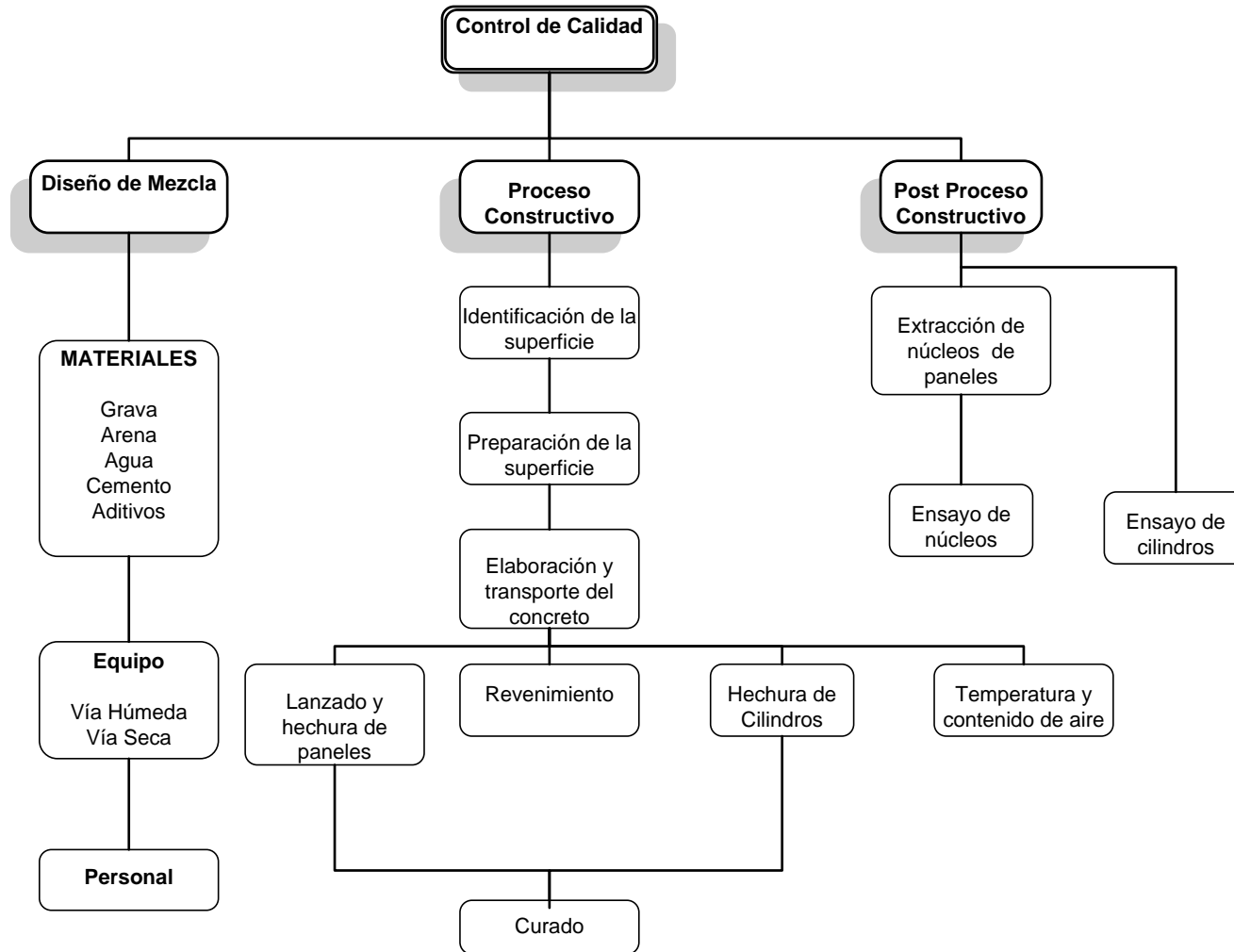
Para que tanto las construcciones en que se emplea concreto como su posterior comportamiento resulten satisfactorios, se requiere que el concreto posea ciertas propiedades específicas. El control de calidad y las pruebas son parte indispensable del proceso constructivo porque confirman que se están obteniendo las propiedades antes mencionadas. La experiencia y el buen juicio deberán apoyarse en la evaluación de las pruebas y en la estimación de su importancia con respecto al comportamiento último del concreto.

La calidad se puede definir “en términos de las características requeridas para alcanzar un nivel específico de la excelencia de un proceso o producto; en este caso del concreto lanzado”; es decir como todas las técnicas operacionales y actividades que se realizan o se conducen para satisfacer los requisitos de diseño.

Según lo investigado el control de calidad para el concreto lanzado en El Salvador, no se lleva a cabo de acuerdo a estándares propuestos como es el caso del ACI 506. En el capítulo III, se describe la forma en que se debe llevar a cabo este procedimiento de acuerdo al comité anteriormente mencionado.

En este capítulo abordaremos el procedimiento de control de calidad como una adaptación del comité ACI 506 a nuestro país, es decir atendiendo las variantes que se presentan, tales como: tipo de materiales, clima, mano de obra, etc. Se tomará en cuenta además la experiencia que se tiene en la aplicación del concreto lanzado, con una empresa del país, es decir experimentando las técnicas de colocación utilizadas, pruebas para el control de calidad en estado fresco y endurecido; así como las entrevistas realizadas a empresas visitadas y su experiencia con el empleo de la técnica.

6.1 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO LANZADO



6.2 DISEÑO DE MEZCLA

6.2.1 Materiales

CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES

AGREGADOS

Las pruebas que se realizan a los agregados tienen dos objetivos fundamentales:

- ✓ Primero, determinar la calidad del material para su uso en el concreto,.
- ✓ Segundo, evaluar los parámetros especificados para asegurar la uniformidad, como son las pruebas para control de humedad y granulometría de los agregados. Algunas pruebas se emplean para ambos propósitos.

El control de calidad de los materiales incluye, su control desde la elección hasta su empleo en la elaboración del concreto.

Se ha observado que se deben realizar las siguientes pruebas a los agregados y que cumplan con las especificaciones del proyecto para dar por aceptado un banco de materiales de acuerdo con los siguientes lineamientos:

MUESTREO DE LOS AGREGADOS

Los métodos para obtener muestras representativas de agregados se presentan en la norma ASTM D 75. Es importante llevar a cabo un muestreo correcto. La reducción de las muestras de campo de gran tamaño hasta obtener cantidades pequeñas para las pruebas individuales se debe realizar con precaución a fin de que las muestras finales sean realmente representativas. Para los agregados gruesos, esto se hace normalmente por medio del método de cuarteo: La muestra, mezclada por completo, se extiende sobre una lona en una capa uniforme de 7.5 cm de espesor. Se divide en cuatro partes iguales. Entonces se desechan dos partes opuestas. Este proceso se repite hasta que quede el tamaño deseado de la muestra. En ocasiones se utiliza un procedimiento similar para el agregado fino húmedo. Los procedimientos anteriores

pueden realizarse por medio de cuarteadores mecánicos para agregados gruesos y finos.

IMPUREZAS ORGANICAS

Las impurezas orgánicas en el agregado fino deben determinarse de acuerdo con la norma ASTM C 40. Se coloca una muestra de agregado fino en una solución de hidróxido de sodio y se agita. Al día siguiente el color de la solución se compara con el color de una solución estándar. Si el color es más oscuro que el estándar, no se deberá usar el agregado fino sin investigaciones posteriores. Algunos agregados finos contienen cantidades pequeñas de carbón o de lignito que le dan un color oscuro al líquido. La cantidad podría ser insuficiente para reducir apreciablemente la resistencia del concreto y por otra parte el agregado fino podría ser aceptable. En tales casos, las pruebas de resistencia de morteros (ASTM C 87) que hagan uso del agregado fino en cuestión indicarán el efecto de las impurezas presentes. Deberá hacerse notar que las cantidades apreciables de carbón o lignito dentro de los agregados pueden llegar a causar erupciones y manchas en el concreto y reducir su durabilidad cuando esté expuesto al intemperismo. La experiencia local frecuentemente es el mejor indicador de la durabilidad de los concretos.

