

**MANUAL TECNICO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN OBRA DE ESTUCTURAS EN
CONCRETO Y MAMPOSTERIA**

JUAN GABRIEL FLÓREZ GARCIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO - MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

**MANUAL TECNICO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN OBRA DE ESTUCTURAS EN
CONCRETO Y MAMPOSTERIA**

JUAN GABRIEL FLOREZ GARCIA

**TRABAJO DE PROYECTO DE GRADO REQUISITO INDISPENSABLE PARA
LOGRAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
PH.D GUSTAVO CHIO CHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-MECANICA
INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2005**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios mi más grande guía, a mis padres Juan y Eugenia que con gran esfuerzo hicieron posible este triunfo, a mis hermanos y familiares que en todo momento me dieron su apoyo, y a mi novia Elia Ximena mi apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

- Al profesor y director de proyecto de grado Ph.D Gustavo Chio Cho
- A la Universidad Industrial de Santander y en general a todos los profesores y trabajadores de esta gran institución que participaron e hicieron posible este logro.
- A mis padres Eugenia y Juan por guiarme y respaldarme, a mis hermanos y familiares que me apoyaron en todas las decisiones que tome para terminar este documento.
- A el dueño y gerente de laboratorios Contecon – Urbar Enrique Uribe Clopatofky y en general a todos lo miembros de esta organización.
- A mi novia y amigos por darme la tranquilidad emocional y hacer de mí una persona sociable y responsable.

CONTENIDO

	PÁG
INTRODUCCION	24
1. GENERALIDADES	25
1.1 CONCRETOS	25
1.1.1 Antecedentes históricos del concreto	25
1.1.2 Fundamentos sobre el concreto	27
1.1.3 Mezclado	29
1.1.4 Trabajabilidad	30
1.1.5 Consolidación	30
1.1.6 Hidratacion, tiempos de fraguada y endurecimiento	31
1.1.7 Concreto endurecido curado húmedo	33
1.1.8 Velocidad de secado del concreto	34
1.1.9 Peso unitario	35
1.1.10 Resistencia a congelación y deshielo	36

1.1.11	Permeabilidad y hermeticidad	37
1.1.12	Resistencia al desgaste	39
1.1.13	Estabilidad volumétrica	39
1.1.14	Control de agrietamiento	40
1.1.15	Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	41
1.1.16	Cloruros	41
1.1.17	Sulfatos	42
1.1.18	Otras sales comunes	42
1.1.19	Agregado para concreto	43
1.1.20	Forma de partícula y textura superficial	46
1.1.21	Peso volumétrico y vacíos	46
1.1.22	Peso específico	47
1.1.23	Absorción y humedad superficial	47
1.2	ACEROS	47
1.2.1	Antecedentes históricos del acero	47
1.2.2	Estructura del acero	48

1.2.3	Clasificación del acero	49
1.2.4	El acero de refuerzo	50
1.2.5	Proceso de producción del acero de refuerzo	51
1.2.6	Tipos de acero de refuerzo	51
1.3	MAMPOSTERIA	53
1.3.1	Definición	53
1.3.2	Elementos componentes	54
1.3.3	Tipos de mampostería estructural	55
1.3.4	Lexico sobre mampostería de concreto	57
	2. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, CONCRETOS Y MORTEROS	
2.1	CONTROL DE RECEPCION	73
2.2	CONTROL DE ALMACENAMIENTO	73
2.3	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS AL CEMENTO	74
2.4	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS AL AGUA	76
2.5	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS A LOS AGREGADOS	77

2.6	TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS ADITIVOS	79
2.7	CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO	80
2.8	INSPECCIÓN Y MUESTREO DEL CONCRETO	81
2.9	ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO	82
2.9.1	Peso unitario y rendimiento volumetrico	82
2.9.2	Consistencia	82
2.9.3	Contenido de aire	83
2.9.4	Temperatura	83
2.9.5	Exudacion del concreto	84
2.9.6	Tiempos de fraguado	84
2.10	ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO	84
2.10.1	Resistencia	84
2.10.2	Contenido de aire	87
2.10.3	Densidad relativa, Peso Espifico, absorción y vacios	87
2.10.4	Contenido de cemento	87
2.10.5	Analisis petrografico	88

2.10.6	Cambios de volumen y longitud	88
2.10.7	Durabilidad	88
2.11	CONTROL DE CALIDAD DEL MORTERO	90
2.11.1	Inspección y muestreo del mortero	90
2.11.2	Ensayos al mortero	91
2.11.3	Consistencia	91
2.11.4	Contenido de aire	91
2.11.5	Retencion de agua	91
2.11.6	Exudacion del mortero	91
2.11.7	Resistencia	91
2.12	RESUMEN	92
	3. ENSAYOS DE CAMPO	97
3,1	PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS	97
3.1.1	Ensayo de esclerometro	97
3.1.2	Ensayo de ultrasonido	99

3.2	PRUEBAS SEMI DESTRUTIVAS	100
3.2.1	Ensayo del perno anclado	100
3.2.2	Pistola windsor	101
3.3	PRUEBAS DESTRUCTIVAS	101
3.3.1	Núcleos	101
3.4	PRUEBAS DE CARGA	103
	4. CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD	104
4,1	GENERALIDADES	104
4.2	FUENTES DE VARIACION DEL CONCRETO	105
4.3	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA RESISTENCIA	105
4.4	ANALISIS ESTADISTICO	106
4.5	NUMERO DE PRUEBAS N	107
4.6	PROMEDIO ARITMETICO X	107
4.7	DESVIACIÓN ESTANDAR	107
4.8	COEFICIENTE DE VARIACIÓN V	109
4.9	INTERVALO DE RANGO R	109

4.10	VALORACION DENTRO DE LA PRUEBA	110
4.11	INTERVALO PROMEDIO $\bar{X}$	110
4.12	DESVIACIÓN ESTANDAR DENTRO DE LA PRUEBA	110
4.13	COEFICIENTE DE VARIACION DENTRO DE LA PRUEBA V	111
4.14	CALIFICACIÓN DEL CONTROL	111
4.15	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	113
4.16	CALIFICACIÓN DEL CONCRETO	118
4.17	EJEMPLOS DE APLICACIÓN	118
	5. CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO	123
5.1	BARRAS CORRUGADAS	123
5.2	BARRAS LISAS	124
5.3	ENSAYOS PARA EL ACERO DE REFUERZO	124
5.3.1	Requistos Quimicos	124
5.3.2	Variación permisible en peso	125
5.3.3	Requisitos para el corrugado	126

5.4	REQUISITOS MECANICOS	128
5.4.1	Propiedades de tracción	129
5.4.2	Propiedades de doblamiento	131
5.5	Frecuencia de muestreo del acero de refuerzo	131
5.5.1	Toma de muestras	132
5.6	RESUMEN DE LAS NORMAS PARA ACEROS	132
5.7	MALLAS ELECTROSOLDADAS	137
	6. CONTROL DE CALIDAD MAMPOSTERIA	138
6.1	CALIDAD DE LOS MATERIALES EN LA MAMPOSTERÍA	138
6.2	UNIDADES DE MAMPOSTERÍA	142
6.2.1	Unidades de mampostería de perforacio vertical	143
6.2.2	Unidades de mamposteria de perforacio horizontal	144
6.2.3	Unidades de mampostería macizas	144
6.3	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ENSAYOS	145
6.4	ELABORACIÓN Y ENSAYOS DE MURETES	146

6.4.1	Requesitos de elaboración de los muretes	147
6.4.2	Dimensionamiento de los muretes	147
6.5	TRANPORTE DE LOS MURETES	148
6.6	CURADO DE LOS MURETES	148
6.7	DETERMINACION DE LA RESISYENCIA DE LA MAMPOSTERIA A LA COMPRESIÓN	149
6.7.1	Por medio de registros historicos	149
6.8	DETERMINACION ESPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	150
6.9	COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA	151
6.9.1	Muestreo	151
6.9.2	Especimenes de enayo	152
6.9.3	Cálculos	152
6.10	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	152
6.10.1	Mampostería de arcilla	152
6.10.2	Mampostería de concreto	153
6.11	ABSORCIÓN Y TASA INICIAL DE ABSORCIÓN	155

6.11.1	Absorción	156
6.11.2	Tasa inicial de absorción	158
6.12	RESUMEN	160
7	CONCLUSIONES	162
8	RECOMENDACIONES	163
	ANEXOS	164
	Formatos para la elaboracion de informes de laboratorio	

LISTA DE TABLAS

PÁG.

Tabla 1.	Evaluación del agua	77
Tabla 2.	Relación promedio esclerómetro desviación estándar	98
Tabla 3.	Relación concreto velocidad pulso de ultrasonido	100
Tabla 4.	Factor de corrección núcleos	102
Tabla 5.	Factores para calcular la desviación estándar dentro de la prueba	111
Tabla 6.	Normas para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba	112
Tabla 7.	Normas para el control del concreto con relación a la variación total	113
Tabla 8.	Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de $F'c$	116
Tabla 9.	Análisis de los resultados de resistencia	118
Tabla 10.	% Máximos de elementos químicos	125
Tabla 11.	Requisitos para los resaltes del corrugado	128
Tabla 12.	Frecuencia de Muestreo del Acero en Obra	131
Tabla 13.	Requisitos de las normas NTC 2289, 245, 248 Y ASTM A 706 Y A 615.	132
Tabla 14.	Barras Corrugadas Requisitos Para Ensayo de Tensión Normas NTC 2289,245,248 y ASTM A 706 Y A 615	133
Tabla 15.	Tabla 15 Requisitos para el ensayo de Doblamiento y otros requisitos	134
Tabla 16.	Composición Química en las Normas NTC 2289 Y 248 Y ASTM A 706 Y A 615	135
Tabla 17.	Requisitos del ensayo de tensión para barras lisas de refuerzo según norma NTC 161	136

Tabla 18.	Requisitos para el ensayo de Doblamiento y otros requisitos	136
Tabla 19.	Requisitos para cementos en la mampostería	139
Tabla 20.	Dosificaciones para los morteros de pega	140
Tabla 21.	Dosificación de los morteros de inyección	141
Tabla 22.	Dimensiones de las celdas y paredes para unidades de perforación vertical	143
Tabla 23.	Normas de producción y calidad mampostería	145
Table 24.	Factores de corrección por esbeltez para muretes	151
Tabla 25.	Control de resistencia a la compresión Mampostería de arcilla estructural	153
Tabla 26.	Control de resistencia a la compresión Mampostería de arcilla no estructural	153
Tabla 27.	Control de resistencia a la compresión Mampostería de concreto estructural	154
Tabla 28.	Control de resistencia a la compresión Mampostería de concreto no estructural	154
Tabla 29.	Control de la absorción Mampostería de arcilla estructural	157
Tabla 30.	Control de la absorción Mampostería de arcilla no estructural	157
Tabla 31.	Control de la absorción Mampostería de concreto estructural	158
Tabla 32.	Control de la absorción Mampostería de concreto no estructural	158
Tabla 33.	Tiempo recomendado de prehumedecimiento según T.I.A	160

LISTA DE FIGURAS

PAG

Figura 1.	Coliseo Romano	25
Figura 2.	Edificio construido en hormigón	27
Figura 3.	Trompo para mezclado de concreto	29
Figura 4.	Cuarto de curado para concreto	33
Figura 5.	Ensayo de peso unitario para concreto	35
Figura 6.	Tamices para ensayo de granulometria	43
Figura 7.	Secado del agregado fino	44
Figura 8.	Recipiente para ensayo de peso unitario	46
Figura 9.	Canasta para ensayo de peso específico	47
Figura 10.	Varilla de refuerzo corrugada	52
Figura 11.	Varilla de refuerzo lisa	52
Figura 12.	Edificio en mampostería estructural	53
Figura 13.	Partes de un bloque	54
Figura 14.	Partes de un ladrillo	55
Figura 15.	Muros en mampostería confinada	56
Figura 16.	Ensayo de densidad del cemento	74
Figura 17.	Preparación de agregado fino para ensayos	77
Figura 18.	Tamices para ensayo de granulometría	78

Figura 19.	Tabla Colorimetrica	79
Figura 20.	Ensayo a compresión de cilindros de concreto	80
Figura 21.	Formaleta para muestreo de concreto	81
Figura 22.	Muestras de concreto para ensayo de Compresión	82
Figura 23.	Cono para ensayo de consistencia	83
Figura 24.	Cilindros de concreto para ensayo de compresión	84
Figura 25.	Ensayo de resistencia a la compresión	85
Figura 26.	Cuarto de curado para elementos de concreto	86
Figura 27.	Puente para ensayos de patología	88
Figura 28.	Elementos químicos para ensayos de patología	89
Figura 29.	Muestras de mortero para ensayos de compresión	90
Figura 30.	Ensayo de compresión para cilindros de mortero	91
Figura 31.	Equipo para ensayo de asentamiento	93
Figura 32.	Procedimiento para ensayo de asentamiento	94
Figura 33.	Curado de elementos de concreto	95
Figura 34.	Equipo para elaboración de cilindros de concreto	95
Figura 35.	Procedimiento para la fabricación de cilindros de concreto	96
Figura 36.	Ensayo de núcleos y detección de hierros	97
Figura 37.	Esclerometro digital	97
Figura 38.	Ensayo de esclerometria	98
Figura 39.	Ensayo de ultrasonido	99

Figura 40.	Toma de núcleos vía en concreto para transporte masivo (transmilenio)	101
Figura 41.	Núcleos de 3'' extraídos a una vía de concreto	102
Figura 42.	Relleno con mortero de una cavidad después de la extracción de un núcleo	103
Figura 43.	Ejemplo de distribución de frecuencia normal	106
Figura 44.	Comparación entre dos distribuciones de frecuencia normal	109
Figura 45.	Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal	114
Figura 46.	Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias con relación a f'_{cr} en función de $t \cdot x$	115
Figura 47.	Malla electro soldada.	123
Figura 48.	Espectrofotómetro	125
Figura 49.	Espaciamiento de los resaltes del corrugado	126
Figura 50.	Altura de los resaltes	127
Figura 51.	Angulo de inclinación de los resaltes del corrugado	127
Figura 52.	Separación entre extremos final e inicial de los resaltes	128
Figura 53.	Ensayo de resistencia a la tracción de probetas de acero	128
Figura 54.	Grafica esfuerzo - deformación	129
Figura 55.	Ensayo de resistencia al doblamiento	131
Figura 56.	Malla electro soldada	137
Figura 57.	Edificio con muros en mampostería estructural	138
Figura 58.	Mampostería en concreto	142
Figura 59.	Mampostería de perforación vertical	143

Figura 60.	Mampostería horizontal	144
Figura 61.	Mampostería maciza	145
Figura 62.	Muretes listos para ensayo de compresión	146
Figura 63.	Muretes listos para ser transportados de la obra al laboratorio	148
Figura 64	Ensayo a compresión muretes de mampostería	149
Figura 65.	Extracción de elementos de mampostería para ensayos de compresión.	155

RESUMEN

TÍTULO: MANUAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN OBRA DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO Y MAMPOSTERÍA.*

AUTORES: JUAN GABRIEL FLORE GARCIA **

PALABRAS CLAVE: Control, calidad, concreto, mampostería, aceros, normas, ensayos, mortero.

DESCRIPCIÓN: El objetivo de este documento es mostrar al lector todas las recomendaciones necesarias para un adecuado control de calidad en obra.

El documento nos presenta todos los pasos para el control de calidad de los materiales componentes del concreto (la toma de muestras representativas, y los ensayos mas frecuentes recomendados), el control del concreto (inspección, toma de muestras, ensayos, análisis estadístico y ensayos de campo), el control de mortero (inspección, toma de muestras y ensayos), y el control de la mampostería y aceros (inspección, toma de muestras y ensayos).

En un primer capítulo se presentan algunas de las características de los materiales y los ensayos que están relacionados en el manual.

En los capítulos posteriores se presenta los ensayos mínimos que se deben realizar al concreto, mortero, acero y mampostería para garantizar un adecuado control de calidad en obra.

Todos los procedimientos de ensayo y control que se presentan en el manual se ajustan a las normas respectivas emanadas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas **ICONTEC**, a las estipulaciones de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente **(NSR-98)** o en su defecto, a las recomendaciones del Instituto Americano del Concreto **(ACI)** o a las respectivas normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales **(ASTM)**.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil
Director: Ph.d Gustavo Chio Cho
Tutor: Ingenieros Enrique Uribe Clopatofsky

SUMMARY

TITLE: MANUAL FOR THE QUALITY CONTROL IN CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES.*

WRITE BY: JUAN GABRIEL FLOREZ GARCIA **

KEY TERMSV: Control, quality, concrete, masonry, steels, rule, tests, mortar.

DESCRIPTION: The objective of this document is to show the reader all the necessary recommendations for a better quality control in construction.

This document show us all the steps for the quality control of the concrete components (the representative proof catch and the more frequent recommended tests), the cement control (inspection, proofs catch, tests, statistic analysis and camp test), the mortar control (inspection, proofs catch and tests), and the masonry and steel control (inspection, proofs catch and tests).

In the first chapter, you can see some characteristics of the materials, and the tests that appear in this manual.

In the next chapters, you will find the least number of tests that we should do with the concrete, mortar, steel and masonry for obtain a better quality control in construction.

All the processes of test and control that appear in this manual, are according to the respective rules proceeding from: Instituto Colombiano de Normas Técnicas **ICONTEC**, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo - resistentes **(NSR-98)**, American Concrete Institute **(ACI)**, and American Society for Tests and Materials **(ASTM)**.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil
Director: Ph.d Gustavo Chio Cho
Tutor: Ingenieros Enrique Uribe Clopatofsky

INTRODUCCIÓN

Debido a que las mezclas de concreto y de mortero son mezclas endurecidas de materiales heterogéneos, cuyas propiedades y características están sujetas a la acción de numerosas variables, es necesario realizarles un adecuado control de calidad. En general las fuentes de variación proceden de: los materiales componentes, de los procedimientos de producción y manejo, y de la calidad misma con que se efectúen los ensayos.

Así mismo, los demás materiales que hacen parte de una obra (mampostería y aceros), también deben hacer parte de un adecuado control de calidad debido a las múltiples variables que se manejan dentro de su producción, colocación y uso.

Por lo tanto, el control de calidad de concretos, morteros, mampostería y aceros se define como el conjunto de acciones y decisiones que se toman con el objeto de cumplir las especificaciones de los mismos y comprobar el cumplimiento de los requisitos exigidos.

Para ello, los procedimientos de ensayo y control deben ajustarse a las normas respectivas emanadas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas **ICONTEC**, a las estipulaciones de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (**NSR-98**) o en su defecto, a las recomendaciones del Instituto Americano del Concreto (**ACI**) o a las respectivas normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (**ASTM**).

Para cumplir con estos objetivos, el presente manual incluye las recomendaciones pertinentes al control de calidad en obra, el control de los materiales componentes del concreto (la toma de muestras representativas, y los ensayos mas frecuentes recomendados), el control del concreto (inspección, toma de muestras , ensayos, análisis estadístico y ensayos de campo), el control de mortero (inspección, toma de muestras y ensayos), y el control de la mampostería y aceros (inspección, toma de muestras y ensayos).

1. GENERALIDADES

1.1 CONCRETOS

1.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL CONCRETO

Figura 1. Coliseo Romano



La historia del cemento es la historia misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible. Desde que el ser humano supero la época de las cavernas, aplicado sus mayores esfuerzos a delimitar su espacio vital, satisfaciendo primero sus necesidades de vivienda y después levantando construcciones con requerimientos específicos.

Templos, palacios, museos son el resultado del esfuerzo que constituye las bases para el progreso de la humanidad.

El pueblo egipcio ya utilizaba un mortero – mezcla de arena con materia cementosa – para unir bloques y lozas de piedra para elegir sus asombrosas construcciones.

Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua, dulce o salada. Un material volcánico muy apropiado para estar

aplicaciones lo encontraron los romanos en un lugar llamado Pozzuoli el que aun actualmente lo conocemos como puzolana.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, que al agregársele agua, producía una pasta que de nuevo se calcinaba se molía y batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo de nuestro tiempo. El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que éste tenía con la piedra de la isla de Pórtland del canal inglés.

La aparición de este cemento y de su producto resultante el concreto ha sido un factor determinante para la evolución del mundo.

Edificios, calles, avenidas, carreteras, presas y canales, fabricas, talleres y casas, dentro del mas alto rango de tamaño y variedades nos dan un mundo nuevo de comodidad, de protección y belleza donde realizar nuestros mas ansiados anhelos, un mundo nuevo para trabajar, para crecer, para progresar, para vivir.

1824: - James Parker, Joseph Aspdin patentan al Cemento Portland, materia que obtuvieron de la calcinación de alta temperatura de una Caliza Arcillosa.

1845: - Isaac Johnson obtiene el prototipo del cemento moderno quemado, alta temperatura, una mezcla de caliza y arcilla hasta la formación del "clinker".

1868: - Se realiza el primer embarque de cemento Pórtland de Inglaterra a los Estados Unidos.

1871: - La compañía Coplay Cement produce el primer cemento Pórtland en lo Estados Unidos.

1904: -La American Standard For Testing Materials (ASTM), publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Pórtland.

1906: - En C.D. Hidalgo Nuevo León se instala la primera fábrica para la producción de cemento en México, con una capacidad de 20,000 toneladas por año.

1992: - CEMEX se considera como el cuarto productor de cemento a nivel MUNDIAL con una producción de 30.3 millones de toneladas por año.

1.1.2. FUNDAMENTOS SOBRE EL CONCRETO

Figura 2. Edificio construido en hormigón



El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes:

Agregado y pasta. La pasta, compuesta de Cemento Pórtland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar

hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

La pasta esta compuesta de Cemento Pórtland, agua, aire atrapado o aire incluido intencionalmente y agregados. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 % del volumen total del concreto. El volumen absoluto de Cemento comprende usualmente entre el 7 y el 15 %, el agua entre el 14 y el 21 % y los agregados entre un 60 y 70%. El contenido de aire en concretos con aire incluido puede llegar hasta el 8% del volumen del concreto, dependiendo del tamaño máximo del agregado.

Como los agregados constituyen aproximadamente el 60 al 70 % del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben tener unas características adecuadas como buena resistencia a la compresión y a la abrasión además de todas las características físicas que permitan un correcto funcionamiento del mismo y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado esta completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido esta determinada por la cantidad de agua utilizada en la relación con la cantidad de Cemento. A continuación se presentan algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.
- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto a condición de que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas mas rígidas; pero con vibración, a un las mezclas mas rígidas pueden ser empleadas. Para una calidad dada de concreto, las mezclas mas rígidas son las mas económicas. Por lo tanto, la consolidación del concreto por vibración permite una mejora en la calidad del concreto y en la economía.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se puede modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma liquida, durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para (1) ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento, (2) reducir la demanda de agua, (3) aumentar la trabajabilidad, (4) incluir intencionalmente aire, y (5) ajustar otras propiedades del concreto.

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado, y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, de una buena resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento. El concreto también es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un numero ilimitado de aplicaciones.

1.1.3. MEZCLADO

Figura 3. Trompo para mezclado de concreto



Para asegurarse que estén los 5 componentes básicos del concreto combinados en una mezcla homogénea se requiere de esfuerzo y cuidado. La secuencia de carga de los ingredientes en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado. Sin embargo, se puede variar esa secuencia y aun así producir concreto de calidad. Las diferentes secuencias requieren ajustes en el tiempo de adicionamiento de agua, en el número total de revoluciones del tambor de la mezcladora, y en la velocidad de revolución.

Otros factores importantes en el mezclado son el tamaño de la revoltura en la relación al tamaño del tambor de la mezcladora, el tiempo transcurrido entre la dosificación y el mezclado, el diseño, la configuración y el estado del tambor mezclador y las paletas. Las mezcladoras aprobadas, con operación y mantenimiento correcto, aseguran un intercambio de materiales de extremo a extremo por medio de una acción de rolado, plegado y amasado de la revoltura sobre si misma a medida que se mezcla el concreto.

1.1.4. TRABAJABILIDAD La facilidad de colocar, consolidar y acabar el concreto recién mezclado. Se denomina trabajabilidad.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente. El sangrado es la migración de el agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos – Cemento, arena y piedra dentro de la masa. El asentamiento es consecuencia del efecto combinado del la vibración y de la gravedad.

Un sangrado excesivo aumenta la relación Agua - Cemento cerca de la superficie superior, pudiendo dar como resultado una capa superior débil de baja durabilidad, particularmente si se llevan acabo las operaciones de acabado mientras esta presente el agua de sangrado. Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y sangrar, es importante transportar y colocar cada carga lo mas cerca posible de su posición final. El aire incluido mejora la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y sangrar.

1.1.5 CONSOLIDACIÓN La consolidación es el proceso por el cual la mezcla de concreto se homogeniza por medios mecánicos o físicos.

La vibración pone en movimiento a las partículas en el concreto recién mezclado, reduciendo la fricción entre ellas y dándole a la mezcla las cualidades móviles de un fluido denso. La acción vibratoria permite el uso de la mezcla dura que contenga una mayor proporción de agregado grueso y una menor proporción de agregado fino. Empleando un agregado bien gradado, entre mayor sea el tamaño máximo del agregado en el concreto, habrá que llenar de pasta un menor volumen y existirá una menor área superficial de agregado por cubrir con pasta, teniendo como consecuencia que una cantidad menor de agua y de cemento necesaria lo que tiene como resultado una mayor calidad y economía.

1.1.6. HIDRATACIÓN, TIEMPO DE FRAGUADO, ENDURECIMIENTO

La propiedad de liga de las pastas de cemento Pórtland se debe a la reacción química entre el cemento y el agua llamada hidratación.

El cemento Pórtland no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos conforman el 90% o mas de el peso del cemento Pórtland y son: el silicato tricalcico, el silicato bicalcico, el aluminato tricalcico y el aluminio ferrito tetracalcico. Además de estos componentes principales, algunos otros desempeñan papeles importantes en el proceso de hidratación. Los tipos de cemento Pórtland contienen los mismos cuatro compuestos principales, pero en proporciones diferentes.

Cuando el Clinker (el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Pórtland) se examina al microscopio, la mayoría de los compuestos individuales del cemento se pueden identificar y se puede determinar sus cantidades. Sin embargo, los granos más pequeños evaden la detección visual. El diámetro promedio de una partícula de cemento típica es de aproximadamente 10 micras, o una centésima de milímetro. Si todas las partículas de cemento fueran las promedio, el cemento Pórtland contendría aproximadamente 298,000 millones de granos por kilogramo, pero de hecho existen unos 15 billones de partículas debido al alto rango de tamaños de partícula. Las partículas en un kilogramo de cemento Pórtland tiene una área superficial aproximada de 400 metros cuadrados.

Los dos silicatos de calcio, los cuales constituyen cerca del 75% del peso del cemento Pórtland, reaccionan con el agua para formar dos nuevos compuestos: el hidróxido de calcio y el hidrato de silicato de calcio. Este último es por mucho el componente cementante más importante en el concreto. Las propiedades ingenieriles del concreto, -

fraguado y endurecimiento, resistencia y estabilidad dimensional - principalmente depende del gel del hidrato de silicato de calcio. Es la medula del concreto.

La composición química del silicato de calcio hidratado es en cierto modo variable, pero contiene cal (CaO) y sílice (SiO_2), en una proporción sobre el orden de 3 a 2. El área superficial del hidrato de silicato de calcio es de unos 3000 metros cuadrados por gramo. Las partículas son tan diminutas que solamente pueden ser vistas en microscopio electrónico. En la pasta de cemento ya endurecida, estas partículas forman uniones enlazadas entre las otras fases cristalinas y los granos sobrantes de cemento sin hidratar; también se adhieren a los granos de arena y a piezas de agregado grueso, cementando todo el conjunto. La formación de esta estructura es la acción cementante de la pasta y es responsable del fraguado, del endurecimiento y del desarrollo de resistencia.

Cuando el concreto fragua, su volumen bruto permanece casi inalterado, pero el concreto endurecido contiene poros llenos de agua y aire, mismos que no tienen resistencia alguna. La resistencia esta en la parte sólida de la pasta, en su mayoría en el hidrato de silicato de calcio y en las fases cristalinas.

