

**ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.**

**BARRAGÁN PEÑA CRISTIAN CAMILO      Cód.: 504980**

**TRUJILLO OSORIO MIGUEL ANGEL      Cód.: 505288**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ, D. C.**

**22 DE MAYO DE 2018**

**ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO DE ESTRUCTURAS DE LA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.**

**BARRAGÁN PEÑA CRISTIAN CAMILO Cód.: 504980**

**TRUJILLO OSORIO MIGUEL ANGEL Cód.: 505288**

**TRABAJO DE GRADO**

**DOCENTE ASESOR:**

**NOMBRE: SANTIAGO NICOLAS AUGUSTO PERILLA GRANADOS MSc.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ, D. C.**

**22 DE MAYO DE 2018**



## Atribución-Compartir Igual 2.5 Colombia (CC BY-SA 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-Compartir Igual 2.5 Colombia (CC BY-SA 2.5)**  
Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/co/>

### Usted es libre de:

- Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
- hacer obras derivadas
- hacer un uso comercial de esta obra



### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**Compartir bajo la Misma Licencia** — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
1. GENERALIDADES	5
1.1. ANTECEDENTES	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2.1. Descripción del problema.	6
1.2.2. Formulación del problema.	6
1.3. OBJETIVOS	7
1.3.1. Objetivo general.	7
1.3.2. Objetivos Específicos.	7
1.4. JUSTIFICACIÓN	7
1.5. DELIMITACIÓN	8
1.5.1. Espacio.	8
1.5.2. Tiempo.	9
1.5.3. Contenido.	9
1.5.4. Alcance.	12
1.6. MARCO REFERENCIAL (TEÓRICO Y CONCEPTUAL)	13
1.6.1. Marco teórico.	13
1.6.1.1. Concreto hidráulico.	13
1.6.1.2. Madera.	14
1.6.1.3. Aluminio.	16
1.6.1.4. Acero.	17
1.7. METODOLOGÍA	19
1.7.1. Tipo de Estudio.	20
1.7.2. Fuentes de Información.	20
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO	20

2.	METALES	22
2.1.	TIPOS DE ACERO EN CONSTRUCCIÓN.	23
2.1.1.	Acero Corten.	23
2.1.2.	Acero Calmado.	24
2.1.3.	Acero Galvanizado.	24
2.1.4.	Acero Inoxidable.	25
2.1.5.	Acero Estirado en frío.	26
2.1.6.	Acero Estructural.	27
2.2.	ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO.	27
2.2.1.	Refuerzo liso.	28
2.2.2.	Refuerzo corrugado.	28
2.3.	ACEROS DÚCTILES Y FRÁGILES.	29
2.4.	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.	31
2.4.1.	Diagrama de esfuerzo versus deformación.	31
2.4.2.	Elongación unitaria.	32
2.4.3.	Tipos de probeta.	33
2.4.3.1.	Proporcional.	33
2.4.3.2.	No proporcional.	33
2.4.3.3.	Probetas maquinadas.	34
2.4.3.4.	Probetas no maquinadas.	34
3.	UNIDADES DE MAMPOSTERÍA (LADRILLO)	35
3.1.	COMPOSICIÓN DE LA ARCILLA.	36
3.2.	Clases de arcillas.	36
3.2.1.1.	Grasas.	36
3.2.1.2.	Magras.	37
3.3.	GEOMETRÍA DEL LADRILLO.	38
3.3.1.	De acuerdo a sus caras.	38
3.3.2.	De acuerdo a sus aristas.	38
3.4.	TIPOS DE LADRILLO.	38
3.4.2.	Ladrillo hueco.	39

3.4.3. Ladrillo macizo.	40
3.4.3.1. Tipo A.	40
3.4.3.2. Tipo B.	41
3.4.3.3. Tipo C.	41
3.4.4. Ladrillo macizo con cazoleta.	41
3.4.5. Ladrillo refractario.	41
3.4.6. Ladrillo de adobe de tierra.	43
3.4.7. Ladrillo cocido de tierra.	44
3.4.8. Ladrillo perforado.	44
3.4.9. Ladrillo perforado al canto.	45
3.4.10. Ladrillo de Clínker.	45
3.4.11. Ladrillo decorativo de piso.	46
3.4.12. Ladrillo decorativo de pared.	47
3.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MAMPOSTERÍA.	47
3.5.1. Masa.	48
3.5.2. Absorción de humedad.	48
3.5.3. Eflorescencia.	49
3.5.3.1. Eflorescencia primaria.	50
3.5.3.2. Eflorescencia secundaria.	50
3.5.4. Ortogonalidad.	51
3.6. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA.	52
3.6.1. Resistencia a la flexión.	52
3.6.2. Resistencia a la compresión.	53
4. LA MADERA	55
4.1. COMPOSICIÓN DE LA MADERA.	56
4.1.1. Corteza.	57
4.1.2. Cámbium.	57
4.1.3. Albura.	57
4.1.4. Duramen.	57
4.1.5. Medula.	57

4.2. TIPOS DE MADERA.	58
4.2.1. Maderas blandas.	58
4.2.2. Maderas duras.	58
4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.	58
4.3.1. Resistencia a la compresión.	58
4.3.1.1. Compresión paralela a la fibra.	58
4.3.1.2. Compresión perpendicular a la fibra.	59
4.3.2. Resistencia a flexión.	59
4.4. RELACIÓN ESFUERZO Y DEFORMACIÓN.	59
5. EL CONCRETO	61
5.1. DEFINICIÓN.	61
5.2. TIPOS DE CONCRETO.	61
5.2.1. Concreto estructural.	61
5.2.1.1. Concreto estructural liviano.	62
5.2.2. Concreto prefabricado.	62
5.2.3. Concreto simple.	62
5.2.4. Concreto preesforzado.	62
5.2.4.1. Pretensado o postensado.	63
5.2.4.2. Adherido o no adherido	64
5.2.4.3. Exterior o interior.	65
5.2.5. Concreto reforzado.	65
5.3. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.	66
5.3.1. Durabilidad.	66
5.3.1.1. Relación agua-material cementante.	66
5.3.1.2. Exposición a congelamiento y deshielo.	69
5.3.1.3. Exposición a sulfatos.	70
5.3.1.4. Protección del refuerzo contra la corrosión.	71
5.3.2. Requisitos según el clima.	72
5.4. CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN.	72
5.4.1. Mezclado del concreto.	72

5.4.2. Transporte.	73
5.4.3. Colocación.	73
5.4.4. Curado.	74
5.4.4.1. Curado acelerado.	75
5.4.5. Consolidación.	75
5.4.6. Tiempo de fraguado.	75
5.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.	76
5.5.1. Resistencia a la compresión.	76
5.5.2. Resistencia a la tensión del concreto.	76
5.2.3. Módulo de elasticidad.	77
5.3. AGUA UTILIZADA EN LA MEZCLA.	77
5.4. ACERO DE REFUERZO.	78
5.5. ADITIVOS.	78
5.5.3. Aditivo acelerador.	78
5.5.4. Aditivo retardante.	78
5.5.5. Aditivo reductor de agua.	79
5.5.6. Aditivo reductor de agua a alto rango.	79
5.5.7. Aditivo químico.	79
5.5.8. Aditivo atrayente de aire.	79
6. CEMENTO.	80
6.2. Tipos de cemento.	80
6.2.3. Cemento Portland.	80
6.2.4. Cemento Portland caliza.	88
6.2.5. Cemento de horno alto.	88
6.2.6. Cemento puzolánico.	88
6.2.7. Cemento compuesto.	89
6.3. PASTA DE CEMENTO.	89
6.4. CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO.	89
6.4.3. Plasticidad del cemento.	89
6.4.4. Densidad del cemento hidráulico.	89



6.4.5. Consistencia normal.	89
7. AGREGADOS PARA CONCRETO.	90
7.1. AGREGADOS SEGÚN SU DENSIDAD.	91
7.1.1. Densidad aparente o peso unitario.	91
7.1.2. Densidad relativa.	91
7.2. AGREGADOS SEGÚN SU ORIGEN.	91
7.3. AGREGADOS SEGÚN SU FRAGMENTACIÓN.	92
7.4. ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.	92
7.5. IMPORTANCIA DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO.	92
7.6. MÓDULOS DE FINURA.	93
7.7.1. Especificaciones físicas y químicas para agregado liviano.	93
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98

## LISTA DE TABLAS.

	pág.
Tabla 1. Productos a entregar.	9
Tabla 2. Grupo de materiales de los ensayos.	19
Tabla 3. Requisitos para condiciones de exposición especiales.	67
Tabla 4. Requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos.	68
Tabla 5. Contenido total de aire para concreto resistente al congelamiento	69
Tabla 6. Requisitos para concreto expuesto a productos químicos descongelantes.	70
Tabla 7. Contenido máximo de iones cloruro para la protección contra la corrosión del refuerzo.	71
Tabla 8. Requisitos de composición estándar.	81
Tabla 9. Requisitos de composición opcionales.	84
Tabla 10. Requisitos físicos estándar.	85
Tabla 11. Requisitos físicos opcionales.	86
Tabla 12. Requisitos de clasificación para agregado liviano para hormigón estructural	93
Tabla 13. Requisitos de densidad máxima aparente seca de agregados livianos para hormigón estructural	94

## LISTA DE FIGURAS.

	pág.
Figura 1 elementos en concreto con falla por compresión.	13
Figura 2. Sentidos de las fibras en la madera.	14
Figura 3. Resistencia a la flexión en la madera.	15
Figura 4. Resistencia a la tracción en la madera.	15
Figura 5. Resistencia a la compresión en la madera.	16
Figura 6. Perfiles de aluminio.	16
Figura 7. Puente con acero corten.	24
Figura 8. Piezas de acero calmado.	24
Figura 9. Acero galvanizado.	25
Figura 10. Paraderos en acero inoxidable.	26
Figura 11. Perfiles de acero estirado en frío.	26
Figura 12. Acero estructural.	27
Figura 13. Varillas lisas.	28
Figura 14. Acero corrugado.	29
Figura 15. Secciones transversales reforzadas con acero estructural.	29
Figura 16. Acero dúctil.	30
Figura 17. Acero frágil.	30
Figura 18. Grafica Esfuerzo y Deformación.	31
Figura 19. Longitud calibrada inicial.	33
Figura 20. Longitud paralela.	34
Figura 21. Curva de transición.	34
Figura 22. Arcilla grasa.	37
Figura 23. Arcilla magra.	37
Figura 24. Partes del ladrillo.	38
Figura 25. Ladrillo hueco.	39
Figura 26. Muros de ladrillo hueco.	39
Figura 27. Ladrillo macizo.	40
Figura 28. Ladrillo macizo con cazoleta.	41
Figura 29. Ladrillo refractario.	42
Figura 30. Horno de ladrillo refractario.	42
Figura 31. Ladrillo de adobe de tierra.	43
Figura 32. Ladrillo de tierra cocida.	44

Figura 33. Ladrillo perforado.	44
Figura 34. Ladrillo perforado al canto.	45
Figura 35. Ladrillo de Clinker.	46
Figura 36. Ladrillo decorativo de piso.	46
Figura 37. Ladrillo decorativo de pared.	47
Figura 38. Eflorescencia sobre muro de ladrillo.	50
Figura 39. Ladrillos de diferente geometría.	51
Figura 40. Ensayo de laboratorio a flexión.	52
Figura 41. Vía adoquinada.	53
Figura 42. Composición de la madera.	56
Figura 43. Grafica de esfuerzo contra deformación.	60
Figura 44. Concreto preesforzado, pretensado.	63
Figura 45. Concreto preesforzado, postensado.	64

## LISTA DE ANEXOS.

	pág.
<b>ANEXO A.</b> (Reseña de video Maquina Universal)	102
<b>ANEXO B</b> (Recomendaciones manejo de materiales de laboratorio).	104
<b>ANEXO C</b> (Guías de laboratorio)	105

## RESUMEN

En el presente trabajo se encontrarán las pautas y orden lógico para la realización de prácticas de laboratorio de estructuras en ingeniería civil, donde se tendrán en cuenta aspectos como funcionamiento adecuado de los equipos existentes, manejo apropiado de los materiales a ensayar y los requerimientos exigidos por las normas técnicas (ICONTEC y ASTM), para el correcto procedimiento y desarrollo en las prácticas.

En el transcurso del diseño de las guías de laboratorio se realizarán ensayos a materiales de gran importancia en la construcción como lo son el concreto, madera, unidades de mampostería y metales (aluminio y acero). En los ensayos se determinará características importantes para estos materiales como lo son: módulos elásticos, capacidad portante, resistencia a esfuerzos solicitados, y demás características que permitan al lector comprender la importancia de dichas prácticas; evidenciar el comportamiento del material causado por fuerzas a las que se somete y la importancia de los resultados del ensayo para la determinación de uno u otro material de acuerdo a las características que de éste se requiera, de esta forma las guías estandarizan el funcionamiento del laboratorio bajo normas que se rigen en la actualidad.

En el desarrollo del trabajo se mencionarán los diferentes equipos con los que se cuenta en el laboratorio de estructuras en la actualidad y de acuerdo a sus características individuales, se realiza un minucioso trabajo de investigación para determinar cuántos ensayos son posibles realizar en las instalaciones de la Universidad con el fin de obtener el mejor rendimiento de cada equipo y mayor eficiencia en las prácticas a desarrollar dentro del laboratorio de estructuras.

Las guías detallarán de forma precisa, los pasos que se deben realizar en el laboratorio para un adecuado desarrollo de las prácticas y en el cuerpo del presente trabajo, se encontrará todo el material teórico necesario para que quien realice la práctica pueda determinar de qué forma manejar los datos obtenidos en el laboratorio y cómo entender los resultados, datos o cálculos que se realicen con base en la información del ensayo de laboratorio.

Palabras claves: material, resistencia, flexión, compresión, comportamiento, guías.

## INTRODUCCIÓN

El éxito de construcciones como estructuras civiles, depende de las etapas de diseño, fase de construcción y cuidado que se le realice a la estructura en su vida de uso. Todos estos aspectos tienen un elemento común para que el desarrollo de cada fase tenga un resultado positivo, los materiales.