MATERIAL FINO OBJETABLE

Las grandes cantidades de arcilla y limo en los agregados pueden afectar de manera adversa la durabilidad, aumentar los requerimientos de agua e incrementar la contracción. Normalmente las especificaciones limitan la cantidad de material que pasa la malla de 0.080 mm (No.200) a 2 o 3% del agregado fino y a 1% o menos en el agregado grueso. La prueba para el material que pasa la malla de 0.080 mm (No.200) deberá realizarse de acuerdo con la norma ASTM C 117. La prueba de terrones de arcilla deberá hacerse conforme a la norma ASTM C 142.

GRANULOMETRIA

La granulometría del agregado afecta fuertemente al proporcionamiento del concreto y su trabajabilidad. De aquí que las pruebas de granulometría sean un elemento importante para asegurar la calidad del concreto. La granulometría de un agregado se determina mediante una prueba de análisis de mallas en las que las partículas se dividen según sus distintos tamaños por medio de mallas estándar. Se deberá hacer el análisis de conformidad con la norma ASTM C 136.

Los resultados de los análisis de mallas se emplean de tres formas:

- 1) Para determinar si los materiales satisfacen o no las especificaciones.
- 2) Para elegir el material más adecuado si se dispone de distintos agregados.
- 3) Para detectar variaciones en la granulometría que sean suficientes para justificar mezclar tamaños seleccionados o algún ajuste en las proporciones de la mezcla de concreto.

Los requisitos en cuanto a la granulometría de los agregados para el concreto se muestran en el Capítulo 4 y en la norma ASTM C 33. Se deberá evitar el uso de materiales que contengan cantidades excesivas o demasiado pequeñas de cualquier tamaño. Algunas especificaciones demandan que se ajusten las proporciones de la mezcla si el módulo de finura promedio del agregado fino cambia en más de 0.20. Otras piden un ajuste en las proporciones de la mezcla si la cantidad retenida en dos mallas consecutivas cualesquiera cambia en más de 10% en peso del total de la muestra de agregado fino. Para la trabajabilidad es deseable tener una cantidad pequeña de partículas limpias que pasen la malla de 0.150 mm (No. 100) pero que quede retenida en la malla de 0.080 mm (No. 200). Por esta misma razón la mayoría de las especificaciones permite la existencia de hasta 10% de este material en el agregado.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Se pueden usar varios métodos para determinar la cantidad de humedad en las muestras de agregado. El contenido total de humedad para agregado fino o grueso

puede probarse conforme a la norma ASTM C 566. Según este método una muestra medida de agregado húmedo se seca ya sea dentro de un horno, o sobre una plancha o al fuego directo. A partir de los pesos anterior y posterior al secado, se pueden calcular los contenidos de humedad total y de humedad superficial (libre).

El contenido de humedad de los agregados debe ser verificado periódicamente, de preferencia cada vez que se vaya a elaborar una batchada de concreto, o por lo menos una vez en la mañana y otra por la tarde ya que, generalmente el material que se encuentra superficialmente contiene menor humedad, pues el agua tiende a fluir hacia el agregado que se encuentra al fondo, por lo que se requiere homogenizar muy bien los agregados para tomar sus respectivos contenidos de humedad. Lo anterior se debe seguir rígidamente con el agregado fino.

Los agregados deben mantenerse en las mismas condiciones de almacenamiento, es decir se debe controlar que si están expuestos a la intemperie se cubran con plástico o lonas para evitar que pierdan o ganen humedad, y por lo tanto se distorsionen las propiedades que fueron muestreadas inicialmente.

Hasta el momento se han abordado las pruebas necesarias para dar por aceptado los agregados, las pruebas anteriores deben realizarse cada vez que se estime conveniente para verificar que los materiales que se están suministrando sean los mismos que ya han sido analizados. Es importante destacar que si en las empresas que utilizan la técnica del concreto lanzado no elaboran su concreto, y por lo tanto no tienen a la mano la verificación de la calidad de los agregados, se debe muestrear los agregados que utiliza la empresa suministrante del concreto para hacer los estudios respectivos, esto con la periodicidad necesaria o cuando se tengan dudas sobre el concreto que se está recibiendo.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

La gravedad específica de los agregados fino y grueso deben realizarse de acuerdo con la norma ASTM C-128 y ASTM C-127 respectivamente. La gravedad específica de

los materiales es un valor que indica la masa por unidad de volumen de un material expresado en Kg/m^3 (lb/pie^3).

La gravedad específica es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, y también es ocupado para el cálculo de vacíos de los agregados.

Según la condición en que se encuentre el material, así se determinan distintos tipos de peso específico; por lo que debe prestarse especial cuidado para llevar a cabo el ensayo.

PESO VOLUMÉTRICO

El peso volumétrico de los agregados debe realizarse de acuerdo con la norma ASTM C-29 tanto para agregado fino como para agregado grueso. El Peso Volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material durante la prueba; la denominación que se le dará a cada una de ellas será: "Peso Volumétrico Suelto" y "Peso Volumétrico Varillado".

Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.): Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen; es decir, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

Peso Volumétrico Varillado (P.V.V.): Conocido también como Peso Volumétrico Compactado, se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales aplicados y que están sujetos al acomodamiento y asentamiento provocados por la segregación, trabajabilidad o transporte del mismo.

CEMENTO

Los cementos se prueban para verificar su conformidad con los estándares establecidos a fin de evitar cualquier comportamiento anormal como lo sería la presencia de endurecimientos prematuros, fraguados retrasados o resistencias bajas en el concreto.

En el país las pruebas relacionadas con el cemento pueden omitirse exigiendo al fabricante la certificación del producto; aunque si se requiere pueden practicarse las pruebas necesarias.

AGUA

El agua que se usa en la fabricación del concreto, debe ser limpia y no contener cantidades dañinas de materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el acero.

- *Agua de mezclado:* El agua de mezclado debe ser limpia y libre de sustancias que puedan dañar al concreto o al acero. Es recomendable que el agua a utilizar sea potable, si no lo es, por lo menos el esfuerzo de cubos de mortero hechos con esa agua, debe ser al menos el 90% del esfuerzo de cubos de mortero hechos con agua destilada.
- *Agua de curado:* Esta debe estar libre de sustancias dañinas al concreto, preferiblemente debe ser potable.

Para determinar la calidad del agua en el caso que esta no sea potable puede practicarse las pruebas siguientes:

- ASTM C 191 para asegurar que las impurezas en el agua no afecten el tiempo de fraguado del cemento.
- ASTM C-109, referente a los cubos de mortero.
- AASTHO T 26, referente a límites de sustancias químicas en el agua.

ADITIVOS

En cuanto a los aditivos se recomienda elaborar pruebas previas de compatibilidad con el cemento, para evitar retraso del fraguado inicial, resistencias bajas.

Los requisitos a cumplir se encuentran en ASTM C 1141.

6.2.2 Equipo

MAQUINAS Y EQUIPO PARA CONCRETO LANZADO

El tipo de máquina empleado en la práctica dependerá del tipo de concreto que se requiera, pero casi todas las máquinas permiten que se adapte en alguna medida su producción. Las propiedades del concreto pueden modificarse cambiando la salida acoplada al rotor, el tamaño de la manguera, o el diámetro de la boquilla o pistola.

El ACI 506 recomienda, la proyección automatizada por medio de brazos robots hidráulicos. Con su utilización se mejorará la calidad del concreto, se disminuirán los porcentajes de rebote, se mejorarán en gran medida las condiciones de trabajo y la seguridad del mismo, además de obtenerse dispersiones menores en los resultados de resistencias de dicho concreto. En el país el uso de esta tecnología no se utiliza, ya que no se ha alcanzado el desarrollo tecnológico necesario pues no se tienen proyectos de gran envergadura, tales como túneles y minas, los cuales demandan este tipo de equipo.