Entre menos porosa sea la pasta de cemento, mucho mas resistente es el concreto. Por lo tanto, cuando se mezcle el concreto no se debe usar una cantidad mayor de agua que la absolutamente necesaria para fabricar un concreto plástico y trabajable. A un entonces, el agua empleada es usualmente mayor que la que se requiere para la completa hidratación del cemento. La relación mínima Agua – Cemento (en peso) para la hidratación total es aproximadamente de 0.22 a 0.25.

El conocimiento de la cantidad de calor liberando a medida de que el cemento se hidrato puede ser útil para planear la construcción. En invierno, el calor de hidratación ayudara a proteger el concreto contra el daño provocado por temperaturas de congelación. Sin embargo, el calor puede ser nocivo en estructuras masivas, tales como presas, porque puede producir esfuerzos indeseables al enfriarse luego de endurecer. El cemento Pórtland tipo 1 libera un poco mas de la mitad de su calor total de hidratación en tres días. El cemento tipo 3, de alta resistencia temprana, libera aproximadamente el mismo porcentaje de su calor en mucho menos de tres días. El cemento tipo 2, un cemento de calor moderado, libera menos calor total que los otros y deben pasar mas de tres días para que se libere únicamente la mitad de ese calor. El uso de cemento tipo 4, cemento Pórtland de bajo calor

de hidratación, se debe de tomar en consideración donde sea de importancia fundamental contar con un bajo calor de hidratación.

Es importante conocer la velocidad de reacción entre el cemento y el agua porque la velocidad de terminada el tiempo de fraguado y de endurecimiento. La reacción inicial debe ser suficientemente lenta para que conceda tiempo al transporte y colocación del concreto. Sin embargo, una vez que el concreto ha sido colocado y terminado, es deseable tener un endurecimiento rápido. El yeso, que es adicionado en el molino de cemento durante la molienda del Clinker, actúa como regulador de la velocidad inicial de hidratación del cemento Pórtland. Otros factores que influyen en la velocidad de hidratación incluyen la finura de molienda, los aditivos, la cantidad de agua adicionada y la temperatura de los materiales en el momento del mezclado.

1.1.7. CONCRETO ENDURECIDO CURADO HÚMEDO

Figura 4. Cuarto de curado para concreto



El aumento de resistencia continuara con la edad mientras este presente algo de cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorable la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto cae aproximadamente al 80% o la temperatura del concreto desciende por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene.

Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, la hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de restaurar.

1.1.8. VELOCIDAD DE SECADO DEL CONCRETO

El concreto ni endurece ni se cura con el secado. El concreto (o de manera precisa, el cemento en el contenido) requiere de humedad para hidratarse y endurecer. El secado del concreto únicamente está relacionado con la hidratación y el endurecimiento de manera indirecta. Al secarse el concreto, deja de ganar resistencia; el hecho de que este seco, no es indicación de que haya experimentado la suficiente hidratación para lograr las propiedades físicas deseadas.

El conocimiento de la velocidad de secado es útil para comprender las propiedades o la condición física del concreto. Por ejemplo, tal como se mencionó, el concreto debe seguir reteniendo suficiente humedad durante todo el periodo de curado para que el cemento pueda hidratarse. El concreto recién colado tiene agua abundante, pero a medida de que el secado progresa desde la superficie hacia el interior, el aumento de resistencia continuará a cada profundidad únicamente mientras la humedad relativa en ese punto se mantenga por encima del 80%.

La superficie de un piso de concreto que no ha tenido suficiente curado húmedo es una muestra común. Debido a que se seca rápidamente, el concreto de la superficie es débil y se produce descascamiento en partículas finas provocado por el tránsito. Asimismo, el concreto se contrae al secarse, del mismo modo que lo hacen la madera, papel y la arcilla (aunque no tanto). La contracción por secado es una causa fundamental de agrietamiento, y el ancho de las grietas es función del grado del secado.

En tanto que la superficie del concreto se seca rápidamente, al concreto en el interior le lleva mucho más tiempo secarse.

Note que luego de 114 días de secado natural el concreto aun se encuentra muy húmedo en su interior y que se requiere de 850 días para que la humedad relativa en el concreto descendiera al 50%.

El contenido de humedad en elementos delgados de concreto que han sido secado al aire con una humedad relativa de 50% a 90% durante varios meses es de 1% a 2% en peso del concreto, del contenido original de agua, de las condiciones de secado y del tamaño del elemento de concreto.

El tamaño y la forma de un miembro de concreto mantienen una relación importante como la velocidad de secado. Los elementos del concreto de gran área superficial en relación a su volumen (tales como losas de piso) se secan con mucho mayor rapidez que los grandes volúmenes de concreto con áreas superficiales relativamente pequeñas (tales como los estribos de puentes).

Muchas otras propiedades del concreto endurecido se ven también afectadas por su contenido de humedad; en ellas incluye la elasticidad, flujo plástico, valor de aislamiento, resistencia al fuego, resistencia al desgaste, conductividad eléctrica, durabilidad.

1.1.9. PESO UNITARIO

Figura 5. Ensayo de peso unitario para cemento



El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 kg por metro cúbico

(kg/m³). El peso unitario (densidad) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado. Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa 2400 kg/m³.

El peso del concreto seco iguala al peso del concreto recién mezclado menos el peso del agua evaporable. Una parte del agua de mezclado se combina químicamente con el cemento durante el proceso de hidratación, transformando al cemento en gel de cemento. También un poco de agua permanece retenida herméticamente en poros y capilares y no se evapora bajo condiciones normales. La cantidad de agua que se evapora al aire a una humedad relativa del 50% es de aproximadamente 2% a 3% del peso del concreto, dependiendo del contenido inicial de agua del concreto, de las características de absorción de los agregados, y del tamaño de la estructura.

Además del concreto convencional, existe una amplia variedad de otros concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de 240 kg/m³, a concretos pesados con pesos unitarios de 6400 kg/m³, que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

1.1.10 RESISTENCIA A CONGELACIÓN Y DESHIELO Del concreto utilizado en estructuras y pavimentos, se espera que tenga una vida larga y un mantenimiento bajo. Debe tener buena durabilidad para resistir condiciones de exposición anticipadas. El factor de intemperismo mas destructivo es la congelación y el deshielo mientras el concreto se encuentra húmedo, particularmente cuando se encuentra con la presencia de agentes químicos descongelantes. El deterioro provocado por el congelamiento del agua en la pasta, en las partículas del agregado o en ambos.

Con la inclusión de aire es sumamente resistente a este deterioro. Durante el congelamiento, el agua se desplaza por la formación de hielo en la pasta se acomoda de tal forma que no resulta perjudicial; las burbujas de aire en la pasta suministran cámaras donde se introduce el agua y así se alivia la presión hidráulica generada.

Cuando la congelación ocurre en un concreto que contenga agregado saturado, se pueden generar presiones hidráulicas nocivas dentro del agregado. El agua desplazada desde las partículas del agregado durante la formación del hielo no puede escapar lo suficientemente rápido hacia la pasta circundante para aliviar la presión. Sin embargo, bajo casi todas las condiciones de exposición, una pasta de buena calidad (de baja relación Agua – Cemento) evitara que la mayor parte de las partículas de agregado se saturen. También, si la pasta tiene aire incluido, acomodara las pequeñas cantidades de agua en exceso que pudieran ser expulsadas por los agregados, protegiendo así al concreto contra daños por congelación y deshielo.

(1): El concreto con aire incluido es mucho mas resistente a los ciclos de congelación y deshielo que el concreto sin aire incluido, (2): el concreto con una relación Agua – Cemento baja es mas durable que el concreto con una relación Agua – Cemento alta, (3) un periodo de secado antes de la exposición a la congelación y el deshielo beneficia sustancialmente la resistencia a la congelación y deshielo beneficia sustancialmente la resistencia a la congelación y el deshielo del concreto con aire incluido , pero no beneficia de manera significativa al concreto sin aire incluido. El concreto con aire incluido con una relación Agua – Cemento baja y con un contenido de aire de 4% a 8% soportara un gran número de ciclos de congelación y deshielo sin presentar fallas.

La durabilidad a la congelación y deshielo se puede determinar por el procedimiento de ensayo de laboratorio ASTM C 666, " Estándar Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing". A partir de la prueba se calcula un factor de durabilidad que refleja el número de ciclos de congelación y deshielo requeridos para producir una cierta cantidad de deterioro. La resistencia al descascaramiento provocado por compuestos descongelantes se puede determinar por medio del procedimiento ASTM C 672 "Estándar Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surface Exposed to Deicing Chemicals".

1.1.11 PERMEABILIDAD Y HERMETICIDAD El concreto empleado en estructuras que retengan agua o que estén expuestas a mal tiempo o a otras condiciones de exposición severa debe ser virtualmente impermeable y hermético. La hermeticidad se define a menudo como la capacidad del concreto de refrenar o retener el agua sin escapes visibles. La permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.). Generalmente las mismas propiedades que **convierten al concreto menos permeable también lo vuelven más hermético.**

La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la restauración, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ion cloruro.

La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto. La permeabilidad de la pasta depende de la relación Agua – Cemento y del agregado de hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un concreto de baja permeabilidad requiere de una relación Agua – Cemento baja y un periodo de curado húmedo adecuado. Inclusión de aire ayuda a la hermeticidad aunque tiene un efecto mínimo sobre la permeabilidad aumenta con el secado.

La permeabilidad de una pasta endurecida madura mantuvo continuamente rangos de humedad de 0.1×10^{-12} cm por seg. para relaciones Agua – Cemento que variaban de 0.3 a 0.7. La permeabilidad de rocas comúnmente utilizadas como agregado para concreto varía desde aproximadamente 1.7×10^{-9} hasta 3.5×10^{-13} cm por seg. La permeabilidad de un concreto maduro de buena calidad es de aproximadamente 1×10^{-10} cm por seg.

Los resultados de ensayos obtenidos al sujetar discos de mortero sin aire incluido de 2.5cm de espesor a una presión de agua de 1.4 kg/cm cuadrado. En estos ensayos, no existieron fugas de agua a través del disco de mortero que tenia relación Agua – Cemento en peso iguales a 0.50 o menores y que hubieran tenido un curado húmedo de siete días. Cuando ocurrieron fugas, estas fueron mayores en los discos de mortero hechos con altas relaciones Agua – Cemento. También, para cada relación Agua – Cemento, las fugas fueron menores a medida que se aumentaba el periodo de curado húmedo. En los discos con una relación agua cemento de 0.80 el mortero permitía fugas a pesar de haber sido curado durante un mes. Estos resultados ilustran claramente que una relación Agua - cemento baja y un periodo de curado reducen permeabilidad de manera significativa.

Las relaciones Agua – Cemento bajas también reducen la segregación y el sangrado, contribuyendo adicionalmente a la hermeticidad. Para ser hermético, el concreto también debe estar libre de agrietamientos y de celdillas.

Ocasionalmente el concreto poroso – concreto sin finos que permite fácilmente el flujo de agua a través de si mismo – se diseña para aplicaciones especiales. En estos concretos, el agregado fino se reduce grandemente o incluso se remueve totalmente produciendo un gran volumen de huecos de aire. El concreto poroso ha sido utilizado en canchas de tenis, pavimentos, lotes para estacionamientos, invernaderos estructuras de drenaje. El concreto excluido de finos también se ha empleado en edificios a sus propiedades de aislamiento térmico.

1.1.12 RESISTENCIA AL DESGASTE Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas están sujetos al desgaste; por tanto, en estas aplicaciones el concreto debe tener una resistencia elevada a la abrasión. Los resultados de pruebas indican que la resistencia a la abrasión o desgaste esta estrechamente relacionada con la resistencia la compresión del concreto. Un concreto de alta resistencia a compresión tiene mayor resistencia a la abrasión que un concreto de resistencia a compresión baja. Como la resistencia a la compresión depende de la relación Agua – Cemento baja, así como un curado adecuado son necesarios para obtener una buena resistencia al desgaste. El tipo de agregado y el acabado de la superficie o el tratamiento utilizado también tienen fuerte influencia en la resistencia al desgaste. Un agregado duro es mas resistente a la abrasión que un agregado blando y esponjoso, y una superficie que ha sido tratada con llana de metal resistente mas el desgaste que una que no lo ha sido.

Se pueden conducir ensayos de resistencia a la abrasión rotando balines de acero, ruedas de afilar o discos a presión sobre la superficie (ASTM 779). Se dispone también de otros tipos de ensayos de resistencia a la abrasión (ASTM C418 y C944).

1.1.13 ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA El concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen debido a variaciones en la temperatura, en la humedad y en los esfuerzos aplicados. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de aproximadamente 0.01% hasta 0.08%. En el concreto endurecido los cambios de volumen por temperatura son casi todos para el acero.

El concreto que se mantiene continuamente húmedo se dilata ligeramente. Cuando se permite que seque, el concreto se contrae. El principal factor que influye en la magnitud de la contracción por el secado aumenta directamente con los incrementos de este contenido de agua. La magnitud de la contracción también depende de otros factores, como las cantidades de agregado empleado, las propiedades del agregado, tamaño y forma de la masa de concreto, temperatura y humedad relativa del medio ambiente, método de curado, grado de hidratación, y tiempo. El contenido de cemento tiene un efecto mínimo a nulo

sobre la contracción por secado para contenidos de cemento entre 280 y 450 kg por metro cúbico.

Cuando el concreto se somete a esfuerzo, se deforma elásticamente. Los esfuerzos sostenidos resultan en una deformación adicional llamada fluencia. La velocidad de la fluencia (deformación por unidad de tiempo) disminuye con el tiempo.

1.1.14 CONTROL DE AGRIETAMIENTO Las dos causas básicas por las que se producen grietas en el concreto son (1) esfuerzos debidos a cargas aplicadas y (2) esfuerzos debidos a contracción por secado o cambios de temperatura en condiciones de restricción

La contracción por secado es una propiedad inherente e inevitable del concreto, por lo que se utiliza acero de refuerzo colocado en una posición adecuada para reducir los anchos de grieta, o bien juntas que predetermine y controlen la ubicación de las grietas. Los esfuerzos provocados por las fluctuaciones de temperatura pueden causar agrietamientos, especialmente en edades tempranas.

Las grietas por contracción del concreto ocurren debido a restricciones. Si no existe una causa que impida el movimiento del concreto y ocurren contracciones, el concreto no se agrieta. Las restricciones pueden ser provocadas por causas diversas. La contracción por de secado siempre es mayor cerca de la superficie del concreto; las porciones húmedas interiores restringen al concreto en las cercanías de la superficie con lo que se pueden producir agrietamientos. Otras causas de restricción son el acero de refuerzo embebido en el concreto, las partes de una estructura interconectadas entre si, y la fricción de la subrasante sobre la cual va colocado el concreto.

Las juntas son el método más efectivo para controlar agrietamientos. Si una extensión considerable de concreto (una pared, losa o pavimento) no contiene juntas convenientemente espaciadas que alivien la contracción por secado y por temperatura, el concreto se agrietara de manera aleatoria.

Las juntas de control se ranuran, se forman o se aserran en banquetas, calzadas, pavimentos, pisos y muros de modo que las grietas ocurran en esas juntas y no

aleatoriamente. Las juntas de control permiten movimientos en el plano de una losa o de un muro. Se desarrollan aproximadamente a un cuarto del espesor del concreto.

Las juntas de separación aíslan a una losa de otros elementos en la estructura y le permiten tantos movimientos horizontales como verticales. Se colocan en las uniones de pisos con muros, columnas, bases y otros puntos donde pudieran ocurrir restricciones. Se desarrollan en todo el espesor de la losa e incluyen un relleno premoldeado para la junta.

Las juntas de construcción se colocan en los lugares donde ha concluido la jornada de trabajo; separan áreas de concreto colocado en distintos momentos. En las losas para pavimentos, las juntas de construcción comúnmente se alinean con las juntas de control o de separación, y funcionan también como estas últimas.

1.1.15 CARBONATOS Y BICARBONATOS ALCALINOS El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

1.1.16 CLORUROS La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del preesfuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto.

Los cloruros se pueden introducir en el concreto, ya sea con los ingredientes separados – aditivos, agregados, cemento, y agua – o a través de la exposición a las sales anticongelantes, al agua de mar, o al aire cargado de sales cerca de las costas.

El agua que se utilice en concreto pre esforzado o en un concreto que vaya a tener embebido aluminio no deberá contener cantidades nocivas de ion cloruro. Las aportaciones

de cloruros de los ingredientes distintos al agua también se deberán tomar en consideración. Los aditivos de cloruro de calcio se deberán emplear con mucha precaución.

1.1.17 SULFATOS El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se a empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfatos de sodio.

1.1.18 OTRAS SALES COMUNES Los carbonatos de calcio y de magnesio no son muy solubles en el agua y rara vez se les encuentra en concentraciones suficientes para afectar la resistencia del concreto. En algunas aguas municipales se pueden encontrar bicarbonatos de calcio y de magnesio. No se consideran dañinas las concentraciones inferiores o iguales a 400 ppm de bicarbonato en estas formas.

Se han obtenido buenas resistencias con concentraciones hasta de 40,000 ppm de cloruro de magnesio. Las concentraciones e sulfato de magnesio deberán ser inferiores a 25,000 ppm.

❖ **SALES DE HIERRO** Las aguas freáticas naturales rara vez contienen mas de 20 a30 ppm de hierro; sin embargo, las aguas de mina ácidas pueden contener cantidades muy grandes. Las sales de hierro en concentraciones hasta 40,000 ppm normalmente no afectan de manera adversa al desarrollo de la resistencia.

❖ **DIVERSAS SALES INORGANICAS** Las sales de magnesio, estaño, zinc, cobre y plomo presentes en el agua pueden provocar una reducción considerable en la resistencia y también grandes variaciones en el tiempo de fraguado. De estas, las mas activas son las sales de zinc, de cobre y de plomo. Las sales que son especialmente activas como retardantes, incluyen el yodato de sodio, fosfato de sodio, arsenato de sodio y borato de sodio.

Generalmente se pueden tolerar en el agua de mezclado concentraciones de estas sales hasta de 500 ppm.

Otra sal que puede ser dañina al concreto es el sulfuro de sodio; aún la presencia de 100 ppm requiere de ensayos.

1.1.19 AGREGADO PARA CONCRETO Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm.

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm. Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril optimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

❖ GRANULOMETRÍA

Figura 6. Tamices para ensayo de granulometria



La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100(150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de 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.

❖ **GRANULOMETRÍA AGREGADOS FINOS**

Figura 7. Secado del agregado fino



Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas mas pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que mas se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo mas conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia.

Entre mas uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

El modulo de finura (FM) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100.

El modulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el modo de finura, mas grueso será el agregado.

El modulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

❖ **GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS GRUESOS** El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita mas agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso. El número de tamaño de la granulometría (o tamaño de la granulometría) se aplica a la cantidad colectiva de agregado que pasa a través de un arreglo mallas.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del del agregado dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De noventa a cien por ciento de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla 25 mm.

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- 1) Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- 2) Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.

3) Un tercio del peralte de las losas.

1.1.20 FORMA DE PARTÍCULA Y TEXTURA SUPERFICIAL Para producir un concreto trabajable, las partículas elongadas, angulares, de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos. En consecuencia, las partículas de agregado que son angulares, necesitan un mayor contenido de cemento para mantener la misma relación agua – cemento.

La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas cambian de lisas y redondeadas a rugosas y angulares.

1.1.21 PESO VOLUMÉTRICO Y VACÍOS

Figura 8. Recipiente para ensayo de peso unitario



El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado.

1.1.22 PESO ESPECÍFICO

Figura 9. Canasta para ensayo de peso específico



El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado.

1.1.23 ABSORCIÓN Y HUMEDAD SUPERFICIAL La absorción y humedad superficial de los agregados se debe determina de acuerdo con las normas ASTM C 70, C 127, C128 y C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.

1.2 ACEROS

1.2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ACERO No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico.

Las aleaciones producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.C.) se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y soldar y consolidar el hierro. El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico.

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero.

La producción moderna de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios mini hornos que emplean electricidad para producir acero a partir de material de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

1.2.2 ESTRUCTURA DEL ACERO Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono y de su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: ferrita, perlita y cementita. La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución. La cementita, un compuesto de hierro con el 7% de carbono aproximadamente, es de gran dureza y muy quebradiza. La perlita es una profunda mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una

estructura característica, y sus propiedades físicas son intermedias entre las de sus dos componentes. La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de las proporciones de estos tres ingredientes.

Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está por completo compuesto de perlita. El acero con cantidades de carbono aún mayores es una mezcla de perlita y cementita. Al elevarse la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en una forma alotrópica de aleación de hierro y carbono conocida como austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y perlita, pero si el enfriamiento es repentino la austenita se convierte en martensita, una modificación alotrópica de gran dureza similar a la ferrita pero con carbono en solución sólida.

1.2.3 CLASIFICACIÓN DEL ACERO Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultra resistente, aceros inoxidables y aceros de herramientas.

- ❖ **ACEROS AL CARBONO** Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas o pasadores para el pelo.
- ❖ **ACEROS ALEADOS** Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte.
- ❖ **ACEROS DE BAJA ALEACIÓN ULTRA RESISTENTES** Esta familia es la más reciente de las cinco grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento

especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

❖ **ACEROS INOXIDABLES** Los aceros inoxidable contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidable son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad.

❖ **ACEROS DE HERRAMIENTAS** Estos aceros se utilizan para fabricar muchos tipos de herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas empleadas en diversas operaciones de fabricación. Contienen volframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que les proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad.

1.2.4 EL ACERO DE REFUERZO El acero de refuerzo es una aleación de hierro carbono con un contenido de carbono hasta un 2% y pequeñas cantidades de Silicio, Manganeso, Fósforo y Azufre, si el contenido de carbono esta comprendido entre el 2% y el 4.4% se llama una fundición.

Las aleaciones con un contenido superior a 4.4% no tienen uso industrial por ser excesivamente frágiles. Esto hace que a nivel industrial se obtengan una amplia gama de aleaciones, en la que para el acero de refuerzo lo más importante es la capacidad que tiene de ser deformado plásticamente.

1.2.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO Existen dos tipos de siderurgias que transforman el mineral de hierro y/o la chatarra en una aleación de hierro carbono, la Siderurgica integrada la cual utiliza el mineral de hierro como materia prima para fabricar el acero (Acerias Paz de Rio) y la Siderurgica Semi-integrada, que utiliza la chatarra de acero como materia prima, (Sideboyaca, Sidelpa, Sidemuña, etc.).

Para la producción de hierro primario, o sea, la eliminación del oxígeno existen dos procesos a nivel industrial. El proceso de Alto Hornos y el de reducción directa. El propósito en este proceso es dejar libre el hierro metálico que se combina con carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre a la temperatura de fusión produciendo el arrabio propiamente dicho.

Luego viene el proceso de aeración en el que se utilizan convertidores u hornos eléctricos de arco u hornos de inducción, para poder hacer las ferro aleaciones necesarias y cumplir las normas exigidas del tipo de acero deseado. Finalmente se lleva a cabo el proceso de transformación en que se le da la forma final al producto siderúrgico (en frío o en caliente) como: láminas, hojalatas, ángulos, barras y alambres. En Colombia solo se lamina en caliente.

En el caso del laminado de aceros de alta resistencia termotratados la barra y/o el alambre una vez terminado en el bloque acabador, son sometidos a un enfriamiento con agua a presión, la cual hace que el tamaño del grano sea fino, aumentando así el límite de fluencia.

1.2.6 TIPOS DE ACERO DE REFUERZO

- ❖ **BARRAS CORRUGADAS:** Es el tipo más utilizado de acero de refuerzo y consiste en barras de sección circular, las cuales tienen un corrugado producido por deformaciones que generan protuberancias o resaltes en su superficie. Estas deformaciones tienen como fin aumentar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto que rodea la barra en su posición final. El tamaño y espaciamiento de estos resaltes está especificado por las normas que regulan la producción y control de calidad de este tipo de barras de refuerzo.

Figura 10. Varilla de refuerzo corrugada



- ❖ **BARRAS LISAS:** Su adherencia con el concreto no es tan buena como la de las barras corrugadas y por esta razón requieren mayores longitudes de empalme por traslape y de anclaje. Se fabrican en diámetros que van desde 1/4" (N 2 - 6.4 mm) hasta 1" (N 8- 25.4 mm) aunque su uso principal esta en las barras de menor diámetro N 2 y N 3. En estos dos diámetros se suministran en rollos o "chipas". Su resistencia usual a la fluencia, F_y , es de 2 400 kg/cm².

Figura 11. Varilla de refuerzo lisa



1.3 MAMPOSTERIA

Figura 12. Edificio en mampostería estructural



1.3.1 DEFINICIÓN Como mampostería se entiende la elaboración de estructuras mediante la disposición ordenada de unidades de mampostería, cuyas dimensiones son pequeñas comparadas con las del elemento que se va a construir (muro, bóveda, etc.), y cuyo peso y tamaño depende del sistema de manejo que se vaya a emplear (manual, equipo mecánico, equipo motorizado, etc.).

Según el tipo de junta, la mampostería puede ser: al tope cuando no tiene ningún elemento de unión en las juntas entre las unidades; y pegada, cuando existe una capa de mortero en las superficies o puntos de contacto entre las unidades, o sea en las juntas.

Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede ser: estructural, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos ; y no estructural , cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división (partición) entre dos espacios. La mampostería estructural también sirve como divisoria

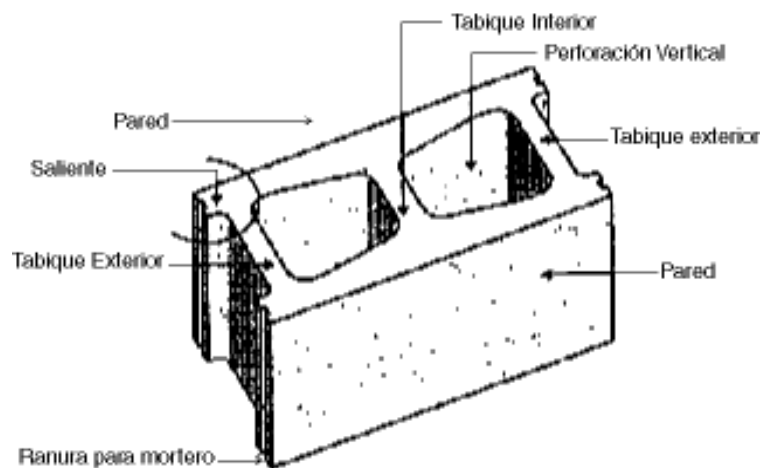
Ambos tipos de mampostería se pueden elaborar con unidades perforadas verticalmente (bloques) o macizas (ladrillos). Los principios de fabricación, calidad, construcción y desempeño, aplican de igual manera para ambos.

1.3.2 ELEMENTOS COMPONENTES Los elementos componentes de la mampostería están conformados por bloques y ladrillos de diferente material (concreto, arcilla y silito – calcáreos) todos con diferentes propiedades y características.

❖ **BLOQUES** El bloque o unidad de mampostería de perforación vertical, es un elemento prefabricado, de concreto, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25% de su área bruta. Se utiliza para elaborar mamposterías (por lo general muros), y es responsable, en muy buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.

❖ **PARTES DE UN BLOQUE** A cada parte del bloque se le ha dado un nombre para propósitos de normalización y escritura de textos académicos, (Figuras 13). Sin embargo, dichos nombres pueden diferir según el léxico que se utilice en cada lugar para la construcción.

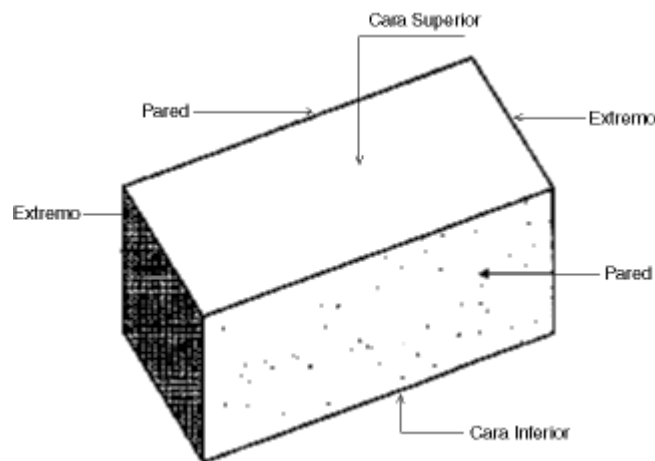
Figura 13. Partes de un bloque



- ❖ **LADRILLOS** El ladrillo o unidad de mampostería maciza, es un elemento prefabricado, de concreto, con forma de prisma recto, macizo o con perforaciones, generalmente verticales, que no superan el 25% de su área bruta. Se utiliza para elaborar mamposterías (por lo general muros de fachada), y es el responsable, en muy buena medida, de las características mecánicas y estéticas de dichas mamposterías.