En el mundo de la ingeniería civil existen diversas clases de materiales y diferentes tipos de cada uno de ellos que ofrecen soluciones para cada situación, dependiendo que se quiera lograr con el uso del material y que necesidades propias solicite la estructura en la que será usado para determinar la elección de uno u otro material. Por lo anterior, realizar ensayos que prueben las diferentes características de los materiales ante situaciones que pueden experimentar durante su uso, se convierte en un ejercicio importante y necesario para determinar el empleo adecuado de un material.

Lograr determinar de manera adecuada y óptima estas características del material, debe llevar un proceso lógico y estándar, de forma que sin importar el sitio donde se realice, el método de desarrollo sea el mismo garantizando de esta forma que los resultados serán veraces. Tener guías de laboratorio se convierte en una necesidad para la empresa, institución o cualquier organización que deba trabajar con ensayos a materiales, para garantizar los procesos en los que incurra en dichos ensayos.

La Universidad Católica de Colombia requería de una estandarización de dichas guías, de forma que fuesen actualizadas a las normas que rigen actualmente para para el desarrollo de las practicas. Dichas normas son dictadas por el Instituto Colombiano de normas técnicas ICONTEC, normas que serán la base del desarrollo a lo largo del presente trabajo.

Para el desarrollo de las guías, se establece el tipo de materiales que se ensayarán en las practicas, (véase Tabla 2.), este grupo de materiales fue seleccionado por la importancia y uso recurrente en la vida ingenieril, además como punto de apoyo, se evalúa las condiciones que puede prestar las instalaciones y equipos de laboratorio para poder desarrollar dichas prácticas.

Se pretende que las guías sean los documentos prácticos de los ensayos, y el documento del trabajo de grado sea la base teórica de las prácticas, lo que hará que la experiencia de la práctica sea completa en el desarrollo e información y que esta sea comprendida adecuadamente, dando así la importancia y aplicación de cada ensayo en donde sean usados los materiales.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La realización de este tipo de proyectos no es de gran difusión por parte de las instituciones educativas, pero se presentan a continuación investigaciones que complementan la importancia de estandarizar las prácticas dentro del laboratorio.

En primer lugar, está la Universidad Santiago de Cali, una de las más importantes del país y quien tiene un propósito semejante al del actual proyecto, la estandarización de las prácticas en el laboratorio. “La Dirección General de Laboratorios “DGL” quiere contribuir a establecer un estándar de operación en los laboratorios, viene trabajando de manera minuciosa conjuntamente con los Programas (y los profesores que regentan los respectivos cursos) en la elaboración de las GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIOS.”<sup>1</sup>

Por otra parte, la Universidad de Santander hace referencia a las guías como un material indispensable para el trabajo práctico de los estudiantes y que les permitirá complementar sus clases. “Este manual de laboratorio es una guía indispensable para el trabajo práctico del estudiante de Química General de la Universidad de Santander (UDES) el cual le permitirá complementar la temática tratada en las clases teóricas”<sup>2</sup>

La Universidad Católica de Colombia cuenta con los laboratorios de estructuras, suelos, hidráulica, acueductos y física (ciencias básicas). De los mencionados, el laboratorio de física es el primero en entregar a sus estudiantes las guías de las prácticas a realizar explicando paso a paso el desarrollo de las mismas y los resultados que se deben obtener de estas. Por esta razón, el presente proyecto pretende que el laboratorio de estructuras sea el siguiente en implementar guías estandarizadas para los ensayos.

---

<sup>1</sup> GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO POR FACULTAD, [en línea]. Cali, Colombia. Universidad Santiago de Cali – Sede Cali. Consultado el 09 de octubre de 2017. Disponible: <http://www.usc.edu.co/index.php/laboratorios>

<sup>2</sup> Carolina Esteban Cifuentes, Universidad de Santander. MANUAL DE LABORATORIO QUÍMICA GENERAL, [en línea]. Santander, Colombia. Consultado el 09 de octubre de 2017. Disponible: [http://www.udes.edu.co/images/programas/ingenieria\\_indusrtial/phocadownload/guiasdepractica/quimica/manual\\_quimica\\_general.pdf](http://www.udes.edu.co/images/programas/ingenieria_indusrtial/phocadownload/guiasdepractica/quimica/manual_quimica_general.pdf).



## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Descripción del problema.**

La Universidad Católica de Colombia cuenta con equipos en sus laboratorios para realizar más ensayos de los que actualmente se realizan, de esta manera no se alcanza el máximo rendimiento posible que se puede obtener de las instalaciones y equipos. Además, las guías para la realización de las prácticas actuales no cumplen en su totalidad con lo exigido por las normas técnicas aplicables a cada ensayo; en estos dos puntos se basa la realización de este proyecto, además de ser una clara necesidad para el mejoramiento y estandarización de los laboratorios, de esta forma garantizar que los ensayos realizados se desarrollen de forma adecuada de acuerdo a lo exigido por las Normas Técnicas Colombianas (NTC).

Las 7 guías que se encuentran para la realización de las prácticas actuales no cumplen en su totalidad con lo exigido por las normas técnicas aplicables a cada ensayo, esto implica que las prácticas que se realizan no tienen un estándar que garantice un correcto uso de materiales y equipos en todos los ensayos que se realizan diariamente.

### **1.2.2. Formulación del problema.**

En la actualidad, no se realizan algunos ensayos que se pueden desarrollar con los equipos existentes en los laboratorios, por esto se pretende realizar el diseño de las guías para las prácticas que no se realizan en el laboratorio, y la estandarización de las existentes, de manera comprensible y detallada para quienes la que requieran, siguiendo las Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicables a cada uno de los veinte (20) ensayos que se proponen realizar, dejando impresas en el laboratorio de estructuras las guías para el desarrollo de las prácticas.

Al iniciar el trabajo de grado se plantea una pregunta sobre la cual se basa todo el contenido presente: ¿Por qué diseñar las guías de laboratorio de estructuras para la Universidad Católica de Colombia? Para dar una respuesta es necesario aclarar que el objetivo no es cuestionar la no existencia de las guías mencionadas y mucho menos afirmar que el laboratorio no es óptimo -porque no es así-, en tal caso la conclusión más acertada para responder a esta pregunta, es que las guías son un bien o valor agregado que se ofrecerá al laboratorio de estructuras de la

Universidad Católica y un servicio más que se les brindará a los estudiantes que hagan uso de estas. También se fomentará la práctica libre para los estudiantes de la Universidad, ya que el objetivo es que cada persona que consulte las guías entienda claramente cuál es el procedimiento a realizar en el laboratorio, así como los resultados esperados.

Las prácticas que se realizan en el laboratorio son indispensables para la formación de un profesional en ingeniería, un laboratorio que le garantice al estudiante un parámetro estándar para todas las prácticas regido por normas técnicas vigentes, le ofrece un conocimiento y una formación orientada hacia la vida profesional por esta razón las guías son indispensables en cualquier laboratorio, un servicio de calidad por parte de la Universidad hacia sus estudiantes.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Realizar las guías para el laboratorio de estructuras de la Universidad Católica de Colombia para estandarizar su uso y funcionamiento.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Aplicar de forma precisa cada una de las exigencias solicitadas por las normas técnicas, para el correcto desarrollo de las prácticas de laboratorio.
- Realizar de forma detallada, la secuencia para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, que se encontrarán en las guías, para:
  - Resistencia de materiales.
  - Caracterización de materiales.
- Determinar qué tipos de ensayos se pueden realizar con los equipos existentes en el laboratorio.
- Optimizar el tiempo del desarrollo de las prácticas en el laboratorio, especificando los tiempos y el orden en el que se deben realizar los ensayos, para que de esta forma se pueda cumplir con lo establecido.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

La Universidad Católica de Colombia presenta la necesidad de estandarizar las guías de laboratorio como se explica en el planteamiento del problema, y aunque la estandarización es el principal argumento para la realización de este trabajo de grado, hay otros atributos que sustentan el presente trabajo.

Un elemento que apoya el desarrollo del presente trabajo es el deseo de aprovechar al máximo la nueva máquina universal, de forma que la experiencia que se viva en las prácticas sea más enriquecedora para el estudiante, por esto se encuentra la necesidad de actualizar las guías de laboratorio. El resultado esperado, es lograr que el estudiante después de leer la guía tenga una idea más clara de lo que va a realizar en el laboratorio, razón por la cual se dejará evidencia fotográfica y de video, para lograr un mejor entendimiento en cuanto al proceso y resultados de lo que en los laboratorios se desarrolle.

## **1.5. DELIMITACIÓN**

En este trabajo se va a realizar las guías de laboratorio para 20 ensayos, la mayoría de estas se realizan en la Universidad, pero aun cuando se cuenta con el equipo en las instalaciones para realizar otras prácticas, estas no se desarrollan de manera que se pueda aprovechar todos los elementos disponibles para afianzar los conceptos ingenieriles. Cada una de estas guías estará acompañada de material visual como fotos y/o videos, para una mejor comprensión de los ensayos.

Algunas prácticas son tan cortas en tiempo de realización, que se podrían realizar varias de ellas en una sesión de práctica. También se realizan una serie de recomendaciones basadas en las normas técnicas, para el uso y disposición correcta de los materiales que se usan para los diferentes ensayos de laboratorio.

Aunque la meta del trabajo final es brindar nuevas guías de laboratorio, no se realizarán los cálculos exigidos por cada una de las normas, ni los análisis de estos cálculos, estos deberán ser responsabilidad del estudiante.

Los limitantes que se pueden encontrar durante el transcurso de la investigación son:

- Las fallas que puedan tener los equipos en cuanto a su funcionamiento o fiabilidad para la realización de las pruebas.
- No poder contar la cantidad y variedad de materiales que se deba usar para cada uno de los ensayos.
- La falta de alguna o varias máquinas para realizar un determinado ensayo.

### **1.5.1. Espacio.**

Para el desarrollo de este trabajo se usará principalmente dos espacios, el primero y de mayor importancia, el laboratorio, donde se desarrollará todas las guías de acuerdo a la normatividad que deba cumplirse a cada ensayo.

En segundo lugar, serán las salas de sistemas de la Universidad, donde se realizará todo el trabajo de escritorio y el contenido y presentación final tanto del proyecto como el de las guías.

### **1.5.2. Tiempo.**

El desarrollo del presente proyecto se desarrolla en un tiempo de 8 meses en los cuales los primeros dos meses será de consulta sobre el contenido e información que deben llevar las guías, en los siguientes 6 meses se realiza el contenido de toda la base teórica que deberán tener las guías para su desarrollo, por la gran cantidad de información que este ítem debe llevar, el tiempo que requiere es el más alto en el desarrollo del trabajo.

Por ultimo en los dos últimos meses se realiza contenido final tanto del trabajo de escrito como de las guías y se ultiman los detalles de presentación y demás aspectos finales de la presentación.

### **1.5.3. Contenido.**

En el presente trabajo se presentarán los siguientes productos.

Tabla 1. Productos a entregar.

Tipo.	Nombre del producto.	Fecha de entrega.
Guía de laboratorio.	Densidad del cemento hidráulico.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Consistencia de la pasta del cemento.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Tiempos de fraguado del cemento.	Lunes 02 de Abril de 2018.

Tipo.	Nombre del producto.	Fecha de entrega.
Guía de laboratorio.	Granulometría y módulos de finura.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Pesos unitarios de los agregados.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Densidad y absorción de los agregados.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Método de ensayo para determinar la solidez (sanidad) de agregados para el uso de sulfatos de sodio o sulfato de magnesio.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Diseño de mezclas de concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Toma de muestras en concreto fresco.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Método de ensayo para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes cilíndricos de concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Resistencia a la flexión en concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.

Tipo.	Nombre del producto.	Fecha de entrega.
Guía de laboratorio.	Método de ensayo para determinar el Módulo de elasticidad estático del concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Determinación del contenido de aire en concreto fresco método volumétrico.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Ensayo de tracción para materiales metálicos. Método de ensayo a temperatura ambiente.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Maderas. Determinación de la resistencia a la flexión.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Guía de laboratorio.	Maderas. Determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Recomendaciones.	Para la disposición y almacenamiento de materiales en laboratorio.	Lunes 02 de Abril de 2018.

Tipo.	Nombre del producto.	Fecha de entrega.
Informe	Capacitación para el uso de la máquina universal de ensayos nueva.	Lunes 02 de Abril de 2018.
Trabajo final.	Guías de laboratorio de estructuras de la Universidad Católica de Colombia.	Lunes 02 de Abril de 2018.

Fuente. Propia

#### **1.5.4. Alcance.**

Con el presente trabajo se pretende realizar las guías de laboratorio para 20 ensayos, la mayoría de estos se realizarán en la Universidad, pero aun cuando se cuenta con el equipo en las instalaciones para realizar otras prácticas, estas no se desarrollan de manera que se pueda aprovechar todos los elementos disponibles para afianzar los conceptos ingenieriles. Cada una de estas guías estará acompañada de material visual como fotos y/o videos, para una mejor comprensión de los ensayos.

Algunas prácticas son tan cortas en tiempo de realización, que se podrían realizar varias de ellas en una sesión de práctica. También se realizan una serie de recomendaciones basadas en las normas técnicas, para el uso y disposición correcta de los materiales que se usan para los diferentes ensayos de laboratorio.

Aunque la meta del trabajo final es brindar nuevas guías de laboratorio, no se realizarán los cálculos exigidos por cada una de las normas, ni los análisis de estos cálculos, estos deberán ser responsabilidad del estudiante.

## 1.6. MARCO REFERENCIAL (TEÓRICO Y CONCEPTUAL)

### 1.6.1. Marco teórico.

#### 1.6.1.1. Concreto hidráulico.

La resistencia a la compresión, es de gran relevancia para la determinación del tipo de concreto a disponer en una estructura civil, puesto que el tipo de estructura a construir determina que cargas deberá soportar dicha estructura, y con qué tipo de material se deberá contar. “Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más.”<sup>3</sup>

El concreto hidráulico, se conoce por su alta capacidad a la compresión, pero no a la tensión, puesto que tiene una resistencia baja respecto a la compresión, lo cual hace que este punto sea el más débil para el uso de este material, por lo que se debe realizar análisis para la implementación del concreto, ocasionando que este material deba contener refuerzo de tracción (generalmente acero), con el fin de evitar problemas estructurales por las cargas a compresión que pueda soportar la estructura, siempre que el refuerzo se use de forma adecuada de lo contrario puede suceder lo evidenciado en la figura 1.