Para el concreto lanzado por vía húmeda, es obligada la utilización de dichos brazos hidráulicos, debido a los rendimientos que se obtienen y a los empujes soportados por los sistemas de transporte que imposibilitan su proyección manual, el cual tampoco se utiliza en el país debido a que se realiza por medio de proyección manual.

LANZADORAS DE MEZCLA HUMEDA

Estas consisten en un sistema de aire presurizado con alimentación de aire adicional a la línea de alimentación a la salida de la maquina.

En El Salvador no se tiene una diferencia bien marcada en cuanto al equipo utilizado para concreto lanzado y al de concreto bombeado, la única diferencia es la adición de la boquilla para la salida del concreto por medio de aire presurizado, alimentado por un compresor. A continuación se muestra la figura del equipo mencionado:



Fotografía 6. 1 Equipo de Lanzadora de mezcla húmeda



Fotografía 6. 2 Equipo de Lanzadora de mezcla húmeda

REQUERIMIENTOS DE AIRE

Un compresor de aire de gran capacidad es apropiado y esencial para una satisfactoria operación en la técnica del concreto lanzado. El compresor debe suministrar aire seco y libre de aceite; adecuados para mantener la velocidad en la boquilla, mientras en operación simultánea el resto del equipo es limpiado por el soplo del aire.

Por otro lado cabe mencionar que el tipo de compresor puede variar dependiendo del tipo de equipo, de las condiciones, y del modo de operación. Además algunas lanzadoras requieren compresores con ciertas capacidades.

Las capacidades de los compresores se muestran en la tabla 6.1, esta es en general una guía usada en la aplicación del concreto lanzado. Esas capacidades generalmente se ajustan a la edad del compresor, altura de colocación, longitud de la manguera, peso unitario de los materiales, y otros factores que pueden reducir la capacidad del compresor. Es importante mencionar que deben incrementarse en aproximadamente 2.2 kN/m^2 por metro de longitud de manguera y por 4.5 kN/m^2 por metro de altura arriba de la lanzadora. La altura máxima a la cual puede entregarse con seguridad el concreto lanzado es unos 100 metros arriba de la lanzadora.

Para una disposición normal de la lanzadora se requiere una capacidad del compresor no menor de 7000 lts/min. Para el empleo del concreto lanzado en estructuras, por ejemplo para 25 cm en muros, se necesita un compresor con capacidad de 10,000 a 17,000 lts/min. La presión normal de funcionamiento medida con un manómetro colocado cerca de la salida de la lanzadora, es generalmente entre 240 y 280 kN/m^2 , mientras que la presión de alimentación es 550 a 700 kN/m^2 .

Diámetro de la manguera		Capacidad del compresor	
in	mm	cfm a 100 psi	m ³ /min a 700 kPa
1	25	350	10
1 1/4	32	450	12,5
1 1/2	38	600	17
2	51	750	21
2 1/2	64	1000	28

Tabla 6.1
Capacidades de compresor y diámetro de manguera

MANGUERAS

La selección de la manguera debe hacerse de acuerdo al tipo de material que esta va a transportar, ya sea aire o agua; todas deben ser de alta presión.

Las mangueras de aires se usan para suministrar aire a la lanzadora de concreto, a la boquilla en el proceso de mezcla húmeda, al tubo de chiflón y a otros equipos que requieran aire para su funcionamiento. Estas deben ser suficientemente grandes de tal forma que aseguren un adecuado volumen de aire para operar el equipo. Los materiales por los que están hechas deben ser flexibles, livianas y de un material resistente al aceite, abrasión y a los dobleces.

Las mangueras de agua se utilizan para suministrar agua a la boquilla; se recomienda que todas las mangueras tengan un diámetro interno mínimo de ¾ pulg (19mm).

Las mangueras para material podrán ser antiestáticas o conductoras y conectadas a tierra. Generalmente se requieren aproximadamente 30 m de manguera de material como longitud mínima para producir una alimentación confiable a la boquilla. Un punto que debe observarse con cuidado es la correspondencia entre la manguera de alimentación y los acoples; por ejemplo no se recomienda unir una manguera de alimentación con una de diámetro menor que ella, pues esto provocará un mal control de la lanzadora, o si es posible congelación de las válvulas y las aspas del motor.

6.2.3 Personal Calificado

De acuerdo al comité ACI 506, el personal de la cuadrilla de lanzado debe estar constituido de las siguientes personas:

- h) Capataz
- i) Un boquillero
- j) Un Chiflonero
- k) Un asistente de boquillero
- l) Un operador de lanzadora o bomba
- m) Operador de mezcladora
- n) Varios auxiliares

En nuestro país se ha observado que lo anterior no se cumple ya que únicamente se utiliza el personal siguiente:

- a) Operador de la lanzadora
- b) Boquillero
- c) Capataz
- d) Varios Auxiliares
- e) Albañiles

A pesar de lo anterior estas personas no tienen funciones bien definidas tal y como están especificadas en el ACI; por lo que recomendamos que atendiendo al número de personas con las que se cuentan, es necesario redistribuir las funciones, de modo que todas las actividades queden cubiertas. Las funciones deben ser distribuidas de la siguiente manera:

OPERADOR DE LA LANZADORA

7. Asegurarse que la lanzadora se encuentra en excelentes condiciones de trabajo.
8. Regular el suministro de la mezcla de la lanzadora de acuerdo con las necesidades del boquillero en cuanto a presión y volumen.
9. Asegurarse que en las conexiones de las mangueras no se pierda aire o en la lanzadora.

OPERADOR DEL BOQUILLERO

1. Coordinar la aplicación con el capataz, operador de la lanzadora y auxiliares.
2. Antes de la colocación del concreto, él debe ver que todas las superficies deben estar limpias, seguras, y libres de material suelto, así como los espesores y el reforzamiento debe estar correctamente colocado y espaciado.
3. Durante la colocación del concreto, él debe controlar y garantizar que la presión de aire es uniforme, y proporcionar alta velocidad de impacto para una buena compactación, verificar el rebote y remover bolsas.
4. Proporcionar la dirección a la cuadrilla de lanzado del concreto ayudando con sus tareas a colocar un concreto lanzado de buena calidad.
5. Asegurarse que la boquilla se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento, que los chorros de agua estén si obstrucciones, que las mangueras no tengan incrustaciones, que estén bien colocadas y sus acoples bien hechos.
6. Mantener la boquilla de tal forma que el concreto lanzado se proyecte lo más directamente posible, para que de esta forma se compacte adecuadamente y se tenga menos rebote.

CAPATAZ

1. Responsable de planear y organizar los trabajos y la cuadrilla, manteniendo un trabajo de colocación seguro
2. El es responsable de la inspección y mantenimiento del equipo, es decir si se hace el mantenimiento apoyándose de un mecánico, coordinar con él la limpieza y revisión del equipo cada vez que se utilice.
3. Actuar como enlace para cualquier supervisión general o para el equipo de inspección del dueño o de la Supervisión.
4. Transmitir señales entre el operador de la lanzadora y el boquillero.

AUXILIARES

1. Pulir el concreto lanzado, dejándolo correctamente y con calidad, antes de que se le de el acabado
2. Corregir depresiones y desprendimientos.
3. Operar el soplete para avanzar libremente de polvo y de rebote.
4. Colocar y mover las mangueras de los materiales o la manguera de aire, cuando esto es requerido.
5. Limpiar y dar mantenimiento de la manguera de los materiales, cada vez que estas se utilizan.

ALBAÑILES

Son los encargados de llevar a cabo el acabado en el concreto lanzado.

6.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

6.3.1 Identificación de la Superficie

CONTROL EN EL LANZADO

El concreto lanzado puede ser lanzado en diferentes posiciones entre las que tenemos:

1. En superficies horizontales
2. Superficies verticales
3. En superficies sobrecabeza

SUPERFICIES HORIZONTALES

En superficies horizontales se utiliza el concreto lanzado generalmente para el colado de losas y pisos, así como para la construcción de piscinas; se debe considerar que siempre debe mantenerse la perpendicularidad entre la boquilla y la superficie de lanzado; así como que la distancia de lanzado sea en promedio de 1.2 m para lograr una adecuada compactación.