- ❖ **PARTES DE UN LADRILLO** A cada parte del ladrillo se le ha dado un nombre para propósitos de normalización y escritura de textos académicos (Figura 14). Sin embargo, dichos nombres pueden diferir según el léxico que se utilice en cada lugar para la construcción.

Figura 14. Partes de un ladrillo

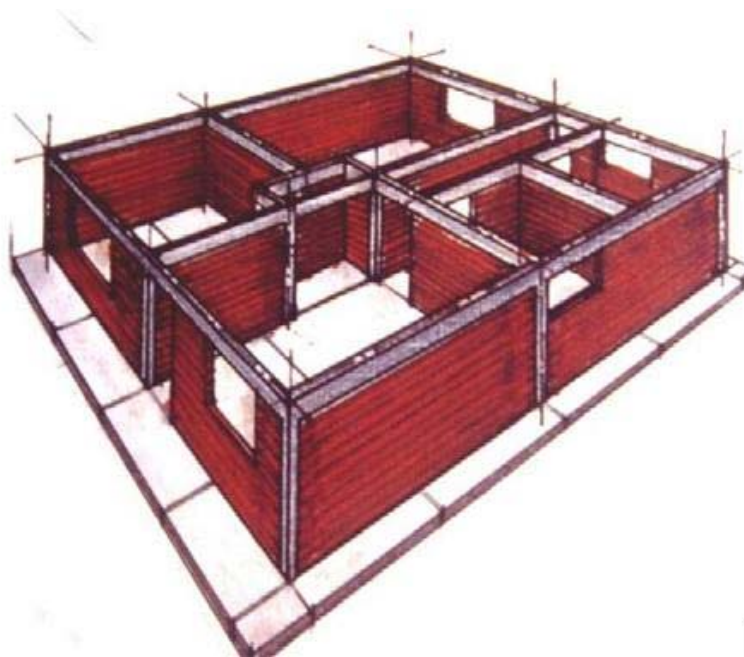


- 1.3.3 TIPOS DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL** La mampostería puede tener refuerzo en forma de varillas y entonces se denominará mampostería reforzada, cuando las varillas se introducen por los huecos de los ladrillos y se anclan con concreto de relleno; y mampostería confinada, en la que el refuerzo se coloca en elementos de concreto (vigas y columnas de amarre), situados en la periferia del muro. La norma NSR-98 autoriza la mampostería de cavidad reforzada.

MAMPOSTERÍA REFORZADA: Es la mampostería con refuerzo embebido en celdas rellenas, conformando un sistema monolítico. También tiene refuerzo horizontal cada cierto número de hiladas. El refuerzo se usa para resistir la totalidad de las fuerzas de tensión y ocasionalmente, para resistir los esfuerzos de compresión y cortante que no pueda resistir la mampostería simple.

MAMPOSTERÍA CONFINADA: Es la mampostería con elementos de concreto reforzado (vigas y columnas de amarre), en su perímetro, vaciados después de construir el muro de mampostería simple. En nuestro medio, la mampostería confinada es la más común y con ella se construyen la mayor parte de las viviendas de 1 y dos pisos; se hace con bloques de arcilla cocidos de huecos horizontales, de resistencia mediana o con bloques de mortero, contruidos artesanalmente, de baja resistencia y poca estabilidad dimensional. Ya se usan bloques de concreto, fabricados con tecnología adecuada y que permiten obtener buenas resistencias y durabilidad.

Figura 15. Muros en mampostería confinada



La mampostería de cavidad reforzada. Es la construcción realizada con dos paredes de piezas de mampostería, separadas por un espacio continuo de concreto reforzado en funcionamiento compuesto.

MAMPOSTERÍA SIMPLE: Es el tipo de mampostería estructural sin refuerzo. Los esfuerzos dominantes son de compresión los cuales deben contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por las fuerzas horizontales. La NSR-98 las prohíbe explícitamente para las zonas de amenaza sísmica alta e intermedia. Por esta condición ya no se usan en nuestro medio.

1.3.4 LÉXICO SOBRE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO

Este léxico fue preparado con base en la terminología utilizada en el Título D - Mampostería Estructural de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente - NSR-98.

UNIDAD DE MAMPOSTERÍA

Elemento que, en conjunto, se utiliza para elaborar una mampostería. Puede ser de diversos materiales piedra, barro, arcilla cocida, concreto, vidrio, etc. Por lo general tiene forma de prisma rectangular.

- ❖ **UNIDAD DE MAMPOSTERÍA, DE CONCRETO** Unidad de mampostería, de concreto hidráulico, que se emplea para elaborar una mampostería de concreto.

Nota A partir de esta definición, todas las unidades a las que hace referencia este léxico son de mampostería y de concreto, por lo cual se suprimen las palabras "de mampostería de concreto" después de los términos "unidad" y "unidades", para simplificar su contenido.

- ❖ **ADOBE** Unidad de mampostería elaborada con barro y endurecida por secado, sin cocción; palabra incorrectamente utilizada para denominar una unidad de mampostería de arcilla cocida, maciza o perforada vertical u horizontalmente, o una unidad de mampostería, de concreto, maciza.

❖ **SISTEMA DE UNIDADES** Conjunto de unidades, de diversas formas y características, que se ajustan a una modulación o a parámetros determinados, para poder ser utilizadas con eficiencia en la elaboración de una mampostería.

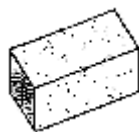
❖ **SISTEMA DE UNIDADES PARA JUNTA CON MORTERO** Sistema compuesto por unidades separadas unas de otras por juntas con mortero, en las cuales sus dimensiones nominales difieren de las estándar en 10 mm que corresponden al ancho de la junta.

❖ **CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES**

❖ **CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES SEGÚN SU MODULACIÓN**

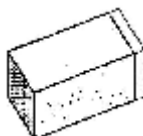
❖ **UNIDAD MÓDULO**

Unidad que sirve de base a un sistema de unidades en cuanto a forma y dimensiones. Se define según una longitud y una altura nominales determinadas, y se pueden producir en submódulos (tres cuartos, media, un cuarto, alta, baja, etc.) y en diversos espesores (ver Figura).



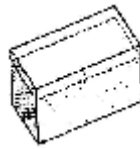
Unidad módulo

❖ **UNIDAD DE MÁS DE TRES CUARTOS** Unidad cuya longitud nominal está entre los tres cuartos y la totalidad de la longitud de la unidad módulo. Por lo general se denomina por su longitud (ver Figura).



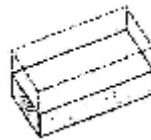
Unidad de más de tres cuartos

❖ **UNIDAD ALTA** Unidad cuya altura nominal es mayor que la altura nominal de la unidad módulo (ver Figura).



Unidad alta

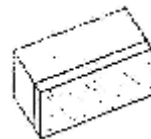
- ❖ **UNIDAD BAJA** Unidad cuya altura nominal es menor que la altura nominal de la unidad módulo (ver Figura).



Unidad baja

❖ **CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES SEGÚN SU FORMA**

- ❖ **CHAPA** Unidad prefabricada, maciza, que se utiliza para elaborar un enchape adosado a una superficie, por lo general vertical, ya existente. Se puede obtener directamente de la máquina o por corte o aserrado de una unidad (volumen) especial, elaborada para suministrar una o varias chapas o unidades (ver Figura).



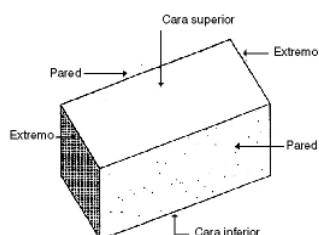
Chapa

❖ **PARTES DE LAS UNIDADES**

- ❖ **CARA** Cada uno de los planos que definen el volumen bruto de una unidad.

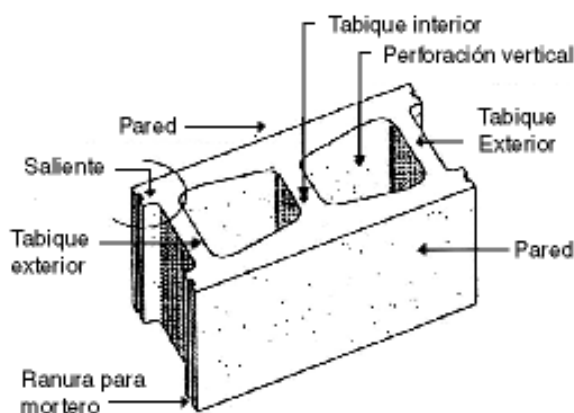
- ❖ **CARA SUPERIOR** Cara que encontrándose una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente arriba de ella. En un bloque, es la cara

que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor mayor. Es la que recibe el mortero de la junta para poder asentar la hilada inmediatamente superior. Está definida por la longitud y el espesor de la unidad. (Ver Figura).



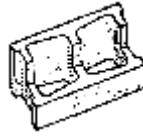
Partes de una mampostería de concreto

- ❖ **CARA INFERIOR** Cara que encontrándose una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente debajo de ella. En un bloque, es la cara que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor menor. Está definida por la longitud y el espesor de la unidad.
- ❖ **PARED** Cada una de las dos caras de una unidad, que hacen parte de las caras del muro que conforman, cuando está colocada en posición normal (ver Figura). Está definida por la longitud y la altura de la unidad.



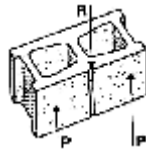
Partes de un bloque de concreto

- ❖ **PARED RECORTADA** Pared a la que se le ha disminuido su altura, durante producción o posteriormente, para obtener una unidad con forma especial (ver Figura).

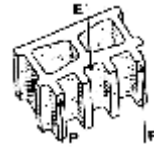


Bloque pared recortada

- ❖ **PROYECCIÓN** Volumen que sale del plano de una pared, de una unidad o chapa delimitado a sus lados por ranuras o estrías (ver figura).

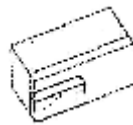


Proyecciones y ranura



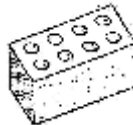
Proyecciones y estrías

- ❖ **RANURA** Hendidura vertical de poca profundidad y ancho (por lo general 10 mm), que se genera en el plano de una pared de una unidad o chapa. Las ranuras delimitan las proyecciones en las superficies moldeadas ranuradas e imitan las juntas verticales.
- ❖ **ESTRÍA** Hendidura vertical de mayor profundidad y ancho que el de una ranura, que se genera en el plano de una pared de una unidad o chapa. Las estrías se alternan con las proyecciones en las superficies moldeadas estriadas.
- ❖ **EXTREMO** Cada una de las dos caras de una unidad, que conforman una junta vertical con la cara adyacente de la unidad vecina. Está definido por la altura y el espesor de la unidad.
- ❖ **TROZO** Porción de una unidad, extraída por medio del aserrado de la misma, con unas proporciones de uno de espesor por dos de altura y cuatro de longitud, que se utiliza para evaluar la resistencia de la unidad cuando ésta no se puede ensayar en su totalidad o mediante porciones mayores que el trozo (ver Figura).



Trozo

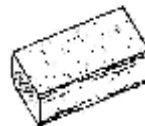
- ❖ **UNIDAD MEDIA LADRILLO** Unidad que es totalmente sólida o que tiene perforaciones verticales, longitudinales o transversales cuyo volumen, en conjunto, no supera el 25% del volumen bruto de la unidad (ver Figura).



Tipo de ladrillo

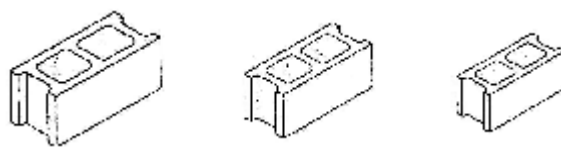
NOTA: A partir de esta definición se seguirá utilizando la palabra "ladrillo" en vez de "unidad maciza", para simplificar el contenido de este léxico.

- ❖ **LADRILLO ASENTADO** Ladrillo, que en estado fresco, se le aplica presión verticalmente para que al reducir su altura las paredes se embomben hacia afuera, imitando la apariencia de un adobe (ver Figura).



Ladrillo asentado

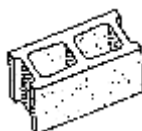
- ❖ **UNIDAD PERFORADA** Unidad que tiene perforaciones verticales, longitudinales o transversales cuyo volumen, en conjunto, supera el 25% del volumen bruto de la unidad.
- ❖ **UNIDAD PERFORADA VERTICALMENTE, BLOQUE** Unidad que tiene dos perforaciones principales en el sentido de su altura, para que conformen celdas al superponer varias hiladas en aparejo de petaca o de tizón, o que posee más perforaciones que en las condiciones descritas no conforman celdas continuas y regulares (ver Figura).



Tipos de unidades perforadas verticalmente (bloques) de diferente modulación

Nota: A partir de esta definición se seguirá utilizando la palabra "bloque" en vez de 'unidad perforada verticalmente', para simplificar el contenido de este léxico.

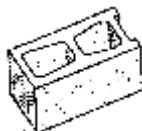
- ❖ **BLOQUE INTERMEDIO** Bloque en el cual ambos extremos son cóncavos (ver Figura).



Bloque intermedio

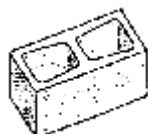
- ❖ **BLOQUE TERMINAL** Bloque en el que al menos uno de sus extremos es plano.

- ❖ **BLOQUE TERMINAL, SENCILLO** Bloque en el que uno de sus extremos es plano (ver figura).



Bloque terminal sencillo

- ❖ **BLOQUE TERMINAL, DOBLE** Bloque en el que ambos extremos son planos (ver figura).



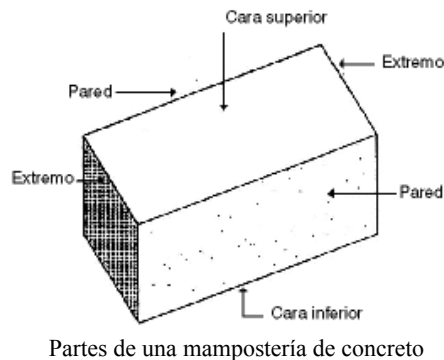
Bloque terminal doble

- ❖ **BLOQUE COMPLETO** Bloque cuya longitud nominal es la longitud de la unidad módulo. Puede ser intermedio, terminal sencillo o terminal doble.

- ❖ **PARTES DE LAS UNIDADES**

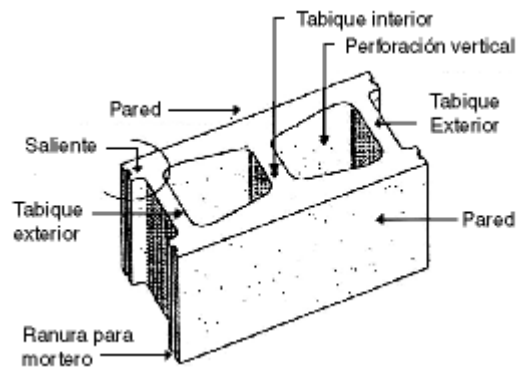
- ❖ **CARA** Cada uno de los planos que definen el volumen bruto de una unidad.

- ❖ **CARA SUPERIOR** Cara que encontrándose una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente arriba de ella. En un bloque, es la cara que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor mayor. Es la que recibe el mortero de la junta para poder asentar la hilada inmediatamente superior. Está definida por la longitud y el espesor de la unidad.



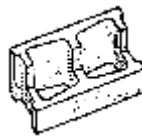
- ❖ **CARA INFERIOR** Cara que encontrándose una unidad en posición normal, conforma la junta horizontal inmediatamente debajo de ella. En un bloque, es la cara que corresponde al extremo de los tabiques, con espesor menor. Está definida por la longitud y el espesor de la unidad.

- ❖ **PARED** Cada una de las dos caras de una unidad, que hacen parte de las caras del muro que conforman, cuando está colocada en posición normal (ver Figura). Está definida por la longitud y la altura de la unidad.



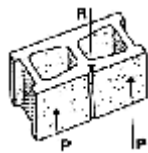
Partes de un bloque de concreto

- ❖ **PARED RECORTADA** Pared a la que se le ha disminuido su altura, durante producción o posteriormente, para obtener una unidad con forma especial (ver figura).

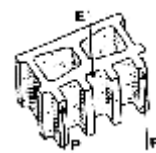


Bloque pared recortada

- ❖ **PROYECCIÓN** Volumen que sale del plano de una pared, de una unidad o chapa delimitado, a sus lados por ranuras o estrías (ver figura).



Proyecciones y ranura



Proyecciones y estrías

- ❖ **RANURA** Hendidura vertical de poca profundidad y ancho (por lo general 10 mm), que se genera en el plano de una pared de una unidad o chapa. Las ranuras delimitan las proyecciones en las superficies moldeadas ranuradas e imitan las juntas verticales (ver figura).

- ❖ **ESTRÍA** Hendidura vertical de mayor profundidad y ancho que el de una ranura, que se genera en el plano de una pared de una unidad o chapa. Las estrías se alternan con las proyecciones en las superficies moldeadas estriadas.

- ❖ **EXTREMO** Cada una de las dos caras de una unidad, que conforman una junta vertical con la cara adyacente de la unidad vecina. Está definido por la altura y el espesor de la unidad.

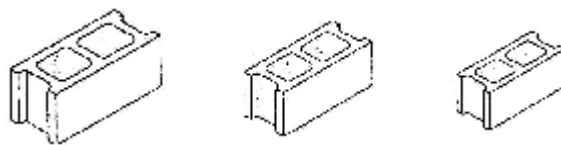
- ❖ **TABIQUE** Cada uno de los elementos perpendiculares a las paredes de un bloque, que sirven para estructurarlo, conformar su volumen y definir las perforaciones.

- ❖ **TABIQUE INTERIOR** Cada uno de los que se encuentran entre los tabiques exteriores de un bloque.

- ❖ **TABIQUE EXTERIOR** Cada uno de los que conforman un extremo cerrado de un bloque.

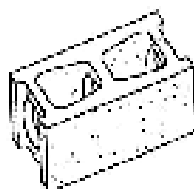
- ❖ **PERFORACIÓN** Vacío o hueco que atraviesa una unidad, generado intencionalmente en su masa durante su fabricación o mediante un proceso posterior.

- ❖ **PERFORACIÓN VERTICAL** Vacío o hueco generado en una unidad, en el sentido de su altura, cuando ésta se encuentra en posición normal. Los bloque portantes deben tener dos perforaciones verticales para poder conformar celdas continuas a lo alto del muro; los no portantes pueden tener dos o más y no tienen que conformar celdas. Para facilitar su elaboración, las perforaciones verticales son, por lo general, troncos piramidales, es decir, las paredes y tabiques tienen mayor espesor en una de sus caras, y al colocarlos en su posición normal, la cara con los elementos de mayor espesor deberá ser la cara superior (ver figura).



Tipos de unidades perforadas verticalmente (bloques) de diferente modulación

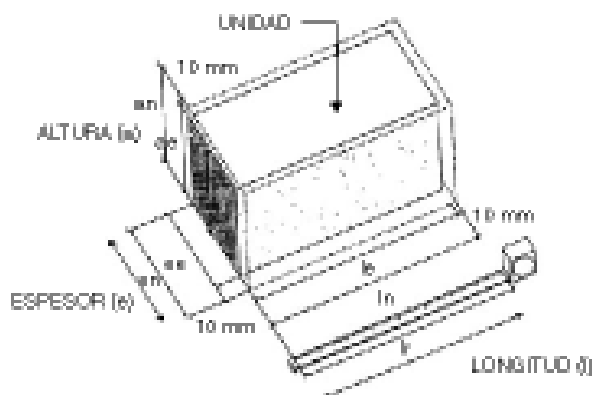
- ❖ **PERFORACIÓN LONGITUDINAL** Vacío o hueco generado en los tabiques de un bloque, en el sentido de su longitud, cuando ésta se encuentra en posición normal (ver figura).



Bloque perforado vertical y longitudinalmente

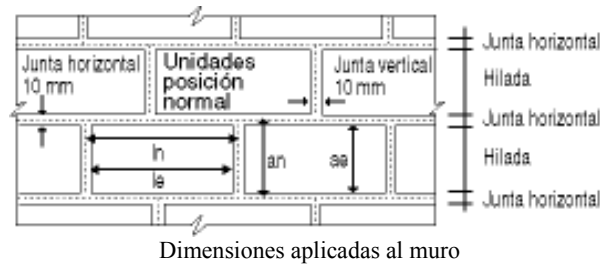
❖ **DIMENSIONES GENERALES**

- ❖ **DIMENSIONES ESTÁNDAR** Son las dimensiones de las unidades, tales como las especifica el productor en su catálogo, y contra las cuales se verifican las dimensiones reales (por ejemplo, 390 mm x 190 mm x 140 mm) (ver figura).



Dimensiones de una unidad de mampostería de concreto

- ❖ **DIMENSIONES NOMINALES** Son la suma de las dimensiones estándar más el espesor de una junta de pega, y que se acomodan a la modulación del sistema de unidades (por ejemplo 400 mm x 200 mm x 150 mm) (ver figura).



- ❖ **DIMENSIONES REALES** Son las dimensiones medidas sobre el espécimen y con las cuales se verifican las dimensiones estándar (por ejemplo 392 mm x 191 mm x 139 mm).

❖ **DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS DE UNA UNIDAD**

- ❖ **ALTURA (A)** Dimensión vertical, generalmente la menor, de las paredes de una unidad, cuando está colocada en posición normal.
- ❖ **ALTURA ESTÁNDAR (AE)** Altura de una unidad tal como la especifica el productor en su catálogo, y contra la cual se verifica la altura real.
- ❖ **ALTURA NOMINAL (AN)** Suma de la altura estándar más el espesor de una junta de pega, que se acomoda a la modulación del sistema de unidades.

- ❖ **ALTURA REAL (AR)** Altura medida sobre el espécimen y con la cual se verifica la altura estándar.

- ❖ **LONGITUD (L)** Dimensión horizontal, generalmente la mayor, de las paredes de una unidad, cuando está colocada en posición normal.
- ❖ **LONGITUD ESTÁNDAR (IE)** Longitud de una unidad tal como la especifica el productor en su catálogo, y contra la cual se verifica la longitud real.

- ❖ **LONGITUD NOMINAL (LN)** Suma de la longitud estándar más el espesor de una junta de pega, que se acomoda a la modulación del sistema de unidades.

- ❖ **LONGITUD REAL (IR)** Longitud medida sobre el espécimen y con la cual se verifica la longitud estándar.

- ❖ **ESPESOR (E)** Dimensión perpendicular a las paredes de una unidad cuando está colocada en posición normal, y que corresponde al espesor del muro.

- ❖ **ESPESOR ESTÁNDAR (EE)** Espesor de una unidad tal como lo especifica el productor en su catálogo, y contra el cual se verifica el espesor real.

- ❖ **ESPESOR NOMINAL (EN)** Suma del espesor estándar más 10 mm, que se acomoda a la modulación del sistema de unidades.

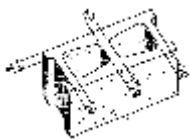
- ❖ **ESPESOR REAL (ER)** Espesor medido sobre el espécimen y con el cual se verifica el espesor estándar.

- ❖ **ESPESOR EQUIVALENTE (EQ)** Espesor promedio del material (sólido) presente en una unidad (ver Figura).



Espesor equivalente (eq)

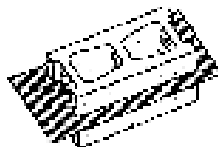
- ❖ **ESPESOR DE PARED (EP)** Espesor de las paredes de un bloque. Se expresa como su valor mínimo (espesor de pared, mínimo) y promedio (espesor de pared, promedio).
- ❖ **ESPESOR DE TABIQUE (ET)** Espesor de los tabiques de un bloque. Se expresa como su valor mínimo (espesor de tabique, mínimo) y promedio (espesor de tabique, promedio).
- ❖ **ESPESOR DE TABIQUE EQUIVALENTE (ETE)** Cociente entre la suma de cada uno de los espesores de los tabiques de un bloque y la longitud nominal del mismo (ver Figura).



Espesores de los elementos de un bloque

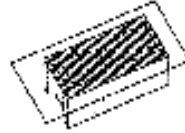
❖ SECCIONES

- ❖ **SECCIÓN TRANSVERSAL** Es la resultante de cortar una unidad con un plano, por lo general horizontal, estando en su posición normal (ver figura).



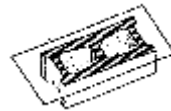
Sección transversal

- ❖ **SECCIÓN TRANSVERSAL BRUTA** Es la sección transversal definida por la totalidad del volumen de una unidad de mampostería, incluyendo las perforaciones y las salientes en un bloque (ver figura).



Sección transversal bruta

- ❖ **SECCIÓN TRANSVERSAL NETA** Es la sección transversal ocupada sólo por la parte maciza que conforma la unidad (paredes, tabiques y salientes en un bloque) (ver figura).



Sección transversal neta

❖ **ÁREAS**

- ❖ **ÁREA BRUTA DE UNA UNIDAD (A_B)** Área de la sección transversal bruta de una unidad

- ❖ **ÁREA BRUTA DE UN TROZO DE UNIDAD (A_{BT})** Área de la sección transversal bruta de un trozo de unidad utilizado como espécimen.

- ❖ **ÁREA NETA DE UNA UNIDAD (A_N)** Área de la sección transversal neta de una unidad

❖ **VOLÚMENES**

- ❖ **VOLÚMEN BRUTO (V_B)** Volumen resultante de multiplicar las dimensiones reales de una unidad (ver Figura).



Volumen bruto

VOLÚMEN NETO (VN) Volumen ocupado sólo por la parte maciza de una unidad (ver Figura). En unidades no recortadas se puede calcular como el producto del área neta y la altura. En unidades recortadas se debe calcular por desplazamiento de agua.



Volumen neto

2. CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, CONCRETOS Y MORTERO

Debido a que una de las fuentes de variabilidad de las propiedades y características del concreto o del mortero son sus ingredientes, y uno de los objetivos del aseguramiento de la calidad es que el control sea preventivo, es conveniente e importante desarrollar programas de inspección y muestreo de los componentes

Estos programas, normalmente se desarrollan en dos etapas:

2.1. CONTROL DE RECEPCIÓN

Donde se ejecutan ensayos de conformidad para comprobar que los materiales cumplen con las especificaciones requeridas.

2.2. CONTROL DE ALMACENAMIENTO

Donde se efectúan ensayos de verificación periódica para asegurar que los materiales mantienen sus características.

Una gran cantidad de dinero puede ser ahorrada tomando las precauciones apropiadas cuando se reciben materiales. Para estar seguros de que el envío concuerda con el recibo de despacho, alguien en el sitio de almacenamiento debe contar o medir, inspeccionar y firmar cada vez que éste entra. Ordinariamente, la clave para un adecuado procedimiento de recepción de materiales, es saber cuando se van a hacer los envíos y tener a alguien que los reciba, en otras palabras, el problema es principalmente de programación y disponibilidad de tiempo para que la responsabilidad pueda ser restringida a una o dos personas.

Los procedimientos de recibo varían de acuerdo con lo que se va a recibir, dónde está siendo recibido, y para qué propósito es recibido. Es una práctica universal para la persona que hace el envío obtener una firma de recibido de parte de quien está encargado de recibir el material. Con alguna frecuencia, esta firma, es dada sin que se examine el envío constituyéndose así en una abierta invitación a substituciones, envíos cortos, o materiales no satisfactorios.

Por ello, un procedimiento mínimo de recibo debe contemplar la inspección de cada envío antes de firmar el recibo de despacho. Si es posible, la calidad, cantidad, y condición de los materiales deben ser chequeadas. Un procedimiento típico de recibo debe involucrar los siguientes

pasos:

- Descarga de los materiales en el sitio de trabajo (patio o sitio de almacenamiento).
- Conteo, medición o pesaje de los materiales recibidos.
- Inspección de los materiales para establecer su condición, si existen materiales deteriorados; dejar constancia escrita.
- Verificar que los materiales recibidos cumplen el tipo o las especificaciones solicitadas en la orden de compra y tener las muestras correspondientes. Finalmente, la recepción de los distintos materiales debe ser supervisada, con el fin de llevar a cabo un control de inventarios, hacer cumplir los horarios de recepción de materiales fijados previamente, y efectuar la inspección y toma de muestras para evaluar la calidad de las mismas.