Figura 1 elementos en concreto con falla por compresión.



Fuente. Ing. Maximo Huayanca Hernandez.  
<https://es.slideshare.net/maximoedilbertohuayancahernandez/columnas-de-concreto-armado-52439951>.

<sup>3</sup> Instituto mexicano del cemento y concreto. Prueba de resistencia a la compresión del concreto [en línea]. México. Editado por el instituto mexicano del cemento y concreto. Consultado el 23 de agosto de 2017. Disponible: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>



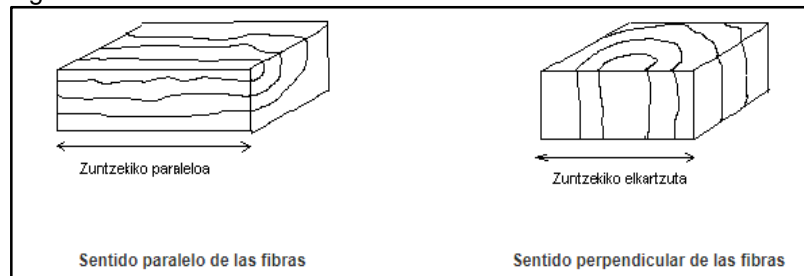
En la resistencia al corte en el concreto, influyen fuerzas de compresión y de tensión, dando lugar a un análisis del comportamiento que el concreto tiene respecto a estas dos exigencias, siendo la de mayor cuidado la de tensión, puesto que puede ocasionar rompimiento de las fibras ocasionando el corte en este material.

### 1.6.1.2. Madera.

La madera, es el primer material junto a los lodos, que el ser humano utilizó para las viviendas, es por ello que es un material muy apreciable para la realización de construcciones que no sobrepasen 6 metros o dos pisos en las viviendas por las propiedades mecánicas de la madera ya que sus propiedades, comparadas con otros materiales como el concreto o aceros no tienen la misma resistencia. “Las características de la madera varían según su contenido de humedad, la duración de la carga y la calidad de la madera (dureza, densidad, defectos...)”.<sup>4</sup>

En la madera es importante identificar el sentido de las fibras, puesto que el uso en una dirección u en otra determina el grado de satisfacción que se puede lograr de la madera cuando esta deba soportar cargas, (véase figura 2) “...las fibras en el sentido paralelo, pues la resistencia es mayor que en sentido perpendicular”.<sup>5</sup>

Figura 2. Sentidos de las fibras en la madera.



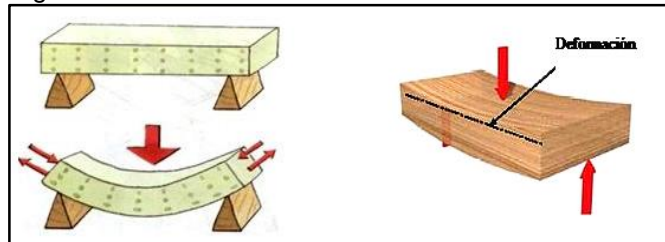
Fuente: Manual técnico para la caracterización de madera de uso estructural. <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>.

<sup>4</sup> Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural [en línea]. España. Consultado el 31 de agosto del 2017. Disponible: <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

<sup>5</sup> Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural [en línea]. España. Consultado el 31 de agosto del 2017. Disponible: <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

La resistencia a la flexión por parte de la madera es soportada de mejor manera cuando las fibras se encuentran en sentido perpendicular a la fuerza a la que está siendo sometida, (véase figura 3). “Esta propiedad es muy importante cuando las piezas son largas y finas (estantes, bancos, suelos...). La resistencia de la madera a la flexión suele ser muy grande.”<sup>6</sup>

Figura 3. Resistencia a la flexión en la madera.



Fuente: Manual técnico para la caracterización de madera de uso estructural.

<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

La tracción, es aquella a la que la madera se somete cuando resiste dos fuerzas de tensión con direcciones opuestas, (véase figura 4), estas fuerzas hacen que la madera aumente su medida de longitud, pero disminuye la sección transversal.

Figura 4. Resistencia a la tracción en la madera.



Fuente: Manual técnico para la caracterización de madera de uso estructural.

<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

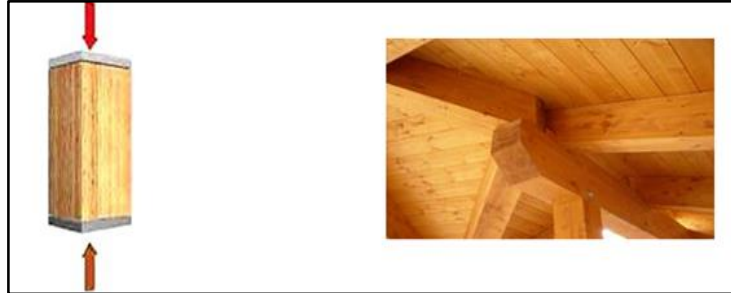
La resistencia a la compresión es aquella que la madera experimenta cuando, al contrario de las fuerzas en tensión, soporta fuerzas que tienen dirección hacia un

---

<sup>6</sup> Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural [en línea]. España. Consultado el 31 de agosto del 2017. Disponible: <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

mismo punto, (véase figura 5) “El efecto de aplastamiento es mayor con las fibras de sentido perpendicular, que en sentido contrario.”<sup>7</sup>

Figura 5. Resistencia a la compresión en la madera.



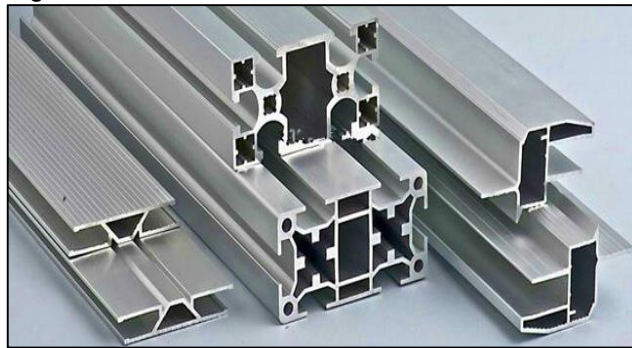
Fuente: Manual técnico para la caracterización de madera de uso estructural.

<http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

### 1.6.1.3. Aluminio.

Se trata del metal que más abunda sobre la corteza terrestre, ofrece mucha ayuda para la construcción, especialmente en perfiles (véase figura 6), puesto que la gran cantidad de este material, hace que se trate de un material que no incurre en unos altos costos, respecto a otros metales o aleaciones.

Figura 6. Perfiles de aluminio.



Fuente. El perfil de aluminio y su proceso de anodizado <http://felman.es/blog/perfil-de-aluminio-y-su-proceso-de-anonizado/>

<sup>7</sup> Manual técnico de formación para la caracterización de madera de uso estructural [en línea]. España. Consultado el 31 de agosto del 2017. Disponible: <http://normadera.tknika.net/es/content/propiedades-mec%C3%A1nicas>

El aluminio en mundo de la construcción no es un material muy usado para soportar grandes cantidades de cargas, ya que en su estado puro tiene muy baja resistencia mecánica, pero las aleaciones pueden cambiar este aspecto, “Son mucho mayores sus prestaciones cuando se lo alea con cobre, silicio y magnesio. También, sometiéndose a procesos físicos de templado y estirado en frío.”<sup>8</sup>

#### **1.6.1.4. Acero.**

Esta aleación que por lo general es de hierro en un 98% y carbono en el restante 2%, es el mejor aliado junto con el concreto para la construcción de estructuras, para soportar principalmente las fuerzas de tensión que no pueda soportar el concreto.

El acero por su composición es de gran resistencia a la tensión, comparado con a la del concreto, pero la resistencia a la compresión no marca grandes diferencias entre estos dos materiales. “Por medio de los ensayos de laboratorio se determina la resistencia a tracción y a compresión evaluando su límite elástico y el esfuerzo de rotura.”<sup>9</sup>

#### **1.6.2. Marco conceptual.**

1. Resistencia a la compresión: Tenacidad que puede soportar un determinado material al estar sometido a una fuerza de aplastamiento. “La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original.”<sup>10</sup>

2. Concreto hidráulico: Material aglomerante compuesto por agua, cemento,

---

<sup>8</sup> Propiedades del Aluminio [en línea]. Barcelona, España. Construmatica. Consultado el 04 de septiembre de 2017. Disponible: [http://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades\\_del\\_Aluminio](http://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades_del_Aluminio)

<sup>9</sup> Revista ARQHYS. Características del acero [en línea]. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Consultado el 04 de septiembre de 2017. Disponible: <http://www.arqhys.com/construccion/acero-caracteristicas.html>

<sup>10</sup> Resistencia a la compresión [en línea]. Illinois, USA. Tool Works Inc. 2015. Consultado el 11 de septiembre de 2017. Disponible: <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company/library/glossary/c/compressive-strength>

agregados fino, agregado grueso y en algunos casos aditivos para obtener características específicas del concreto como tiempo de fraguado, etc.

3. Cargas: Son aquellas fuerzas que debe soportar una estructura tanto por efectos del ambiente como viento, temperatura, gravedad, etc., Además de fuerzas propias del uso de la estructura que se clasifican en cargas vivas y cargas muertas.

4. Estructura civil: Son todos aquellos elementos que se construyen para el bienestar de la comunidad como edificios, hospitales, vías, etc. “Es un conjunto estable de elementos resistentes de una construcción con la finalidad de soportar cargas y transmitirlas, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo.”<sup>11</sup>

5. Resistencia a la tensión: Aquella propiedad que tiene un material de soportar dos fuerzas en direcciones opuestas que tratan en muchos de producir el alargamiento del elemento.

6. Resistencia al corte: Capacidad de aguante que tiene un material para soportar una o varias cargas puntuales sobre él, que tienden a producir cizallamiento en una dirección.

7. Madera: Material natural, renovable, por su fácil alcance y uso se convierte en un material económico. Este material tiene uso desde construcción, hasta usos decorativos.

8. Aluminio: Es el metal que más abunda sobre la corteza terrestre, esto lo hace de fácil acceso y económico. Muy utilizado para armaduras y perfiles.

9. Acero: Es el metal más usado en el mundo de la construcción, es una aleación de hierro y carbono de gran soporte para la resistencia a la tracción.

10. Ladrillo: Elemento de arcilla, generalmente rectangular. Para la construcción de muros, divisiones y otros elementos de estructuras civiles.

---

<sup>11</sup>Departamento de Ingeniería Civil UTN. ESTRUCTURA [en línea]. Departamento de Ingeniería Civil UTN, página 2. Consultado el 11 de septiembre de 2017 Disponible: [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_anio/civil1/files/IC%20I-Estructura.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Estructura.pdf)

## 1.7. METODOLOGÍA

El trabajo de elaboración de las guías de laboratorio se desarrolló bajo los parámetros de las Normas Técnicas Colombianas (NTC), que brindan toda la información para realizar ensayos, en este caso todos los pasos para el desarrollo de prácticas que buscan la experimentación con materiales habitualmente usados en la vida ingenieril.

Para ello se estableció el tipo de materiales que será la base de cada práctica y de esta forma poder ser clasificados así:

Tabla 2. Grupo de materiales de los ensayos.

Material	Nomenclatura
Madera	MD
Metales	MT
Concreto	CR
Cemento	CM
Unidades de mampostería	MP
Agregados del concreto.	AG

Fuente. Propia.

*Nota. De esta forma serán identificadas las guías de laboratorio y el número que las acompañe mostrarán el orden en que se recomienda sean desarrolladas.*

Esta clasificación de los materiales, permite que la metodología a seguir sea relacionada con las características de cada material frente a diferentes elementos como resistencias a cargas, comportamiento ante factores ambientales y demás aspectos que ayudarán en el desarrollo del trabajo de manera más clara en su objetivo y la forma de mostrar la información sea más cómoda para el lector.

Para lo anterior el instrumento principal fue la normatividad para cada ensayo, a partir de allí los demás temas fueron desarrollados de manera que la investigación del comportamiento de cada material permitiera entender el cómo, por qué y para qué, se realizan los ensayos. Después de ello se establece de qué forma son aplicables estos ensayos en el mundo ingenieril, con la intención de hacer que el practicante adquiera una posición responsable ante el desarrollo de la práctica.

Además, se tuvieron en cuenta los equipos e instalaciones con los que cuenta la Universidad, de esta forma se logra estrechar posibles errores en el desarrollo de la práctica y se realizan guías más específicas en su procedimiento siendo adaptadas a la infraestructura de la institución.

#### **1.7.1. Tipo de Estudio.**

El presente estudio es una práctica empresarial en donde la Universidad Católica de Colombia será la beneficiada puesto que para ella se diseñarán guías que permita estandarizar las prácticas realizadas en los laboratorios.

#### **1.7.2. Fuentes de Información.**

Para el desarrollo del presente trabajo se tomará con fuente de información principal las normas ICONTEC y las ASTM aplicables a cada una de las prácticas de laboratorio de esta forma tener completa la información para la realización adecuada de los ensayos.

Además de estos documentos, los proyectos similares de otras instituciones incluyendo la Universidad Católica, serán tomados como fuente de información para establecer la mejor forma de presentación y contenido que tendrán las guías, logrando de esta forma que las guías sean fáciles de interpretar sin dejar de lado todo el contenido teórico y práctico necesario para el desarrollo correcto de los ensayos.

### **1.8. DISEÑO METODOLÓGICO**

**1.8.1.** Realizar un listado con los ensayos a los que se les realizarán las 20 guías.

**1.8.2.** Investigar sobre las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y las de la American Society for Testing and Materials (ASTM) aplicables que se deben seguir para la realización de cada prueba que se desarrolle en el laboratorio.