SUPERFICIES VERTICALES

En el país se ha utilizado mucho la estabilización de taludes con la técnica del concreto lanzado, muchos de estos tienen alturas en la cual la condición de perpendicularidad de la boquilla con respecto a la superficie no puede lograrse, o no siempre se dan las condiciones para lograrlo; y aunque en algunos proyectos se ha observado que se ha utilizado grúa para poder lograr esta condición, por lo que el uso de grúa o andamios no deberían de ser una opción, si no una obligación para lograr la perpendicularidad necesaria y la distancia de lanzado adecuada, 1.2 m,; por lo que la recomendación va encaminada a que se controle la calidad en la técnica de colocación, verificando la utilización de equipo necesario para lograr realizar trabajos en altura.

SUPERFICIES SOBRECABEZA

En el país esta condición de colado no se da, ya que generalmente esto se puede observar en el revestimiento de túneles o minas, sin embargo se da la recomendación que se mantengan las condiciones de perpendicularidad y distancia para el lanzado; así como que se utilice el equipo de seguridad detallado en el capítulo III de este documento, ya que se ha podido investigar y observar que en el país no se utiliza ningún equipo de seguridad lo que es peligroso ya que todo el material que rebota impacta en la cara de la cuadrilla especialmente en la del boquillero, lo que debido a las velocidades con las que el material es lanzado puede resultar peligroso.

Muchas de las aplicaciones del concreto lanzado dependen de las condiciones de trabajo que se pueden encontrar; tales como:

- Recubrimientos de taludes
- Recubrimientos de varillas de refuerzo
- Construcción de obras nuevas, etc.

6.3.2 Preparación de la Superficie

Todas las condiciones anteriores es decir el tipo de superficie que se pueden presentar serían muy difícil de abarcar e individualizar, por lo que se recomienda referirse al capítulo III numeral 3.1.2.6 de este documento, ya que todas esas condiciones pueden presentarse en nuestro país; y no varían de lugar a lugar, pues no dependen de condiciones tales como clima, equipo utilizado, aplicación (estabilización de talud, túneles, etc.); si no por el contrario son condiciones que siempre van ser estándares en cualquier lugar.

6.3.3 Elaboración y Transporte del Concreto

Se debe controlar que se fabrique el concreto lanzado con los materiales que fueron aprobados y ensayados en la etapa del diseño de mezcla; así como que la mezcla sea elaborada con las proporciones que fueron determinadas durante el diseño de la misma. Debe además para la elaboración realizarse los ajustes por humedad correspondientes a las de los agregados a utilizar, para evitar cambios en la mezcla diseñada.

El transporte debe ser tal que el tiempo sea el adecuado para que el concreto no pierda demasiado revenimiento y que la trabajabilidad sea la requerida en obra, así como para evitar que este se encuentre fraguando.

En el apartado 6.1 “Materiales” ya se ha mencionado las pruebas a realizar para la inspección de los materiales en esta parte se mencionaran las propiedades a inspeccionar tanto para el concreto en estado fresco como endurecido:

6.3.4 Control de Calidad del Concreto en Estado Fresco

PRUEBA DE REVENIMIENTO

Esta debe realizarse de acuerdo a la norma ASTM C-143, cuyo procedimiento se describe en Capítulo IV de este documento.

De acuerdo al comité ACI 506 generalmente se utilizan mezclas con revenimientos que oscilan entre 1 ½ y 3 pulg (38 y 75 mm). Debajo de 1 ½ pulg(38 mm) de revenimiento y arriba de 3 pulg (75 mm) pueden desarrollar combaduras, bolsas, charcos y escurrimientos. En nuestro país las empresas visitadas manifestaron que ellos utilizan mezclas con revenimientos de 3 pulg. máximo 4 pulg. aunque esto depende mucho de la capacidad del equipo utilizado; así como de la experiencia del lanzador; por lo que debería conocerse muy bien la capacidad del equipo con que se dispone para que en base a esto se pueda solicitar el revenimiento del concreto, y por lo tanto se

recomienda controlar la trabajabilidad antes de lanzar el concreto para evitar problemas en el lanzado. Lo anterior es de suma importancia ya que suele utilizarse aditivos fluidificantes en la obra si la mezcla es muy seca, lo que encarece el proyecto, pudiéndose evitar con anterioridad.

MEDICION DE LA TEMPERATURA

Aquí se debe hacer mención de dos temperaturas:

1. Temperatura ambiente.
2. Temperatura del concreto.

Temperatura ambiente:

En el país no se presentan climas extremos pero si se da el caso que cuando esta lloviendo, no se puede colar, o en el caso de temperaturas muy elevadas, como se presenta en la Departamento de la Unión, en algunos casos el concreto se diseña con hielo, por lo que se debe tener muy en cuenta las condicione climáticas, cuando se piense colar. Además de las condiciones en las cuales se podrá encontrar el terreno (en el caso de que se cuele un talud).

Temperatura del concreto:

Esta debe realizarse de acuerdo a la norma ASTM C-172, cuyo procedimiento se describe en Capitulo IV de este documento. Como ya se menciona en el capitulo anterior no se debe colocar concreto por arriba de los 32 °C, y de temperaturas mínimas no se hace mención ya que en el país no se dan casos de heladas.

CONTENIDO DE AIRE Y PESO VOLUMETRICO

La prueba debe realizarse de acuerdo con la norma ASTM C-231, si se hace con aparatos de presión, y con la norma ASTM C-138, si se realiza por medio de

procedimientos gravimétricos (con este ensayo se determinan ambos resultados), en el caso particular se utilizó la ASTM C-231.

Para el método gravimétrico se usa el mismo equipo de prueba que se emplea para la determinación del peso volumétrico del concreto. El peso volumétrico medido en el concreto se sustrae del peso volumétrico teórico determinado a partir de los volúmenes absolutos de los ingredientes, suponiendo que no exista aire. Esta diferencia, expresada como un porcentaje del peso volumétrico teórico, es el contenido de aire. Los cambios de importancia en el peso volumétrico pueden ser una manera conveniente para detectar las variaciones en el contenido de aire; ya que si el contenido de aire obtenido no es el que se espera, esto nos dará un concreto con peso volumétrico diferente, es decir, si el contenido de aire es mayor el peso volumétrico es menor, presentando un concreto menos denso, que por lo tanto podría ser más permeable.

De allí la importancia de controlar el contenido de aire para determinar la cantidad de concreto que se está produciendo y su peso volumétrico. Esta prueba es muy sencilla de realizar y no se necesita de equipo muy sofisticado, lo cual impida su control, por lo que se recomienda que se lleve a cabo, ya que se ha podido observar que en el país no controlan esta variante.

ELABORACIÓN DE PANELES DE PRUEBA

Los paneles de prueba se realizan de acuerdo con la norma ASTM C 1140, y atendiendo el procedimiento y cuidados descritos en el capítulo IV de este documento.

Según el ACI 506 se recomienda que se elaboren paneles de prueba antes de llevar a cabo cualquier proyecto que involucre el uso de concreto lanzado, para comprobar que la mezcla que se ha diseñado funciona y que el personal a emplear obtiene el rendimiento y resultados esperados. Además establece que se deben elaborar paneles durante el desarrollo del proyecto; sin embargo en el país se ha podido observar que no se fabrican paneles y que cuando los hacen no se siguen los procedimientos y especificaciones establecidos (materiales y dimensiones).

En el país para controlar la calidad del concreto que se está lanzando se recomienda elaborar paneles de prueba antes de iniciar un proyecto con el objetivo de probar la mezcla a utilizar, técnica de lanzado, personal, etc. una vez se haya logrado encontrar las condiciones con las que se obtienen los parámetros esperados este procedimiento puede dársele seguimiento en el proceso de lanzado.