Para documentar apropiadamente las labores de control en lo que se refiere a la comprobación y demostración del cumplimiento de normas y especificaciones, las muestras de ensayo de materias primas deben ser representativas del almacenamiento del lote que se pretende inspeccionar y evaluar.

2.3. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS AL CEMENTO

Figura 16. Ensayo de densidad del cemento



De acuerdo con el programa de suministro acordado con el proveedor el cemento debe ser recibido en la planta de producción de concretos y morteros o en obra por una persona responsable que haga la inspección correspondiente, verifique la orden de pedido, indique y supervise la descarga del mismo y efectúe la toma de muestras como se indicará más adelante.

Para efectos de la verificación de la cantidad recibida, es conveniente que todo camión granelero sea pesado en una báscula cuya calibración esté debidamente certificada.

El procedimiento de extracción de muestras de cemento, es el indicado en la norma **NIC 121**; para ello, cada muestra debe ser de por lo menos 5 kg y compuesta por una mezcla íntima de cinco porciones de un mismo lote no mayor de 85 toneladas. La frecuencia del muestreo, se indica en el **título 2 C.3** de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98). Adicionalmente, por cada muestra es conveniente registrar la siguiente información:

- El número consecutivo de la muestra.
- La fecha y hora en que se toma la muestra.
- El número del comprobante de entrega de cemento.
- El tipo de cemento Pórtland.
- La marca y procedencia del cemento.
- El peso del lote.
- La identificación del sitio donde se descargo el cemento.
- El nombre de quien tomó y registró los datos de la muestra.

Debido a que hoy en día hay muchas clases y tipos de cemento disponibles, es importante cerciorarse de las propiedades y características de cada uno de los cementos que eventualmente van a ser empleados en el sitio de trabajo, y especialmente cuando varias marcas diferentes van a ser utilizadas al mismo tiempo.

Esta información debe incluir como mínimo la evaluación de los siguientes parámetros, cuyos procedimientos de ensayo se describen en las normas **NTC** correspondientes y deben ser registrados en formatos de registro apropiados:

- Peso específico (norma **NTC 221**).
- Superficie específica (norma **NTC 33**).
- Calor de hidratación (norma **NTC 117**).
- Consistencia normal (norma **NTC 110**).
- Tiempos de fraguado (norma **NTC 118**).
- Falso fraguado (norma **NIC 225**).
- Resistencia a la compresión (norma **NTC 220**).
- Resistencia a la flexión (norma **NTC 120**).

- Resistencia a la tensión (norma **NTC 119**).
- Composición química (norma **NTC 184**)

2.4. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS AL AGUA

Con el fin de verificar el consumo y calidad del agua, se deben inspeccionar por lo menos una vez al mes el medidor y las instalaciones de suministro de agua de la planta de producción, así como el tanque de almacenamiento de donde se toman las muestras.

El procedimiento de extracción de muestras de agua, es el indicado en la norma **NTC 2299**. Para ello, cada muestra debe ser de por lo menos 5 litros, recogidos en un recipiente limpio y previamente lavado con agua similar.

Adicionalmente, por cada muestra se debe registrar la siguiente información:

- El número consecutivo de la muestra.
- La fecha y hora en que se toma la muestra.
- El número del comprobante de entrega de agua (en caso de que esta sea suministrada en camión).
- El lugar de procedencia del agua (acueducto, carro tanque, pozo, quebrada, río, etc.).
- El sitio de donde se toma la muestra (tanque, acometida, etc).
- El volumen del lote.
- La identificación del tanque donde se descargo el agua.
- El nombre de quien tomó y registró los datos de la muestra.

La evaluación de calidad del agua que se emplea en la producción de concretos y morteros, debe basarse en la determinación de las concentraciones máximas de impurezas orgánicas e inorgánicas que se describen en la norma **NTC 3459**, y en la obligatoria ejecución de los ensayos físicos y mecánicos que se describen en la tabla 1, (Desviación de los tiempos de fraguado, según norma **NTC 118**; y ensayo de relación de resistencias, según norma **NTC 220**). Además de cumplir con los requisitos de la **NSR 98** en su numeral **C.3.4**.

Tabla 1 Criterios físicos y mecánicos de aceptación de un agua cuestionable para concreto

Ensayo	Límites	Norma
Desviación de los tiempos de fraguado con respecto al testigo (hr: min.)	No más temprano de 1:00, ni más tarde de 1:30	NTC 118
Resistencia mínima a los 7 días de edad con respecto al testigo	90 %	NTC 220

2.5. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS A LOS AGREGADOS

Figura 17. Preparación de agregado fino para ensayos



La recepción de los agregados o áridos debe ser llevada a cabo por una persona responsable, que verifique el orden de pedido, la cantidad y tipo de agregado recibido, que haga una inspección visual del material e indique y supervise la descarga del mismo en el lugar correspondiente del patio de almacenamiento.

El procedimiento para la extracción y preparación de muestras de agregados pétreos para concretos y morteros, es el descrito por la norma **NTC 129**. Para ello, cada muestra de cualquier material (arenas, gravas, gravillas, etc.) debe ser de por lo menos 30 kg. Y compuesta por una mezcla íntima de varias porciones de un mismo lote. La frecuencia de muestreo, se indica en el **título 2 C.3** del Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente.

Adicionalmente por cada muestra se debe registrar la siguiente información:

- El número consecutivo de la muestra.
- La fecha y hora en que se tomó la muestra.
- La identificación de patio o tolva de almacenamiento.
- El nombre de quien tomó y registró los datos de la muestra.
- El número del comprobante de entrega del agregado.
- El tipo de agregado.
- La procedencia de agregado.
- El peso o volumen del lote.

La caracterización de los agregados para concretos y morteros, debe incluir como mínimo la evaluación de los siguientes parámetros cuyos procedimientos de ensayo se describen en las normas NTC correspondientes y deben ser registrados en formatos apropiados:

Figura 18. Tamices para ensayo de granulometría



- Origen y propiedades petrográficas y mineralógicas (Norma ASTM C – 295).
- Análisis granulométrico (norma NTC 77).
- Porcentaje de grumos de arcilla (norma NTC 177).
- Porcentaje de terrones y partículas deleznales (norma NTC 589).
- Resistencia al desgaste de agregados gruesos (normas NTC 93 y 98).
- Dureza o rayado de agregados gruesos (norma NTC 183).
- Masas unitarias (norma NTC 92).
- Cantidad de partículas livianas (norma NTC 130).
- Densidad y absorción de agregados gruesos (norma NTC 176).
- Porcentaje de material que pasa tamiz de 74 micros (norma NTC 78).
- Contenido aproximado de materia orgánica (norma NTC 127).
- Efecto de impurezas orgánicas de la arena (norma NTC 579).
- Sanidad de los agregados por ataque sulfatos (norma NTC 126).
- Reactividad potencial de agregados (norma NTC 175).

- Contenido total de humedad de los agregados (norma **NTC 1776**)
- Forma y textura superficial (inspección visual).

Figura 19. Tabla Colorimetrica



2.6. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LOS ADITIVOS

De acuerdo con la orden de suministro del proveedor, la recepción de aditivos, la debe efectuar una persona responsable que verifique la orden de pedido, tipo y cantidad de aditivo, e indique y supervise la descarga del mismo en el tanque de almacenamiento correspondiente, así como llevar a cabo la toma de muestras para evaluación de calidad como se indicara más adelante.

El procedimiento de extracción de muestras de aditivo, es el indicado en la norma **NTC 1299** (Numeral 5). Para ello, es conveniente que cada vez que ingrese a la planta de producción un nuevo suministro de aditivos, se tome una muestra por tipo de aditivo. Adicionalmente, por cada muestra es conveniente registrar la siguiente información:

- El número consecutivo de la muestra.
- La fecha y hora en que se toma la muestra.
- El número del comprobante de entrega de aditivo.
- El tipo de aditivo.
- La marca y procedencia del aditivo.
- El peso o volumen del lote.
- La identificación del silo o tanque de almacenamiento.
- El nombre de quien tomó y registró los datos de la muestra.

La evaluación del uso de un aditivo determinado o combinado con otro aditivo, debe tener como base los resultados obtenidos con el concreto en cuestión y en las condiciones previstas en la obra, ya que los resultados están influenciados por las características del cemento y del agregado, sus proporciones, por las prácticas de construcción y por las condiciones ambientales.

El fabricante y las pruebas desarrolladas con los aditivos (cuyos procedimientos de ensayo se describen en la norma **NTC 1299**), deben proveer la siguiente información para establecer su “compatibilidad” con el cemento y los materiales empleados, y su eficiencia dentro de las mezclas de concreto o mortero:

- Capacidad de reducción de agua.
- Efecto sobre la manejabilidad, cohesión y plasticidad.
- Efecto sobre la pérdida de asentamiento o fluidez.
- Inclusión de aire.
- Efecto sobre el calor de hidratación.
- Efecto sobre la velocidad de fraguado.
- Efecto sobre la exudación del concreto a mortero.
- Efectos sobre la contracción, resistencia, durabilidad y otras propiedades del concreto o mortero

2.7. CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

Figura 20. Ensayo a compresión de cilindros de concreto

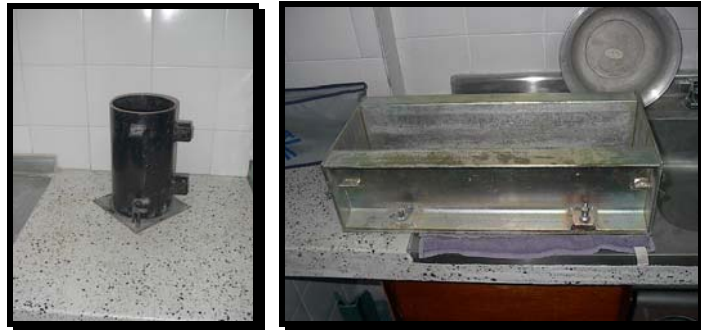


Una de las fuentes de variabilidad de las propiedades y características del concreto además de las fuentes generadas por los materiales utilizados para su fabricación son los procedimientos seguidos durante su producción y manejo, así como la calidad misma de los ensayos que se efectúan. Es por ello que se debe llevar a cabo un correcto control de

calidad en obra del concreto fresco y endurecido con el fin de garantizar el cumplimiento de las normas.

2.8. INSPECCIÓN Y MUESTREO DEL CONCRETO

Figura 21 Formaleta para muestreo de concreto



La toma de muestras debe ser supervisada por una persona calificada y responsable que haga la inspección correspondiente, verifique las especificaciones e indique y supervise la descarga de la mezcla.

Las muestras de concreto deben tomarse de acuerdo con las indicaciones de la norma **NTC 454**, (Hormigón fresco – toma de muestras). Para ello, la muestra debe ser compuesta de varias porciones de distintas partes del volumen que conforma la porción central de la descarga del concreto muestreado, y nunca de la porción inicial o final de la descarga. Además, debe tenerse en cuenta, que la muestra debe tomarse de una sola mezclada, es decir, que nunca debe componerse de diferentes mezcladas. Adicionalmente, debe protegerse del sol y del viento.

Tanto para el control de producción como de recepción. Las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) exigen que las muestras para pruebas de resistencia correspondientes a cada clase de concreto, deben tomarse no menos de una vez por día, ni menos de una vez por cada 40 m³ de concreto, o una vez por cada 200 m² de área de placas o muros. Adicionalmente, establece que como mínimo debe tomarse una pareja de muestras de columnas por piso. De igual manera, exige que como mínimo deba tomarse una pareja de muestras por cada 25 batchadas de cada clase de concreto.

Figura 22. Muestras de concreto para ensayo de Compresión



Adicionalmente, cuando la cantidad total de una clase de concreto sea menor de 10 m pueden suprimirse las pruebas de resistencia, si a juicio del ingeniero, existe suficiente evidencia de que la resistencia que se va a obtener es satisfactoria.

Finalmente, el Código define un ensayo de resistencia como el resultado del promedio de resistencia de dos cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, o a la edad especificada en caso de que sea diferente de 28 días.

2.9. ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO

Los ensayos que comúnmente se efectúan al concreto en estado fresco son los siguientes:

2.9.1. PESO UNITARIO Y RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO

El peso unitario, el rendimiento volumétrico, y la determinación del contenido de Cemento y aire en el concreto fresco, se determinan de acuerdo con la norma **NTC 1926**.

2.9.2. CONSISTENCIA

El ensayo mas comúnmente empleado para caracterizar la consistencia del concreto, es el ensayo de asentamiento (norma **NTC 396**). Este ensayo, debe iniciarse dentro de los 5 minutos siguientes a la

obtención de la muestra y la prueba deberá completarse en 2,5 minutos, debido a que el concreto pierde asentamiento con el tiempo.

Figura 23. Cono para ensayo de consistencia



Sin embargo, existen otros procedimientos como el Medidor K de asentamiento, que consiste en una sonda que se introduce verticalmente dentro del concreto (garantizando que alrededor de la sonda haya una masa de concreto de mínimo 15 cm. La sonda tiene unos orificios por donde penetra el mortero de la mezcla, y este su vez, desplaza un émbolo que da una medida de la consistencia.

Como pruebas adicionales están: la esfera de penetración (norma **ASTM C 360**); ensayo de remoldeo (ensayo de Powers); el cono de asentamiento invertido (para concreto reforzado con fibras, norma **ASTM C 995**); la prueba británica del factor de compactación (**BS 1881**); el ensayo del consistómetro V-B (para mezclas secas, norma **BS 1881**); y, la prueba alemana de la mesa de flujo (para mezclas húmedas, **DIN 1048**).

2.9.3. CONTENIDO DE AIRE Para medir el contenido de aire en el concreto fresco existe un gran número de métodos. Sin embargo, en el medio colombiano Se han popularizado el método volumétrico (normas **NTC 1028**), y el método de presión (norma **NTC 1032**). Con cualquiera de los dos métodos, a prueba debe iniciarse dentro de los 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra.

2.9.4. TEMPERATURA Debido a la influencia de la temperatura en las propiedades del concreto fresco y endurecido es indispensable conocer su

magnitud cuando el concreto está fresco. La medida, (norma **NTC 3357**) se puede hacer con termómetros de vidrio u otros, con una precisión de 0,5 C.

2.9.5. EXUDACIÓN DEL CONCRETO Las propiedades de exudación de concreto fresco se pueden determinar por medio de los procedimientos descritos en la norma **NTC 1294**.

2.9.6. TIEMPOS DE FRAGUADO Para la determinación de los tiempos de fraguado, está la norma **NTC 890**, en cual se describen los procedimientos según la resistencia a la penetración.

2.10. ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO

Figura 24. Cilindros de concreto para ensayo de compresión



Los ensayos que comúnmente se efectúan al concreto en estado endurecido son los siguientes

2.10.1. RESISTENCIA Las pruebas de resistencia de concreto endurecido se efectúan según el uso que va a tener la estructura (ensayos de resistencia a

la compresión, a la flexión, o a la tracción); y según la aplicación que se desea dar a los resultados obtenidos en dichos ensayos.

Para ello, los especímenes de prueba pueden ser: 1) especímenes premoldeados de muestras de concreto fresco; y 2) especímenes extraídos o aserrados de miembros de concreto endurecido en la estructura.

Figura 25. Ensayo de resistencia a la compresión



En el primer caso, y según aplicación que se intente dar a los resultados de los ensayos, Se distinguen tres tipos de especímenes premoldeados:

ESPECÍMENES DE CONTROL DE PRODUCCIÓN: Son probetas (cilindros a viguetas) elaborados y ensayados por quien produce el concreto (control interno), bajo las indicaciones de la normas **NTC 1377** (Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de Laboratorio) **NTC 550** (Elaboración y Curado de especímenes de concreto en la obra); **NTC 673** (ensayo a compresión de cilindros normales de concreto); **NTC 2871** (ensayo de flexión de hormigón usando la viga simple con carga en los tercios); y **NTC 722** (ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto).

Estos especímenes son curados y protegidos bajo condiciones ideales de temperatura y humedad, con el objeto de determinar la “resistencia potencial del concreto, Ello sirve para controlar las condiciones de producción, retroalimentar el sistema de control, y rediseñar o ajustar las mezclas.

Figura 26. Cuarto de curado para elementos de concreto



ESPECIMENES DE CONTROL RECEPCIÓN: Estas probetas (cilindros o viguetas) son elaboradas y ensayadas por quien recibe el concreto en la obra (control externo o interventoría), bajo las indicaciones de las mismas normas NTC 1377 (elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio); NTC 550 (elaboración y curado de especímenes de concreto en la obra); NTC 673 (ensayo a la compresión de cilindros normales de concreto); NTC 2871 (ensayo de flexión del hormigón usando la viga simple con carga en los tercios); y NTC 722 (ensayo de torsión indirecto de cilindros de concreto).

Estos especímenes también son curados y protegidos bajo condiciones ideales de temperatura y humedad, con el objeto de dejar constancia de la “resistencia potencial” del concreto. Ello sirve para dirimir discrepancias que puedan ser motivo de desacuerdo en cuanto a la responsabilidad por la calidad definitiva del concreto.

ESPECIMENES DE CONTROL DE OBRA: estas probetas (cilindros o viguetas) son elaboradas por quien coloca el concreto en la obra (usuario del concreto), bajo las indicaciones de la norma NTC 550 (Elaboración y curado de especímenes de concreto en la obra), pero sometiéndolos a las mismas condiciones de exposición de la estructura. Para su ensayo, se aplican los criterios de las normas NTC 673 (ensayo a la compresión de cilindros normales de concreto); NTC 2871 (ensayo de flexión del hormigón usando la viga simple con carga en los tercios); y NTC 722 (ensayo de tracción directa de cilindros de concreto).

Estos especímenes son curados y protegidos bajo las mismas condiciones de la estructura (sol, viento, lluvia, cambios de temperatura, etc.), con el objeto de verificar el desarrollo real de resistencia del concreto bajo las condiciones de la obra. Ello sirve para evaluar la eficiencia del curado, para determinar el tiempo al cual se pueden retirar las formaletas, para determinar el momento de aplicación de ciertas cargas de construcción (como soporte de puntales, etc.), para iniciar la colocación de otras cargas muertas (por ejemplo mamposterías, etc.), o simplemente para dar al servicio la estructura con confiabilidad y oportunidad.

En cuanto a los especímenes extraídos o aserrados de miembros de concreto endurecidos en la estructura (norma **NTC 3658**), su utilidad será discutida más adelante en el aparte sobre pruebas destructivas (extracción, corte y ensayo de núcleos).

2.10.2. CONTENIDO DE AIRE El contenido de aire en el concreto endurecido, se puede determinar siguiendo los procedimientos descritos en la norma **ASTM C 457**. Su utilidad práctica radica en que por medio de este ensayo se asegura cuál es la conformación y distribución del sistema de vacíos en el concreto. Igualmente, sirve para verificar la efectividad que tiene un determinado aditivo inclusor de aire o el efecto de los procedimientos de colocación y compactación en el sistema de vacíos. La prueba se efectúa con un microscopio estereoscópico de luz polarizada, sobre una sección pulida de una muestra extraída a especímenes premoldeados o a secciones retiradas de la estructura. La información obtenida, revela datos sobre el volumen del aire incluido, su superficie específica y el factor de espaciamiento.

2.10.3. DENSIDAD RELATIVA, PESO UNITARIO, ABSORCIÓN Y VACÍOS La densidad relativa, el peso unitario, la absorción y el contenido de vacíos del concreto endurecido se determinan de acuerdo con la norma **ASTM C642**.

2.10.4. CONTENIDO DE CEMENTO Cuando se desea conocer el contenido aproximado de cemento y agregados de un concreto endurecido, su determinación se hace de acuerdo con los procedimientos descritos en las normas **ASTM C 85** y **ASTM C 1084**.

2.10.5. ANÁLISIS PETROGRÁFICO Para determinar los componentes del concreto, la calidad del concreto, las posibles causas de un comportamiento deficiente, o las causas de falla o deterioro, Se pueden aplicar las técnicas de microscopia descritas en la norma **ASTM C 856**.

2.10.6. CAMBIOS DE VOLUMEN Y LONGITUD Cuando es necesario conocer la magnitud de los cambios volumétricos que experimenta el concreto bajo ciertas aplicaciones, Se puede recurrir a la norma **ASTM C 157**, que permite determinar el cambio de longitud debido la contracción por secado, a la reactividad química, a fuerzas distintas de las que intencionalmente se aplican, o a cambios de temperatura. De otra parte, la fluencia se puede determinar según la norma **ASTM C 512**. El modulo de elasticidad estático y a relación de Poisson estática del concreto a compresión, Se determinan por los métodos descritos en la norma **ASTM C 469**, y sus valores dinámicos según la norma **ASTM C 215**.

2.10.7. DURABILIDAD La resistencia a congelación y al deshielo se puede determinar de acuerdo con las normas **ASTM C 666**, **ASTM C 671**, y **ASTM C 682**.

La protección contra la corrosión y la determinación de la actividad de corrosión del acero de refuerzo se comprueban según la norma **ASTM C 876**.

Figura 27. Puente para ensayos de patología



La reactividad álcali-agregado Se determina por las normas **ASTM C-227** (reacción álcali-sílice), **ASTM C 289**, **ASTM C 342**, **ASTM C 441** (efectividad de los aditivos minerales inhibidores de la reacción álcali-sílice), y **ASTM C 586** (reacción álcali-carbonato).

Figura 28. Elementos químicos para ensayos de patología



De otra parte, la resistencia a los sulfatos se evalúa por medio de las normas **ASTM C-452** y **ASTM C – 1012**. La resistencia a la abrasión con la norma **ASTM C – 418** (limpieza con chorro de arena), **ASTM C 779** (métodos de disco giratorio, de rueda rectificadora, y de cojinete de bolas), y **ASTM C 944** (cortadora rotatoria).

Finalmente, el estudio de las tolerancias permisibles y la distinción entre causas fortuitas (aleatorias) y causas específicas de las variaciones en las propiedades del concreto se hace fácilmente y en forma racional y sistemática, mediante el control estadístico de la calidad.

De acuerdo con las estipulaciones de la norma **NTC 2275** (Procedimiento recomendado para la evaluación de los ensayos de resistencia del hormigón), para que los procedimientos estadísticos de evaluación tengan validez los datos deben derivarse de muestras obtenidas en el curso del desarrollo de un plan de muestreo diseñado para escoger las muestra al azar.

Un muestreo es al azar, o aleatorio, cuando cada una de los muestras tiene igual probabilidad de ser elegida. Para ello la elección debe efectuarse por medio de un mecanismo objetivo tal como una tabla de números aleatorios.

La principal razón del muestreo al azar es que conduce fácilmente a modelos probabilísticas de distribución. Esto a su vez, permite obtener conclusiones e inferencias objetivas sobre la producción y empleo de un determinado lote de concreto (población) a partir de muestras representativas de ese volumen

A La luz de la tecnología del concreto, un lote se considera como aquel volumen de concreto de una misma clase (igual diseño, y materiales componentes), que es elaborado

bajo condiciones similares Para el control de la producción, cada lote de concreto Se puede muestrear en función del volumen de producción o del tiempo.

Adicionalmente, si en una determinada obra, el volumen total de concreto es tal que la frecuencia de los ensayos da lugar a menos de 5 ensayos de resistencia para una misma clase de concreto, las muestras deben tomarse de por lo menos 5 mezclas seleccionadas al azar, o en cada mezcla si se usan menos de 5 mezclas.

2.11. CONTROL DE CALIDAD DEL MORTERO

Al igual que en el concreto, debe comprobarse, demostrarse y documentarse el cumplimiento de las normas y especificaciones de los morteros, a través de ensayos de control de producción y de control de recepción.

2.11.1. INSPECCIÓN Y MUESTREO DEL MORTERO

Figura 29. Muestras de mortero para ensayos de compresión



Las muestras de mortero de pega deben tomarse de acuerdo con las indicaciones de la norma **NTC 3356**, (Especificaciones del mortero premezclado para unidades de mampostería) y las muestras de mortero de inyección deben tomarse y ensayarse de acuerdo con los criterios de la norma **ASTM C 1019**.

Tanto para el control de producción como de recepción, las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) exigen que las muestras para pruebas de resistencia correspondientes a cada mortero de mampostería estructural, deban tomarse 1 vez por cada 200 m² de área muros. Pero, por cada día de pega o de inyección de morteros se deben tomar al menos 5 muestras.

2.11.2. ENSAYOS AL MORTERO Los métodos de ensayo para la evaluación en laboratorio y en obra de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada, Se encuentran descritos en la norma **NTC 3546**. Entre ellos, Se encuentran los siguientes:

2.11.3. CONSISTENCIA El ensayo más comúnmente empleado para caracterizar la consistencia del mortero, es el ensayo de fluidez (norma **NTC 111**). Sin embargo, recientemente Se ha popularizado en Colombia el método del Cono de Penetración descrito en la norma **NTC 3546**.

2.11.4. CONTENIDO DE AIRE Para medir el contenido de aire en el mortero fresco existe la norma **NTC 224**

2.11.5. RETENCIÓN DE AGUA La retención de agua en mezclas de mortero, Se determina de acuerdo con a norma **NTC 3546** (ASTM C 91).

2.11.6. EXUDACIÓN DE MORTERO Las propiedades de exudación del mortero fresco se pueden determinar por medio de los procedimientos descritos en la norma **NTC 547**.

2.11.7. RESISTENCIA

Figura 30. Ensayo de compresión para cilindros de mortero



Las pruebas de resistencia del mortero endurecido se efectúan sobre especímenes premoldeados de muestras de mortero fresco. Cubos de 5 cm. De arista (norma **NTC 220**) o cilindros (de 7,5*15 cm. O de 10*20 cm.) para ensayos de compresión (norma **NTC 3546**) Pare ensayos de flexión, Se aplica la norma **NTC 120**.

2.12. RESUMEN

CONCRETOS

Los procedimientos de los ensayos realizados se deberán hacer con base en los parámetros del Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistente y la normatividad exigida en Colombia para el ensayo de materiales (**Normas NTC**).

A continuación presentaremos un resumen de la normatividad que se presenta para el muestreo del concreto.

• PARA CADA TIPO DE CONCRETO, LA NORMATIVIDAD NOS EXIGE LO SIGUIENTE:

•HORMIGÓN FRESCO TOMA DE MUESTRAS NTC 454

- ❖ Mínimo una vez por día.
- ❖ Mínimo una muestra por cada 40 m³ de concreto.
- ❖ Mínimo una muestra por cada 200 m² de área de placas y muros.

NOTA: Para fundir placas se recomienda tomar 3 parejas de cilindros para ensayar a 7 y 28 días y tener 2 testigos. Cuando se va a fundir columnas se recomienda tomar 4 parejas de cilindros para ensayar a 3, 7 y 28 días y tener 2 testigos.

- ❖ Cuando la cantidad total de una clase de hormigón sea menor de 40 m³ se puede, a juicio del ingeniero suprimirse las pruebas.
- ❖ Se debe tomar una muestra compuesta de la porción central de viaje.

❖ Cuando se utiliza el mezcladero, las muestras deben tomarse de por lo menos cinco sitios distintos ubicados a diferente profundidad se deben mezclar para obtener una muestra compuesta. Las muestras así tomadas se deberán trasladar al sitio de ensayos.

❖ Los elementos por utilizar serán: carretilla o un balde y una cuchara para mezclar la muestra hasta obtener su homogeneidad. Tiempo máximo entre toma de muestra y fundida de cilindros es de 15 minutos.

❖ **REQUISITOS PARA REALIZAR PRUEBAS VALEDERAS SOBRE MEZCLAS DE CONCRETO**

1. Cada valor de resistencia obtenido a los 28, o una edad especificada, debe ser el resultado del promedio, al menos de dos (2) cilindros de una misma mezcla.
2. todas las muestras deben observar y cumplir las normas siguientes:
 - NTC 454 “Hormigón Fresco Toma de Muestras”.
 - NTC 396 “Método de Ensayo para determinar el asentamiento del hormigón”.
 - NTC 550 “Cilindros de hormigón tomados en la obra –elaboración y curado”.
 - NTC 673 “Ensayos de resistencia a compresión de cilindros normales de hormigón”.

