

INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DEL CONCRETO	2
1.1. ALCANCE	2
1.2. DEFINICIONES	2
1.2.1. Concreto	2
1.2.2. Pasta de cemento	3
1.2.3. Mortero	3
1.2.4. Lechada de cemento	3
1.2.5. Manejabilidad o trabajabilidad	3
1.3. COMPOSICIÓN APROXIMADA DEL CONCRETO	3
1.4. UNIDADES DE MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA	3
1.5. FUNCIONES DE LOS COMPONENTES	4
1.5.1. Funciones de la pasta	4
1.5.2. Funciones de los agregados	4
1.6. VENTAJAS DEL CONCRETO	4
1.7. RECUENTO HISTÓRICO	4
1.8. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	5
1.8.1. CONCRETO FRESCO	6
1.8.2. Concreto endurecido	6
1.8.2.1. Resistencia	6
1.8.2.2. Durabilidad	6
1.8.2.3. Densidad	6
1.8.2.4. Acabado	7
1.9. CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO	7
1.9.1. Por consistencia	7
1.9.2. Por resistencia	7
1.9.3. Por peso unitario (peso por unidad de volumen)	7
1.9.4. Por tipo de refuerzo	7
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
2. CEMENTO PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO	8
2.1. ALCANCE	8
2.2. GENERALIDADES	8
2.3. MATERIAS PRIMAS Y FABRICACIÓN	9
2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO	12
2.5. TIPOS DE CEMENTO - CLASIFICACIÓN	12
2.5.1 Producción de los diversos tipos de cemento	12
2.5.2 Tipos de cemento.	13
2.5.2.1. Cementos Pórtland	13
2.5.2.2. Cementos con adiciones	14
2.5.2.2.1. Adiciones	14

2.5.2.2.2. Razones para el uso de adiciones	15
2.5.2.3. Cemento Pórtland Puzolánico	15
2.5.2.4. Cemento de escoria de alto horno	15
2.5.2.5. Cemento siderúrgico o supersulfatado	16
2.5.2.6. Cemento aluminoso	16
2.5.2.7. Cemento de albañilería o de mampostería	16
2.5.2.8. Otros cementos	16
2.6. PROPIEDADES DEL CEMENTO	16
2.6.1. Hidratación	17
2.6.2. Calor de hidratación	17
2.6.2. Peso específico	18
2.6.3. Peso litro	18
2.6.4. Superficie específica o finura	19
2.6.5. Consistencia normal	20
2.6.6. Tiempo de fraguado	20
2.6.6.1. Falso fraguado	21
2.6.6.2. Fraguado relámpago	21
2.6.7. Estabilidad de volumen o sanidad	21
2.6.8. Resistencia	22
2.7. CALIDAD DEL CEMENTO	24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
3. AGUA PARA MEZCLAS DE CONCRETO	27
3.1. ALCANCE	27
3.2. GENERALIDADES	27
3.1. AGUA MEZCLADO	28
3.1.1. Características	28
3.1.2. Calidad	28
3.2. AGUA DE CURADO	29
3.2.1. Características	29
3.2.2. Calidad	30
3.3. AGUA DE LAVADO DE LOS AGREGADOS	30
3.4. CALIDAD DEL AGUA	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
4. AGREGADOS PARA CONCRETO	33
4.1. ALCANCE	33
4.2. GENERALIDADES	33
4.3. CLASIFICACIÓN	34
4.3.1. Clasificación según su procedencia u origen	34
4.3.2. Clasificación por tamaño	34