Luego en el proceso de construcción recomendamos que se elaboren por lo menos tres paneles de prueba para cada colado que se realice para poder obtener tres núcleos por panel y probarlo a las edades de 7, 14 y 28 días, y obtener sus esfuerzos de compresión correlacionándose con los resultados de cilindros estándar. Los paneles deben construirse con los materiales y dimensiones especificados en la norma ASTM C 1140.

ELABORACIÓN DE CILINDROS MOLDEADOS

Debe realizarse tal y como lo describe la norma ASTM C-192, auxiliándose del equipo de lanzado, es decir deben elaborarse los cilindros de acuerdo a la norma para tener los datos esperados según pruebas de laboratorio. En campo deben fabricarse con el equipo de lanzado, para que sean más representativos del proceso de lanzado, teniendo el cuidado de golpearlos con un martillo de hule, para evitar la presencia de colmenas y segregación, y uniformizar de esta manera toda la muestra de concreto.

6.4 POST PROCESO CONSTRUCTIVO

6.4.1 Control de calidad del Concreto en Estado Endurecido

EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO

Debe realizarse tal y como lo describe la ASTM C-1140 auxiliándose de la norma ASTM C-42.

Luego de la extracción estos núcleos deben ser probados a la compresión siguiendo el procedimiento especificado en la norma ASTM C-39; se debe cumplir que el promedio de tres núcleos de concreto cumplan con que su esfuerzo sea igual o mayor a 0.85 f'c, y que ningún resultado individual sea menor de 0.75 f'c.

Los resultados de los núcleos de concreto pueden correlacionarse con los resultados obtenidos de la compresión de cilindros. Los cilindros pueden ser elaborados de acuerdo con la norma ASTM C-192, aunque estos no son representativos de las condiciones de lanzado, por lo que pueden también elaborarse lanzándose con el mismo equipo y personal; teniendo el cuidado de golpearlos con el martillo de hule para eliminar vacíos en el concreto y posibles colmenas. Ambas correlaciones serían válidas, pero más representativa sería la segunda.

Los núcleos deben cumplir con que su resultado sea al menos el 85% del obtenido de los cilindros.

Otro factor que debe tenerse muy en cuenta es la relación L/D, ya que se debe cumplir con lo que menciona la C – 42, y aplicar los factores de corrección en caso de ser necesario.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Esto se hace de acuerdo con la norma ASTM C – 39, tanto para los cilindros como para los núcleos, con los núcleos se hace una variante, que es cabecearlos, y hasta que se hayan cabeceado se deben tomar las dimensiones para sacar la relación L/D, la cual debe cumplir con lo especificado en la ASTM C-42. También a los cilindros se les

debe cabecear pero en algunos casos con solo esmerilarlos o con las almohadillas de neopreno es suficiente.

6.5 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS

Los procedimientos de cada una de estas de pruebas se describe en capitulo IV por lo que el lector se puede remitir a este capitulo, además se presentan procedimientos de otras pruebas, como el de impurezas orgánicas, revenimiento, etc.

CAPITULO VII

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

1. En general a nivel mundial la técnica de proyección vía húmeda del concreto lanzado, tiene mayor auge, debido a que su proceso es más económico y más seguro, aunque en algunos países se continúa utilizando la proyección vía seca del concreto lanzado, esto por ser el primer método que se utilizó.
2. En el país únicamente se utiliza el método de lanzado por proyección vía húmeda, por no contar con el equipo necesaria para aplicar el método vía seca, por ser de alto costo, y por que los materiales que se usan no cumplen los requerimientos de humedad necesarios y requeridos (por ejemplo: la arena debe estar seca).
3. En países con mayor experiencia con el concreto lanzado, el boquillero está tecnificado e incluso certificado por el comité ACI 506.3 R para poder realizar su función; en el medio lo anterior no se lleva a cabo debido a la falta de conocimiento de este requisito
4. En El Salvador no se utiliza un equipo de seguridad para la protección del personal, lo que refleja la falta de conocimiento del tema, y la toma de conciencia para evitar accidentes de trabajo y lograr la protección de la salud del personal de lanzado.

5. En la investigación realizada se ha observado que el concreto lanzado requiere de técnicas en la aplicación del concreto que en nuestro medio son poco conocidas y los métodos tanto para su diseño, aplicación, control de calidad y supervisión no están muy definidos hasta la fecha. Lo anterior se basa en un sondeo realizado con diferentes empresas tanto constructoras, como supervisoras en el país, para conocer que procedimientos utilizados para el control de calidad de ambas partes, se observó que en algunos casos no se lleva ningún control de calidad, y en las ocasiones que si lo realizan no es de la manera correcta.

6. El concreto lanzado, tiene diversas aplicaciones a nivel mundial, entre ellas podemos mencionar: revestimiento de canaletas, de estructuras antiguas, de hornos, calderas, chimeneas industriales, para la construcción de piscinas, construcción de tanques de almacenamiento o proceso de materiales químicos, revestimiento de estructuras de acero y en aplicaciones arquitectónicas; por mencionar algunas. En El Salvador únicamente se ha utilizado en estabilización de taludes y en muros anclados, podemos atribuir lo anterior al poco conocimiento de la técnica de concreto lanzado.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

7. Se puede observar que con la investigación realizada que la producción de concreto lanzado a nivel nacional es muy baja, teniéndose datos de 10 m³ al mes, lo que puede atribuirse al desconocimiento de las diversas aplicaciones que se tienen, por lo cual no se pueden realizar estudios más detallados con este tipo de concreto.

8. El revenimiento de los diseños de mezcla se estableció de 3 pulg. debido a la capacidad del equipo de lanzado, los resultados obtenidos fueron de 3 pulg. para el diseño con cemento ASTM C-150, lanzándose sin ningún problema. Con el

revenimiento de la mezcla con cemento C-1157 se obtuvo 1pulg., a pesar de este resultado se lanzó sin ningún problema.

9. Los pesos volumétricos en estado fresco del concreto fueron de 2234 Kg/cm^3 , para ambas mezclas de concreto, observándose que el diseño de la mezcla con cemento ASTM C-1157, sobrepasó el peso para el cual fue diseñado, es decir que se produjo más de 1 m^3 de concreto.

10. En la investigación se hicieron dos diseños de mezcla con cemento ASTM C-150 TIPO I y con cemento ASTM C-1157 TIPO GU, obteniéndose una resistencia a la compresión a los 28 días de 410 Kg/cm^2 y 299 Kg/cm^2 , respectivamente; y al comparar las resistencias, se observa que la mezcla con cemento ASTM C-1157 es menor, debido a que su diseño es diferente en cuanto a una menor cantidad de agregado grueso y por el tipo de cemento, que contiene adiciones.

11. Para obtener la resistencia a la compresión se ensayaron cilindros hechos en obra y núcleos extraídos de paneles de $60 \times 60 \text{ cm.}$, en los cilindros se observó segregación debido a que no fueron golpeados correctamente para evitar vacíos; por el contrario en los núcleos no se observó lo anterior, sino que se observa una mezcla muy rica en pasta debido a los altos contenidos de cemento de la mezcla.