**1.8.3.** Tomando como base las características dadas por los fabricantes sobre las máquinas existentes en el laboratorio, se determinará el tipo de ensayos que cada una de estas pueda realizar, y cómo debe ser el manejo adecuado de estos equipos, para obtener resultados que no sean los esperados a causa del mal desarrollo de la práctica.

**1.8.4.** Investigar y obtener las características mecánicas de cada uno de los materiales a ensayar para establecer el procedimiento y resultados esperados de estos.

**1.8.5.** De acuerdo a las normas y procedimientos que se deban seguir, establecer un protocolo secuencial para la realización adecuada de las prácticas.

**1.8.6.** Desarrollar cada una de las 20 prácticas en el transcurso del trabajo para poder realizar el contenido para cada una de las guías, dejando evidencia del correcto desarrollo de la práctica, todo esto apoyado por material fotográfico para mejor entendimiento.

**1.8.7.** Realizar la documentación completa con el desarrollo de las 20 prácticas, además de una serie de recomendaciones para el almacenamiento y manejo adecuado de los materiales utilizados para las prácticas.

**1.8.8.** Por último y con la aprobación de cada uno de los encargados del caso, se dejará a disposición de la Universidad y los estudiantes, un texto completo con las 20 guías, para un mejor desarrollo por parte de los estudiantes con las prácticas en el laboratorio.



## 2. METALES

El uso de metales en el mundo de la construcción es relativamente nuevo si se compara con otros materiales como el concreto o la madera, esto sucede porque el hierro que fuera el primer metal en ser usado para otros usos como vehículos o armas, pero en construcciones tenía una limitante importante, la soldadura para unir las piezas, “Su llegada al campo estructural es bastante reciente porque el fatigoso trabajo necesario para producir el hierro soldable por fusión limitó su uso durante siglos a los productos de mayor precio y necesidad: las armas y los aperos agrícolas.”<sup>12</sup>

La misma modernización de la industria llevo a que estos inconvenientes se superaran, así es como alrededor del año 1800 aparecen los primeros elementos estructurales de estos materiales por fundición, después estas técnicas que fueron avanzando en tecnología y producción, lograron elementos que ofrecían características mecánicas y de construcción que permitiría realizar estructuras más elevadas, gracias a ello en el año 1931 se inauguraré el que se considera el primer rascacielos del mundo en la ciudad de Nueva York, el Empire State, con una altura de 379 metros, meta que no se hubiese logrado sin la ayuda del acero.

Las construcciones actuales con estructuras hechas de solo elemento en acero están en auge, pues brindan una ventaja importante en un proceso constructivo, el tiempo, pues comparada con una construcción donde el concreto tiene un papel principal, el montaje de estructuras de acero se realiza de manera más rápida y a diferencia del concreto, no se necesita esperar de 28 días para esperar la máxima resistencia del material.

Pero no cualquier metal puede ser usado como elemento estructural pues no tienen la misma capacidad de soportar carga o consecuencias negativas como resultado de soportarlas, como la excesiva rigidez, pudiendo hacer que los elementos se fracturen.

Por ello la aparición de la aleación del hierro con el carbono para producir el acero, da el paso para el uso del metal como elemento estructural, gracias a las propiedades de ambos elementos, además se pueden alear con otros metales como el níquel, cromo y demás, para adquirir otras características como durabilidad, que sea inoxidable, entre otros. De esta forma se obtiene un material resistente a esfuerzos a compresión y tensión, es esta última característica la que

---

<sup>12</sup> El Acero en la Construcción. (Anónimo). [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/406/contenido\\_publico/recursos/tema00.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/406/contenido_publico/recursos/tema00.pdf)

ayuda a las estructuras en concreto para ser más altas, pues reforzar el concreto con un elemento de acero, permitió que dichas estructuras tuviesen la capacidad de resistir mejor tipos fuerzas, como las sísmicas o las eólicas.

Por las características mencionadas, el acero puede usarse tanto como vigas y columnas, pues tiene la capacidad de soportar cargas tanto en dirección transversal a su área, como en dirección axial. Siendo el acero el metal predominante en las construcciones civiles, será el material en que estará enfocada la investigación y desarrollo del presente capítulo.

## **2.1. TIPOS DE ACERO EN CONSTRUCCIÓN.**

Existen diferentes tipos de acero de para construcción dependiendo del uso que se le quiera dar y las condiciones en la que estará dichos elementos. A continuación de presentan estos tipos de acero, y para que funciones pueden usarse en la vida ingenieril.

### **2.1.1. Acero Corten.**

Gracias a la aleación que se realiza con cromo, níquel cobre y fosforo el acero no tiene problemas con la corrosión pues estas aleaciones producen una fina capa de óxido color rojizo en la superficie evitando que la pieza se oxide en su interior. Pero esta situación donde produce la película exige de unos cuidados para garantizar las características ofrecidas por la pieza, "...se recomienda evitar formar cordones o solapes donde se pueda acumular el agua, puesto que su presencia continuada evitaría el desarrollo de la película protectora y podría convertirse en un foco de corrosión."<sup>13</sup>

Por sus características, es un material usado comúnmente en la industria cementera para las instalaciones que este tipo de industrias requiera como silos, cribadoras y demás, también es usado en estructuras donde el contacto con la intemperie será constante, como puentes, (véase figura 7).

---

<sup>13</sup>Construmatica. Acero Corten. [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: [http://www.construmatica.com/construpedia/Acero\\_Corten](http://www.construmatica.com/construpedia/Acero_Corten)

Figura 7. Puente con acero corten.



Fuente. Puente en acero corten.

<http://www.acerocorten.es/puente-en-acero-corten/>

### 2.1.2. Acero Calmado.

Es un acero que recibe un tratamiento con el manganeso, silicio y aluminio. Este proceso realizado antes del colado de la pieza, permite que durante el desarrollo del colado no se presenten sopladuras consiguiendo así piezas perfectas. Usado generalmente para piezas solicitadas dinámicas, como en la construcción de maquinaria, (véase figura 8).

Figura 8. Piezas de acero calmado.



Fuente. Dincorsa.

<http://www.dincorsa.com/blog/conoce-caracteristicas-diferentes-tipos-acero/>

### 2.1.3. Acero Galvanizado.

Este tipo de acero tiene como características principales la resistencia a la corrosión y a la abrasión gracias a la combinación del acero normal con el zinc que aporta elementos para la hacer de este material más resistentes a estas dos

acciones. Este proceso de aleación entre el zinc y el acero se produce por inmersión caliente para asegurar la correcta mezcla de ellos, (véase figura 9). Usado en grandes estructuras industriales y edificaciones como elementos de sistemas hidráulicos.

Figura 9. Acero galvanizado.



Fuente. Grainger S.A.  
<https://www.grainger.com.mx/producto/MUELLER-Cople-Acero-Galvanizado%2C3-pulg%2CHierro/p/3GNM3>

Además, la protección de un elemento en acero frente a la corrosión ayuda a la industria tanto metalúrgica como de construcción en mejores procesos y desarrollo de la misma, “La corrosión produce importantes pérdidas en las economías de países industrializados y emergentes (en los primeros, se estima que alcanza el 4% del PIB).”<sup>14</sup>

#### **2.1.4. Acero Inoxidable.**

Compuesto por el acero común (hierro y carbono), pero con un elemento extra, el cromo, elemento que hace que el metal sea resistente al oxido, “...el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él, formando una capa pasiva que evita la corrosión del hierro contenido en la aleación.”<sup>15</sup>

Sus propiedades hacen que no pueda ser un material útil para ser usado como portante, aunque se utiliza en ocasiones como estructura para soportes de techos livianos. Principalmente son usados para equipos de hogar como fregaderos y en la industria, o en estaciones de transporte público, (véase figura 10).

---

<sup>14</sup> ALACERO. Aceros Galvanizados. [en línea]. Consultado el 15 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/materiales/aceros-galvanizados>

<sup>15</sup> INOXCENTER. Acero Inoxidable. [en línea]. Consultado el 16 de febrero de 2018. Disponible: <http://inoxcenter.com/caracteristicas-acero-inoxidable/>

Figura 10. Paraderos en acero inoxidable.



Fuente. Amarillas Internet Corporation.

[http://www.amarillasinternet.com/co/villavicencio/acero\\_inoxidable\\_villavicencio\\_montajes\\_muebles Equipos/dmc\\_industrias\\_muebles\\_en\\_acero\\_inoxidable\\_villavicencio\\_.html](http://www.amarillasinternet.com/co/villavicencio/acero_inoxidable_villavicencio_montajes_muebles Equipos/dmc_industrias_muebles_en_acero_inoxidable_villavicencio_.html)

### 2.1.5. Acero Estirado en frío.

Este tipo de acero no es modificado en su composición química, se trata del acero común, su particularidad se encuentra en la forma como se realiza, pues consiste en estirar un elemento de acero (barra o varilla) y estirarlo sin que este se calentara el material antes de hacerlo, esto produce que el acero mejore su límite elástico.<sup>16</sup> Este método es usado principalmente en alambre y barras perfiladas, por lo que se usan en sitios donde se necesite perfiles, gracias a su resistencia a la tensión, (véase figura 11).

Figura 11. Perfiles de acero estirado en frío.



Fuente. Montanstahl AG.

<https://www.montanstahl.com/es/productos/tecnologias-de-fabricacion/estirado-en-frio/>

---

<sup>16</sup>S. Izaguirre. El proceso de estirado en frío para la creación de perfiles estructurales. [en línea]. México D.F. consultado el 20 de marzo de 2018. Disponible: <https://www.quiminet.com/articulos/el-proceso-de-estirado-en-frio-para-la-creacion-de-perfiles-estructurales-2662473.htm>

### 2.1.6. Acero Estructural.

Este tipo de acero es laminado en caliente, y además del carbón y el hierro, contiene un porcentaje de manganeso, “El manganeso mejora la manejabilidad del acero y también ayuda a unir mejor el acero para resistir el agrietamiento y la división durante el proceso de laminación.”<sup>17</sup>

Este tipo de acero tiene un límite de fluencia de hasta 250 MPa, y además de su alta capacidad portante, ofrece durabilidad, aligerar peso de una estructura y poseen una gran firmeza y tenacidad, (véase figura 12).

Figura 12. Acero estructural.



Fuente. structural-steelbuilding. [http://spanish.structural-steelbuilding.com/china-edificios\\_del\\_acero\\_estructural\\_con\\_el\\_cierre\\_acanalado\\_del\\_panel\\_de\\_la\\_hoja\\_de\\_acero-2111551.html](http://spanish.structural-steelbuilding.com/china-edificios_del_acero_estructural_con_el_cierre_acanalado_del_panel_de_la_hoja_de_acero-2111551.html)

## 2.2. ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO.

El acero es un buen elemento para reforzar el punto más vulnerable del concreto, la baja resistencia a esfuerzos de flexión, es allí donde radica la importancia de usar refuerzo de acero y hacer más segura una estructura, pues además de cumplir con la función de soportar la mayor parte de la carga de tensión en estructuras en concreto, ayuda a que éste se pueda adherir a él, logrando así menor riesgo de que ocurran grietas o fisuras siempre y cuando sea bien realizado el proceso del armado del refuerzo y la fundición del concreto.

---

<sup>17</sup> Termiser. Qué es el acero estructural y cómo se fabrica paso a paso. [en línea]. Consultado el 26 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.termiser.com/acero-estructural-que-es-como-se-fabrica/>

### 2.2.1. Refuerzo liso.

Como su nombre lo indica, es un espécimen que no tiene alteraciones, o imperfecciones realizadas a propósito, por ello no tienen la misma capacidad de adherirse al concreto como si lo tiene las barras corrugadas.

Por su falta de adherencia, este elemento no se recomienda usar en elementos que deban soportar una carga considerable. Son especialmente usados en refuerzos para juntas de concreto, sardineles y flejes, (véase figura 13).

Figura 13. Varillas lisas.



Fuente. Dorba SA. <http://www.dorba.com.mx/varilla.php>

### 2.2.2. Refuerzo corrugado.

Es el más común para reforzamiento del concreto, pues sus diferentes formas que tiene en el exterior hace que el concreto se adhiera de mejor forma, (véase figura 14), logrando que ambos materiales trabajen de manera conjunta en el momento de soportar cargas. Ofrece además otra serie de características que lo hacen un elemento principal en estructuras reforzadas de concreto, “Está dotado de una gran ductilidad, para que al cortarlo y doblarlo no sufra daños. De este modo su manipulación resulta más segura y con un menor gasto energético.”<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Acersa. Hierro Corrugado. [en línea]. España. Consultado el 26 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.acersahierros.com/productos/hierro-corrugado/>

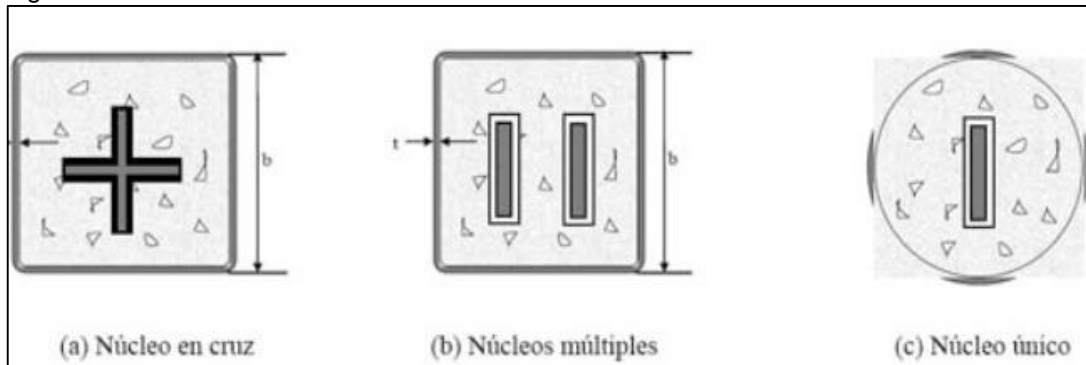
Figura 14. Acero corrugado.