4.3.3. Clasificación por densidad	34
4.4. FUNCIONES DE LOS AGREGADOS	35
4.5. PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	35
4.5.1. Granulometría	36
4.5.1.1. Tamaño Máximo (TM)	38
4.5.1.2. El Tamaño Máximo Nominal (TMN)	38
4.5.1.3. Módulo de Finura (MF)	38
4.5.1.4. Granulometrías continuas	39
4.5.1.5. Granulometrías discontinuas	39
4.5.2. Forma y textura superficial de los agregados	41
4.5.2.1. Partícula Larga (PL)	41
4.5.2.2. Partícula Plana (PP)	41
4.5.2.3. Partículas lajudas	41
4.5.3. POROSIDAD	41
4.5.4. DENSIDAD	42
4.5.4.1. DENSIDAD NOMINAL	42
4.5.4.2. DENSIDAD APARENTE	42
4.5.5. ABSORCIÓN Y HUMEDAD	42
4.5.5.1. Totalmente seco	42
4.5.5.2. Parcialmente húmedo	43
4.5.5.3. Saturado y Superficialmente Seco (SSS)	43
4.5.5.4. Húmedo y con agua libre	43
4.5.6. Masas Unitarias (Mu) o peso volumétrico	43
4.5.6.1. Masa Unitaria Suelta (MUS)	43
4.5.6.2. Masa Unitaria Compacta (MUC)	43
4.5.7. Efecto de hinchamiento de la arena	43
4.5.8. Resistencia a la compresión	44
4.5.9. Resistencia a la abrasión	44
4.5.10. Resistencia al impacto o tenacidad	45
4.5.11. Propiedades químicas	45
4.5.11.1. Reacción agregado – álcali	45
4.5.11.2. Adherencia química pasta – agregado	45
4.5.11.3. Reacción carbonato álcali	45
4.5.12. Estabilidad física	46
4.6. SUSTANCIAS PERJUDICIALES	46
4.6.1. Material fino, limo y arcilla	46
4.6.2. Impurezas orgánicas	46
4.6.3. Arena de mar	47
4.6.4. Partículas débiles o inestables	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

5. AIRE EN MEZCLAS DE CONCRETO	49
5.1. ALCANCE	49
5.2. GENERALIDADES	49
5.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO CON AIRE INCLUIDO	50
5.3.1. Trabajabilidad	50
5.3.2. Resistencia	50
5.3.3. Disminución en el riesgo de segregación y exudación	50
5.3.4. Resistencia al congelamiento y deshielo	50
5.4. FACTORES QUE AFECTAN EL CONTENIDO DEL AIRE	51
5.4.1. Agregado grueso y cemento	51
5.4.2. Agregado fino	52
5.4.3. Asentamiento y vibración	52
5.4.4. Temperatura del concreto	53
5.4.5. Mezclado	53
5.4.6. Terminado prematuro	53
5.4.7. Aditivos y agentes colorantes	53
5.4.8. Aditivo incorporador de aire	54
5.5. MEDIDA DEL CONTENIDO DE AIRE	54
5.6. RECOMENDACIONES PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
6. ADITIVOS PARA MEZCLAS DE CONCRETO	57
6.1. ALCANCE	57
6.2. GENERALIDADES	57
6.3. TIPOS DE ADITIVOS	58
6.3.1. Aditivos incorporadores de aire	59
6.3.2. Aditivos reductores de agua y de control de fraguado	59
6.3.2.1. Aditivos reductores de agua	59
6.3.2.2. Aditivos retardantes o retardadores de fraguado	60
6.3.2.3. Aditivos acelerantes o aceleradores de fraguado	60
6.3.2.4. Aditivos superplastificantes	61
6.3.3. Aditivos minerales finamente divididos	61
6.3.4. Otros aditivos	62
6.3.4.1. Aditivos de pega o adhesivos	62
6.3.4.2. Aditivos reductores de permeabilidad	62
6.3.4.3. Agentes formadores de gas	62
6.4. ESPECIFICACIONES DE LOS ADITIVOS	62
6.4.1. Aditivos incorporadores de aire	62
6.4.2. Aditivos reductores de agua y para control de fraguado	62