12. La velocidad de pulso obtenida con el ensayo de pulso ultrasónico son de 3953.46 m/s y 3800.25 m/s para cilindros moldeados y núcleos taladrados respectivamente, ambos elaborados con la mezcla de concreto hecha con el cemento ASTM C-150 Tipo I, por lo que de podemos clasificarlo como un concreto de “Buena” calidad (ver anexo N° 10)

13. La velocidad de pulso obtenida con el ensayo de pulso ultrasónico son de 3809.80 m/s y 3707.59 m/s para cilindros moldeados y núcleos taladrados respectivamente,

ambos elaborados con la mezcla de concreto hecha con el cemento ASTM C-1157 Tipo GU, por lo que de podemos clasificarlo como un concreto de “Buena” calidad (ver anexo N° 10)

14. Los Módulos de Elasticidad Dinámicos obtenidos para cilindros moldeados y núcleos taladrados representados gráficamente en el Capítulo V (graficas N° 5.10 y 5.12) presentan un comportamiento aceptable para ambos tipos de cemento ASTM C-150 Tipo I y ASTM C-1157 Tipo GU, ya que ambas gráficas presentan una tendencia creciente tal y como se esperaba, pues su comportamiento es directamente proporcional a la resistencia.
15. Las tendencias de los valores de Relación de Poisson obtenidas en el concreto, son correctos debido a que se esperaba que al aumentar la resistencia esta relación disminuyera, tal y como se observa en las (gráficas N° 5.11 y 5.13) del Capítulo V
16. El método de diseño utilizado para la mezcla de concreto fue el ACI 211, aunque en El Salvador las empresas suministrantes de concreto lanzado no utilizan este método, y al hacer una comparación del proporcionamiento de ambos métodos estos son similares, por lo que se puede concluir que nuestro diseño es correcto y económicamente viable.
17. Se verificado que en el medio, el concreto lanzado que se utiliza únicamente es elaborado con cemento ASTM C-150 TIPO I, sin embargo con los resultados obtenidos de esta investigación se ha demostrado que el cemento ASTM C-1157 TIPO GU, puede ser utilizado en la aplicación del concreto lanzado, por que los resultados son satisfactorios y resulta en proyectos más económicos por su costo menor.

RECOMENDACIONES GENERALES

1. Con el trabajo de investigación realizado se pretende que haya una mayor difusión de la técnica del concreto lanzado, ya que en nuestro país únicamente se ha utilizado para la estabilización de taludes y recubrimiento de muros anclados, presentándose en este documento la técnica como una solución para muchas otras aplicaciones; tales como: construcción de obras nuevas, reparaciones, concreto arquitectónico, etc.
2. En la investigación realizada se ha observado y comprobado que en el medio no se controla la calidad de los materiales que se utiliza en la fabricación del concreto lanzado, por lo que se recomienda se realicen todas las pruebas necesarias para controlar la calidad de estos, tanto durante el proceso previo al diseño como en la utilización de los mismos en el curso del proyecto; con el objetivo de garantizar calidad en el concreto lanzado.
3. En cada proyecto que se utilice concreto lanzado premezclado se sugiere que se controle la calidad de los agregados y materiales que utiliza la empresa suministrante del concreto, y que no se descargue la responsabilidad en la empresa concretera, ya que debería ser una responsabilidad del profesional encargado del control de calidad en cada proyecto.
4. Se recomienda que cada componente del equipo de lanzado sea seleccionado de acuerdo con los requerimientos especificados en el comité ACI 506 y atendiendo las aplicaciones a realizar; así como verificando constantemente el cumplimiento de los requerimientos necesarios.

RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

5. Que la metodología de control de calidad para el concreto lanzado presentada en el capítulo VI, debe ponerse en práctica en los proyectos que utilicen la técnica del concreto lanzado, ya que se ha investigado y comprobado que en el país no se sigue ninguna metodología que se apegue a normativas establecidas.
6. En los proyectos en los que se utilice concreto lanzado, poner en práctica la higiene y seguridad industrial, ya que se ha comprobado que estas no se aplican en nuestro medio.
7. En el medio se ha comprobado que el personal de lanzado no ejecuta funciones específicas por lo que se recomienda se adopte la distribución de actividades al número de personas involucradas; tal como se plasma en el capítulo VI de este documento.
8. En todos los proyectos donde se utilice concreto lanzado debe controlarse la calidad del concreto en estado fresco y endurecido; siendo los ensayos recomendados los siguientes:
Concreto Fresco: Revenimiento, Medición de la temperatura, Contenido de aire, Peso Volumétrico, Elaboración de paneles y cilindros.
Concreto Endurecido: Extracción de núcleos, Compresión de núcleos y cilindros, determinación del módulo de elasticidad y relación de Poisson, peso volumétrico.
9. En cada proyecto que se utilice concreto lanzado, se recomienda elaborar paneles de prueba de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-1140, ya que son los testigos utilizados para evaluar la calidad del concreto.
10. Si se utilizan cilindros estándar para la evaluación del concreto en estado endurecido, se recomienda elaborarlos lanzando el concreto a los moldes, para que estos sean representativos, teniendo el cuidado de golpearlos con el

martillo de hule correctamente, para evitar el apareamiento de colmenas, que conlleven a obtener resultados no representativos.

11. Otros estudios podrían encaminarse a determinar las variaciones que se obtienen en el diseño de mezcla y en las propiedades del concreto lanzado, si se utilizan otros bancos de materiales.
12. Se recomienda realizar una investigación en la que se determine una correlación entre el porcentaje de rebote utilizando menores cantidades de cemento en el proporcionamiento, con el objetivo de diseñar mezclas de concreto lanzado más económicas, que cumplan con los porcentajes de rebote considerados como normales.
13. Aunque en este trabajo de investigación se evaluaron únicamente propiedades como compresión de cilindros y densidad; sería conveniente practicarle al concreto lanzado otros ensayos como lo son la permeabilidad, flexión, etc. por lo que otras investigaciones podrían encaminarse a determinar estas otras propiedades.
14. Según el ACI 506 establece que se pueden utilizar agregados de tres granulometrías diferentes, nuestra investigación solo abarca la granulometría número 1, por lo que se recomienda se realicen investigaciones que evalúen las diferencias de las propiedades del concreto utilizando otras granulometrías dependiendo del uso que el concreto vaya a tener.
15. Se recomienda que otro trabajo de graduación se encamine a establecer una curva de pérdida de revenimiento en función del tiempo de transporte, con el objetivo de establecer los tiempos para transportar el concreto sin la necesidad de utilizar aditivos fluidificantes, para asegurar que el concreto cumpla con la trabajabilidad requerida en obra.

BIBLIOGRAFIA.

- Concrete and Construcction
Aberdeen Group.
February 1993 Vol 38 number 2.

- Concrete International.
Desing and Construcction.
January 1981 Vol 3 number 1.

- Concrete Information.
Portland Cement Association

- Concreto lanzado.
Timothy Ryan F.
1976 Nueva serie IMCYC/10.

- Construcción y Tecnologia
IMCYC Abril 2002.

- Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC
20314-1000, Engineering and Design STANDARD PRACTICE FOR
SHOTCRETE

- Diseño y control de mezclas de concreto.
IMCYC A.C.

- Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Steven Kosmatka, IMCYC, Mexico,
1992.

- Guía de especificación para hormigón y mortero proyectado centro tecnológico del hormigón (cth) versión abril 2005, Chile.
- Guide to Shotcrete, Reported by joint ACI.
Comite 506, ACI 506 R -90(95)
Editorial ACI, ciudad Farminton Hills, Mich 1997.
- Guide to Certification of Shotcrete of Nozzlemen ACI 506.3 R – 91.
- Manual de la Construcción con concreto 3ª edición
Joseph U. Wadell y Joseph A Dobrowolsky.
Editorial Mc Graw – Hill.
- Manual de tecnología del concreto.
Editorial Limusa.
Sección 4.
- Pliego General de Condiciones Técnicas para la aplicación de los productos Sika en el hormigón proyectado por vía seca, semihúmeda y húmeda. P.C. 91
Madrid, España.
- Shotcreting: Equipment, material and applications.
Aberdeen Group.
Adisson. III, U.S 1996.
- Specification for Materials Proportioning, and Application of Shotcrete ACI 506.2 – 90, 1976.
- Trabajo de graduación UES
APLICACIONES DEL CONCRETO LANZADO EN ESTABILIZACION DE TALUDES ANCLADOS Y REVESTIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.
Lorenzo Antonio Coreas, Año 2004.