Fuente. CONSTRUEX.  
[https://construex.com.ec/exhibidores/comercial\\_puruha/producto/varrilla\\_de\\_acero\\_corrugado](https://construex.com.ec/exhibidores/comercial_puruha/producto/varrilla_de_acero_corrugado)

El acero estructural también puede ser usado como reforzamiento en elementos de concreto si el área de refuerzo necesario y se quiere evitar saturar de varillas de refuerzo el cuerpo de concreto, como se evidencia en la figura 15.

Figura 15. Secciones transversales reforzadas con acero estructural.



Fuente. Arquitectura en Acero. <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/estructura-mixtas>

### 2.3. ACEROS DÚCTILES Y FRÁGILES.

Un acero dúctil es aquel que presenta un estado de fluencia, por lo que tiene la capacidad de recuperar su forma aun cuando ha sufrido alguna deformación. Este fenómeno se puede evidenciar porque en el proceso de alargamiento de la probeta, se denota como el material forma una “garganta” en la sección donde se dará la rotura, (véase figura 16).



Figura 16. Acero dúctil.



Fuente. Video de maquina universal.

Por el contrario un acero frágil no muestra señales del punto en el que comienza a ceder frente a las cargas suministradas y falla de manera instantánea, fracturando la sección de la probeta, no tiene definido un límite plástico, (véase figura 17).

Figura 17. Acero frágil.



Fuente. Mario Trapaga.

<http://amoviblesyelementosfijosuperior.blogspot.com.co/2015/11/solicitaciones-mecanicas.html>

“Un mismo metal puede ser dúctil o frágil, dependiendo de la forma en que se manufactura, se trabaja o recibe tratamiento térmico.”<sup>19</sup> La mejor opción para elementos constructivos de una estructura son los aceros dúctiles, por ello la importancia de la realización de una prueba a tensión del acero.

---

<sup>19</sup> SEEPSA. Ductilidad y fragilidad. [en línea]. Naucalpan, Estado de México. Consultado el 26 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.seepsa.com.mx/blog/ductilidad-y-fragilidad/>

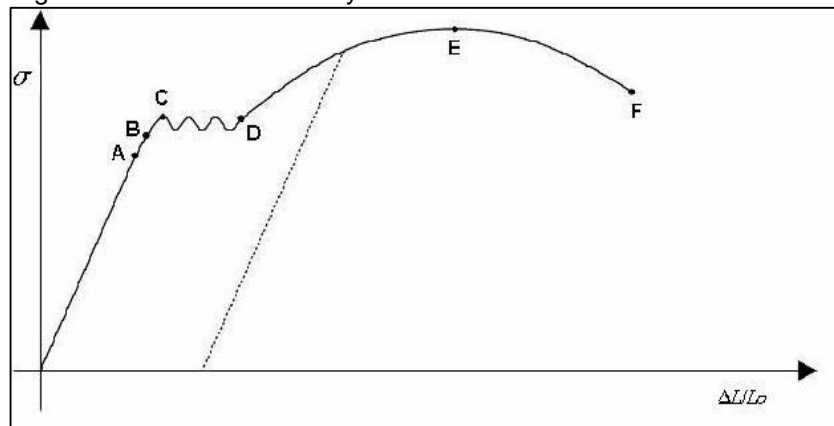
## 2.4. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN.

Como se ha mencionado, el uso del acero en reforzamiento de cimentaciones, columna y vigas hechas en concreto se debe a la poca resistencia que tiene por si solo el concreto a tensiones, es allí donde el refuerzo metálico tiene un papel preponderante y allí radica la importancia de la realización de pruebas a tensión a especímenes que serán reforzamiento de alguna estructura.

### 2.4.1. Diagrama de esfuerzo versus deformación.

Esta grafica muestra la relación que existe entre el esfuerzo producido por la carga que se ejerce a la probeta y la elongación unitaria que sufre por dicha carga. Esta grafica se divide 6 partes, (véase figura 18), en donde en cada una tiene un significado importante sobre la prueba y da aspectos sobre la materia que se esté ensayando.

Figura 18. Grafica Esfuerzo y Deformación.



Fuente. Ingemecánica.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

La sección que comprendida entre el origen de la gráfica y el punto A es la primera parte de la prueba, en este punto se cumple la Ley de Hooke la cual relaciona de forma directa los esfuerzos y las deformaciones que experimente un cuerpo, en este punto la gráfica tiene un comportamiento lineal y su pendiente se define como el módulo de elasticidad, el cual es constante para todos los materiales y que en el caso del acero es aproximadamente 250 MPa. “Otra particularidad de este tramo es que, al cesar la sollicitación sobre la pieza, ésta recupera su longitud inicial. Es

decir, se comporta de manera elástica, y el punto A se denomina Límite de Proporcionalidad.”<sup>20</sup>

Seguido del punto A y hasta el punto B el material aumenta su alargamiento, pero si se detiene la carga el cuerpo vuelve a tomar su forma original, y por ser hasta este punto donde la probeta experimenta un estado elástico, se denomina como Limite Elástico. En la sección siguiente al punto B, el material no vuelve a recuperar su forma original y la deformación que en él se produce es permanente, la gráfica punteada muestra la forma de la descarga. El punto B es donde se da una deformación remanente del 0,2%

Después del punto C, la carga hace que la probeta empiece a deformarse de forma acelerada pero la carga varía entre dos valores llamados límite de fluencia superior e inferior hasta el punto D, y se denomina estado de fluencia, “...es característico exclusivamente de los aceros dúctiles,”<sup>21</sup> este comportamiento no se muestra en aceros frágiles.

Más allá del punto D se sigue la aplicación de carga y el alargamiento es notorio hasta producir deformaciones plásticas elevadas hasta llegar al punto F donde la probeta sufre el proceso de rotura y la carga alcanza su valor máximo, el punto E es donde la carga empieza a disminuir, esto es causado por que el área de la sección de la probeta también se reduce.

#### **2.4.2. Elongación unitaria.**

La elongación que la probeta se expresa en porcentaje para que de esta forma pueda ser comparada con la longitud inicial de forma que se pueda establecer el comportamiento que tendrá el material en determinado tiempo cuando se encuentre en uso.

---

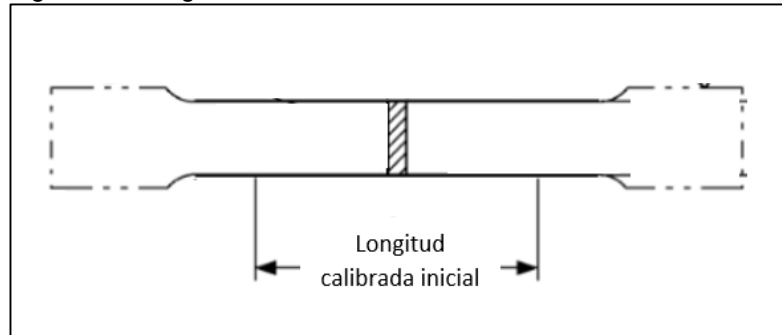
<sup>20</sup> Ingemecánica. Características Mecánicas del Acero. [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

<sup>21</sup> Ingemecánica. Características Mecánicas del Acero. [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>

### 2.4.3. Tipos de probeta.

#### 2.4.3.1. Proporcional.

Figura 19. Longitud calibrada inicial.



Fuente. NTC 2. Siderurgia. Ensayo de tracción para materiales metálicos. Método de ensayo a temperatura ambiente.

Este tipo de probeta son aquellas que la longitud calibrada inicial (véase figura 19), es proporcional al área de la sección transversal y se representa por medio de la siguiente formulación.

$$L_0 = K \sqrt{S_0}$$

Donde:

$L_0$  = Longitud calibrada inicial.

$K$  = Constante de proporcionalidad, internacionalmente es 5,65.

$S_0$  = Área de la sección transversal original de la probeta.

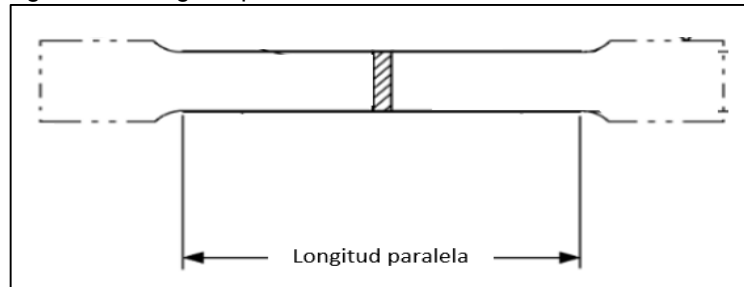
Se debe tener en cuenta que la longitud calibrada inicial no debe ser menor a 20 mm y en caso que el área de la sección transversal de la probeta sea demasiado pequeña, el valor de la constante  $K$  deberá aumentarse a 11,3 o se puede cambiar la probeta para ser usada una de tipo no proporcional.

#### 2.4.3.2. No proporcional.

Esta probeta a diferencia de la anterior, no necesita que la longitud calibrada inicial sea proporcional al área de la sección transversal.

### 2.4.3.3. Probetas maquinadas.

Figura 20. Longitud paralela.



Fuente. NTC 2. Siderurgia. Ensayo de tracción para materiales metálicos. Método de ensayo a temperatura ambiente.

Son aquellas que, en la transición, entre la longitud paralela (véase figura 20), de la probeta y los agarres de las mordazas, tienen una curva, (véase figura 21), pero si la probeta no tiene dicha curva, la longitud libre entre las mordazas debe ser siempre mayor a la longitud inicial calibrada.

Figura 21. Curva de transición.



Fuente. Fundiciones Gómez. <http://www.fundicionesgomez.com/Probeta-para-ensayo-de-TRACCION-O25x150xO10>

### 2.4.3.4. Probetas no maquinadas.

Si la probeta de ensayo no especifica una longitud calibrada, la distancia libre al momento de ser ensayada deberá tener una longitud libre razonable entre las mordazas como para desarrollar el ensayo. Por ejemplo, en barras de ensayo que no tienen dicha especificación.

### **3. UNIDADES DE MAMPOSTERÍA (LADRILLO)**

Elementos cerámicos que se hacen de arcilla por medio de moldes que contienen la mezcla y se llevan a altas temperaturas para lograr los especímenes que se requieren; existen diferentes geometrías y características de ellos, las cuales serán desarrolladas en el capítulo, determinando el uso y funcionamiento de cada una de ellas.

Aunque las unidades de mampostería hechas en arcilla son las más comunes, también se elaboran en mortero, dependiendo del tipo de obra que lo requiera, puesto que los componentes tanto del mortero como de la arcilla hacen que diferentes características de ellos sean diferentes, por ejemplo, el color de las unidades es diferente por la materia prima con la que se realiza, (gris para el mortero y rojo para las arcillas) y la capacidad de soportar cargas varía por cuestión de los elementos que los componen. El presente trabajo estará enfocado a la unidad de mampostería hecha de arcilla, ya que se trata de la unidad más usada en la realización de muros y demás elementos de mampostería.

Comúnmente llamados ladrillos o bloques, son elementos esenciales en gran parte de las estructuras verticales por la facilidad y rapidez con la que se puede realizar muros, divisiones, fachadas, etc. Además de ser usados en algunas construcciones, como parte de la estructura y no sólo para proteger y separar áreas de dicha construcción.

En estructuras horizontales como en vías adoquinadas donde el tráfico que circula no representa una carga elevada respecto a la que deben soportar vías hechas en concreto hidráulico o asfáltico, es común su uso además para la construcción de espacios públicos como andenes, parques y demás sitios que necesiten de ellos, por su fácil disposición, rapidez para lograr abarcar grandes áreas en poco tiempo y necesitarse de arena para su sellado.

Puesto que estos elementos soportan cargas de la estructura, deben además de aportar un funcionamiento estético y práctico en las construcciones, una función de resistencia a dichas cargas y en direcciones diversas, por ello, analizar las unidades de mampostería por resistencia a la tensión y compresión es significativo para determinar el tipo de ladrillo que cumpla determinadas características y un uso adecuado de los mismos.

Las unidades de mampostería son usadas principalmente en sitios donde deben interactuar con la intemperie por lo que estos elementos deberán soportar factores climáticos como la lluvia, y exposición duradera en el tiempo a ella, es allí donde radica la importancia de probar la resistencia de estos elementos a dichos factores.

### **3.1. COMPOSICIÓN DE LA ARCILLA.**

La arcilla que se utilizada para la elaboración de estas unidades es un material sedimentario compuesto por elementos específicos que ayuden a la conservación y resistencia de las mismas, el color rojo característico de los ladrillos se debe al óxido de hierro que contiene la arcilla pero en la historia fue otro el material que se usaba, “Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción.”<sup>22</sup> Los elementos principales que componen la arcilla usada para unidades de mampostería son:

- Silicatos hidratados de alúmina.
- Caolín.
- Montmorillonita.
- Illita.

### **3.2. Clases de arcillas.**

Aunque la arcilla usada para la elaboración de estas unidades es en general la misma, existen dos tipos de clases de arcillas:

#### **3.2.1.1. Grasas.**

Son arcillas impuras, tienen un alto contenido de caolinita, cantidades de menor proporción a la anterior de sílice libre, feldspatos y material orgánico. Son de un comportamiento plástico por lo que son buenas para ser moldeadas. Una vez son cocidas, este tipo de arcilla toma un color blanco o pastel, (véase figura 22).

---

<sup>22</sup> Jonathan Manuel Franco Tancun. EL LADRILLO. [en línea]. Jonathan Manuel Franco Tancun. Consultado el 10 de enero de 2018. Disponible: <http://jonathanmanuelfrancotancun.blogspot.com.co>

Figura 22. Arcilla grasa.



Fuente. Centro mujer.

<http://centromujer.republica.com/belleza/tipos-de-arcilla-para-combatir-brillos-en-la-piel.html>

### 3.2.1.2. Magras.

A diferencia de las grasas, por ser puras y duras son difíciles de manejar para lograr darle una forma determinada, por ello, son usadas para trabajos específicos de cerámica, (véase figura 23).

Figura 23. Arcilla magra.



Fuente. Yury Lizeth Barrera.

<https://www.emaze.com/@AORWFQOCW/materiales-cer%C3%A1micos>

Para la elaboración de los ladrillos se recomienda que la arcilla sea un equilibrio entre ambas clases de arcillas puesto las características de las dos clases son necesarias, aunque se usa una arcilla más grasa que magra para lograr un buen elemento tanto en la etapa de construcción como la etapa de utilización.