6.4.3. Aditivos minerales finamente divididos	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
7. ESTADOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO	65
7.1. ALCANCE	65
7.2. GENERALIDADES	65
7.3. CONCRETO FRESCO	66
7.3.1. Trabajabilidad o manejabilidad	66
7.3.1.1. Factores de que depende la manejabilidad	66
7.3.1.2. Medición de la trabajabilidad	67
7.3.1.2.1. Ensayo de asentamiento	67
7.3.1.2.2. Otros métodos de medición de la trabajabilidad	68
7.3.2. Segregación	69
7.3.3. Exudación o sangrado	69
7.4. PROCESO DE FRAGUADO	69
7.5. CONCRETO ENDURECIDO	71
7.5.1. Resistencia	71
7.5.1.1. Relación agua / cemento	71
7.5.1.2. Naturaleza de la resistencia	72
7.5.1.3. Factores que inciden en la resistencia	72
7.5.1.3.1. Tipo y cantidad de cemento	72
7.5.1.3.2. Relación agua/cemento	73
7.5.1.3.3. Características de los agregados	73
7.5.1.3.4. Influencia del tamaño máximo nominal	73
7.5.1.3.5. Agua y aditivos	73
7.5.1.3.6. Fraguado y temperatura	73
7.5.1.3.7. Curado del concreto	73
7.5.1.3.8. Edad del concreto	73
7.5.1.4. Medida de la resistencia	74
7.5.1.4.1. Medida de la resistencia a la compresión	74
7.5.1.4.2. Medida de la resistencia a la tensión	75
7.5.1.4.3. Medida de la resistencia a la flexión o módulo de rotura	76
7.5.1.4.4. Resistencia al esfuerzo cortante	77
7.5.1. Durabilidad	77
7.5.2.1. Permeabilidad del concreto	77
7.5.2.2. Cambios de volumen	78
7.5.2.2.1. Retracción	78
7.5.2.2.2. Expansión	79
7.5.2.2.3. Ciclos de expansión – contracción	79
7.5.2.3. Agregados reactivos	79

7.5.2.4. Resistencia al ataque de sulfatos	79
7.5.2.5. Resistencia al ataque por ácidos	80
7.5.2.6. Resistencia a la abrasión	80
7.5.2.7. Resistencia al fuego	80
7.5.2.8. Carbonatación	81
7.5.2.9. Disolución del agua	82
7.5.2.10. Corrosión de las armaduras	82
7.5.3. Densidad	82
7.5.4. Otras propiedades	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
8. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO	84
8.1. ALCANCE	84
8.2. GENERALIDADES	85
8.3. DATOS PREVIOS	85
8.3.1. Datos de la obra	85
8.3.2. Datos de los materiales	86
8.4. MÉTODO DE DOSIFICACIÓN	86
8.4.1. Elección del asentamiento	86
8.4.2. Elección del Tamaño Máximo Nominal (TMN)	87
8.4.3. Estimación del contenido de aire	88
8.4.4. Estimación de la cantidad de agua de mezclado (a)	88
8.4.5. Elección de la relación agua/cemento (a/c)	88
8.4.6. Cálculo del contenido de cemento	91
8.4.7. Verificación de las especificaciones granulométricas	91
8.4.8. Cálculo del contenido de agregados	91
8.4.8.1. Método ACI	91
8.4.8.2. Método de la Road Note Laboratory (RNL)	93
8.4.8.3. Ajuste por humedad de los agregados	96
8.4.9. Ajustes a las mezclas de prueba	97
8.4.9.1. Cálculo del peso unitario y rendimiento volumétrico.	97
8.5. EJEMPLOS DE APLICACIÓN	97
8.5.1. Ejemplo 8.1	97
8.5.1.1. Datos generales de la obra	97
8.5.1.2. Datos de los materiales	98
8.5.1.3. Procedimiento de dosificación	99
8.5.2. Ejemplo 8.2	100
8.5.2.1. Datos de los materiales	101
8.5.2.2. Procedimiento de dosificación	102
8.6. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO SEGÚN LOS CRITERIOS DE LA NSR - 98	103

8.6.1. Definición de términos	104
8.6.2. Requisitos de dosificación exigidos por la NSR	104
8.6.2.1. Manejabilidad y consistencia	104
8.6.2.2. Tamaño Máximo Nominal TMN	104
8.6.2.3. Resistencia a la compresión	104
8.6.2.3.1. Dosificación basada en experiencia de obras anteriores, en mezclas de prueba o en ambas	104
8.6.2.3.2. Dosificación sin experiencia en obras anteriores o mezclas de prueba	105
8.6.2.3.3. Reducción de la resistencia promedio	105
8.7. Durabilidad	105
8.8. Relación agua - material cementante	105
8.9. Durabilidad	106
8.9.1. Concretos expuestos a productos que impidan el congelamiento	106
8.9.2. Exposición a ambiente húmedo o marino	106
8.9.3. Exposición a sulfatos	106
8.9.4. Corrosión del refuerzo	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
9. PRODUCCIÓN Y MANEJO DEL CONCRETO	109
9.1. ALCANCE	109
9.2. GENERALIDADES	109
9.3. ELABORACIÓN DEL CONCRETO	110
9.3.1. Recomendaciones sobre manejo y almacenamiento de los materiales	110
9.3.1.1. Cemento	110
9.3.1.2. Agregados	111
9.3.1.3. Aditivos	112
9.3.1.4. Agua	112
9.3.2. Plantas de elaboración	112
9.3.2.1. Planta tipo horizontal	112
9.3.2.2. Planta tipo radial o estrella	114
9.3.2.3. Planta tipo torre	114
9.3.3. Dosificación	114
9.3.3.1. Equipo de dosificación	116
9.3.3.2. Tolerancias de dosificación	116
9.3.3.3. Sistemas de plantas dosificadoras	117
9.3.3.4. Alimentación a los sistemas de dosificación	117
9.3.4. Mezclado	117
9.3.4.1. Tipos de mezcladoras	119
9.3.4.2. Capacidad y mantenimiento de las mezcladoras	119
9.3.4.3. Orden de ingreso de los materiales a la mezcladora	121