Normas Utilizadas

- ASTM C – 33 Especificación Estándar para Agregados para Concreto.
- ASTM C – 39 Método de ensayo Estándar para Esfuerzo de Compresión en Especímenes Cilíndricos de Concreto.
- ASTM C – 40 Método de Ensayo Estándar para Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino para Concreto.
- ASTM C – 42 Método de ensayo Estándar para Obtención y Ensayo de núcleos taladrados y Vigas Aserradas de Concreto.
- Norma ASTM D – 75 Estándar para Muestreo de Agregados.
- ASTM C – 94 Especificación Estándar para el Concreto Premezclado.
- ASTM C – 127 Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Grueso.
- ASTM C – 128 Método de Ensayo Estándar para Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino.
- ASTM C – 136 Método de Ensayo Estándar para el Análisis por Malla de Agregados Gruesos y Finos.
- ASTM C – 138-01 Método de Ensayo Estándar para Densidad (Peso Unitario), Volumen y Contenido de Aire (Método Gravimétrico) en una Mezcla de Concreto.
- ASTM C – 143 Método de Ensayo Estándar para Revenimiento del Concreto de Cemento Hidráulico.
- Norma ASTM C – 150 Practica Estándar para Cemento Pórtland
- ASTM C – 172 Practica Estándar para el Muestreo del Concreto Recién Mezclado.
- ASTM C – 192 Practica Estándar para la Elaboración y Curado en el laboratorio de Especímenes de Concreto para Ensayo.
- ASTM C – 231 – 91b Método de Prueba Estándar para Determinar el Contenido de Aire del Concreto recién Mezclado por el método de Presión.
- Norma ASTM C – 566 Método de Ensayo Estándar para Contenido de Humedad Total del Agregado por secado.

- Norma ASTM C – 702 “Practica para Reducir Muestras de Agregados a Tamaños de Ensayos.
- ASTM C – 1064 Practica Estándar para la Medición de Temperatura del Concreto con Cemento Pórtland Recién Mezclado
- ASTM C – 1140 “Práctica Estándar para Preparar y Ensayar Especimenes de Paneles para Concreto Lanzado”.

Entrevistas:

1. Ing. Wilfredo Landaverde.
Encargado de Aplicación Concreto Lanzado, Depto. De Geotecnia CPK CONSULTORES.
2. Ing. Salvador Ibarra
Supervisor de proyectos, CONSULTORA TECNICA SALVADOREÑA
3. Ing. José René Gómez
Director Comercial RODIO-SWISSBORING, EL SALVADOR

Hojas Web.

<http://www.reedpump.com/gunite.htm/gova.htm>
<http://www.imcyc.com/cyt/abril02/conclazado.htm>
<http://www.shotcrete.org/>
<http://www.monolithic.com/construction/mix/>
http://www.monolithic.com/construction/shotcrete_gunite/
http://www.tunnelbuilder.com/suppliers/shotcretetech_profile.htm
http://www.cement.org/homes/ch_bs_shotcrete.asp
<http://www.ccb.org/docs/ufgshome/pdf/03371.pdf>
<http://www.ita-aites.org/cms/167.html>

http://www.pucp.edu.pe/secc/civil/pdf/Congreso%20Iquitos%202003/silva_pasquel.pdf

<http://www.new-technologies.org/ECT/Civil/shotcrete.htm>

<http://www.usace.army.mil/inet/usace-docs/eng-manuals/em1110-2-2005/toc.htm>

http://www.cement.org/basics/concreteproducts_shot.asp

<http://www.ccb.org/docs/VAASC/VA03360.pdf>

http://www.infomine.com/equipment/sellers/webcon/webcon_shotcrete.html

[http://www.concrete.org/CERTIFICATION/Cert_pgminfo.asp?pgm=ACI+Shotcrete+Nozzleman+\(Dry-Mix+Process\)](http://www.concrete.org/CERTIFICATION/Cert_pgminfo.asp?pgm=ACI+Shotcrete+Nozzleman+(Dry-Mix+Process))

<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/proyectadoT8.htm>

<http://concretonline.com/jsp/articulos/hormigon31.jsp>

<http://www.sika.com.ar/noticia.asp?idnoticia=46>

<http://concretonline.com/pdf/morterosika.pdf>

<http://www.sca.org.uk/>

<http://www.toolbase.org/techinv/techDetails.aspx?technologyID=249>

<http://www.baustoffchemie.de/en/db/sprayed-concrete/>

<http://www.sprayedconcrete.co.uk/>

<http://epubl.ltu.se/1402-1544/2005/02/index-en.html>

<http://www.arup.com/DOWNLOADBANK/download277.pdf>

http://www.shotcrete.org/pdf_files/Win05_AllentownEquipment.pdf

<http://www.cement.ca/cement.nsf/0/C058C0F59FC4EEB4852568A90059CAA2?OpenDocument>

<http://www.keller-ge.co.uk/downloads/KellerAnchorage.pdf>

http://www.shotcrete.org/pdf_files/0402Papworth.pdf

<http://www.icri.org/onlineresources/ConcreteRepairTerminology.pdf>

GLOSARIO.

A

Abrasión: Desgaste por fricción.

Absorción: Acción en la cual los vacíos de un cuerpo se llenan de agua.

Acabado: Textura de una superficie una vez realizadas las operaciones de compactación y acabado.

Acabado de llana: textura bastante rugosa de una superficie de concreto que se obtiene acabando la superficie con una llana.

Acelerante - sustancia que al ser añadida a un hormigón o mortero aumenta la velocidad de hidratación del cemento hidráulico, acorta el tiempo de fraguado o aumenta la velocidad de endurecimiento.

Adherencia: Es la capacidad del concreto de establecer una excelente cohesión entre uno o varios componentes y sobre alguna superficie sobre la cual se coloca; en general sucede cuando el concreto lanzado es aplicado sobre materiales pulidos y densos.

Aditivos: son sustancias orgánicas y/o inorgánicas diferentes al agua, agregado y cemento hidráulico, que reaccionan químicamente y físicamente, y que se agregan al concreto en estado fresco, antes, durante o después del mezclado en pequeñas cantidades, con el fin de mejorar algunas propiedades en estado fresco o endurecido.

Agregados: Partículas que se encuentran en la naturaleza tales como, arena, gravas, piedra o rocas que pueden triturarse. También son subproductos o material de desecho de algún proceso industrial u operación de minería.

Agregado fino: Agregado que atraviesa un tamiz de 9,5 mm (3/8 in.) y atraviesa casi totalmente un tamiz de 4,75 mm (No. 4) mientras que es predominantemente retenido sobre el tamiz de 75 µm (No. 200); o aquella porción que atraviesa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) y es predominantemente retenida sobre el tamiz de 75 µm (No. **200**).

Agregado grueso: agregado predominantemente retenido sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4), o aquella porción retenida sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4).

Agregado bien graduado: agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir, minimiza los vacíos.

Agua de amasado: agua en un mortero u hormigón recién mezclado, excluyendo el agua previamente absorbida por los agregados (es decir, el agua que se considera en el cálculo de la relación agua-cemento neta).

Aire incorporado: burbujas de aire microscópicas incorporadas intencionalmente al mortero u hormigón durante el mezclado, generalmente utilizando un agente tensoactivo; típicamente de entre 10 y 1000 μm de diámetro y de forma esférica o casi esférica.

Análisis granulométrico: distribución granulométrica; generalmente se expresa como el porcentaje en peso retenido sobre cada uno de una serie de tamices normalizados de tamaño decreciente y el porcentaje que atraviesa el tamiz de abertura más pequeña.

Aparato de Vicat:- dispositivo de penetración que se usa para ensayar cementos hidráulicos y otros materiales similares.

Apisonamiento: operación de compactar hormigón fresco golpeando o penetrando repetidamente con un pisón.

Arcilla: Partículas de características plásticas que pueden dañar el concreto si los agregados la contienen

Aseguramiento de la calidad:- acciones que toma un propietario o su representante para asegurar que lo que se construye y lo que se provee cumple con las normas de buena práctica aplicables para el trabajo en cuestión.