### 3.3. GEOMETRÍA DEL LADRILLO.

Para el uso adecuado del ladrillo se tienen establecidos las partes del ladrillo tal que permita entender el manejo adecuado de estas unidades dependiendo del uso que se quiera dar; el ladrillo tiene 3 tipos de caras y 3 diferentes aristas por su geometría rectangular:

#### 3.3.1. De acuerdo a sus caras.

(Véase figura 24)

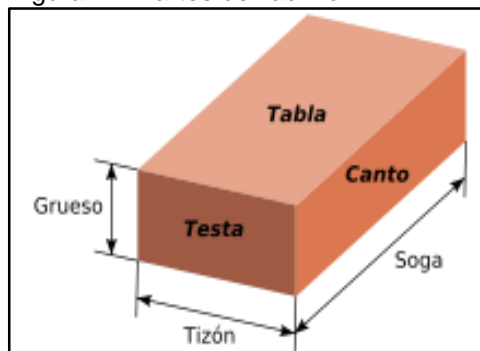
4. Tabla.
5. Canto.
6. Testa.

#### 3.3.2. De acuerdo a sus aristas.

(Véase figura 24)

7. Soga.
8. Grueso.
9. Tizón.

Figura 24. Partes del ladrillo.



Fuente. Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo>

Aunque las dimensiones pueden cambiar dependiendo de la persona quien lo vaya a usar, es un estándar que la soga sea el doble que el tizón.

### 3.4. TIPOS DE LADRILLO.

Estos elementos se usan en diferentes partes dentro de una estructura, bien sea en una fachada o como muros, por lo que deben tener diferentes características para lograr cumplir dichas labores. A continuación, se presentan cada uno de los tipos de ladrillos que se pueden conseguir y el uso para el que pueden ser empleados.

### 3.4.1. Ladrillo hueco.

En un ladrillo que es hueco tanto en la testa como en el canto, lo que reduce su peso y área neta haciéndolo más manejable por la comodidad de agarre que ofrece gracias a los agujeros que tiene, (véase figura 25). Por ser un elemento que está perforado, no se usa para soportar cargas por su fragilidad para resistir cargas mayores a las de su propio peso. El espacio que puede quedar entre sus paredes lo hace un bloque que es buen aislante.<sup>23</sup>

Figura 25. Ladrillo hueco.



Fuente. MercadoLibre.

[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-615006300-ladrillo-hueco-12x18x33-6-tubos-pallet-por-144-unidades-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-615006300-ladrillo-hueco-12x18x33-6-tubos-pallet-por-144-unidades-_JM)

Por las características ya mencionadas este ladrillo es bueno para ser usado en tabiques que no deban soportar un gran peso, o en divisiones o muros que no sean de carga, (véase figura 26).

Figura 26. Muros de ladrillo hueco.



Fuente. María Leticia Ditrani.

<http://www.habitamos.com.ar/arquitectura/porque-usar-ladrillos-huecos.html>

---

<sup>23</sup> Cormela. Ladrillos Huecos. [en línea].consultado el 15 de enero de 2018. Disponible: <http://www.cormela.com.ar/cormela-prod-lh.php>

### 3.4.2. Ladrillo macizo.

Tal vez es el tipo de ladrillo más usado en diferentes lugares y para diferentes usos por brindar diversas y favorables características. “Para considerarlo como ladrillo macizo, éste no tendrá perforaciones en su interior que pasen del 20 % de su volumen.”<sup>24</sup> (Véase figura 27).

Figura 27. Ladrillo macizo.



Fuente. Archiexpo. <http://www.archiexpo.es/fabricante-arquitectura-design/ladrillo-macizo-3231.html>

Respecto al ladrillo hueco, este ladrillo si puede soportar cargas mayores a las de su propio peso, por lo que es usado para muros o para sellar superficie de suelos, puesto que tiene la capacidad de soportar vehículos. Este tipo ladrillo cuenta con 3 clases de ladrillo macizo.

#### 3.4.2.1. Tipo A.

Es el que tiene las mejores características estéticas y mecánicas para ser usado, puesto que tiene ángulos y aristas rectas, resiste un mínimo de 200 kg/cm<sup>2</sup> de carga a compresión y un porcentaje de absorción humedad del 16%. Además, no presenta manchas, eflorescencias, o desconchados aparentes.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Arqhys. Ladrillo macizo. [en línea]. I. Jiménez. Consultado el 15 de enero de 2018. Disponible: <http://www.arqhys.com/construccion/macizo-ladrillo.html>

<sup>25</sup> Arqhys. Ladrillo macizo. [en línea]. I. Jiménez. Consultado el 17 de enero de 2018. Disponible: <http://www.arqhys.com/construccion/macizo-ladrillo.html>

### 3.4.2.2. Tipo B.

Este tipo de ladrillo es elaborado mecánicamente, y puede tener algunas imperfecciones en sus caras, tiene una tolerancia de hasta 5 mm en la rectitud de sus aristas y debe tener un máximo de absorción de humedad del 18%, y su resistencia a la compresión es de 140 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.4.2.3. Tipo C.

Este tipo de ladrillo es más artesanal comparado con los dos primeros de esta clasificación porque su fabricación puede ser manual, este tipo de ladrillo es el más común. Resistente carga a compresión hasta los 60 kg/cm<sup>2</sup> y pueden absorber hasta un 25 % de humedad, pueden tener alteraciones en los diferentes lugares del elemento y no contienen material que pueda producir eflorescencia que dañe a la unidad o dejar manchas permanentes en el acabado.

### 3.4.3. Ladrillo macizo con cazoleta.

Gracias a su forma hueca presentada en la cara de la tabla, puede albergar mortero de tal forma que hace este ladrillo muy bueno para sitios muy reducidos y donde el espesor debe tratar de ser el mínimo, (véase figura 28).

Figura 28. Ladrillo macizo con cazoleta.



Fuente. Saber y hacer, Pablo.  
<http://saberyhacer.com/tipos-de-ladrillos-para-construccion>

### 3.4.4. Ladrillo refractario.

Este tipo de ladrillos se asemeja a los macizos, a la vista no se podrían identificar de manera rápida, pero la diferencia radica en la composición del que está hecho,

porque en ellos se incrementan las cantidades de elementos como el silicio o la alúmina, (véase figura 29).

Figura 29. Ladrillo refractario.



Fuente. Mercado libre.

[https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-559539166-ladrillo-refractario-termico-23-x-11-x-3-cmm-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-559539166-ladrillo-refractario-termico-23-x-11-x-3-cmm-_JM)

Lo anterior se hace que este tipo de material sea muy resistente a altas temperaturas y a la abrasión, por lo anterior, estos ladrillos son usados principalmente en hornos o calderas, lugares que tienen una temperatura elevada, (véase figura 30).

Figura 30. Horno de ladrillo refractario.



Fuente. Chimeneas inmacon.

<https://www.chimeneasinmacon.com/producto/horno-pererueta-ladrillo-de-120-ext-85-int/>

### 3.4.5. Ladrillo de adobe de tierra.

Es el más antiguo de todos los demás tipos, fue el primero que se utilizó para construcciones, es un material hecho de barro crudo y en ocasiones se mezclan con paja, aunque en la antigüedad no se usaban en bloque simplemente el material era adherido directamente a las paredes de la casa, (véase figura 31).

De hecho, la mayoría no se tiene registros de cuando se usó por primera vez, pero se sabe que dicho material es de los primeros usados en el mundo, como lo establece André Soares: “Su uso ha sido registrado a más de 10 mil años en las más variadas zonas y climas del planeta. Hassan Fathy (1899 – 1989) fue un notable arquitecto egipcio pionero en el uso de esta tecnología, que es aun hoy considerada apropiada en Egipto.”<sup>26</sup>

Su elaboración es artesanal, porque se necesita de barro crudo, el mismo que se da en vías destapadas afectadas por el agua, en algunos casos se mezcla con paja o fibra vegetal, además su proceso de mezcla el secado al sol no permite controlar los factores que en este proceso.

El uso de este tipo de unidades no es común en las grandes urbes, aunque, en zonas alejadas los cascos urbanos aún se producen y usan, bien sea por la inmediatez con la que se pueden fabricar o por la economía que ofrece respecto a los elaborados de industrial, pero ofrecen características que pueden dar solución a un determinado interés: “...empleado en construcciones rústicas, precarias y en la bio-construcción, ya que tiene excelentes propiedades de aislación térmica.”<sup>27</sup>

Figura 31. Ladrillo de adobe de tierra.



Fuente. Fabricante de Máscaras.

<http://lahumanidadcomounrbolenelmundo.blogspot.com.co/2011/>

<sup>26</sup> Ecocosas. El adobe (ladrillos de barro y paja). [en línea]. André Soares. Consultado el 17 de enero de 2018. Disponible: <https://ecocosas.com/construccion/el-adobe/>

<sup>27</sup> Cementos Cibao. Que es el ladrillo y tipos de ladrillos. [en línea]. Santiago de los Caballeros consultado el 20 de enero de 2018. Disponible: <http://cementoscibao.com/ladrillo-tipos-ladrillos/>

### 3.4.6. Ladrillo cocido de tierra.

Parecido al ladrillo de adobe de tierra, ya que su materia prima es la misma, aunque en el cocido de tierra puede reemplazarse el adobe por arcilla, pero su diferencia radica en el secado de la pieza, puesto que esta se seca al horno y no a la intemperie como las del tipo escrito anteriormente. En cuanto a su forma es un elemento que no posee agujeros sus lados son irregulares, (véase imagen 32).

Figura 32. Ladrillo de tierra cocida.



Fuente. Saber y hacer, Pablo.  
<http://saberyhacer.com/tipos-de-ladrillos-para-construccion>

### 3.4.7. Ladrillo perforado.

Es un ladrillo que tiene agujeros en la tabla, para que se considere como perforado, los agujeros deben ser por lo menos el 10% del área de la tabla, de no ser así el ladrillo se considerará un ladrillo macizo, (véase figura 33).

Figura 33. Ladrillo perforado.



Fuente. Suministros Monte.  
<https://suministrosmonte.com/tradicionales/545-ladrillo-perforado-de-7-24x115x7.html>

Los agujeros que contiene el ladrillo al igual que los ladrillos huecos, sirven para aligerar el peso del elemento y brindan mayor comodidad para su agarre, pero los agujeros del perforado permiten que el mortero penetre al elemento por lo que mejora la resistencia a la carga del ladrillo. Por lo anterior el son de gran utilidad para paredes y muros.

#### **3.4.8. Ladrillo perforado al canto.**

Similar al ladrillo perforado, se diferencian en que este presenta los agujeros en el lado del canto y no en la tabla como el anterior, muy usado en la elaboración de tabiques y techos por su ligereza lo que logra reducir el peso de la estructura, (véase figura 34).

Figura 34. Ladrillo perforado al canto.



Fuente. Tipos de. <https://tiposde.com.mx/ladrillos/>

#### **3.4.9. Ladrillo de Clínker.**

Es un ladrillo que se compone de elementos cocidos a altas temperaturas y por un periodo de tiempo mayor a los demás tipos de ladrillo lo que logra un ladrillo más denso y el cual tiene una menor absorción de agua. Gracias a Clínker que lo compone su color es gres y tiene un terminado esmaltado lo que lo hace además de funcional, un elemento decorativo (véase figura 35). Además de lo anterior ofrece un aporte en cuanto a su resistencia gracias a lo denso: "...es un ladrillo de gres mejorado ya que además de cumplir las características que se le exigen a un



ladrillo de gres debe tener una elevada resistencia a compresión (por encima de los 40 N/mm<sup>2</sup>)<sup>28</sup>

Figura 35. Ladrillo de Clinker.



Fuente. Cerámica Añón.

<https://www.caravistablanca.com/nuestros-ladrillos/klinker>

#### 3.4.10. Ladrillo decorativo de piso.

Son ladrillos que se usan para vías y espacios que se quieran sellar con estas unidades, en este tipo de ladrillos los elementos son de colores variados, por lo que en el aspecto arquitectónico es usado recurrentemente, son muy cercanos a los macizos en cuanto a la funcionalidad y composición, (véase figura 36).

Figura 36. Ladrillo decorativo de piso.



Figura. Pxhere. <https://pxhere.com/no/photo/955756>

---

<sup>28</sup> Dpto. comunicación Pablo Salcedo. DIFERENCIAS LADRILLOS CARAVISTA KLINKER. [en línea]. PAULATEC. Consultado el 22 de enero de 2018. Disponible: <http://arquitecturadirecta.blogspot.com.co/2014/01/diferencias-ladrillos-caravista-klinker.html>

### 3.4.11. Ladrillo decorativo de pared.

Al igual que los decorativos para pisos, estos elementos son usados para lograr un acabado final y pueden dejarse en su estado natural, (véase figura 37).

Figura 37. Ladrillo decorativo de pared.



Fuente. Cristina Peralta.  
<http://enclavedeco.com/quiero-una-pared-de-ladrillo/>

### 3.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MAMPOSTERÍA.

El ladrillo es un elemento que, por su uso en construcción, deber soportar los ambientes en los que es usado y junto con las funciones de protección y elementos estructurales, debe poder resistir los diferentes factores climáticos que lo pueden arremeter, lo cual ocasiona uno principales aspectos por los que se usa el ladrillo en lugar de otros materiales, “Es mejor construir con ladrillo que con aluminio, pues éste último es el mejor conductor de temperatura. Si hace frío, se enfría y si hace calor, se recalienta, cosa que no acontece con el ladrillo, que tiene más resistencia mecánica”<sup>29</sup>.

Por lo anterior es importante que las unidades de mampostería sean analizadas por su comportamiento ante estos factores, en especial al agua, puesto que las temperaturas elevadas que puede sufrir en un día soleado el ladrillo, ya han sido evaluadas y superadas al momento de la cocción del ladrillo en su proceso de

---

<sup>29</sup> EL TIEMPO Casa Editorial. LA IMPORTANCIA DEL LADRILLO EN LA CONSTRUCCIÓN. [en línea]. Fausto Perez Villarreal. Consultado el 20 de enero. Disponible: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-305775>

fabricación. A continuación, se muestran los factores a analizar y la importancia de ser evaluados.