❖ **MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN NTC 396**

❖ **EL EQUIPO PARA ESTE ENSAYO CONSTA DE**

- Cono de Abrahams
- Varilla 5/8, lisa, de 60 cm de largo y extremo redondeado
- Cuchara
- Metro

Figura 31. Equipo para ensayo de asentamiento



❖ PROCEDIMIENTOS

- Se humedecen los elementos que van a estar en contacto con el hormigón
- Se mezcla la muestra hasta su correcta homogeneidad
- Se coloca el molde sobre la superficie lisa, no absorbente y con los pies se sujeta firmemente
- Se llena el cono en tres capas de igual volumen
- Cada capa se compacta con 25 golpes de la varilla, distribuidos en su sección penetrando ligeramente la capa anterior
- Se enrasa la superficie y se levanta el molde verticalmente en aproximadamente 10 seg. Sin movimientos laterales ni girándolo
- Se coloca el cono invertido al lado del concreto el asentamiento es la diferencia en la altura del cono respecto del centro de la masa escurrida del concreto
- Si se derrumba se debe repetir el ensayo

Figura 32. Procedimiento para ensayo de asentamiento



CILINDROS DE HORMIGÓN ELABORACIÓN Y CURADO NTC 550

Figura 33. Curado de elementos de concreto



❖ EL EQUIPO CONSTA DE:

- Moldes cilíndricos de 30 cm de altura y 15 cm de diámetro
- Cuchara
- Martillo de caucho
- Varilla 5/8, lisa, de 60 cm. De largo y extremo redondeado

Figura 34. Equipo Para elaboración de cilindros de concreto



❖ **LOS PASOS QUE SE DEBEN SEGUIR SON**

- Se mezcla la muestra hasta conseguir su homogeneidad
- Se llenan los moldes en tres capas iguales, compactando cada capa 25 veces con varilla compactadora.
- El llenado de los moldes es en serie, colocando la primera capa a todos los cilindros y compactándola, luego de la segunda capa después la última hasta llenarlos todos simultáneamente.
- Cuando se presentan vacíos en el cilindro se deben cerrar golpeando lateralmente, con martillo de caucho después de cada capa.
- Una vez terminada la tercera capa se engrasa el cilindro 15 minutos después con un palustre o la misma varilla para asegurar el paralelismo de las caras.
- Los cilindros se deben proteger de pérdidas de humedad, vibraciones y se deben dejar quietos entre 16 y 24 horas, en temperaturas de 16 y 27 grados centígrados.

Figura 35. Procedimiento para la fabricación de cilindros de concreto



3. PRUEBAS DE CAMPO

Figura 36. Ensayo de núcleos y detección de hierros



Con el objetivo de verificar o determinar la resistencia relativa de las diferentes localizaciones en la estructura como ayuda para la evaluación de la resistencia del concreto en el sitio, o para la selección de áreas para la extracción de núcleos, se han desarrollado diferentes pruebas de campo que se clasifican de la siguiente manera:

- o Pruebas no destructivas
- o Pruebas semidestructivas
- o Pruebas destructivas
- o Pruebas de carga

3.1. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Dentro de la pruebas no destructivas las comunes en el medio colombiano esta el ensayo del esclerómetro y el ensayo de ultrasonido.

3.1.1. ENSAYO DE ESCLERÓMETRO

Figura 37. Esclerometro digital



Esta prueba determina la dureza de la superficie del concreto, y aun cuando no existe una relación simple entre la dureza y la resistencia del concreto, se pueden establecer relaciones empíricas. El procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma **ASTM C 805**. Para hacer el ensayo, el esclerómetro debe aplicarse contra una superficie del concreto que forme parte de una masa mayor, lo más plana y lisa posible. Cuando el concreto presenta un aspecto rugoso, la simple aplicación manual de una piedra abrasiva permite obtener en pocos minutos una superficie plana. Hay que cuidar de no hacer sobre partículas de agregado o en sitios donde el acero de refuerzo se encuentre muy superficial, debido a que esto daría lugar a resultados muy elevados. Lo contrario podría suceder, cuando se aplica muy cerca o sobre un hueco, por esta razón deben tomarse entre **15 y 20** lecturas distribuidas sobre el área que va a probarse, a fin de obtener un promedio representativo. Cada lectura indica el rebote de una masa elástica que hay dentro del esclerómetro. De manera que a mayor dureza, mayor rebote. Una vez obtenido el promedio de las lecturas debe observarse el grado de dispersión de los resultados, teniendo en cuenta las desviaciones estándar indicadas en la tabla 2.

Tabla 2 Relación promedio esclerómetro desviación estándar

Promedio obtenido	20	30	45
Desviación estándar	+/- 2.5	+/- 3.0	+/- 3.5

Figura 38. Ensayo de esclerometria



Si la desviación estándar se encuentra dentro de los límites, la medida es confiable. De no ser así, una practica usual es descartar los valores que se encuentran por encima y por de los promedios mas o menos la desviación estándar permisible, y si al menos el 70% de los datos que queden cumplen con el rango de desviación estándar, se obtiene un nuevo promedio. De lo contrario el ensayo debe repetirse.

Aunque el esclerómetro proporciona un medio rápido y económico para revisar la uniformidad del concreto, presenta también limitaciones que deben considerarse. Por ejemplo los resultados pueden verse afectados por : el tipo de cemento, el tipo de agregado la textura de la superficie del concreto, el tamaño, la forma y la rigidez del elemento la edad del concreto y la rigidez del elemento, la edad del concreto y su grado de humedad, entre otras.

Por ello, la relación entre el número de rebotes y la resistencia debe determinarse experimentalmente para cada concreto en particular. Por lo general, la exactitud del calculo obtenido con este procedimiento en muestra elaboradas, curadas y probadas en condiciones de laboratorio con un esclerómetro bien calibrado se encuentra entre mas o menos un 15% y un 20% no obstante, la exactitud probable al predecir la resistencia del concreto en una estructura puede llegar a ser hasta mas o menos un 25%. De tal manera que esta prueba solo tiene un carácter comparativo y su utilidad principal determinar la uniformidad del concreto, o comparar un miembro de una estructura con otro fundido con el mismo concreto, pero nunca debe utilizarse como reemplazo de las pruebas de compresión.

3.1.2. ENSAYO DE ULTRASONIDO

Figura 39. Ensayo de ultrasonido



Esta prueba se basa en la velocidad de propagación de una onda de pulso ultrasónico a través de un medio denso.

En esta caso tampoco existe una relación única entre la velocidad a la cual se desplaza la onda y la resistencia del concreto, pero en condiciones específicas los dos valores si tienen

una relación directa y el factor común es el peso unitario del concreto ya que un cambio en este produce un cambio en la velocidad del pulso ultrasónico. Por lo tanto, una disminución del peso unitario ocasionada por un aumento en la relación agua cemento, reduce tanto la resistencia del concreto como la velocidad del pulso transmitido a través del el procedimiento del ensayo se encuentra descrito en la norma **ASTM C 597**.

El ensayo consiste entonces en determinar el tiempo durante el cual una onda de pulso ultrasónico atraviesa una dimensión conocida del elemento del concreto.³

La técnica del ensayo permite determinar la uniformidad del concreto, medir y detectar grietas y medir el deterioro del concreto. Sin embargo, presenta limitaciones similares a las del esclerómetro y por ello tampoco debe utilizarse como reemplazo de los ensayos de compresión.

De otra parte algunos autores relacionan la velocidad del pulso ultrasónico con la calidad del concreto según la tabla

Tabla 3 Relación concreto velocidad pulso de ultrasonido

velocidad m/s	calidad del concreto
más de 4500	Excelente
3500-4500	Bueno
3000-3500	Regular
2000-3000	Mala
menos de 2000	Muy mala

3.2. PRUEBAS SEMIDESTRUCTIVAS

Dentro de las pruebas semi destructivas se distinguen el ensayo de perno anclado y el ensayo de pistola windsor.

3.2.1. ENSAYO DEL PERNO ANCLADO Este ensayo, mediante un dinamómetro especial, determina la fuerza necesaria para arrancar un perno embebido previamente en el concreto, y esta fuerza se correlaciona con la resistencia a la compresión. Este ensayo no es común en le medio colombiano

pero se encuentra descrito en la norma **ASTM C – 900**. Su mayor limitación es que es una prueba superficial.

3.2.2. PISTOLA DE WINDSOR Al igual que el esclerómetro, esta prueba determina la dureza superficial del concreto, pero en este caso mediante la penetración de sondas disparadas sobre el concreto para establecer relaciones empíricas entre la dureza a penetración y a la resistencia del concreto. El procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma **ASTM C 803**. Aunque es considerada una prueba más precisa que el esclerómetro, tampoco revela valores absolutos de la resistencia del concreto y no es usual en Colombia.

3.3. PRUEBAS DESTRUCTIVAS

3.3.1. NÚCLEOS De acuerdo con las estipulaciones de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente (NSR-98) en aquellas zonas de la estructura donde exista duda sobre la resistencia del concreto debe extraerse núcleos (norma **NTC 3658**) de acuerdo con el siguiente procedimiento

Figura 40. Toma de núcleos vía en concreto para transporte masivo (transmilenio)



- ❖ Deben tomarse por lo menos 3 tres núcleos representativos de cada miembro o área del concreto en los sitios que se consideren potencialmente diferentes.

- ❖ Para que los núcleos sean representativos estos deberán tomarse después de los 14 días de edad. Si durante la extracción uno o más núcleos muestran evidencias de daños subsecuentes (desportillamientos, varillas embebidas, etc.) estos deberán remplazarse. Además el diámetro del núcleo deberá ser al menos 3 veces el tamaño máximo nominal empleado en el concreto y su relación diámetro altura ser de 1: 2 si esta ultima condición no se cumple, se deberán corregir los resultados de resistencia por factores de corrección indicados en la siguiente tabla 4.

Tabla 4 Factor de corrección núcleos

Relación Altura Diámetro (H/D)	Fact de Correction
2	1
1.75	0.98
1.5	0.96
1.25	0.93
1	0.87

- ❖ Si el concreto en la estructura va a estar seco bajo condiciones de servicio, los núcleos deberán cortarse inmediatamente después de la extracción, y deberán secarse al aire (temperatura entre 15 y 25 C y humedad relativa inferior al 60 %), durante 7 días antes del ensayo y deben ensayarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar mas que superficialmente húmedo, durante las condiciones de servicio los núcleos deben sumergirse en agua por lo menos durante 40 horas y ensayarse húmedos.

Figura 41. Núcleos de 3'' extraídos a una vía de concreto



- ❖ El concreto de la zona representada por los ensayos de núcleos se considera estructuralmente adecuado si la resistencia promedio de los tres núcleos resulta

por lo menos igual al 85 % de f'_c y si ninguno de los núcleos tiene una resistencia inferior al 75 % del f'_c .

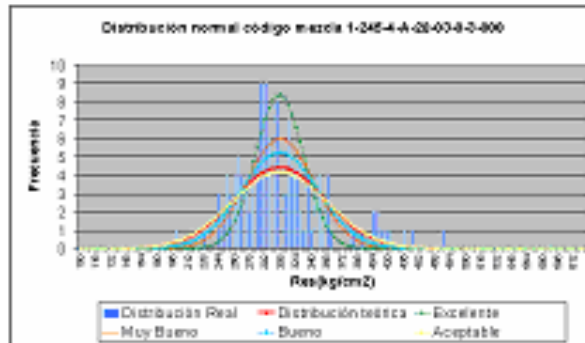
Figura 42. Relleno con mortero de una cavidad después de la extracción de un núcleo



3.4. PRUEBAS DE CARGA

Cuando por cualquier motivo existan dudas sobre la seguridad de una estructura o un elemento estructural, las normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR 98) en su capítulo **C 19**, establece que debe ordenarse una investigación sobre la resistencia estructural. Esto se puede hacer, ya sea por medio de investigaciones analíticas basadas en las dimensiones y detalles de los elementos, propiedades de los materiales, y demás condiciones pertinentes; por medio de pruebas de cargas; o, por medio de la combinación de análisis y pruebas de carga, lo cual debe ser controlado por un ing. calificado de modo que se garanticen los requisitos y propósitos de la NSR 98.

4. CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD



4.1. GENERALIDADES

En todo el mundo es reconocido que los requisitos establecidos para el diseño de mezclas de concreto y los criterios de aceptación del concreto tienen por objeto asegurar la calidad estructural de las obras. Para ello, dicho aseguramiento de calidad se fundamenta en dos factores principales: la determinación de la resistencia a la compresión y, la aplicación de la estadística.

En primer lugar, la calidad de concreto se identifica con base en la resistencia a la compresión, por ser esta su más importante característica mecánica: adicionalmente, porque en la tecnología del concreto es un hecho reconocido la estrecha correlación de este parámetro con otras propiedades.

En segundo lugar, también es un hecho ampliamente aceptado que los procedimientos estadísticos proporcionan valiosos medios para evaluar el comportamiento de los resultados de resistencia. Esto permite que los ingenieros calculistas basen sus diseños en métodos probabilísticos que requieren de un análisis estadístico previo sobre el comportamiento del concreto en una estructura. Por lo tanto, el presente capítulo tiene por objeto analizar las fuentes de variación de la resistencia del concreto y estudiar la aplicabilidad de las técnicas de control estadístico de la calidad.

4.2. FUENTES DE VARIACIÓN DEL CONCRETO

Tal como se mencionó en los capítulos anteriores las mezclas de concreto y de mortero son masas endurecidas de materiales heterogéneos, cuyas propiedades y características están sujetas a la acción de numerosos variables; por ello, es necesario hacer control de calidad. De acuerdo con el **ACI 214**, estas fuentes de variación y su magnitud proceden de tres orígenes a saber

- Las características y variabilidad de cada uno de los materiales componentes. (materiales cementantes, agregados, agua y aditivos químicos).
- Los procedimientos y técnicas de dosificación, mezclado y manejo.
- Las variaciones propias de la elaboración y tratamiento de los especímenes y de los métodos de ensayo.

4.3. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA RESISTENCIA

Sabiendo que los resultados de resistencia del concreto están afectados por numerosas fuentes de variación además de que, desde el punto de vista práctico, es absolutamente imposible garantizar que cada espécimen de ensayo (elaborado de una misma mezcla) arroje exactamente el mismo valor de resistencia, es lógico pensar que los resultados giren alrededor de un valor central y dentro de un rango de valores.

Por tal razón, las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (**NSR-98**), definen una prueba de resistencia como el resultado del promedio de resistencia de dos cilindros tomados de una misma mezcla y ensayados a los 28 días, o a la edad especificada en caso de que sea diferente de 28 días.

De otra parte es todavía mas improbable que las pruebas de resistencia, obtenidas de un mismo lote de concreto (volumen compuesto por varias batchadas de una misma clase de concreto, producido con igual diseño, materiales y bajo condiciones similares), arrojen un mismo valor de resistencia. Adicionalmente, cada prueba de resistencia, indica un valor potencial de la misma, y por ello no debe analizarse de manera aislada.

Lo anterior implica entonces, que se agrupen los datos obtenidos de los pruebas de resistencia (de un mismo lote) y se busque cual es la tendencia de esa población de resultados alrededor de un valor central que caracterice el comportamiento.

Al aplicar este criterio, se observa que si los resultados de los ensayos de resistencia se agrupan en un ‘gráfico de frecuencias’ como el de la (figura 43) se visualiza su distribución enmarcada dentro de una curva muy definida (polígono de frecuencias), cuya

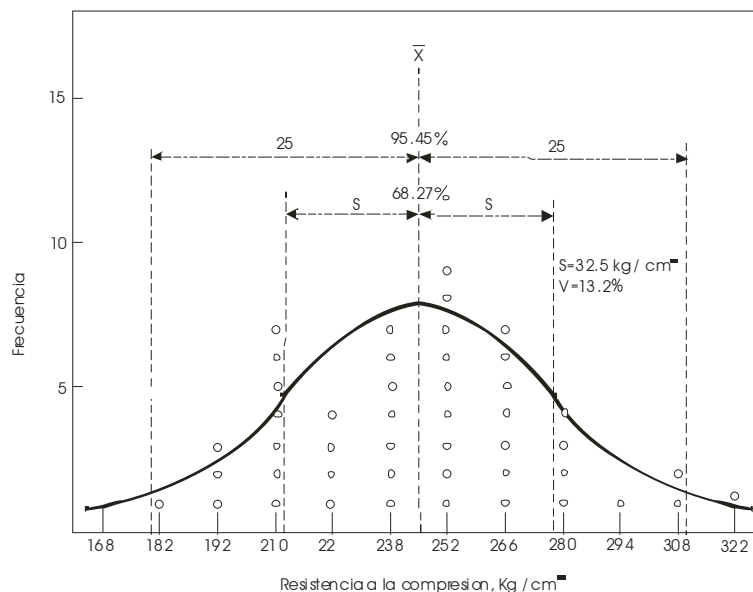
forma varia muy poco cuando el numero de datos esta por encima de 30. Este patrón de comportamiento, es lo que se conoce en estadística como “Distribución normal de frecuencias con un polígono de frecuencias llamado a su vez Campana de Gauss”, y cuyas propiedades pueden definirse matemáticamente.

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Anteriormente, también se mencionó que de acuerdo con las estipulaciones de la norma NTC 2275 (el Procedimiento recomendado para la evaluación de los ensayos de resistencia del hormigón), para que lo procedimientos estadísticos de evaluación tengan validez, los datos deben derivarse de muestras obtenidas en el curso del desarrollo de un plan de muestreo diseñado para escoger las muestras al azar.

Asumiendo que las muestras tomadas y los ensayos efectuados representan apropiadamente al concreto producido, y aceptando que los resultados de las pruebas de resistencia, de un mismo lote de concreto, Se agrupan de acuerdo con la distribución normal es indispensable conocer las características más importantes de dicha distribución, mediante ciertas funciones estadísticas como las medidas de tendencia central (promedio aritmético) y las medidas de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación e intervalo o rango).

Figura 43. Ejemplo de distribución de frecuencia de ensayos de resistencia a la compresión del concreto con su respectiva distribución normal.



4.5. NÚMERO DE PRUEBAS N

Como su nombre lo indica, es el número total de pruebas efectuadas a un mismo tipo de mezcla (que se ha producido y/o consumido de manera consecutiva y en condiciones similares durante un periodo de tiempo definido).

Para obtener un máximo de información debe disponerse de una cantidad suficiente de pruebas. De acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), para que el análisis estadístico sea representativo, el número de pruebas debe ser como mínimo 30 datos.

4.6. PROMEDIO ARITMÉTICO X

El promedio aritmético X, se define como la suma aritmética de los resultados de resistencia de todas las pruebas individuales (X_i), dividido, por el número total de pruebas efectuadas (número de datos N.).

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N}{N} = \frac{\sum X_i}{N}$$

Al observar la figura Se destaca que una de las principales características de la curva de distribución normal, es que presenta simetría con relación al valor promedio X. Esto significa que la mitad de los datos son menores y a mitad mayores que dicho promedio.

Por ello, el valor del promedio aritmético corresponde al valor que debe figurar en el centro de la Campana de Gauss.

4.7. DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Como el promedio aritmético es una medida de tendencia central que caracteriza a un conjunto de pruebas y el análisis estadístico intenta dar una idea de cuán esparcidos se encuentran las pruebas con relación al promedio aritmético, es conveniente conocer la dispersión o variación de las pruebas mediante la desviación estándar o desviación típica.

Esta, Se define como la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la resistencia, respecto a la resistencia promedio, dividida entre el número de pruebas N menos uno.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Obsérvese que mientras mayor sea la diferencia entre cada $X_i - \bar{X}$ (el valor absoluto), mayor es la dispersión de las pruebas y mayor el valor de la desviación estándar S lo cual prueba que evidentemente la desviación estándar es una medida de la dispersión de los resultados.

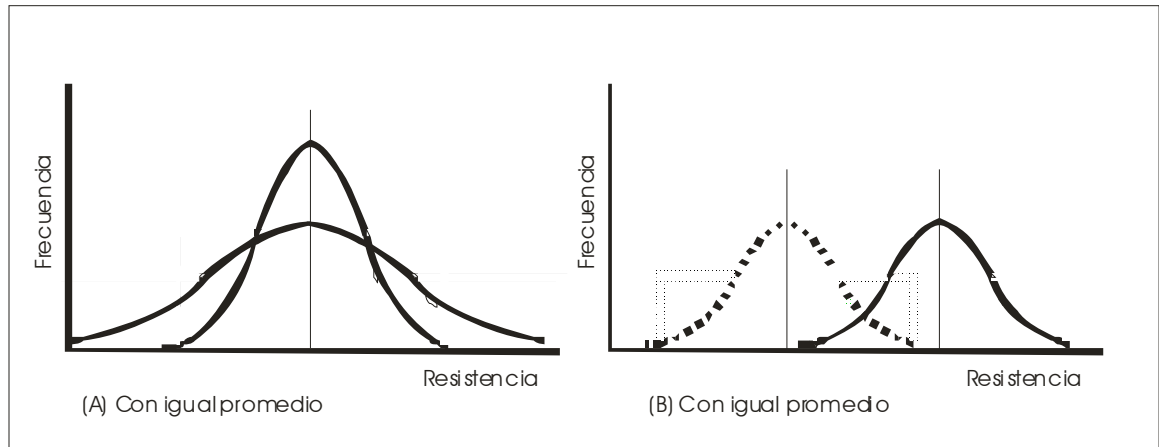
Aquí es importante resaltar que si se hiciera la simple sumatoria de todos los $X_i - \bar{X}$, el valor resultante sería cero por cuanto se trata de una distribución normal de frecuencias en donde la mitad de los datos se encuentra por encima y la otra mitad por debajo.

Por esta razón, la diferencia de cada $X_i - \bar{X}$ (Sea positiva o negativa) se eleva al cuadrado (aprovechando que cualquier número positivo o negativo elevado a una potencia par siempre da un valor positivo) y posteriormente se suma y se divide por $N-1$, para extraer la raíz cuadrada. De esta manera, en términos prácticos, da como resultado un valor promedio de la dispersión de las pruebas.

De otra parte, al observar la Figura 43, se destaca que otra de las características de una curva de distribución normal, es que aparte de ser simétrica, el 68.27% de los datos está comprendido en un radio de acción de $\pm S$, que el 95.45% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $\pm 2S$, y que el 99.73% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $\pm 3S$.

Con base en lo anterior se puede concluir que para evaluar un conjunto de pruebas, correspondientes a una misma clase de concreto, no es suficiente conocer solamente el valor del promedio aritmético, ya que al compararlo con otro conjunto de pruebas podrían tenerse idénticos valores de promedio aritmético pero muy diferentes dispersiones (Figura 44.a), o promedios aritméticos diferentes con igual dispersión (Figura 44.b).

Figura 44. Comparación entre dos distribuciones de frecuencia normal



4.8. COEFICIENTE DE VARIACIÓN V

Cuando se desea conocer la dispersión de las pruebas en términos de porcentaje se obtiene entonces el coeficiente de variación V el cual está definido en términos de la desviación estándar S , expresada como un porcentaje del promedio aritmético $\bar{X}$.

$$V = \frac{S \times 100}{\bar{X}}$$

4.9. INTERVALO O RANGO R

El intervalo o rango es otra medida de dispersión que se obtiene de restar el menor de un conjunto de números de el más alto del grupo. En este caso, será la diferencia entre el resultado de la prueba más alto y la prueba más baja, a una edad definida.

Pero el intervalo dentro de una prueba R se obtiene, restando la menor de las resistencias del conjunto de cilindros que conforman la prueba, de la más alta del grupo. Este intervalo es útil en el cálculo de las funciones estadísticas que definen las variaciones de la resistencia dentro de cada prueba.

$$\boxed{R = X_a - X_b}$$

4.10. VALORACIÓN DENTRO DE LA PRUEBA

Teniendo en cuenta que una de las fuentes de variación de los resultados de resistencia del concreto son las variaciones inherentes a la prueba misma (por elaboración y tratamiento de los especímenes y de los métodos de ensayo), es importante que además del análisis del promedio aritmético y sus correspondientes medidas de dispersión en un conjunto de pruebas, se verifique la uniformidad de los resultados de cada prueba. para ello, la variación en la resistencia del concreto, dentro de una prueba única, Se obtiene calculando la variación de un grupo de cilindros elaborados de una muestra de concreto tomado de una mezcla determinada. Pero adicionalmente, una única mezcla de concreto no proporciona los datos suficientes para el análisis estadístico y se requieren cilindros compañeros de, por lo menos, diez muestras de concreto a fin de establecer valores confiables del intervalo promedio.

4.11. INTERVALO PROMEDIO R

El intervalo promedio R se determina por la suma aritmética de los intervalos dentro de la prueba (R) de todas las pruebas individuales, dividida por el número total de pruebas efectuadas (numero de datos N)

$$\boxed{\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N}{N} = \frac{\sum R_i}{N}}$$

4.12. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DENTRO DE LA PRUEBA

Esta se determina mediante la siguiente expresión teniendo en cuenta que su valor depende de la cantidad de ensayos (cilindros) dentro de la prueba según los factores indicados en la (Tabla 5)

$$\boxed{\bar{S} = \frac{1}{D_2} \bar{R}}$$

Tabla 5 Factores para calcular la desviación estándar dentro de la prueba

No. De cilindros	d2	t/d2
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

4.13. COEFICIENTE DE VARIACIÓN DENTRO DE LA PRUEBA V

Esta medida de dispersión dentro de la prueba se determina mediante la siguiente expresión.

$$V_1 = \frac{S_1 \times 100}{\bar{X}}$$

4.14. CALIFICACIÓN DEL CONTROL

De acuerdo con las estipulaciones del **ACI 214** y de La norma **NTC 2275**, la variabilidad que puede esperarse de las pruebas de resistencia a la compresión, en resultados de una misma mezcla califica el grado de control existente en términos de a desviación estándar y del coeficiente de variación.

La decisión sobre la medida apropiada de dispersión que debe utilizarse en determinada situación, depende de cada caso particular. En general, se ha comprobado que la desviación estándar permanece como una constante más aproximada para resistencias superiores 200 Kg/cm y Se considera más apropiado el coeficiente de variación para la calificación de las variaciones dentro de la prueba. Para tal efecto el Comité **ACI 704** ha preparado una tabla que muestra la variabilidad que puede esperarse de las pruebas de resistencia a la compresión en proyectos sujetos a diferentes grados de control.

Es así como para el coeficiente de variación dentro de la prueba, se puede entonces juzgar el nivel de control en la elaboración y tratamiento de los especímenes y la calidad de los métodos de ensayo tanto para el trabajo de campo, como para las investigaciones a nivel de laboratorio. Los valores límites establecidos por el **ACI 704** para esta situación, se reproducen en la Tabla 6, y no se aplican a otras pruebas de resistencia.

Tabla 6 Normas para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba

Coeficiente de variación para diferentes grados de control, en %				
Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control de campo (en obra o en planta)				
Por debajo de 3	De 3 a 4	De 4 a 5	De 5 a 6	De 6
Mezclas de prueba en el laboratorio				
Por debajo de 2	De 2 a 3	De 3 a 4	De 4 a 5	De 5

De acuerdo con esta tabla 6, es evidente que las pruebas evaluadas como “Aceptables” o “Deficientes”, denotan desconfianza sobre el sistema de aseguramiento de la calidad que se esté aplicando, por lo tanto, se deben tomar de inmediato todas las medidas que conduzcan a mejorar los procedimientos para la elaboración y tratamiento de los especímenes y los métodos de ensayos, de lo contrario, los resultados obtenidos del análisis estadístico serán cuestionables.

Del mismo modo, la desviación estándar de un lote de pruebas refleja las variaciones entre las diferentes batchadas de concreto, o sea entre las pruebas. Estas variaciones, como era de esperarse, contemplan la variabilidad de cada uno de los materiales componentes, a variabilidad en los procedimientos y técnicas de producción y manejo, y las variaciones propias de la elaboración y tratamiento de los especímenes y de los métodos de ensayo.

Es decir, que en esta desviación total, Se encuentra incluida la desviación estándar dentro de la prueba. Los valores límites establecidos por el **ACI 704** para esta otra situación, se reproducen en la tabla 7, y tampoco se aplican a otras pruebas de resistencia.