Asentamiento: medida de la consistencia de un hormigón, mortero o fresco, igual al asentamiento de una probeta inmediatamente después de retirar el cono de asentamiento, medido al $\frac{1}{4}$ in. (6 mm) más cercano.

B

Boquilla: Parte del equipo de concreto lanzado utilizado para adicionar agua a la mezcla seca en el método de lanzado de mezcla seca, así como también se utiliza en el de mezcla húmeda para expulsar el concreto.

C

Calor de hidratación: Es el calor generado cuando reaccionan químicamente el agua y el cemento.

Carga última: máxima carga que se puede aplicar a una estructura o elemento estructural antes que falle.

Cavidades: Se refiere a los huecos que se forman cuando el concreto lanzado ya colocado es impactado por el resto del concreto que se está proyectando. Esto se da generalmente cuando las partículas finas de los agregados, exceden el 10%.

Cemento: Material producto de la pulverización fina del clinker formado cuando una mezcla compuesta de materiales de calcio y silicatos se calientan al punto de fusión; usualmente se le adiciona yeso para controlar el fraguado y el endurecimiento.

Cenizas Volantes: Residuo puzolánico finamente dividido resultado de la combustión del carbón bituminoso molido o pulverizado, el cual es transportado desde la cámara de combustión a través del horno por los ductos de humo.

Chiflón: Parte del equipo, utilizado para sopletear las superficies donde se va colocar el concreto lanzado.

Cimbra: Molde elaborado de diferentes materiales para dar la forma requerida al concreto.

Cloruro de calcio (CaCl_2): Principal compuesto de los aditivos acelerantes, y que puede corroer la estructura de acero a largo plazo.

Cohesión: Capacidad que tienen los materiales de mantener sus partículas unidas.

Combadura:- distorsión de un miembro originalmente lineal o plano que toma forma curva, tal como la combadura de una losa debida a la fluencia lenta o a diferencias de temperatura o contenido de humedad en las zonas adyacentes a sus caras opuestas.

Concreto lanzado: mortero o concreto transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie.

Contenido de aire: volumen de vacíos de aire en la pasta cementicia, mortero u hormigón, excluyendo el espacio de los poros en las partículas de los agregados; generalmente se expresa como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero u hormigón.

Contracción: Cambio en las dimensiones de un elemento debido a las variaciones en la temperatura o a propiedades de los materiales.

Control de la calidad: acciones que toma un fabricante o contratista para implementar un control sobre lo que se fabrica o provee de manera de seguir las normas de buena práctica aplicables para el trabajo en cuestión.

Cribado: Proceso de tamizar o colar los materiales.

Curado: Mantenimiento de las condiciones satisfactorias de la humedad y la temperatura del concreto en edades tempranas para que se puedan desarrollar las propiedades deseadas.

D

Densidad: masa por unidad de volumen.

Diseño de Mezcla: Proceso en el cual se calculan las cantidades de cada uno de los materiales que conforman el concreto, con el objetivo que éste cumpla con las propiedades y condiciones para las cuales fue diseñado.

Dosificación: selección de las proporciones de los elementos a fin de utilizar los materiales disponibles de la manera más económica posible para producir un mortero u hormigón con las propiedades requeridas.

Durabilidad: Esta se asocia al comportamiento que tiene el concreto lanzado ante exposiciones que puedan despojarlo de su capacidad de servicio.

E

Ensayo: prueba, examen, observación o evaluación que se usa para medir una característica física o química de un material, o una característica física de una estructura o elemento estructural.

Especificaciones: Conjunto de condiciones, o requerimientos que debe cumplir determinado producto, proceso, etc. para cumplir con las necesidades para los que fue diseñado.

Espécimen: pieza o porción de una muestra que se usa para un ensayo.

Estuco: Material cementante utilizado para dar algunos acabados al concreto.

F

Ferrocemento: Estructuras compuestas por varias capas de malla de alambre unidas entre sí y rellenas con mortero de cemento.

Fraguado inicial: Corresponde al tiempo en que el concreto alcanza una resistencia a la penetración de 35Kg/cm², valor representativo de rigidez (ASTM C-403).

Fraguado final: Es el tiempo en el que se manifiesta una resistencia de a la penetración de 280Kg/cm².

Fraguado de destello: Se refiere a un fraguado rápido, es decir en pocos segundos.

Fibra de Acero: Filamentos de acero que se adicionan al concreto para mejorar sus propiedades, tales como resistencia a la tracción.

Fisuras: separación completa o incompleta entre dos o más partes provocada por rotura o fracturación, ya sea en el hormigón o la mampostería.

Flexión: Carga que se le aplica generalmente al concreto para medir su resistencia a ser flexionado.

G

Granulometría: Es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado en peso, representados en una curva.

Granulometría combinada: distribución de los tamaños de partículas de una mezcla de agregado fino y grueso

Grumo: Partículas que se forman en la mezcla seca del concreto, y que no son deseables para la proyección del concreto

Gunite: Termino utilizado para describir el proceso de lanado por la vía seca.

H

Hidratación: Es la reacción química que tiene lugar cuando el cemento Pórtland y agua se mezclan juntos.

I

Impacto: Acción en la cual el concreto lanzado es recibida por la superficie en la cual se va a aplicar.

Impermeabilidad: El grado de compactación que se logra con el concreto lanzado, logra que las partículas se unan extremadamente, impidiendo que los líquidos se filtren fácilmente.

J

Juntas: Aberturas creadas en el concreto para evitar fisuras, debido a la contracción.

L

Lanzador: Persona que forma parte de la cuadrilla de lanzado, y que es básicamente el encargado de dirigir las operaciones, para que el lanzado, adherencia del concreto, etc sean los esperados.

M

Malla: Equipo utilizado para tamizar o colar generalmente los agregados.

Marga: Material de origen de roca ígnea.

Mezcla: ingredientes de un mortero u hormigón combinados y mezclados íntimamente; o bien las proporciones para su preparación.

Mezcladora: máquina que se usa para mezclar los componentes del hormigón, mortero, pasta cementicia u otra mezcla.

Mortero: Una mezcla de pasta de cemento y agregado fino. En el concreto fresco, este es el material que ocupa los espacios entre las partículas de agregado grueso.

P

Panel: (1) sección de revestimiento para encofrados construida de tabloncillos, madera terciada, chapas metálicas, etc.; (2) miembro de hormigón, generalmente premoldeado, de forma rectangular y de espesor relativamente pequeño en relación con sus demás dimensiones.

Permeabilidad: Propiedad del concreto, que mide la capacidad de permitir la filtración de líquidos.

Poliestileno: Material sintético utilizado como aditivo en el concreto.

Poliuterano: Material sintético utilizado como aditivo en el concreto.

R

Rebote: Material formado por los componentes que no se adhieren a la capa de concreto, y que salen rebotados fuera del lugar adecuado.

Refuerzo: Generalmente son estructuras de acero colocadas en el concreto para mejorar sus propiedades de resistencia.

Relación a/c: Es la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento, presentes en el diseño de la mezcla de concreto.

Resistencia a la compresión: máxima resistencia medida de una probeta de hormigón o mortero a carga de compresión axial; se expresa como fuerza por unidad de superficie de la sección transversal; también la resistencia especificada que se usa en los cálculos de diseño.

Resistencia a los sulfatos: Resistencia a aquellas sustancias que presentan contenido de sulfato.

S

Sangrado: Agua que aparece en la superficie del concreto fresco. Causada por el asentamiento de los granos del cemento y partículas de agregado.

Sobrestante: Miembro de la cuadrilla de concreto lanzado, que tiene la responsabilidad de la terminación satisfactoria del trabajo y actuar como coordinador y director.

T

Tracción o Tensión: carga que se le aplica generalmente al acero para medir su esfuerzo de fluencia.

Tolva: Se refiere al recipiente parte de una concretera, en la cual se mezcla el concreto.

V

Versatilidad: Es una característica del concreto de poder obtener gran variedad de formas.

ANEXOS