### **3.5.1. Masa.**

Determinar la masa de un ladrillo que será usado en una estructura elevada es un elemento importante para determinar el uso correcto de determinado tipo de unidad de mampostería, especialmente cuando las estructuras son cada vez más altas y necesitan de un peso liviano para poder soportar cargas y no ceder frente a fuerzas sísmicas y del ambiente como las eólicas.

En muchos casos estos elementos además se tienen que cumplir una labor estructural, deben hacer funciones de fachada y estéticos, lo que requiere reducir la masa del elemento, pero sin reducir las dimensiones del mismo esto ocasiona una serie de pruebas y combinaciones para lograr que el ladrillo cumpla todas las funciones que se requieren y colme las expectativas de diseño de ser requerido.

La determinación de la masa además de establecer el peso que puede llegar a tomar un muro u otro elemento de mampostería, ayuda a determinar el peso que puede llegar a tomar en contacto con el agua, aspecto de vital importancia puesto que como se ha mencionado los ladrillos hacen constantemente contacto con este líquido bien sea por lluvias o si son ladrillos usados en interiores, por labores domésticas como lavado de paredes entre otras.

### **3.5.2. Absorción de humedad.**

La arcilla es un suelo sedimentado que absorbe de manera fácil algún líquido y aunque en la realización de ladrillos se somete a grandes temperaturas, para hacer que la humedad sea la mínima, es muy difícil garantizar que no absorberán humedad porque el mismo proceso de cocción de los ladrillos busca eliminar el volumen de agua que pueda contener la mezcla, causa vacíos en la unidad, que pueden volver a llenarse lo que ocasionaría posible pérdida de sus propiedades como aislante térmico y aún más importante, hace que la masa del ladrillo aumente, lo que podría ocasionar problemas en estructuras verticales por el incremento del peso previsto.

La prueba realizada en laboratorio para determinar la absorción de humedad puede demostrar como los tipos de ladrillo hacen que los resultados cambien, aun cuando se trate del mismo material, puesto que el ensayo consiste en su forma

más sencilla, en mantener saturado en agua un espécimen de ladrillo durante un tiempo lo que ocasiona el aumento de peso y la absorción de humedad.

Pero, el proceso sea el mismo, el área de contacto influye en gran medida a la absorción de humedad, por lo que un tipo de ladrillo como el perforado o hueco puede absorber más rápidamente humedad frente a uno macizo, aunque la absorción también se pueda presentar por capilaridad, sin embargo, por tener más volumen de material el macizo, debería durar más el cuerpo de líquido en él.

Lo anterior demuestra que el contacto del ladrillo con otros materiales y elementos debe ser cuidadoso, y más cuando la forma de construir un muro de mampostería es con la utilización del mortero como agente pegante, es decir se debe tener en cuenta la capacidad de absorción de humedad del ladrillo para establecer el comportamiento de él con el contenido de agua que puede tener el mortero. “Cuando se coloca el mortero de pega o de relleno de las unidades, succiona parte del agua del mortero, que afecta su adherencia y la consistencia del mortero. Una adherencia deficiente afecta la resistencia de la mampostería, la durabilidad y penetración de agua.”<sup>30</sup>

Aunque no se pueda tener un ladrillo con un contenido de humedad de 0% -ni siquiera el tipo Clíinker- la absorción de humedad debe ser lo más baja posible para evitar deterioro del ladrillo, reduciendo su durabilidad y presentando decoloraciones en él.

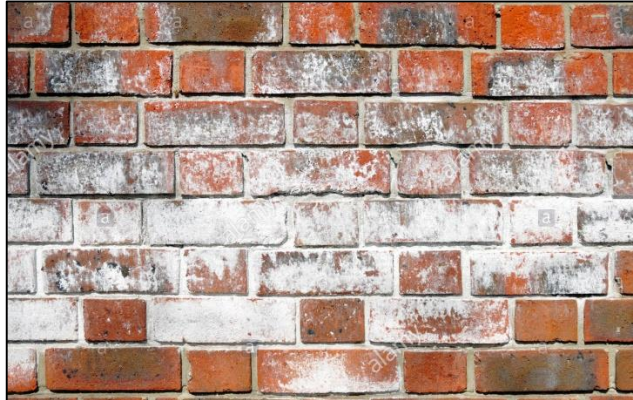
### **3.5.3. Eflorescencia.**

Es una consecuencia del maltrato o deterioro que ha sufrido el ladrillo, pues la eflorescencia son cristales de sales que se alojan en las superficies de los ladrillos (véase figura 38). El origen de las sales se puede deber a tres factores: el primero causado por la composición del cemento y agregado fino del que está compuesto el mortero que pueden ser transportados por acción del agua. En segundo lugar, está la composición propia del ladrillo, este puede tener sales de la misma arcilla o de la materia prima de la que está hecho, por último, se encuentra las sales del sitio donde se usan los ladrillos, por ejemplo, cuando se usan los ladrillos en cercanías al mar, pueden absorber sales del mar que pueden ser transportadas por el aire.

---

<sup>30</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. [en línea]. Bogotá. García Afanador Nelson Gómez Guerrero Gustavo, Sepúlveda Monroy Richard. Consultado el 2 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.redalyc.org/html/911/911125275003/>

Figura 38. Eflorescencia sobre muro de ladrillo.



Fuente. Alamy. <https://www.alamy.es/foto-eflorescencia-sales-en-pared-de-ladrillo-30051393.html>

Esta condición que deteriora al ladrillo va de la mano con la absorción de humedad que presente el ladrillo, “Algunas sales solubles en agua pueden ser transportadas por capilaridad a través de los materiales porosos y ser depositadas en su superficie cuando se evapora el agua por efecto de los rayos solares y/o del aire.”<sup>31</sup>

La eflorescencia puede diferenciarse de acuerdo al tiempo que se haya presentado, estos son las dos clases de eflorescencia que hay:

#### **3.5.3.1. Eflorescencia primaria.**

Se denomina primaria porque sucede al poco tiempo en que se terminó la obra, es generalmente inevitable porque se trata de ladrillos que no habían experimentado el contacto a la intemperie, pero este tipo de eflorescencia desaparece al poco tiempo.

#### **3.5.3.2. Eflorescencia secundaria.**

Esta clase de eflorescencia aparece aproximadamente un año después de que la obra haya finalizado y por el tiempo en el que se presenta se debe a situaciones propias del sitio, ya sea la forma de construcción por mal disposición del ladrillo o el mortero, también se puede deber a la alta humedad sucesivas precipitaciones.

---

<sup>31</sup> Construmatica. Eflorescencias. [en línea]. Consultado el 2 de febrero. Disponible: <http://www.construmatica.com/construpedia/Eflorescencias>

Esta eflorescencia a diferencia de la primaria si es evitable con mantenimiento al ladrillo.

Para prevenir la eflorescencia se debe prevenir el contacto de la mampostería con el agua y sales, garantizar la calidad del mortero con el fin de prever problemas con los materiales que lo componen y en lo posible tratar de disponer un geosintético en el suelo para evitar que el vapor de agua suba, aumentando la posibilidad de absorción por parte del ladrillo.

#### **3.5.4. Ortogonalidad.**

Es una característica que sirve primero, para medir la calidad con la que fue fabricado el ladrillo pues si se requiere de ladrillo con ángulos de  $90^\circ$  y dimensiones de los lados precisos, se debe establecer un moldeado exacto para ello, en segundo lugar, la más pequeña variación de estas medidas puede ocasionar que al momento de construcción inconvenientes y demoras.

Cuando se trata de ladrillos que no se necesitan de una geometría rectangular perfecta sino de un elemento con dimensiones diferentes para algún tipo de diseño, (véase figura 39), la precisión debe ser mayor, porque generalmente el uso de estas unidades de mampostería en determinados diseños está previsto de forma que cada pieza tiene un lugar y función en especial, y una mala elaboración puede contraer problemas.

Figura 39. Ladrillos de diferente geometría.



Fuente. Rogelio Salmona.  
<http://tectonicablog.com/?p=16426>

### 3.6. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA.

El ladrillo como se puede evidenciar es un elemento de gran utilidad para construcciones de diferente tipo, por su fácil uso, adaptabilidad para diferentes espacios y son económicos, características que hacen de este, un elemento del que se debe saber manejar de forma que se pueda obtener la mayor utilidad de sus atributos.

Por lo anterior los ladrillos juegan un papel principal en el funcionamiento correcto de una estructura, es por ello que deben tener la capacidad de soportar carga a compresión y resistir flexión, por ello se muestra la importancia que tiene realizar los procedimientos ya mencionados.

#### 3.6.1. Resistencia a la flexión.

Uno de los casos más comunes en el comportamiento de la mampostería es el comportamiento simultáneamente de flexión y compresión, esto aspecto forma un criterio sobre la durabilidad del ladrillo, (véase figura 40).

Figura 40. Ensayo de laboratorio a flexión.



Fuente. J. Alejandro Ruiz Sibaja.

[http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num7/Caracterizacion\\_mecanica\\_de\\_piezas\\_de\\_adobe\\_fabricado\\_en\\_la\\_region\\_de\\_Tuxtla\\_Gutierrez.php](http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num7/Caracterizacion_mecanica_de_piezas_de_adobe_fabricado_en_la_region_de_Tuxtla_Gutierrez.php)

Los materiales del que está compuesto el ladrillo forman un espécimen con un comportamiento más rígido que flexible, lo que al someter a cargas que produzcan esfuerzos a flexión en el espécimen, harán que fallen de manera más rápida



respecto a cargas a compresión. La determinación de este punto en el ladrillo indica además de la capacidad que logra soportar, la clase de la arcilla o material que se utilizó para ese espécimen.

### 3.6.2. Resistencia a la compresión.

Las unidades de mampostería al ser básicamente una mezcla prensada de materiales naturales, puede soportar de buena forma cargas a compresión por la densidad que contiene, por ello es importante evaluar el comportamiento de éste en situación de tener que soportar cargas a compresión.

Cuando los ladrillos son usados para estructuras horizontales, especialmente en vías donde deben soportar el peso de los vehículos -en algunos casos, pesos de gran tamaño como los soportados en el Eje Ambiental en la ciudad de Bogotá por donde circulan buses del sistema Transmilenio, (véase figura 41) - por lo que la resistencia a la compresión de los ladrillos que forman este tipo de vías es un valor que establece el uso o no de estos elementos o si deben ser tenidos en cuenta otra serie de factores como, la composición de los ladrillos, la forma en que se colocaran, o si deberán necesitar de un elementos en otro material que le ayuden a soportar las cargas.

Figura 41. Vía adoquinada.



Fuente. Wikipedia.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Avenida\\_Jim%C3%A9nez](https://es.wikipedia.org/wiki/Avenida_Jim%C3%A9nez)



La determinación de la resistencia a la compresión no sólo es importante para determinar su uso comportamiento en obras civiles, también es un indicador para el fabricante, "...se usa como control de calidad en la elaboración (dosificación de los materiales, temperatura y tiempo de horneado), para conocer la calidad de los materiales y su materia prima utilizados en la fabricación de ladrillo..."<sup>32</sup>

Al igual que los especímenes de concreto, las unidades de mampostería también son probadas con la expectativa de que los resultados y cargas que logren pueda soportar, sean los que sucederán 28 días después de su fabricación.

---

<sup>32</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. [en línea]. Bogotá. García Afanador Nelson, Gómez Guerrero Gustavo, Sepúlveda Monroy Richard. Consultado el 2 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.redalyc.org/html/911/91125275003/>

#### 4. LA MADERA

Se trata de uno de los primeros materiales que utilizó el hombre para realizar viviendas, su fácil alcance y resistencia permitía que el material soportará de buena manera estas casas y junto a la piedra y posteriormente constituirían los materiales que cambiaron el hombre nómada a sedentario, pues además de su uso como elemento en una estructura, ofrecía otro tipo de características, “La madera fue uno de los primeros materiales utilizados por el hombre para construcción de viviendas, herramientas para cazar, fabricación de utensilios, etc.”<sup>33</sup>

Es así como empieza el interés por identificar el tipo de madera que mejores características pueda ofrecer para elementos estructurales, pues se evidencia que no todas las maderas están hechas para soportar de buena manera la carga, además el hecho, de no ser tratadas previamente a su uso, se dañaban rápidamente y sus propiedades se perdían.

En la actualidad el tratamiento que se realiza a las maderas permite que estas obtengan la capacidad de soportar de mejor manera características intrínsecas en ellas, pero lo que da valor en este tratamiento, es que la madera tenga una vida de uso más larga, garantizando así que las estructuras tengan un tiempo de vida de uso mayor, lo que beneficia el uso este material como parte de edificaciones y otras estructuras, por la confiabilidad que puede aportar.