Tabla 7 Normas para el control del concreto con relación a la variación total

Desviación estándar para diferentes grados de control, en Kg. / cm.				
Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control de campo (en obra o en planta)				
Por debajo de 25	De 25 a 35	De 35 a 40	De 40 a 50	De 50
Mezclas de prueba en el laboratorio				
Por debajo de 15	De 15 a 17	De 17 a 20	De 20 a 25	De 25

De acuerdo con la experiencia, esta tabla refleja de manera aproximada las siguientes situaciones para el control de campo: un grado de control calificado como Excelente caracteriza la producción de concreto certificado en plantas automatizadas con mezclado central; un grado de control calificado como ‘Muy Bueno’, caracteriza la producción de concreto certificado en plantas con sistemas de dosificación manual con mezclado central; un grado de control calificado como ‘Buena’, caracteriza la producción de concreto certificado en plantas dosificadoras automatizadas sin mezclado central; un grado de control calificado como ‘Aceptable’, caracteriza la producción de concreto en plantas dosificadoras manuales sin mezclado central; un grado de control calificado como ‘Deficiente’, caracteriza la producción de concreto con sistemas de dosificación volumétrico, en este caso, también es evidente que las pruebas evaluadas como ‘Aceptables’ o ‘Deficientes’, denotan desconfianza sobre el sistema de aseguramiento de la calidad y por lo tanto, se deben tomar medidas inmediatas para mejorar la uniformidad de los resultados, pues así, no tiene sentido el análisis estadístico por cuanto la dispersión es alta indicando baja confiabilidad en el valor de las pruebas.

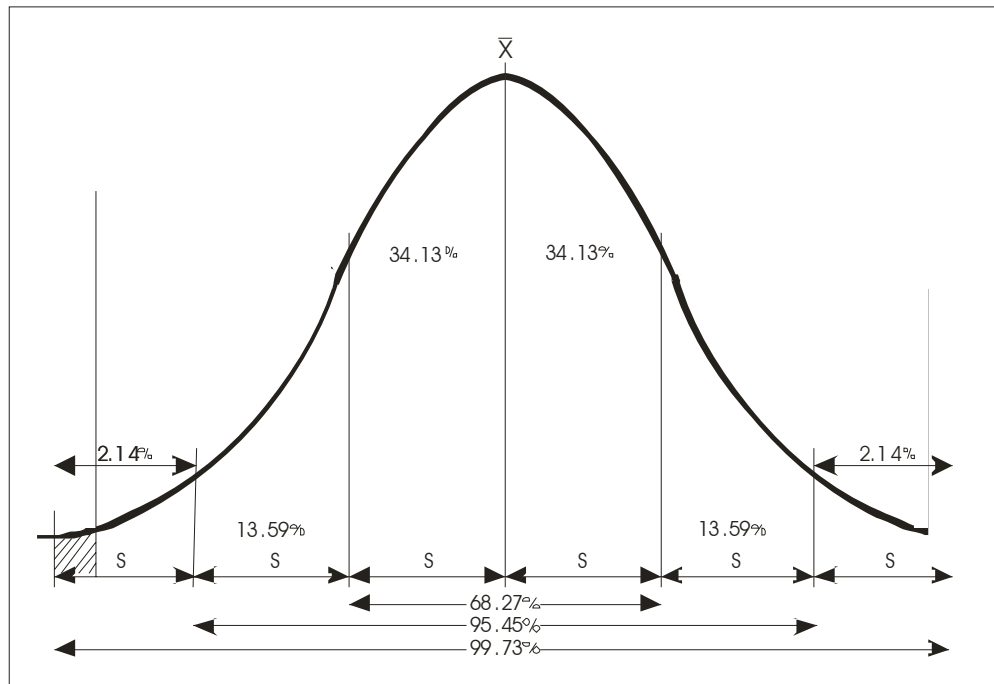
4.15. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

De acuerdo con lo expuesto hasta el momento, resulta claro entonces que las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) establezcan que el concreto deba dosificarse y producirse para asegurar una resistencia característica f'_{cr} a la compresión lo suficientemente alta para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas de resistencia por debajo del valor especificado f'_c , y al mismo tiempo satisfaga los criterios de durabilidad exigidos.

Lo anterior implica que, de hecho, se acepta que existe una probabilidad de ocurrencia de un cierto y determinado porcentaje de pruebas que pueden estar por debajo del f^c especificado.

Al observar la Figure 45 Se recuerda que entre las características de una curva de distribución normal, el 68.27% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $X \pm S$, el 95.45% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $X \pm 2S$ y el 99.73% de los datos están comprendidos en un radio de acción de $X \pm 3S$.

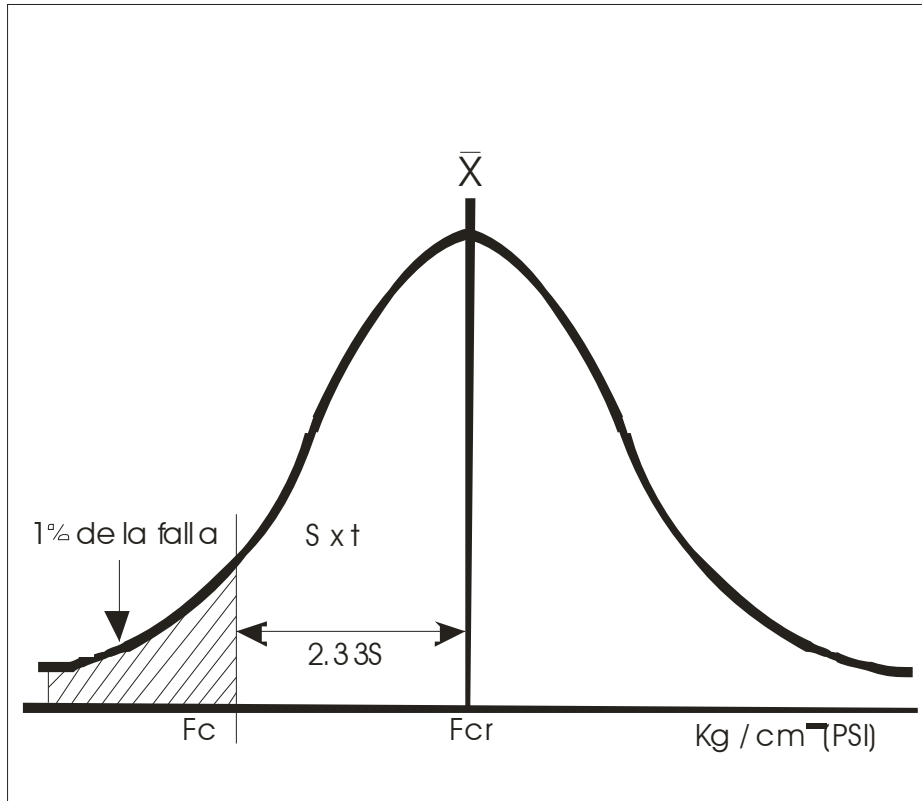
Figura 45. Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación al promedio aritmético, en múltiplos de la desviación estándar.



Lo que esto muestra es que el área bajo la curva (hacia la derecha de un punto A), mide la probabilidad de ocurrencia de que un determinado porcentaje de los datos se encuentren por encima de un cierto valor de resistencia especificada (equivalente al valor de A), y que el área bajo la curva (hacia la izquierda de A), indica la probabilidad de ocurrencia de que un determinado porcentaje de los datos se encuentre por debajo de la misma resistencia especificada A.

Para cumplir con lo establecido por la NSR-98, si se observa a la Figura 46 se visualiza que la resistencia característica f'_{cr} (o sea el promedio aritmético de las pruebas), debe encontrarse a una cierta distancia (denotada por t veces la desviación estándar S) a la derecha de la resistencia especificada f'_c .

Figura 46. Distribución porcentual del área bajo la curva de una distribución normal de frecuencias, con relación a f'_{cr} en función de $t \cdot x$



La misma situación se muestra en la Tabla 8 donde se indican diferentes porcentajes de pruebas de resistencia que quedan por debajo de distintas desviaciones estándar respecto del valor promedio.

Tabla 8 Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de F_c

Porcentaje esperado de pruebas de resistencia por debajo de F_c .	
Resistencia promedio X	Porcentaje de resultados bajos
$F_c+0,20\delta$	46,8
$F_c+0,20\delta$	42,1
$F_c+0,30\delta$	38,2
$F_c+0,40\delta$	34,5
$F_c+0,50\delta$	30,9
$F_c+0,60\delta$	27,4
$F_c+0,70\delta$	24,2
$F_c+0,8\delta$	21,2
$F_c+0,9\delta$	18,4
$F_c+1,0\delta$	15,9
$F_c+1,1\delta$	13,6
$F_c+1,2\delta$	17,5
$F_c+1,3\delta$	9,7
$F_c+1,4\delta$	8,1
$F_c+1,50\delta$	6,7
$F_c+1,6\delta$	5,5
$F_c+1,7\delta$	4,5
$F_c+1,8\delta$	3,6
$F_c+1,9\delta$	2,9
$F_c+2\delta$	2,3
$F_c+2,1\delta$	1,8
$F_c+2,2\delta$	1,4
$F_c+2,3\delta$	1,1
$F_c+2,4\delta$	0,8
$F_c+2,5\delta$	0,6
$F_c+2,6\delta$	0,45
$F_c+2,7\delta$	0,35
$F_c+2,8\delta$	0,25
$F_c+2,9\delta$	0,19
$F_c+3,0\delta$	0,13

De acuerdo con las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98) y con la norma **NTC 2275**, para evaluar los defectos en la resistencia final del concreto a los 28 días de edad y considerar satisfactorio el cumplimiento de un determinado nivel de resistencia, para un mismo tipo de concreto, se deben cumplir simultáneamente los siguientes requisitos:

- ❖ Que ningún resultado individual de las pruebas de resistencia (promedio de dos cilindros), sea inferior a $f'_c - 35 \text{ Kg/cm}^2$.
- ❖ Que los promedios de todos los conjuntos de tres pruebas consecutivos (promedio móvil), iguale a exceda el valor especificado de f'_c .

Para efectos prácticos, tanto la NSR-98 como la norma **NTC 275**, definen como porcentaje razonable de resultados que pueden estar por debajo de f'_c la probabilidad de 1 en 100. Para cumplir con estas condiciones, en la Figura 46 y en la Tabla 8, se observa que el valor de t es 2,33 veces la desviación estándar S .

Como es imposible producir un concreto completamente homogéneo dadas las diferentes causas de variación en sus propiedades, para diseñar una mezcla de concreto se requiere de una resistencia promedio de diseño f'_{cr} superior a la resistencia especificada f'_c . La cantidad en la cual la resistencia promedio de diseño f'_{cr} debe exceder a f'_c , depende de los criterios que se utilicen en las especificaciones y del grado de control que se tenga en la producción.

De tal manera que entre mas elevada sea la desviación estándar S , el factor de sobre diseño será mas alto y por lo tanto mas costosa.

$$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de sobrediseño}$$

$$f'_{cr} = f'_c + t_x S$$

Según los criterios anteriormente mencionados, donde se estipula que la probabilidad de que un resultado de prueba aleatorio sea inferior a $f'_c - 35 \text{ kg/cm}^2$ debe ser de 1 en 100.

$$f'_{cr} = f'_c - 35 + (2.33 \times S)$$

Para la segunda condición promedio móvil, en términos de desviación estándar, a formula se expresa de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = f'_c + (2.33 \times S / \sqrt{3})$$

Es decir:

$$f'_{cr} = f'_c + (1.34 \times S)$$

4.16. CALIFICACIÓN DEL CONCRETO

Como operación inversa, para determinar cual fue le f'_c que Se obtuvo con el promedio de resistencia real a 28 días de edad, Se tiene el concepto de calificación del concreto. La manera de obtener la calificación, es tomando las ecuaciones y despejando f'_c .

$$f'_{cr} = f'_c + 35 - (2.33 \times S)$$

$$f'_{cr} = f'_c - (1.34 \times S)$$

4.17. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Con el objeto de ilustrar los conceptos incluidos en el presente capítulo, a continuación se muestra un registro de datos que corresponden a la producción de un concreto diseñado para un f'_c de 245 kg/cm² (3.500 psi.).

Tabla 9 Análisis de los resultados de resistencia

Análisis de resultados de resistencia				
Ensayo #	Resistencia a 28 días (Kg/cm ²)	Promedio (Kg/cm ²)	Promedio Movil (Kg/cm ²)	Intervalo (Kg/cm ²)
1	319			
	339	329		20
2	269			
	275	272		6
3	329			
	325	327	309	4
4	273			
	288	280	293	15
5	252			
	242	247	285	10
6	264			
	255	259	262	9
7	351			
	342	346	284	9
8	242			
	248	245	283	6
9	254			

	264	259	283	10
10	250			
	258	254	253	8
11	348			
	327	337	283	21
12	371			
	348	359	317	23
13	341			
	347	344	347	6
14	348			
	328	338	347	20
15	323			
	304	313	332	19
16	340			
	326	333	328	14
17	347			
	355	351	332	8
18	304			
	314	309	331	4
19	340			
	319	329	330	21
20	285			
	290	287	308	5
21	329			
	327	328	315	2
22	422			
	445	433	349	23
23	375			
	356	365	375	19
24	338			
	323	330	376	15
25	268			
	263	265	320	5
26	310			
	302	306	300	8
27	341			
	352	346	306	11
28	246			
	244	245	299	2
29	267			
	256	261	284	11
30	286			
	294	290	265	8
Promedio X		310		11,4
Desviación estandar		45	S1	10,1
Coefficiente de variación		15%	V1	3,26%

Desviación dentro de la prueba:

$$S = 0.8865 \times 11.4 = 10.10$$

Coefficiente de variación dentro de la prueba:

$$V = \frac{10.10}{310} \times 100 = 3.26\%$$

Según estos resultados se obtuvo un Promedio de 310 kg/cm² lo cual cumple y excede el requerimiento de 245 kg/cm² Sin embargo, la desviación estándar es relativamente alta (45 kg/cm² lo mismo que el coeficiente de variación (15%), lo cual al consultar la tabla 6, apenas da un grado de control aceptable.

En otras palabras, a pesar de haberse obtenido un promedio alto, la dispersión de los datos registrados a través del tiempo, es relativamente alta y debe reducirse.

Por otra parte, si con estos datos Se quisiera determinar la probabilidad de pruebas por debajo de f'c, que pueden aparecer en una nueva producción de concreto cuyo f'c es nuevamente 245 kg/cm² se tendría:

$$f'_{cr} = f'_c + t \times S$$

Donde:

$$t \times S = f'_{cr} - f'_c$$

Es decir:

$$45 \times t = 310 - 245$$

De modo que:

$$t = 1.44$$

Bajo estas circunstancias a consultar las tablas del **ACI. 214**, la probabilidad de que las pruebas estén por debajo de f'_c , si $f_{cr} = f_c + 1.44S$, es aproximadamente del 7,5%. Es decir, que puede esperarse que el 7,5% de las pruebas arroje valores inferiores a 245 kg/cm².

Adicionalmente, la calificación de la mezcla sería:

$$F'_c = f'_{cr} + 35 - (2.33 \times S)$$

O sea:

$$F'_c = 310 + 35 + 2.33 \times 45$$

Es decir:

$$F'_c = 240 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Este resultado indica claramente que a pesar de haberse obtenido un promedio alto (310 kg/cm²) el conjunto de datos no alcanzó a calificar para un f'_c 245 kg/cm². Ello implica un rediseño de la mezcla. Es decir aumentar el f_{cr} .

De acuerdo con (as Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR 98), el nuevo f'_{cr} debería ser el mayor valor al aplicar las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c - 35 + (2.33 \times S) \\ f'_{cr} &= f'_c + (1.34 \times S) \end{aligned}$$

En el primer caso:

$$f'_{cr} = 245 - 35 + 2.33 \times 45 = 315 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

En el segundo caso:

$$f'_{cr} = 245 + 1.34 \times 45 = 305 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

Esto quiere decir que para garantizar al menos 245 kg/cm^2 con una probabilidad de falla de 1% (según la NSR-98), debería diseñarse una mezcla para un $f'_{cr} 315 \text{ kg / cm}^2$, es decir un factor de sobre diseño de 70 kg/cm^2 (10.000 psi).

5. CONTROL DE CALIDAD DEL ACERO DE REFUERZO

Figura 47. Malla electro soldada.



Por tratarse de un material producido bajo estrictos controles físico – Químicos de fábrica y por poseer características tales como uniformidad, elasticidad y homogeneidad existe la tendencia a creer que su control de calidad no es necesario.

Sin embargo, dadas las exigencias de la Norma Colombia Sismo Resistente NSR 98, en cuanto a las características mecánicas del acero de refuerzo, debido precisamente a que la estructura de concreto reforzado debe poseer una ductilidad adecuada para poder absorber las deformaciones ocasionadas por los movimientos sísmicos, se hace necesario un estricto control en obra del acero de refuerzo pues es este material el que tiene la mayor responsabilidad del comportamiento dúctil de los diversos elementos de la estructura.

Normas que rigen los controles de calidad en obra del acero de refuerzo

5.1. BARRAS CORRUGADAS

Es el tipo más utilizado de acero de refuerzo y consiste en barras de sección circular, las cuales tienen un corrugado producido por deformaciones que generan protuberancias o resaltes en su superficie. Estas deformaciones tienen como fin aumentar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto que rodea la barra en su posición final.

En el medio colombiano se deben cumplir las siguientes normas técnicas para el acero de refuerzo corrugado.

- ❖ **NORMA NTC 2289** Barras y rollos de acero de baja aleación y/o termo tratados para hormigón reforzado en construcciones de diseño sismo resistente Esta norma esta basada en la ASTM A 706 el acero fabricado bajo estas normas tiene propiedades especiales de soldabilidad y ductilidad, lo cual los hace muy apropiados en la construcción de estructuras sismo resistentes.
- ❖ **NORMA NTC 248** Barras corrugadas de acero al carbono para hormigón reforzado. Para el acero fabricado bajo esta deben cumplirse adicionalmente los requisitos que fija la NSR 98 en el parágrafo C.3.5.3.
- ❖ **NORMA NTC 245** Barras de acero al carbono trabajadas en frío para hormigón reforzado. Este tipo de acero no es permitido para construcciones sismo resistente.

5.2. BARRAS LISAS

Por muchos años fue el acero de refuerzo mas utilizado en el país antes de la introducción de las barras corrugadas. Su adherencia con el concreto no es tan buena como las de las barras corrugadas y por esta razón requieren longitudes de empalme por traslapo y anclaje mayores. El uso de este tipo de acero de refuerzo se limita a refuerzo en espiral y estribos.

En el medio colombiano se deben cumplir las siguientes normas técnicas para el acero de refuerzo liso.

- ❖ **NORMA NTC 161** Barras lisas de acero al carbono pata hormigón armado. Esta norma esta basada en la **ASTM A 615**. el uso de este tipo de acero de refuerzo se limita a refuerzo en espiral y estribos.

5.3. ENSAYOS PARA EL ACERO DE REFUERZO

5.3.1. REQUISITOS QUÍMICOS

1. Composición Química.
2. Carbono equivalente.

Figura 48 Espectrofotómetro



Se debe contar con un certificado del fabricante donde manifiesta que el producto cumple con los requisitos establecidos por las normas. En el certificado de origen del fabricante debe indicarse la composición química y el carbono equivalente.

En el caso de los aceros de refuerzo fabricados bajo la norma **NTC 2289 O ASTM A 706** el carbono equivalente CE no puede exceder el 0.55 %.

Además estas normas establecen los máximos porcentajes de algunos minerales al ser metidos en la colada en caliente en la siderurgia. Estos porcentajes para las normas **NTC 2289 O ASTM A 706** están dados en la tabla 10.

Tabla 10 % Máximos de elementos químicos

Elemento	% máximo
Carbono	0.30
Manganeso	1.50
Fósforo	0.035
Azufre	0.045
Silicio	0.50

5.3.2. VARIACIÓN PERMISIBLE EN PESO

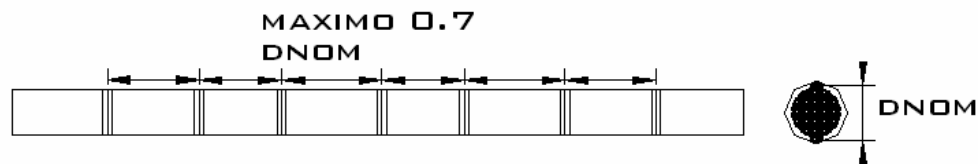
- ❖ **ÁREA EQUIVALENTE** Es importante controlar en obra el área equivalente de la barra por medio del peso por metro para garantizar es del diámetro especificado.

Las variaciones en peso están definidas en las diferentes normas, pero en general es aceptable hasta un 6% en menor peso por metro lineal. En algunas normas el porcentaje de variación permisible en el peso por metro de barra es mayor para los diámetros menores.

5.3.3. REQUISITOS PARA EL CORRUGADO

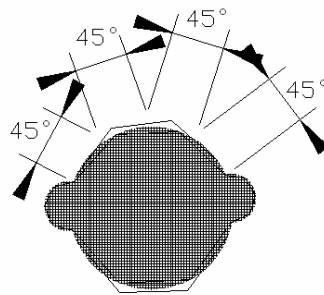
- ❖ **Espaciamiento:** los resaltes deben estar espaciados a lo largo del eje longitudinal de la barra a distancias sustancialmente uniformes. La distancia longitudinal entre los resaltes no puede exceder el 70 % del diámetro nominal de la barra en la tabla 11 se dan estos espaciamientos máximos entre resaltes.

Figura 49 Espaciamiento de los resaltes del corrugado



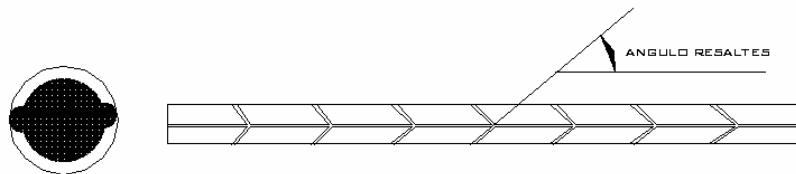
- ❖ **ALTURA:** La altura mínima de los resaltes para los diferentes diámetros esta en la tabla 11. cuando el resalte es del tipo que termina sobre la superficie de la barra la altura del resalte se mide en tres puntos localizados a 45° dentro de una misma cara de la barra, la altura del resalte es el promedio de estas tres mediciones.

Figura 50 Altura de los resaltes



- ❖ **INCLINACIÓN:** Los resaltes deben presentarse con respecto al eje de la barra de tal manera que el Angulo incluido entre el resalte y el eje de la barra no sea menor de 45°. Cuando el ángulo es mayor de 45° y menor de 70° los resaltes deben invertir su dirección alternadamente en las caras opuestas de la barra, o los de una cara deben tener dirección inversa a los de la otra cara. Cuando el ángulo es mayor de 70° no hay necesidad de invertir la dirección de los resaltes.

Figura 51 Angulo de inclinación de los resaltes del corrugado



- ❖ **ANCHO:** La longitud de los resaltes debe ser tal que la separación entre extremos finales de los resaltes en caras opuestas de la barra no exceda el 12.5 % del perímetro nominal de la barra. El perímetro nominal es Π el diámetro nominal de la barra. Cuando el resalte contra una vena longitudinal la separación entre extremos finales es el ancho de la vena cuando existan más de 2 venas longitudinales en la barra, el ancho total de las venas no puede exceder el 25% del perímetro nominal de la barra.

Figura 52 Separación entre extremos final e inicial de los resaltes

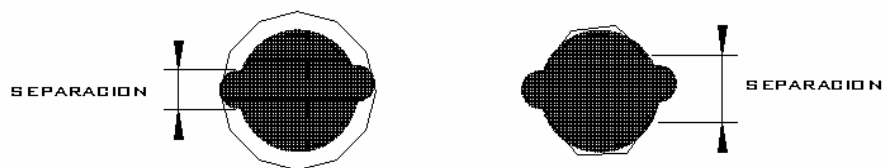


Tabla 11 Requisitos para los resaltes del corrugado

Num	D Nominal	Espaciamiento promedio máximo	Altura Maxima Promedio	Maxima Separación
Nº	mm	mm	mm	mm
3	9,52	6,7	0,38	3,5
4	12,70	8,9	0,51	4,9
5	15,88	11,1	0,71	6,1
6	19,05	13,3	0,96	7,3
7	22,22	15,5	1,11	8,5
8	25,40	17,8	1,27	9,7
9	28,65	20,1	1,42	10,9
10	32,26	22,6	1,62	11,4
11	35,81	25,1	1,8	13,6
14	43,00	30,1	2,16	16,5
18	57,33	40,1	2,59	21,9

5.4. REQUISITOS MECÁNICOS

Figura 53 Ensayo de resistencia a la tracción de probetas de acero

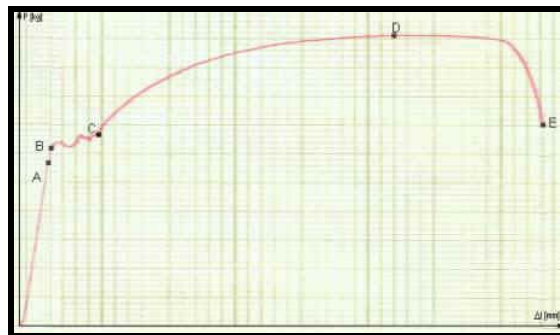


5.4.1. PROPIEDADES DE TRACCIÓN

- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la fluencia
- Alargamiento

Los ensayos de tracción deben hacerse con tamaño de barras completas teniendo en cuenta el área nominal de la barra para la determinación de la curva de esfuerzo deformación en la cual se debe determinar la resistencia a la fluencia F_y , la resistencia Última y máxima y la deformación unitaria en el punto de rotura y estos valores se deben chequear con los valores establecidos en las normas.

Figura 54 Grafica esfuerzo - deformación



Un ejemplo típico del diagrama de esfuerzo – deformacion se presenta el gráfico de la figura 54, un acero dúctil, en donde el eje de las ordenadas corresponde a las cargas y el de las abscisas al de las deformaciones longitudinales o alargamientos en milímetros.

- ❖ **PERIODO ELÁSTICO** Se observa en el diagrama que el comienzo, desde el punto O hasta el A, esta representado por una recta que nos pone de manifiesto la proporcionalidad entre los alargamientos y las cargas que lo producen (Ley de Hooke). Dentro de este periodo y proporcionalmente hasta el punto A, los aceros presentan la particularidad de que la barra retoma su longitud inicial al cesar la aplicación de la carga, por lo que recibe indistintamente el nombre de **periodo de proporcionalidad o elástico**.

❖ **ZONA DE ALARGAMIENTO SEUDOELÁSTICO** Para el límite proporcional se presentan un pequeño tramo ligeramente curvo AB, que puede confundirse prácticamente con la recta inicial, en el que los alargamientos elásticos se les suma una muy pequeña deformación que presenta registro no lineal en el diagrama de ensayo. La deformación experimentada desde el límite proporcional al B no solo alcanza a valores muy largos, si no que fundamentalmente es recuperable en el tiempo, por lo que a este punto del diagrama se lo denomina **límite elástico o aparente o superior de fluencia**.

❖ **ZONA DE FLUENCIA O ESCURRIMIENTO** El punto B marca el inicio de oscilaciones o pequeños avances y retrocesos de la carga con relativa importante deformación permanente del material. Las oscilaciones en este periodo denotan que la fluencia no se produce simultánea mente en todo el material, por lo que las cargas se incrementan en forma alternada, fenómeno que se repite hasta el escurrimiento es total y nos permite distinguir los “límites superiores de fluencia”. El límite elástico aparente puede alcanzar valores de hasta el 10 a los 15 % mayores que el límite final de fluencia.

❖ **ZONA DE ALARGAMIENTO HOMOGÉNEO EN TODA LA PROBETA**

Más allá del punto final de fluencia C, las cargas vuelven a incrementarse y los alargamientos se hacen más notables, es decir que ingresa en el período de las grandes deformaciones, las que son uniformes en todas las probetas hasta llegar a D, por disminuir, en igual valor en toda la longitud del material, la dimensión lineal transversal. El final de período de alargamiento homogéneo queda determinado por la carga máxima, a partir de la cual la deformación se localiza en una determinada zona de la probeta, provocando un estrechamiento de las secciones que la llevan a la rotura, al período DE se lo denomina de estricción. En la zona plástica se produce, por efecto de la deformación, un proceso de endurecimiento, conocido con el nombre de “acritud“, que hace que al alcanzar el esfuerzo la resistencia del metal, éste al deformarse adquiere más capacidad de carga, lo que se manifiesta en el gráfico hasta el punto D.