9.3.4.4. Tiempo de mezclado	122
9.3.4.5. Sistemas de mezclado	122
9.4. TRANSPORTE, MANEJO Y COLOCACIÓN O VACIADO DEL CONCRETO	123
9.4.1. Camión mezclador	123
9.4.2. Volquetas	123
9.4.3. Vagonetas	124
9.4.4. Torres grúas o plumas	124
9.4.5. Bombeo	124
9.4.6. Bandas transportadoras	125
9.4.7. Carretillas y carros motorizados ("Buggees")	125
9.4.8. Canales, canaletas o canalones	125
9.4.9. Tubo embudo tremie.	126
9.5. PREPARACIÓN DE FORMALETAS Y CONTROL PREVIO A LA COLOCACIÓN	126
9.5.1. Preparación para el vaciado sobre formaletas	126
9.5.2. Preparación para el vaciado sobre el terreno natural	126
9.5.3. Preparación para el vaciado sobre concreto endurecido	127
9.5.4. Verificaciones previas al vaciado	127
9.6. VIBRACIÓN, COMPACTACIÓN O CONSOLIDACIÓN DEL CONCRETO	129
9.6.1. Vibradores de aplicación interna	129
9.6.2. Vibradores de aplicación externa	132
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
10. CURADO DEL CONCRETO	134
10.1. ALCANCE	134
10.2. GENERALIDADES	134
10.3. FINALIDADES E IMPORTANCIA	135
10.4. FACTORES QUE DETERMINAN UN BUEN CURADO	135
10.4.1. Contenido satisfactorio de humedad	135
10.4.2. Temperatura adecuada	136
10.4.3. Tiempo de curado	136
10.5. MÉTODOS Y MATERIALES PARA EL CURADO	137
10.5.1. Métodos de curado basados en tratamientos húmedos	137
10.5.1.1. Saturación o inmersión	137
10.5.1.2. Rocíos o riegos de agua	137
10.5.1.3. Cubiertas de material absorbente	137
10.5.1.4. Tierra	138
10.5.1.5. Arena y aserrín	138
10.5.1.6. Paja o heno	138
10.5.1.7. Curado con vapor	138
10.5.2. Métodos para evitar la pérdida de humedad sobre la superficie	138
10.5.2.1. Película plástica	138

10.5.2.2. Papel impermeable	139
10.5.2.3. Membranas de curado	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
11. CONTROL DE CALIDAD	140
11.1. Alcance	140
11.2. GENERALIDADES	140
11.3. MARCO REGULATORIO COLOMBIANO	141
11.4. PRÁCTICA DEL CONTROL DE CALIDAD	141
11.4.1. Control al concreto fresco	141
11.4.2. Control al concreto endurecido	141
11.4.3. Control al concreto endurecido por medio de la resistencia a la compresión	142
11.4.3.1. Causas de variación en los ensayos de resistencia del concreto	142
11.4.3.2. Análisis de resultados de resistencia a la compresión	143
11.4.3.3. Frecuencia de los ensayos	145
11.4.3.4. Evaluación de aceptación y rechazo	145
11.4.3.5. Ejemplo de ensayo	146
11.4.4. Investigación de los resultados bajos en los ensayos de resistencia	147
11.4.4.1. Extracción y ensayo de núcleos	147
11.4.4.2. Ensayos con el esclerómetro	148
11.4.4.3. Ensayos con el ultrasonido	149
11.4.4.4. Pruebas de carga	149
11.4.4.5. Otras pruebas	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150