❖ **ZONA DE ESTRICCIÓN**

En el período de estricción, la acritud, si bien subsiste, no puede compensar la rápida disminución de algunas secciones transversales, produciéndose un descenso de la carga hasta la fractura.

5.4.2. PROPIEDADES DE DOBLAMIENTO

▪ RESISTENCIA AL DOBLAMIENTO

Figura 55 Ensayo de resistencia al doblamiento



El ensayo de doblamiento consiste en doblar una barra alrededor de un Mandril de un diámetro predefinido y no deben presentarse fisuras, ni rupturas de la barra.

5.5. FRECUENCIA DE MUESTREO DEL ACERO DE REFUERZO

- ❖ En los controles de producción debe tomarse una muestra de cada colada y por cada diámetro de barra.
- ❖ En los controles de recepción en obra deberá tomarse muestras representativas de cada lote suministrado según se indica en la siguiente tabla:

Tabla 12 Frecuencia de Muestreo del Acero en Obra

Grado de supervisión	reducida	moderada	intensa
Tamaño			
2 Barras de cada Diámetro		Cada 40 t, min. 1 control	Cada 20 t, min. 2 controles

5.5.1. TOMA DE MUESTRAS Las muestras para envío al laboratorio deben tomarse del lote al azar del lote a evaluar.

Se deben tomar 4 porciones de barra de 1.20 m de longitud por cada diámetro suministrado. Dos porciones constituyen la muestra y las otras la contra muestra. Cada grupo de 4 barras se debe empaquetar y amarrar con alambre y roturarla con un código ya designado en la obra y con el código designado por el fabricante.

5.6. RESUMEN DE LAS NORMAS PARA ACEROS A continuación se presentara un resumen simplificado de los requisitos de las diferentes normas **NTC ASTM** que regulan la fabricación y la aceptación de los aceros de refuerzo.

❖ Barras corrugadas requisitos de las normas **NTC 2289, 245, 248 Y ASTM A 706 Y A 615.**

Tabla 13 Requisitos de las normas NTC 2289, 245, 248 Y ASTM A 706 Y A 615.

	Dimensiones Nominales			
Designación de La Barra	Diámetro	Area Sección	Perímetro	Peso
Nº	Cm	Cm²	Cm	Kg/m
2	0,64	0,32	2	0,25
3	0,952	0,71	3	0,56
4	1,27	1,29	4	0,994
5	1,588	2	5	1,552
6	1,905	2,84	6	2,235
7	2,222	3,87	7	3,042
8	2,54	5,1	8	3,973
9	2,865	6,45	9	4,96
10	3,226	8,19	10,14	6,403
11	3,581	10,06	11,25	7,906
14	4,3	14,52	13,51	11,384
18	5,733	25,81	18,01	20,238

Tabla 14 Barras Corrugadas Requisitos Para Ensayo de Tensión Normas NTC 2289, 245, 248 y ASTM A 706 Y A 615

Norma	Grado	Cubre Barras N°	Fy Min en Kg/cm²	Fy Max en Kg/cm²	Fu Min en Kg/cm²	Fu>1,25Fy	Esfuerzos Calc	% Min de elongación
	1		2	3	4	5		
NTC 2289	4200 (Kg/cm²)	3 A 11	4200	5500	5600	Si	Real de la Probeta	3,4,5, y 6 = 14%
		14						7,8,9,10,y 11 = 12%
		18						14 y 18 = 10%
ASTM A 706	60 Ksi	3 A 11	4220	5485	5625	Si	Nominal de La Barra	3 ,4,5, y 6 = 14%
		14						7,8,9,10,y 11 = 12%
		18						14 y 18 = 10%
NTC 248	AH 240	2 A 11 14 18	2448	No se Exige	No se Exige	No se Exige	Nominal de La Barra	2,3,4,5, y 6 = 18%
	AH420	2 A 11 14 18	4284	No se Exige	6425	No se Exige	Nominal de La Barra	7,8 y 9 = 11%
ASTM A 615	40 Ksi	3 a 6	2812	No se Exige	4922	No se Exige	Nominal de La Barra	10,11,14 y 18 = 9%
								3 = 11%
	60 Ksi	3 A 11 14 18	4220	No se Exige	6330	No se Exige	Nominal de La Barra	4,5 y 6 = 12%
								3 ,4,5, y 6 = 9%
NTC 245	AT 420 (Mpa)	2 A 11	4284	No se Exige	4692	No se Exige	Nominal de La Barra	7 y 8 = 8%
		14						9,10,11,14, y 18= 9%
		18						11,14 y 18= 6%
NTC 245	AT 420 (Mpa)	2 A 11	4284	No se Exige	4692	No se Exige	Nominal de La Barra	11,14 y 18= 6%
		14						2,3,4,5, y 6 = 12%
		18						7,8, y 9 = 11%
NTC 245	AT 420 (Mpa)	2 A 11	4284	No se Exige	4692	No se Exige	Nominal de La Barra	10,11,14 y 18 = 9%
		14						
		18						

1. Ah Acero de horno.
AT Acero trabajado en frío.
2. Resistencia mínima a la fluencia Fy medida por medio de ensayos a Tensión.
3. Resistencia Máxima a la fluencia Fy medida por medio de ensayos a Tensión
4. Resistencia ultima mínima Fu medida por medio de ensayos a Tensión.
5. La NSR 98 exige para el acero de refuerzo longitudinal del sistema estructural de resistencia sísmica que el Esfuerzo ultimo real debe ser al menos 1.25 veces el esfuerzo de fluencia real.

Tabla 15 Requisitos para el ensayo de Doblamiento y otros requisitos

Norma	Grado (1)	Cubre Barras	Diámetro de mandril de Ensayo de Doblado a 180 (2) db Diámetro Nominal	Variación en Menor Peso Aceptable (3)	Variación en Menor Peso Individual	Requisitos para a) Resaltes b) Compo Química (4) c) Calculo CE	Requisitos para a) Fabricación b) Est Superficial c) Fractura (5)
NTC 2289	4200 (Kg/cm ²)	3 A 11 14 18	3,4, y 5 = 3db 6,7 y 8 = 4db 9,10 y 11 = 6db 14 y 18 = 8db	6%	No Indica	a) Si b) Si c) Si	a) Si b) Si c) Si
ASTM A 706	60 Ksi	3 A 11 14 18	3,4, y 5 = 3db 6,7 y 8 = 4db 9,10 y 11 = 6db 14 y 18 = 8db	6%	No Indica	a) Si b) Si c) Si	a) Si b) Si c) Si
NTC 248	AH 240	2 A 11 14 18	2,3,4,5, y 6 = 2db 7,8 y 9 = 3db 10 y 11 = 4db	2 Y 3 = 6% 4 a 11 = 4% 14 a 18 = 4%	2 Y 3 = 10% 4 a 11 = 6% 14 a 18 = 6%	a) Si b) Si c) No	a) Si b) Si c) No
	AH420	2 A 11 14 18	Cumplir NSR 98	2 Y 3 = 6% 4 a 11 = 4% 14 a 18 = 4%	2 Y 3 = 10% 4 a 11 = 6% 14 a 18 = 6%	a) Si b) Si c) No	a) Si b) Si c) No
ASTM A 615	40 Ksi	3 a 6	3,4 y 5 = 3½db 6 = 5db	6%	No Indica	a) Si b) Si c) No	a) Si b) Si c) Si
	60 Ksi	3 A 11 14 18	3,4 y 5 = 3½db 6,7 y 8 = 5db 9,10 y 11 = 7db 14 y 18 (90°) = 9db	6%	No Indica	a) Si b) Si c) No	a) Si b) Si c) Si
	75 Ksi	11 14 18	11 = 7db 14 y 18 (90°) = 9db	6%	No Indica	a) Si b) Si c) No	a) Si b) Si c) Si
NTC 245	AT 420 (Mpa)	2 A 11 14 18	2,3,4,5 y 6 = 3db 7,8,9,10 y 11 = 4db 14 y 18 = 4db	2 Y 3 = 6% 4 a 11 = 4% 14 a 18 = 4%	2 Y 3 = 10% 4 a 11 = 6% 14 a 18 = 6%	a) Si b) Si c) No	a) No b) Si c) No

1. Ah Acero de horno
At Acero Trabajado en frío.
2. Requisitos para los diámetros de Doblamiento.
3. La Norma NTC 248 fija un procedimiento de aceptación y rechazo de las barras basado en varios requisitos dentro de los cuales se encuentra la variación en peso haciendo una distinción entre la variación en un lote y en una barra individual. además esta norma exige que después de realizado el ensayo la barra se debe desdobla 20°.
4. Se indica si existen dentro de la norma requisitos para los resaltes del corrugado, composición química del acero y si exige el calculo del carbono equivalente CE.
5. Se indica si existen dentro de la norma requisitos para el procedimiento de fabricación del acero, el estado superficial de la barra y la localización de la zona de fractura durante el ensayo de tensión, la norma NTC 2289 acepta la rotura dentro de los 2/3 centrales de la longitud entre marcas, mientras que la ASTM lo exige dentro del tercio central.

Tabla 16 Composición Química en las Normas NTC 2289 Y 248 Y ASTM A 706 Y A 615

Norma	Caso	Elemento									
		C	Mn	p	S	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	V
NTC 2289	1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	2	0,30%	1,50%	0,04%	0,045%	0,50%					
	3	0,33%	1,56%	0,04%	0,053%	0,55%					
ASTM A 706	1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	2	0,300%	1,500%	0,035%	0,045%	0,500%					
	3	0,330%	1,560%	0,043%	0,053%	0,550%					
NTC 248	1			Si		Si					
	2			0,050%		0,060%					
	3			0,062%		0,075%					
ASTM A 615	1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	2			0,060%							
	3			0,075%							
NTC 245	1			Si		Si					
	2			0,050%		0,060%					
	3			0,062%		0,075%					

1. Se requiere análisis de estos elementos en esta colada
2. Máximo contenido en cada colada.
3. Máximo contenido en la barra terminada
4. C=Carbono, Mn=Manganeso, P=Fosforo, S=Azufre, Si=Silicio, Cu=Cobre, Ni=Niquel, Cr=Cromo, Mo=Molibdeno y V=Vanadio.
5. Los contenidos indicados son para coladas realizadas en horno eléctrico, horno de solera abierta u horno básico de oxígeno.

- ❖ **BARRAS LISAS REQUISITOS DE LA NORMA NTC 161 Y ASTM A 615** Las normas **NTC 245 Y ASTM A 615**, regulan tanto las barras lisas y corrugadas. Los requisitos de estas normas para barras lisas son los mismos dados en las tablas para barras rugosas por lo tanto solo presentaremos los requisitos de la norma **NTC 161**. Además los requisitos de variación en peso y composición química también son los mismos.

Tabla 17 Requisitos del ensayo de tensión para barras lisas de refuerzo según norma NTC 161

Norma	Grado (1)	Cure Barras N°	Fy Min (2)	Fy Max (3)	Fu Min (4)	Fu>1,25Fy (5)	Esfuerzos Calc	% Min de elongación
			Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²			
NTC 161	AH 240	2 a 18	2400	5500	3700	No	Nominal de la barra	18%
	(Mpa)							

1. AH acero al horno, la norma NTC 161 prescribe tres grados en Mpa : AH22,AH24 y AH28 de estos en el país se utilizan únicamente el grado AH24 por eso solo trabajaremos con este.
2. Resistencia Mínima a la fluencia FY Medida por medio de ensayo a Tensión.
3. Resistencia Máxima a al fluencia Fy medida por medio del ensayo de Tensión.
4. Resistencia ultima mínima Fu medida por medio del ensayo de tensión.
5. La NSR 98 exige para el acero de refuerzo longitudinal del sistema estructural de resistencia sísmica que el Esfuerzo ultimo real debe ser al menos 1.25 veces el esfuerzo de fluencia real.

Tabla 18 Requisitos para el ensayo de Doblamiento y otros requisitos

Norma	Grado (1)	Cubre Barras N°	Diametro de mandril de Ensayo de Doblado a 180 db Diametro Nominal	Varición en Menor Peso Aceptable	Varición en Menor Peso Individual	Requisitos para (2) a) Fabricación b) Est Superficial c) Fractura
NTC 161	AH 240 (Mpa)	2 a 18	db<20mm = 1db db>20mm = 2db	db<10mm = 6% db>10mm = 4db	db<10mm = 10% db>10mm = 6db	a) Si b) Si c) Si

1. Ah Acero de horno, la norma NTC 161 prescribe tres grados en Mpa: AH22, AH24 y AH28 de estos en el país se utilizan únicamente el grado AH24 por eso solo trabajaremos con este.
2. Se indica si existen dentro de la norma requisitos para el procedimiento de fabricación del acero, el estado superficial de la barra y la localización de la zona de fractura durante el ensayo de tensión, la norma NTC 2289 acepta la rotura dentro de los 2/3 centrales de la longitud entre marcas, mientras que la ASTM lo exige dentro del tercio central.

5.7. MALLAS ELECTROSOLDADAS

Figura 56 Malla electro soldada



Las mayas electrosoldadas se consideran otro tipo de refuerzo corrugado, en general los alambres para mallas electosoldadas y las mallas deben cumplir las siguientes normas:

- ❖ **Norma NTC 1925 Mallas soldadas fabricadas con alambre liso de acero para concreto reforzado.** Las mallas electrosoldadas de alambre liso deben cumplir con esta norma excepto que para alambre con una resistencia nominal a la fluencia superior a 420 Mpa, F_y debe ser el esfuerzo que corresponde a una deformación unitaria 0.35 %. La intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 300mm en la dirección en que se calcula el esfuerzo. Excepto cuando la maya electrosoldada se utiliza como estribos según NSR 98 C.12.13.2.
- ❖ **Norma NTC 2310. Mallas soldadas fabricadas con alambre corrugado para refuerzo de concreto.** Las mallas de alambre corrugado deben cumplir esta norma excepto que para alambre con una resistencia nominal a la fluencia superior a 420 Mpa, F_y debe ser el esfuerzo que corresponde a una deformación unitaria 0.35 %. La intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400mm en la dirección en que se calcula el esfuerzo. Excepto cuando la maya electrosoldada se utiliza como estribos según NSR 98 C.12.13.2.
- ❖ **ASTM A 884** Las mayas con recubrimiento epoxico deben cumplir con esta norma.

6. CONTROL DE CALIDAD MAMPOSTERIA

Figura 57 Edificio con muros en mampostería estructural



La mampostería al igual que el concreto en la actualidad esta siendo ampliamente utilizada en la construcción de estructuras de todo tipo es por esto que como los otros elementos de una obra constructiva necesita de un adecuado control de calidad debido a que en su gran mayoría se encuentra elaborada a base de materiales heterogéneos que generan gran variabilidad en su comportamiento mecánico y físico. Por lo tanto se debe asegurar que la mampostería cumpla con todos los requisitos exigidos por la normatividad colombiana.

6.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES EN LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Los ensayos de los materiales se deben realizar siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas colombianas **NTC**. A falta de ellas se deben seguir las normas de la sociedad americana par ensayos y materiales **ASTM**.

- ❖ **CAL Y CEMENTO:** El cemento y la cal debe estar en condiciones adecuadas y debe corresponder en su tipo y clase a aquel sobre el cual se basan la

dosificaciones de los concretos y morteros. Deben cumplirse las siguientes normas:

Tabla 19 Requisitos para cementos en la mampostería

Cemento Pórtland	NTC 121 Y NTC 321 se permite el uso de cementos fabricados bajo normas ASTM C 150 Y ASTM C 595.
Cemento para mampostería	NTC 4050 (ASTM C91)
Cal viva	NTC 4046 (ASTM C5)
Cal Hidratada	NTC 4019 (ASTM C270)

- ❖ **ACERO DE REUERZO** El acero de refuerzo debe cumplir con toda la normatividad exigida en la NSR 98 en su numeral C.3.5. al momento de la colocación debe estar limpio, libre de corrosión y figurado de acuerdo a los planos.
- ❖ **MORTERO DE PEGA** El mortero de pega debe cumplir con las especificaciones de la **NTC 3329**. El mortero de pega premezclado debe cumplir con la norma **NTC 3356**. Los morteros de pega deben tener buena plasticidad y consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento.y además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.
- ❖ **DOSIFICACION DE LOS MORTEROS DE PEGA** La dosificación de los componentes morteros de pega deben basarse en ensayos previos de laboratorio o en experiencias de campo en obras similares y se clasifican como M, S Y N dependiendo de la dosificación mínima de sus componentes y de su resistencia a la compresión La resistencia a la compresión se mide a los 28 días utilizando cubos de 50mm de arista o utilizando cilindros de 75mm de diámetro por 150mm de altura.

Tabla 20 Dosificaciones para los morteros de pega

Mortero tipo	Resistencia a la Compresión	Flujo mínimo	Retención Mínima de Agua	cemento Portland	cal hidratada	cemento para Mampostería	arena/material cementante	
							min	max
M	17,5	120%	75%	1	0,25	No Aplica	2,25	3
				1	No Aplica	1	2,25	2,5
S	12,5	115%	75%	1	0,25 – 0,50	No Aplica	2,5	3,5
				0,5	No Aplica	1	2,5	3
N	7,5	110%	75%	1	0,50 – 1,25	No Aplica	3	4,5
				0	No Aplica	1	3	4

Los diferentes tipos de mortero deben cumplir con las condiciones mínimas de flujo inicial y retención mínima de agua establecidos en la tabla 20. Para cada uno de los tipos de mortero en la tabla se especifican dos alternativas de dosificación una usando cal hidratada y cemento Portland y otra utilizando cemento para mampostería y cemento Portland. Puede utilizarse cualquiera de las dos dosificaciones pero nunca cal hidratada y cemento para mampostería.

- ❖ **U SO DE LA CAL:** al usar cal en la mezcla del mortero esta debe ser hidratada y se debe comprobar que no sea perjudicial para ninguna de las características del mortero.
- ❖ **AGREGADOS:** Los agregados deben cumplir con la norma **NTC 2240** deben estar libres de materiales contaminantes o deleznable que puedan afectar las propiedades del mortero.
- ❖ **AGUA:** El agua en el mortero debe estar limpia de cantidades perjudiciales de aceites, alcoholes, ácidos, sales y materias orgánicas que puedan ser perjudiciales para el mortero o el refuerzo embebido.
- ❖ **COLORANTES Y ADITIVOS:** Los colorantes y aditivos utilizados en la preparación del mortero de pega deben someterse a la aprobación previa del supervisor técnico y debe comprobarse mediante ensayos de laboratorio que no deterioran las propiedades del mortero.
- ❖ **PREPARACIÓN EN OBRA:** La preparación de los morteros de pega con las dosificaciones establecidas debe hacerse mecánicamente ya sea en seco o con

el agua de amasado suficiente para obtener la plasticidad adecuada. Cuando la mezcla se realice en seco se le debe agregar agua hasta obtener la plasticidad y consistencia adecuadas. El tiempo de mezclado debe ser suficiente para obtener un buen material sin segregación. Los morteros mezclados en seco se deben utilizar antes de iniciarse la hidratación con el agua natural de la arena en ningún caso se deben utilizar después de 2 horas y media de realizada la mezcla excepto los morteros de larga vida. Los morteros premezclados de larga vida de acuerdo a las instrucciones y dentro del tiempo especificado.

❖ **MORTERO DE RELLENO**

Los morteros de relleno utilizados en las construcciones de mampostería deben cumplir la norma **NTC 4048**. Deben ser de buena consistencia y con fluidez suficiente de modo que puedan penetrar las celdas de inyección de la mampostería sin segregación.

- ❖ **DOSIFICACIÓN:** La dosificación de los componentes morteros de relleno deben basarse en ensayos previos de laboratorio o en experiencias de campo en obras similares y su clasificación se debe basar en la dosificación mínima de sus componentes que se presenta en la tabla y su resistencia F'_{cr} se debe medir a los 28 días sobre probetas tomadas en cilindros de 75mm de diámetro y 150mm de altura. El procedimiento de toma y el ensayo debe hacerse según norma **NTC 4043**.

Tabla 21 Dosificación de los morteros de inyección

Tipo de Mortero	Cemento Portland	Agregados/Cemento			
		Fino		Grueso	
		Min	Max	Min	Max
Fino	1	2,25	3,5		
Grueso	1	2,25	3	1	2

- ❖ **VALOR MÁXIMO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** El valor máximo de la resistencia a la compresión a los 28 días del mortero de relleno F'_{cr} debe tener un valor máximo de 1.5 veces F'_m y un valor mínimo de 1.2 veces F'_m pero en ningún caso puede ser inferior a 10 Mpa.

- ❖ **USO DE LA CAL:** En caso de utilizar cal esta debe cumplir con la norma NTC 4020 (ASTM C404) con una dosificación máxima del 10 % del volumen del cemento.
- ❖ **AGUA Y ADITIVOS:** el agua y los aditivos deben cumplir con las especificaciones de la NSR 98 en su numeral C.3.4 y C.3.6.
- ❖ **MEZCLADO Y TRASPORTE:** La preparación del mortero de relleno debe hacerse de manera mecánica. El transporte desde el sitio de mezclado hasta el de inyección debe garantizar que la mezcla conserve sus propiedades de consistencia y plasticidad.

6.2. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Figura 58 Mampostería en concreto



Las unidades de mampostería que se utilizan en la actualidad son de 4 tipos: concreto, cerámica (arcilla cosida), silico-calcáreas y de piedra. Según el tipo de mampostería y según el tipo de refuerzo esta puede ser de perforación vertical, de perforaciones horizontales y sólidas. Las unidades sólidas son aquellas cuyas perforaciones no ocupan más del 25% del volumen de la pieza.

6.2.1. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA DE PERFORACIÓN

VERTICAL: Estas unidades se pueden utilizar en cualquier tipo de construcción de mampostería clasificada en la **NSR 98** en su numeral **D.2.1.** estas unidades pueden ser de concreto, arcilla o silito-calcáreas. Se establecen para este tipo de unidades los siguientes requisitos

Figura 59 Mampostería de perforación vertical



- ❖ **DIMENSIONES DE LAS CELDAS Y PAREDES:** El área de las celdas verticales de las piezas de mampostería en posición normal, no puede ser mayor que el 65% del área de la sección transversal. Las celdas verticales u horizontales en donde se coloque el refuerzo no pueden tener una dimensión menor de 50mm ni un área inferior a 3000mm². las paredes externas e internas no pueden tener un espesor menor que el establecido en la tabla 22.

Tabla 22 Dimensiones de las celdas y paredes para unidades de perforación vertical

Espesor Externo Nominal	Espesor Mínimo de paredes Exteriores		Espesor Mínimo de Tabiques Transversales
	sin perforaciones Verticales secundarias	con perforaciones Verticales secundarias	sin perforaciones Verticales Secundarias
80	20	30	20
100	20	30	20
120	22	32	20
150	25	35	25
200	30	40	25
250	35	45	30
300	40	50	30

- ❖ **PERFORACIONES SECUNDARIAS:** las unidades de perforación vertical en arcilla cocida pueden tener perforaciones secundarias en las paredes, distintas a las celdas principales y paralelas a ellas las perforaciones no pueden tener una dimensión transversal mayor 20mm ni pueden estar a una distancia menor de 10mm del borde de la pared perforada.

6.2.2. UNIDADES DE PERFORACIÓN HORIZONTAL: las unidades de mampostería de perforación horizontal solo se pueden utilizar en los siguientes tipos de estructuras de mampostería clasificados en la NSR 98 en su numeral **D.2.1:** Mampostería de muros confinados y mampostería de cavidad reforzada.

Figura 60 Mampostería horizontal



6.2.3. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA MACIZA: las unidades de mampostería Maciza solo se pueden utilizar en los siguientes tipos de estructuras de mampostería clasificados en la **NSR 98** en su numeral **D.2.1:** Mampostería de muros confinados y mampostería de cavidad reforzada. También se pueden utilizar combinada con mampostería de perforación vertical para mampostería parcialmente reforzada.

Figura 61 Mampostería maciza



- ❖ **NORMAS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD:** todas las unidades de mampostería utilizadas en la construcción deben cumplir con las siguientes normas:

Tabla 23 Normas de producción y calidad mampostería

Unidades	Tipo de Unidad	Norma que Deben Cumplir
Concreto	Perforación vertical	Norma NTC 4026 (ASTM C90)
	Solida	Norma NTC 4026 (ASTM C55)
	No Estructural	Norma NTC 4076 (ASTM C129)
Arcilla	Perforacion Vertical	Norma NTC 4205 (ASTM C34)
	Solida	Norma NTC 4205 (ASTM C652)
	No Estructural	Norma NTC 4205 (ASTM C56)
Silico - Calcáreas	Todos los tipos	Norma NTC 922 (ASTM C73)

6.3. FRECUENCIA DE MUESTREO Y ENSAYOS

El número de pruebas y su frecuencia deben ser como mínimo los siguientes:

- ❖ **MORTERO DE PEGA:** Para este mortero debe realizarse un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada 200m² de áreas de muro o por cada día de pega. Igualmente se debe verificar con frecuencias semanales las propiedades de plasticidad y retención de agua de los morteros de pega.

- ❖ **MORTERO DE RELLENO:** Para este mortero debe realizarse un ensayo de resistencia a la compresión (promedio de 3 probetas) por cada 10m³ de mortero inyectado o por cada día de inyección.
- ❖ **UNIDADES DE MAMPOSTERÍA:** Para las unidades de mampostería se deben realizar los ensayos de compresión, absorción inicial, absorción y estabilidad dimensional de por lo menos 5 unidades de cada lote de producción y no menos de una unidad por cada 200m² de muro.
- ❖ **MURETES:** La resistencia a la compresión de la mampostería debe verificarse mediante el ensayo de alómenos 3 muretes por cada 500m² de muro o fracción realizados con los procedimientos y materiales empleados en obra. Para unidades de perforación vertical debe medirse el efecto del mortero de relleno en la resistencia de la mampostería, mediante ensayos adicionales de muretes inyectados con mortero en la cantidad y frecuencia adecuadas, a juicio del supervisor técnico. Pero nunca en una cantidad inferior al 25% del total de especímenes ensayados.

6.4. ELABORACIÓN Y ENSAYO DE LOS MURETES

Figura 62 Muretes listos para ensayo de compresión



La elaboración y el ensayo de los muretes que se utilicen para la determinación de la resistencia a la compresión debe llevarse acabo de acuerdo con la norma **NTC 3495 (ASTM E 447)** cumpliendo además los siguientes requisitos

6.4.1. REQUISITOS DE ELABORACIÓN DE LOS MURETES

- a) los muretes deben elaborarse con los mismos materiales y condiciones de la estructura.
- b) Las condiciones de humedad de los muretes para el ensayo deben ser las mismas que las de la estructura.
- c) La calidad de la mano de obra debe ser la misma que la de la obra.
- d) Cuando en obra solo se coloca mortero de pega en las paredes laterales de la mampostería con perforación vertical, en la construcción de los muretes se debe ser el mismo procedimiento.
- e) Cada murete se debe construir dentro de una bolsa abierta que sea impermeable con un tamaño suficiente para contener y sellar el murete completo.
- f) Los muretes se deben construir sobre una superficie plana y nivelada, en un lugar en el cual puedan permanecer sin ser perturbados hasta que sean transportado para su ensayo.
- g) Cuando la construcción en referencia va a ser inyectada se debe inyectar no antes de 24 horas ni después de transcurridas 48 horas de la elaboración del murete.

6.4.2. DIMENSIÓN DE LOS MURETES Los muretes deben tener como mínimo 300mm de altura Su relación de largo / ancho debe estar entre 1.5 y 5, si son de perforación vertical deben tener una longitud mínima del largo de una pieza completa. Si son de otro tipo de murete deben tener como mínimo 100mm de longitud. El ancho y el tipo de construcción deben ser representativos del tipo de mampostería que se va a utilizar en la obra. Las celdas de los bloques de mampostería de perforación no se deben inyectar a menos de que se trate de mampostería totalmente inyectada.

6.5. TRANSPORTE DE LOS MURETES

Figura. 63 Muretes listos para ser transportados de la obra al laboratorio



- a) Los muretes no se deben mover ni perturbar durante las primeras 48 horas después de su elaboración e inyección. Los muretes se deben guardar en bolsas hasta 48 horas antes del ensayo.
- b) Antes de transportar los muretes, se deben ensunchar o prensar cada murete con el fin de evitar daños durante el manejo y transporte los muretes se deben asegurar durante el transporte para evitar que se sacudan, reboten o se vuelquen.

6.6. CURADO

Después del curado inicial de 48 horas los muretes se deben conservar dentro de las bolsas, en un área con una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$. Los muretes se deben remover de las bolsas 2 días antes del ensayo. Los muretes se deben ensayar a una edad de 28 días o a las edades de ensayo designadas.

6.7. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA MAMPOSTERÍA A LA COMPRESIÓN

Figura 64 Ensayo a compresión muretes de mampostería



El valor de la resistencia a la compresión de la mampostería estructural se puede determinar de acuerdo a uno de los siguientes ensayos

6.7.1. POR MEDIO DE REGISTROS HISTÓRICOS NSR 98 D.3.7.3.

- a. **DETERMINACIÓN ESTADÍSTICA DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:** cuando existan resultados suficientes y confiables de construcciones anteriores realizadas con los materiales especificados para la obra llevadas a cabo con similares procesos técnicos y de supervisión, en caso de que el coeficiente de variación de los resultados sea inferior o igual al 30%, se permite seleccionar el valor de resistencia a la compresión con base en estos registros según el número de resultados registrados y de acuerdo con:

- ❖ **Mas de 30 Ensayos Históricos:** Cuando el número de ensayos y resultados sea igual o superior a 30 se puede tomar como valor de resistencia a la compresión el 75% del valor promedio de los registros.

- ❖ **Entre 10 y 30 ensayos históricos:** Cuando el número de ensayos y resultados sea de 10 a 30 se puede tomar como valor de resistencia a la compresión el 70% del valor promedio de los registros.
- ❖ **Menos de 10 ensayos históricos:** Cuando el número de ensayos y resultados sea inferior a 10 no se pueden usar los registros históricos para la selección de la resistencia a la compresión.

Por determinación experimental de muretes de prueba NSR 98 D.3.7.

6.8. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia especificada a la compresión se puede determinar experimentalmente para los mismos materiales que se van a utilizar en la obra, realizando ensayos sobre muretes preliminares a la obra de acuerdo con lo indicado a continuación:

- ❖ **Determinación del valor de resistencia a la compresión:** el valor de resistencia para una muestra debe ser el promedio obtenido del ensayo de **3 muretes** de igual procedencia, pero nunca debe ser mayor al 125% del menor valor obtenido en los ensayos.
- ❖ **Área para la determinación de los esfuerzos:** el valor del esfuerzo se obtiene al dividir la carga última obtenida en el ensayo sobre el área neta del murete. Tomando el área neta como el área transversal total menos el área de las perforaciones transversales o dovelas.
- ❖ **Corrección por esbeltez:** El valor de la resistencia a la compresión debe corregirse multiplicando por un factor de corrección por esbeltez dependiendo de la relación largo ancho.

Tabla 24 factores de corrección por esbeltez muretes

Relación Ancho / alto	1,5	2	2,5	3,0	4	5
Facto de Corrección	0,86	1	1,04	1,07	1,15	1,22

- ❖ **Mas de 30 Ensayos Históricos:** Cuando el numero de ensayos y resultados sea igual o superior a 30 se puede tomar como valor de resistencia a la compresión el 85% del valor promedio de los registros.
- ❖ **Entre 10 y 30 ensayos históricos:** Cuando el numero de ensayos resultados sea de 10 a 30 se pede tomar como valor de resistencia a la compresión el 80% del valor promedio de los registros.
- ❖ **Menos de 10 ensayos históricos:** Cuando el número de ensayos y resultados sea inferior a 10 pero no menor a 3 se pueden tomar como el 75% del valor promedio de los ensayos.

6.9. COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

6.9.1. MUESTREO

- ❖ Los ladrillos completos, bloques o unidades de mampostería sólida, deben ser seleccionados por el comprador o su representante autorizado los especimenes deben ser representativos del lote entero de unidades del que se toman y de la variedad de colores, texturas y tamaños del envío y deben estar limpios sin materiales extraños no asociados con su fabricación.
- ❖ Las muestras deben ser escogidas aleatoriamente de cada lote de unidades de mampostería, constituidos por 100000 unidades o remanentes superiores a 50000 unidades, o por la totalidad del despacho o producción cuando esta sea inferior a 50000 unidades. De cada lote se deben extraer 10 muestras para la evaluación de medidas, color y defectos superficiales las mismas que luego deben usarse cinco unidades para los ensayos de resistencia a la compresión.

6.9.2. ESPECIMENES DE ENSAYO

- ❖ **LADRILLOS MACIZOS:** los especímenes de ensayo deben estar compuestos de medio ladrillo y se deben ensayar 5 especímenes.
- ❖ **UNIDADES PERFORADAS:** los especímenes de ensayo deben estar compuestos por cinco unidades completas.

6.9.3. CÁLCULOS

La resistencia a la compresión de cada espécimen se calcula de la siguiente manera

$$C = W/A$$

C = Resistencia del espécimen a la compresión en Kg/cm² o Pa

W = Carga máxima

A = Promedio del área total de las superficies de soporte superior e inferior, en cm² en los ladrillos de perforación vertical se usa tanto el valor del área neta como del área bruta para expresar las resistencias correspondientes.

6.10. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Deben aplicarse los siguientes criterios para aceptar la calidad de la mampostería:

- 6.10.1. MAMPOSTERÍA DE ARCILLA:** La aceptación o el rechazo de la mampostería de arcilla en un determinado lote se realizará de acuerdo a las siguientes tablas según norma NTC 4205.

Tabla 25 Control de resistencia a la compresión Mampostería de arcilla estructural

TIPO	RESISTENCIA COMPRESION(kg/cm ²)		RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm ²) *	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	50	35	37,5	26,25
PV	180	150	135	112,5
M	200	150	150	112,5

Tabla 26 Control de resistencia a la compresión Mampostería de arcilla no estructural

TIPO	RESISTENCIA COMPRESION(kg/cm ²)		RESISTENCIA COMPRESION(kg/cm ²) *	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	30	20	22,5	15
PV	140	100	105	75
M	140	100	105	75

* = para las unidades de mampostería de perforación vertical con una altura de 20 cm o mas, el requisito de resistencia a la compresión se debe reducir en un 25% del establecido en las tablas.

6.10.2. MAMPOSTERÍA DE CONCRETO: La aceptación o el rechazo de la mampostería de concreto en un determinado lote se realizara de acuerdo a las siguientes tablas según norma NTC 4026/4076.

Tabla 27 Control de resistencia a la compresión Mampostería de concreto estructural

RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS.		
Mínimo MPa		
Clase	Promedio de 3 Unidades	Individual
Alta	13	11
Baja	8	7

Tabla 28 Control de resistencia a la compresión Mampostería de concreto no estructural

RESISTENCIA A LA COMPRESION A 28 DIAS.	
Mínimo MPa	
Promedio de 3 Unidades	Individual
6	5

❖ RESISTENCIA MÍNIMA

La calidad de la mampostería se considera satisfactoria si se cumplen simultáneamente que el promedio de los resultados de resistencia a la compresión de los morteros de pega, morteros de relleno, unidades y muretes es igual o mayor a la resistencia especificada y ningún valor individual es menor al 80%. En caso de confirmarse que la mampostería es de baja resistencia y si los cálculos indican que la capacidad de soportar carga se ha reducido significativamente se puede apelar al ensayo de extracción de porciones cortadas de los muros afectados. En tal caso deben tomarse tres porciones por cada lote afectado.

Figura 65 Extracción de elementos de mampostería para ensayos de compresión.



6.11. ABSORCIÓN, Y TASA INICIAL DE ABSORCIÓN EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

❖ Muestreo

- Los ladrillos completos, bloques o unidades de mampostería sólida, deben ser seleccionados por el comprador o su representante autorizado los especímenes deben ser representativos del lote entero de unidades del que se toman y de la variedad de colores, texturas y tamaños del envío y deben estar limpios sin materiales extraños no asociados con su fabricación.
- Las muestras deben ser escogidas aleatoriamente de cada lote de unidades de mampostería, constituidos por 100000 unidades o remanentes superiores a 50000 unidades, o por la totalidad del despacho o producción cuando esta sea inferior a 50000 unidades. De cada lote se deben extraer 10 muestras para la evaluación de medidas, color y defectos superficiales las mismas que luego deben usarse cinco unidades para los ensayos de absorción y tasa inicial de absorción.

- ❖ **Identificación** Cada espécimen debe estar marcado de tal manera que se pueda identificar en cualquier momento. Estas marcas no pueden cubrir más del 5% del área superficial del espécimen.

6.11.1. ABSORCION Con este ensayo se determina la capacidad de absorción de agua en los elementos de mampostería.

▪ **ESPECIMENES DE ENSAYO**

- ❖ **Ladrillos macizos:** los especímenes de ensayo deben estar compuestos de medio ladrillo y se deben ensayar 5 especímenes.
- ❖ **Unidades perforadas:** los especímenes de ensayo deben estar compuestos por cinco unidades o tres partes o fragmentos representativos de cada una de ellas. Si se usan piezas pequeñas se toman 2 de las paredes y una del núcleo. El peso de cada pieza no debe ser inferior a 250gr los bordes de los especímenes deben estar libres de partículas sueltas.

▪ **ENSAYO**

- ❖ Los especímenes se deben secar a una temperatura de entre 110 y 115 °C durante 24 horas.
- ❖ Posteriormente se deben pesar (peso Seco).
- ❖ Luego se deben sumergir en agua limpia durante 24 horas.
- ❖ Finalmente se retira el espécimen del agua se secan los excesos de esta y se pesa.

▪ **CÁLCULOS**

La absorción de cada espécimen se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ absorción } \frac{100 \cdot (W_s - W_d)}{W_d}$$

Ws= Peso del espécimen seco

Wd= Peso del espécimen saturado

La absorción promedio de los especímenes ensayados se registra como la absorción del lote.

▪ **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO BLOQUES DE ARCILLA**

La aceptación o el rechazo de la mampostería de arcilla en un determinado lote se realizarán de acuerdo a las siguientes tablas según norma NTC 4205.

Tabla 29 Control de la absorción Mampostería de arcilla estructural

TIPO	Absorción de agua máxima %	
	Interior	Exterior
PH	16	14
PV	16	14
M	16	14

Tabla 30 Control de la absorción Mampostería de arcilla no estructural

TIPO	Absorción de agua máxima %	
	Interior	Exterior
PH	20	14
PV	20	14
M	20	14

En general no se aceptan absorciones inferiores al 5%

Pv = Unidad de mampostería de perforación vertical.

Ph = Unidad de mampostería de perforación horizontal.

M = Unidad de mampostería maciza.

■ CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO BLOQUES DE CONCRETO

La aceptación o el rechazo de la mampostería de concreto en un determinado lote se realizarán de acuerdo a las siguientes tablas según norma NTC 4026/4076.

Tabla 31 Control de la absorción Mampostería de concreto estructural

Absorción de Agua % según el peso del concreto secado en horno			
Promedio de 3 unidades, máximo %			
Clase	Peso liviano, menos de 1680 kg/m ³	Peso mediano de 1680kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal 2000 kg/m ³ o mas
Alta	15%	12%	9%
Baja	18%	15%	12%

Tabla 32 Control de la absorción Mampostería de concreto no estructural

Absorción de Agua % según el peso del concreto secado en horno			
Promedio de 3 unidades, máximo %			
	Peso liviano, menos de 1680 kg/m ³	Peso mediano de 1680kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal 2000 kg/m ³ o mas
Unidades	18%	15%	12%
Chapas	15%	12%	9%

6.11.2. TASA INICIAL DE ABSORCIÓN Con este ensayo se determina la tasa inicial de absorción por unidad de área por minuto de las unidades de mampostería.

❖ **ESPECIMENES DE ENSAYO** Corresponde a cinco ladrillos Completos Cuya textura corresponde a la original de fabricación.

▪ **PROCEDIMIENTO**

- ❖ Los especímenes se deben secar a una temperatura de entre 110 y 115 °C durante 24 horas.
- ❖ Posteriormente se deben pesar (peso Seco)
- ❖ Seguidamente se colocan sobre la bandeja (con las especificaciones de la norma **NTC 4017 en su numeral 9.3**) que contiene el agua durante 1 min +/- 1seg.
- ❖ Finalmente se retira de la bandeja, con una toalla seca se le retira el agua en exceso y se vuelve a pesar.

❖ **CÁLCULOS**

La tasa inicial de absorción de cada espécimen se calcula de la siguiente manera

La diferencia en gramos entre las determinaciones iniciales y final de la masa, es la masa en gramos del agua succionada por el ladrillo durante 1 min de contacto con el agua.

$$T.I.A = G/A/min$$

Donde

T.I.A = tasa inicial de absorción, en g/cm²/min

G = La diferencia en gramos entre los pesajes inicial y final

A = Área neta en contacto con el agua, en cm²

- ❖ **RESULTADOS** Dependiendo de la tasa inicial de absorción, la mampostería en obra deberá ser sumergida en agua antes de su utilización. Según la siguiente tabla

Tabla 33 Tiempo recomendado de prehumedecimiento según T.I.A

T.I.A g/cm ² /min	Tiempo Recomendado Prehumedecimiento
< 0.10	5 min
< 0.15	1 h
< 0.25	24 h

6.12. RESUMEN

❖ Ensayos para mampostería estructural

❖ Normas que rigen los ensayos

NTC 296: Dimensiones modulares de los ladrillos cerámicos

NTC 3495: Resistencia a la compresión de prismas de mampostería

- ❖ **bloques de arcilla y concreto** Se recomienda ensayar 10 unidades (5 a compresión y 5 para absorción) por cada lote de producción y no menos de cada 200 mt² de muro.

Se les hará la prueba de absorción, tasa inicial de absorción, dimensión y resistencia a la compresión.

❖ Muretes

Se recomienda tomar una muestra de tres muretes por cada 500 mt² de muro. Si se desea medir el efecto del mortero de relleno se fabricarán y ensayarán muretes en la cantidad que determine el supervisor de la obra.

Los muretes deben tener un mínimo de 300 mm. de altura y una relación altura-ancho mayor en 1.5 y menor de 5.

Se ensayarán a la edad de 28 días

❖ Ensayos para morteros de pega y de relleno

Las muestras para ensayo de resistencia en cada tipo de concreto a una determinada edad, deben constar como mínimo de una pareja de cilindros que se tomarán de acuerdo al elemento estructural fundido en la siguiente forma

❖ Normas que rigen los ensayos

NTC 3546: Método de ensayo para la evaluación en el laboratorio y en obra de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada. Toma de muestras y ensayo de mortero de pega para mampostería.

NTC 4043: Muestreo y ensayo de concreto fluido.

NTC 3329: Especificaciones del mortero para unidades de mampostería.

NTC 3356: Mortero premezclado de larga duración para unidades de mampostería.



❖ Mortero de pega

Se recomienda tomar una muestra de tres probetas por cada 200 m² de muro.

Se ensayaran 2 a 7 días, 2 a 28 días y 2 testigos. Se emplea cualquiera de los siguientes cilindros: 3" de diámetro x 6" de altura o juego de cubos de 2" de arista.

❖ Mortero de relleno

Se recomienda tomar una muestra de tres probetas por cada 10 m³ de mortero inyectado o como mínimo una por día de fundida.

Se ensayaran 2 a 7 días, 2 a 28 días y 2 testigos. Se emplean moldes de 4" de diámetro x 8" de altura

8. CONCLUSIONES

- * Es evidente que las grandes empresas constructoras en el afán de competir optan por tomar decisiones, que no favorecen a los profesionales de la construcción ni a los consumidores, en ocasiones arriesgando el patrimonio y la vida misma de estos, eliminando los análisis y controles de los materiales de construcción de estructuras que por ley (NRS 98, Capítulo C) deben ser realizados y analizados.
- * Es parte fundamental de la construcción de estructuras, la realización de todos los controles de calidad a los materiales para que junto con un diseño adecuado se pueda asegurar el correcto funcionamiento de todos y cada uno de sus elementos.
- * Con la elaboración de este documento y refiriéndose más concretamente, se busca reducir las fallas que ocurren en la construcción de estructuras de concreto por deficiencias en la calidad de los materiales. Además se trata de incentivar el estudio de todos los conceptos tratados en este documento por parte de los estudiantes de pregrado con el fin de crear conciencia desde la misma formación universitaria de la importancia del control de calidad en los materiales utilizados para la realización de las diferentes estructuras
- * La oportunidad que la Universidad y las empresas brindan a los estudiantes, de realizar su proyecto de grado en forma de práctica, es de gran aporte al futuro profesional, ya que le brinda la posibilidad de adquirir una experiencia real dentro de un determinado campo profesional.

9. RECOMENDACIONES

- ❖ Sería conveniente promover el hecho de que las empresas constructoras, sigan con estricta disciplina los diseños estructurales y arquitectónicos y los controles de calidad a los materiales de construcción para de esta manera asegurar que las estructuras se comportaran de acuerdo a lo planeado.
- ❖ Es de gran importancia resaltar la necesidad apremiante de que las instituciones educativas en sus programas de pregrado den mayor importancia al tema del control de calidad en obra debido a pobre cubrimiento que en la actualidad se le esta dando a este tema y que esta provocando que los profesionales recién egresados tengan casi que ningún conocimiento acerca de este tema tan importante.
- ❖ Se recomienda a los constructores tomar todas las medidas pertinentes dentro de sus obras para asegurar que el control de calidad se lleve a cabo de la mejor manera posible siguiendo con todas las normas vigentes.
- ❖ Finalmente se hace énfasis en la importancia de que los controles de calidad sean realizados por laboratorios de materiales certificados que aseguren la calidad y exactitud de los resultados.

ANEXOS

ABSORCION DE ADOQUINES NTC 3829						
Nombre del Cliente:				Fecha de Recibo:		
Codigo de Obra:				Fecha de Ensayo:		
Nombre de la Obra:				Tipo Ladrillo (*)		
MUESTR A #	LARG O (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORCIO N (%)

CUADRO REFERENCIA PARA ABSORCIONES ADOQUINES NTC 3829

ADOQUINES

TIPO	Absorción de agua fría máxima %	
	Prom. 5U	Unidad
TIPO I	8	11
TIPO II	14	17
TIPO III	NO HAY LIMITE	NO HAY LIMITE

ABSORCION DE BLOQUES ARCILLA NTC 4017/4024						
Nombre del Cliente:				Fecha de Recibo:		
Codigo de Obra:				Fecha de Ensayo:		
Nombre de la Obra:				Tipo Ladrillo		
MUESTRA #	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORCION (%)

**CUADRO REFERENCIA PARA ABSORCIONES EN BLOQUES NTC 4205
MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL**

TIPO	Absorción de agua maxima %	
	Interior	Exterior
PH	16	14
PV	16	14
M	16	14

MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL

TIPO	Absorción de agua maxima %	
	Interior	Exterior
PH	20	14
PV	20	14
M	20	14

PV: Unidad de mampostería con Perforación Vertical
 PH: Unidad de mampostería con Perforación Horizontal.
 M: Unidad mamposteria maciza.

En general no se pueden tener absorciones inferiores al 5%.

TASA INICIAL DE ABSORCION DE BLOQUES ARCILLA NTC 4017						
Nombre del Cliente:				Fecha de Recibo:		
Codigo de Obra:				Fecha de Ensayo:		
Nombre de la Obra:				Tipo Ladrillo		
MUESTRA #	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA(cm ²)	PESO SECO (g)	PESO FINAL (g)	T.I.A (g/cm ² /min)

TASA INICIAL DE ABSORCION (T.I.A)

T.I.A g/cm2/min	Tiempo Recomendado Prehumedecimiento
< 0.10	5 min
< 0.15	1 h
< 0.25	24 h

ABSORCION DE BLOQUES CONCRETO NTC 4026/4076						
Nombre del Cliente:				Fecha de Recibo:		
Codigo de Obra:				Fecha de Ensayo:		
Nombre de la Obra:				Tipo Ladrillo		
MUESTRA #	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	ABSORCION (%)

CUADRO REFERENCIA PARA ABSORCIONES EN BLOQUES NTC 4026/4076

MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Absorción de Agua % según el peso del concreto secado en horno			
Promedio de 3 unidades, máximo %			
Clase	Peso liviano, menos de 1680 kg/m ³	Peso mediano de 1680kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal 2000 kg/m ³ o mas
Alta	15%	12%	9%
Baja	18%	15%	12%

MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL

Absorción de Agua % según el peso del concreto secado en horno			
Promedio de 3 unidades, máximo %			
	Peso liviano, menos de 1680 kg/m ³	Peso mediano de 1680kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal 2000 kg/m ³ o mas
Unidades	18%	15%	12%
Chapas	15%	12%	9%

ENSAYO MALLA ELECTROSOLDADA				
Nombre del Cliente:				
Código de Obra:				
Nombre de la Obra:				
Fecha de Recibo:				
Fecha de Ensayo:				
MUESTRAS	1			
	Direccion 1		Direccion 2	
	Valor	CD	Valor	CD
Espaciamiento nominal entre alambres (mm)				
Diámetro Nominal (mm)				
Espaciamiento medio entre alambres (mm)				
Maxima diferencia entre espaciamento nominal y medido (mm)				
Diametro Medido (mm)				
Area Medida (mm2)				
Resistencia a Tensión (Mpa)*				
Resistencia a Fluencia (Mpa)*				
% de Reducción de Area				
Fuerza cortante en soldadura (N)				
Doblamiento				

LB - 450108

Resistencia en Tensión (Mpa)	No Cumple	No Cumple
Mínimo Especificado		
Obtenido		
Resistencia en Fluencia (Mpa)	No Cumple	No Cumple
Minimo Especificado		
Obtenido		
Fuerza cortante en soldadura (N)	No Cumple	No Cumple
Mínimo Especificado		
Obtenido		
% de Reducción de Area	Cumple	Cumple
Mínimo Especificado		
Obtenido		
Variacion del espaciamento (mm)	Cumple	No Cumple
Maximo Especificado		
Obtenido		

Observaciones

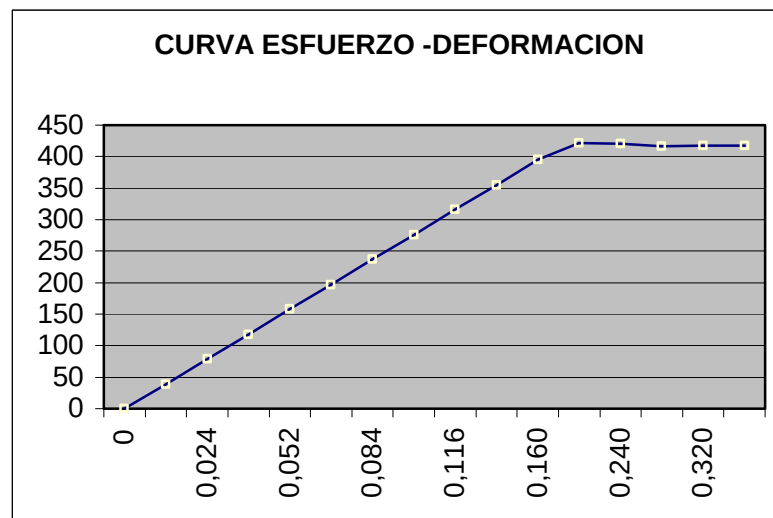
ENSAYO VARILLA CUADRO COMPARATIVO NTC 2289										
Nombre del Cliente:										
Código de Obra:										
Nombre de la Obra:										
Fecha de Recibo:										
Fecha de Ensayo:										
Muestra										
Procedencia:										
Diámetro Comercial (mm y/o pul)										
Esfuerzo de Fluencia (Mpa)										
Esfuerzo Máximo (Mpa)										
Relación esfuerzo máximo - esfuerzo de fluencia										
Elongación de rotura en 200 mm (%)										

Esfuerzo de Fluencia (Mpa)										
Mínimo Especificado										
Máximo Especificado										
Obtenido										
Resistencia a Tensión (Mpa)										
Mínimo Especificado										
Obtenido										
% de alargamiento en 200 mm										
Mínimo Especificado										
Obtenido										
Relación Esfuerzo máximo-Esfuerzo Fluencia										
Mínimo										
Obtenido										
Zona Rotura										

Observaciones

Muestra	0
Procedencia:	0
Diámetro Comercial (pul)	0
Resistencia Nominal (psi)	60000
Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	0
Esfuerzo Máximo (Mpa)	0
Elongación de rotura en 200 mm (%)	0

Carga (kg)	Alargamiento(mm)	Esfuerzo (Mpa)	Deformacion (%)
0	0,00	0	0
500	0,03	39	0,012
1000	0,06	79	0,024
1500	0,09	118	0,036
2000	0,13	158	0,052
2500	0,17	197	0,068
3000	0,21	237	0,084
3500	0,25	276	0,100
4000	0,29	316	0,116
4500	0,34	355	0,136
5000	0,40	395	0,160
5340	0,50	422	0,200
5330	0,60	421	0,240
5280	0,70	417	0,280
5300	0,80	418	0,320
5290	0,88	418	0,352



PRUEBAS DE ESCLEROMETRO ASTM C- 805			
Nombre del Cliente:			
Código de Obra:			
Nombre de la Obra:			
Fecha de Recibo:			
Fecha de Ensayo:			
LECTURAS			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
PROMEDIO			

PROMEDIO CORREGIDO			
DESVIACION ESTANDAR			
DESVIACION ESTANDAR CORREGIDA			
FECHA DE FUNDIDA			
CILINDRO #			
EDAD CILINDRO			
RESISTENCIA DE CILINDROS (PROMEDIO) psi			

Nota: Los límites de dispersión del $f'_c(\text{max})$ y $f'_c(\text{min})$ están definidos para un margen de error del $\pm 20\%$.

DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO - Norma NTC 176	
Orden de Trabajo No:	Nombre del Cliente:
Muestra No:	Código de Obra:
Tipo de Agregado:	Nombre de la Obra:
Procedencia:	Fecha de Recibo:
	Fecha de Ensayo:

MUESTRA	0
Masa al aire de la muestra seca (g)	
Masa de la muestra saturada y superficialmente seca (g)	
Masa de la muestra sumergida en agua (g)	
Densidad Nominal (g/cm ³)	
Densidad Aparente (g/cm ³)	
Densidad Saturada y Superficialmente seca (g/cm ³)	
Porcentaje de Absorción (%)	

Observaciones:

ENSAYO DE MASAS UNITARIAS - Norma NTC 92

Orden de Trabajo No:

Nombre del Cliente:

Muestra No:

Código de Obra:

Tipo de Agregado:

Nombre de la Obra:

Procedencia:

Fecha de Recibo:

Fecha de Ensayo:

MASA UNITARIA COMPACTA

Masa de la Muestra + Molde (g)

1

ARENA

GRAVA

2

Promedio (g)

Masa del Molde (g)

Masa Neta de la Muestra (g)

Volúmen del Molde (cm³)Masa Unitaria Compacta (kg/m³)

3

MASA UNITARIA SUELTA

Masa de la Muestra + Molde (g)

1

ARENA

GRAVA

2

Promedio (g)

Masa del Molde (g)

Masa Neta de la Muestra (g)

Volúmen del Molde (cm³)Masa Unitaria Suelta (kg/m^3)

3

OBSERVACIONES:

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SÍSMICA, Zonas de amenaza sísmica.
Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NRS-98) Tomo 2,
Ley 400 de 1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS ICONTEC
Norma técnica colombiana (NTC)

SOCIEDAD AMERICANA PARA ENSAYOS DE MATEIALES (ASTM)
Capítulo C

SANCHEZ DE GUZMAN Diego
Colocación y Control de Calidad en obra de Concretos y Morteros (SENA)
Capítulo 9,10

ASOSIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA ESTRUCTURAL
ASOSIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA
DIACO
Ensayo y control de calidad del acero de refuerzo
Primera edición. Capítulo 4, 5,6 Bogota 1994.