La madera tiene una buena relación resistencia/peso comparado a otros materiales más comunes en las construcciones como el acero o el concreto, “Esta relación, en tracción y compresión paralela a las fibras, es similar a la del acero pero superior, en el caso de tracción, a la del hormigón.”<sup>34</sup>. Cuando la resistencia - bien sea a compresión o tensión-, se soporta en sentido paralelo a las fibras de la madera (véase figura 42), la madera tiene mayor resistencia a si dichas cargas fuesen en sentido perpendicular las fibras (véase figura 3). “La madera tiene resistencia a la tracción paralela a las fibras, debido a que las uniones

---

<sup>33</sup> Arqhys. Historia de la madera. [en línea]. Consultado el 10 de marzo. Disponible: <http://www.arqhys.com/contenidos/madera-historia.html>

<sup>34</sup> Publiditec. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN. [en línea]. Moya de Llano Juan Queipo, Gonzalez Rodrigo Beatriz, Cervera Llinares Mariana, Fernandez Villagra Carlos, Gallego Guinea Virginia. Consultado el 10 de marzo de 2018. Disponible: <http://publiditec.com/blog/caracteristicas-de-la-madera-como-material-de-construccion/>

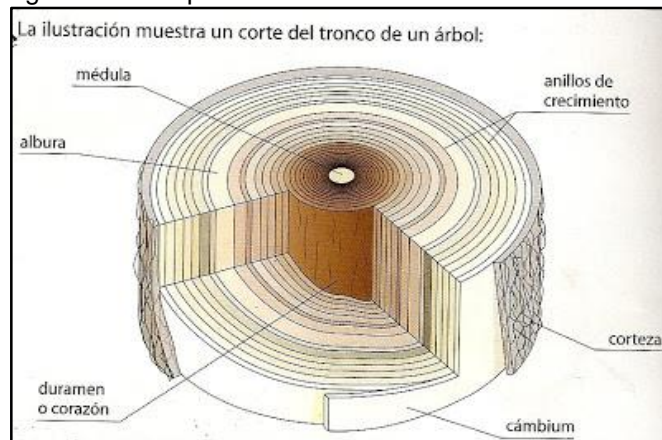
longitudinales entre las fibras son de 30 a 40 veces más resistentes que las uniones transversales.”<sup>35</sup>

Por lo anterior el ensayo a flexión y compresión de la madera cuando va a tener un uso estructural se convierte en una práctica necesaria para determinar si es la adecuada para determinado uso, o si debe ser otro tipo el que deba usarse, y la capacidad máxima que pueda soportar, pues las maderas tienen un módulo elástico menor al concreto y acero, razón por la cual no es común ver edificaciones de gran altura, de hecho, aunque en Japón se planea la construcción de un edificio de 350 metro hechos con este material en su mayoría y tendría solo un 10% de acero en su estructura.<sup>36</sup>

#### 4.1. COMPOSICIÓN DE LA MADERA.

La madera es un compuesto natural de dos sustancias, la celulosa que se encuentra todas las plantas y se encarga de formar el cuerpo de ellas, y la lignina que es encargada de dar a la madera rigidez y dureza en su estructura. En cuanto a la estructura interior de una pieza de madera, ésta tiene 3 diferentes capas (véase figura 42). A continuación, se muestran dichos estratos.

Figura 42. Composición de la madera.



Fuente. La madera. <http://rubio-hoz-marisol.blogspot.com.co/2009/02/composicion-de-la-madera.html>

<sup>35</sup> Arquba. La madera en la construcción. [en línea]. Consultado el 11 de marzo de 2018. Disponible: <http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/la-madera-en-la-construccion/>

<sup>36</sup> BBC. Así es el rascacielos de madera más alto del mundo que quiere construir Japón. [en línea]. BBC Mundo. Consultado el 2 de marzo de 2018. Disponible: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-43127560>

#### **4.1.1. Corteza.**

Es la capa que está en contacto con el exterior que rodee al árbol, por ello se encarga de protegerlo de factores como el clima o algunos animales. Esta capa se conforma por los elementos, el cambium y la albura:

#### **4.1.2. Cámbium.**

Esta capa se encuentra adyacente a la corteza, es una delgada capa de apariencia transparente encargada de formar la capa que protege al árbol, además de circundar a la albura. Esta capa se conforma por otros dos estratos, xilema y floema:

**4.1.2.1. Xilema:** Es la capa interior del cambium y su función es formar la madera.

**4.1.2.2. Floema:** Se encuentra en la parte exterior y es la que realiza la corteza del árbol por las células muertas de la planta.

#### **4.1.3. Albura.**

Esta capa es la madera de menor edad del tronco de la madera, tiene un color blanco y es menos dura respecto a la Cambium, rodea al duramen. Su color se debe a que por esta parte del árbol se transporta la savia que forma una sustancia consumida por insectos.

#### **4.1.4. Duramen.**

Es la parte del tronco del árbol máspreciado para usos como material de madera, pues en esta parte del árbol se encuentra la madera seca y consistente, su color es oscuro, y por sus propiedades, es la encargada de sostener a la planta completa. Pero no transporta la savia del árbol.

#### **4.1.5. Medula.**

Es la parte central del árbol, tiene baja resistencia.

## **4.2. TIPOS DE MADERA.**

Por diferentes características como tiempo de crecimiento y resistencia, las maderas se pueden identificar en dos grupos las maderas blandas y las maderas duras.

### **4.2.1. Maderas blandas.**

Son maderas que su formación es más rápida que las duras, y se pueden identificar porque sus hojas tienen forma de aguja. Por su forma de crecimiento no alcanzan a formar una estructura fuerte por lo que se pueden trabajar de manera fácil, son de colores claros y son usados como materia prima para realizar papel. Algunas maderas que pertenecen a este grupo son el álamo y el pino.

### **4.2.2. Maderas duras.**

Su proceso de formación es lento, ocasionando que este tipo de maderas logren una formación en su estructura resistente por lo que son usados para muebles y como elementos estructurales portantes, su hoja tiene forma caduca por lo que se pueden distinguir de las maderas blandas.

## **4.3. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.**

### **4.3.1. Resistencia a la compresión.**

La madera puede experimentar diferentes comportamientos dependiendo de la dirección en que sea aplicada la carga, bien sea en dirección paralela a la fibra o de forma perpendicular a ellas, por ello el análisis se hace un análisis en ambos comportamientos.

#### **4.3.1.1. Compresión paralela a la fibra.**

Cuando la transferencia de carga se produce en este sentido, la longitud de la pieza tiene gran importancia para la utilidad que pueda tener este elemento como portante de carga, pues la forma en que se transfiere la carga al elemento, puede producir pandeo causado en gran parte por valor bajo del módulo de elasticidad que posee la madera. Por esta razón la madera no es frecuentemente utilizada en elementos estructurales esbeltos, como columnas, pilas y pilares.

#### **4.3.1.2. Compresión perpendicular a la fibra.**

Este tipo de efectos se presenta comúnmente en los puntos de apoyos de las vigas, donde se transfiere la carga que debe ser transmitida en áreas de reducidas, lo que puede producir deformaciones severas o aplastamiento en la pieza. Esto sucede porque en comparación con la carga que se da en sentido paralelo a las fibras, la resistencia es baja cuando se da en sentido perpendicular, pudiendo llegar hasta una cuarta parte de lo que se soporta en dirección paralela.

#### **4.3.2. Resistencia a flexión.**

Esta situación se produce cuando la madera debe soportar cargas en dirección perpendicular al sentido de sus fibras, esto produce una combinación de efectos a tracción y compresión, que juntos producen efectos diferentes a los que suceden cuando solo se produce una de estas propiedades, por ello es conveniente hablar de flexión en este material.

Cuando se hace una relación entre la densidad de la madera y la resistencia a la flexión que tiene la misma, se nota que en proporción, la madera tiene una resistencia elevada frente al concreto, los valores de esta resistencia habitualmente varían entre 14 y 30 N/mm<sup>2</sup>.<sup>37</sup>

En construcciones esta acción se produce en vigas y viguetas principalmente, por lo que si la edificación no es mayor a tres plantas o el elemento no deberá soportar cargas elevadas en cuanto a cantidad, es muy útil el uso de la madera como elemento portante.

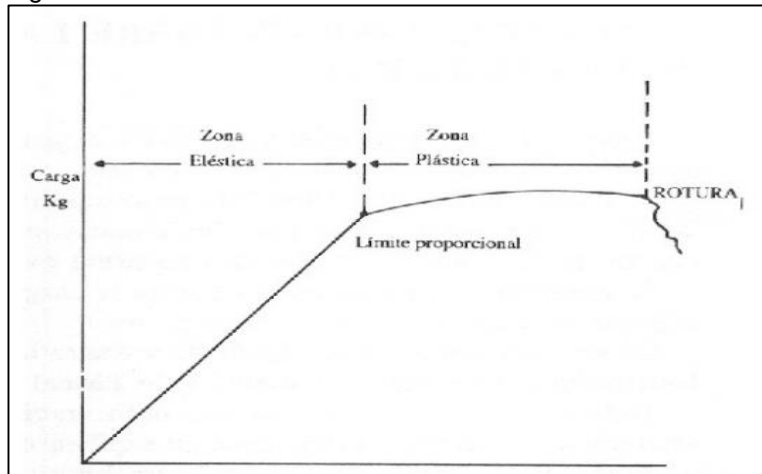
#### **4.4. RELACIÓN ESFUERZO Y DEFORMACIÓN.**

La realización de un análisis gráfico donde se sitúen el esfuerzo y la deformación que experimenta una pieza de madera, ayuda a establecer diferentes comportamientos que pueda experimentar dicha madera durante su uso. Para ello la gráfica de esfuerzo vs. Deformación (véase figura 43) permite detallar las situaciones descritas.

---

<sup>37</sup> (Anónimo). [en línea]. Consultado el 17 de marzo de 2018. Disponible: [http://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_40\\_mecanicaEstructural.pdf](http://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf)

Figura 43. Grafica de esfuerzo contra deformación.



Fuente. Ing. Oscar Escobar C., Ing. Jorge Ricardo Rodríguez, Javier Ángel Correa. [http://elsemillero.net/pdf/madera\\_tres.pdf](http://elsemillero.net/pdf/madera_tres.pdf)

La madera tiene el mismo comportamiento que otros materiales como el acero al momento en debe soportar carga, cuando se relaciona con la deformación que está sufriendo, se evidencia que tiene un comportamiento lineal, es decir la deformación y el esfuerzo son directamente proporcionales, hasta llegar al punto que pone fin a la recta, este punto se llama límite proporcional, hasta este punto denomina zona elástica. En esta zona la madera puede volver a tomar su forma original cuando ha sufrido deformaciones por causa de la carga.

Cuando la madera sigue recibiendo carga, pero su deformación aumenta de forma acelerada se dice que está sufriendo deformaciones plásticas, pues en este momento la madera no podrá volver a retomar su forma original y las deformaciones que sufre el serán permanentes.

## **5. EL CONCRETO**

La población mundial crece a gran escala, en el transcurso de las últimas décadas se ha evidenciado notablemente como las grandes ciudades se expanden exponencialmente, creando la necesidad de nuevas edificaciones y en general de una infraestructura que logre satisfacer las necesidades requeridas por miles o millones de sus habitantes. Estas estructuras en su mayoría están fabricadas o son posibles gracias a un material conocido como hormigón o concreto, el cual desde su descubrimiento se transformó en el material más empleado para la construcción puesto que su duración y resistencia junto con una fácil producción entre muchas cualidades lo hacen óptimo para que el hombre lo emplee en casi todos sus trabajos de construcción.

Con el transcurso del tiempo va evolucionando de acuerdo a las necesidades requeridas, cada vez salen al mercado diferentes tipos de concreto con características propias para utilizar en un proyecto con requerimientos afines.

### **5.1. DEFINICIÓN.**

El concreto en términos generales los podemos definir como la mezcla de cualquier tipo de cemento hidráulico, (cemento portland comúnmente es el más utilizado), con agregado fino, agregado grueso, agua y en algunos casos con aditivos. En la actualidad se pueden encontrar diferentes tipos de concretos, que se van creando y mejorando de acuerdo a las necesidades requeridas; estas dependen de muchos factores que intervienen de formas distintas tales como solicitaciones de carga, estructuras especiales, características de las zonas de construcción etc. De acuerdo a lo mencionado, estos son los diferentes tipos de concreto estipulados por el (ACI 318S-05)<sup>38</sup>

### **5.2. TIPOS DE CONCRETO.**

#### **5.2.1. Concreto estructural.**

Se le conoce como concreto estructural a todo aquel que es utilizado con fines estructurales, incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado.

---

<sup>38</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.



### **5.2.1.1. Concreto estructural liviano.**

Este tipo de concreto contiene un agregado liviano que cumple con lo estipulado en el capítulo 7. Pero también tiene una densidad de equilibrio, adoptada por la ASTM C 567<sup>39</sup> en el año 2000; la cual no debe exceder 1 840 kg/m<sup>3</sup>. Esta medida determina el cumplimiento o no, de los requisitos para una densidad de servicio especificada y se determina de dos formas diferentes, la primera mediante medición y la segunda calculada aproximadamente por cálculo. Se pueden encontrar dos tipos de concreto liviano definidos por la norma ASTM C 567. El concreto liviano con arena de peso normal es aquel en el que todo agregado fino ha sido sustituido por arena y el concreto liviano en todos sus componentes el cual no contiene arena natural.

### **5.2.2. Concreto prefabricado.**

Corresponde a uno o varios elementos de concreto estructural construido en un lugar diferente a la ubicación final que va a tener en la estructura.

### **5.2.3. Concreto simple.**

Es un tipo de concreto estructural el cual no tiene refuerzo, o cuenta con una menor cantidad que la especificada para concreto reforzado.

### **5.2.4. Concreto preesforzado.**

Este tipo de concreto estructural se le introducen esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos generados por las cargas los cuales producen tracción en el concreto. El concreto y el acero trabajan de la misma forma en la sección; es decir, a compresión y a tracción puesto que el acero en el concreto antes de ser un refuerzo, es una fuerza totalmente independiente de la carga de tal forma que si es suficiente el elemento en el caso de una viga bajo las cargas consideradas se comporta de manera elástica, en general se elimina la fisuración sin limitar sin limitar los esfuerzos en el acero ya que estos se han desarrollado antes de las aplicaciones de las cargas y bajo ciertas condiciones el acero de preesfuerzo puede funcionar como refuerzo. El preesforzado puede clasificarse según:

---

<sup>39</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete” ASTM 567. Pennsylvania United States.

#### 5.2.4.1. Pretensado o postensado.

De acuerdo al momento de tensionamiento de los torones o barras con respecto al vaciado del concreto.

##### - Pretensado.

El método consiste en tener un banco de prefabricación en el cual los torones son tensados entre apoyos rígidos antes del vaciado del concreto; cuando este se fragüe o alcance una resistencia determinada, se liberan los torones de manera controlada para transmitir los esfuerzos al concreto por adherencia, (véase figura 42).

Figura 44. Concreto preesforzado, pretensado.



Fuente. Redacción concreto.

<http://blog.360gradosenconcreto.com/el-abc-del-concreto-preesforzado/>

##### - Postensado.

Este método se puede realizar tanto en estructuras vaciadas in situ o prefabricadas, y consiste en colocar en el encofrado los cables de acero al interior en unos ductos antes de realizarse el vaciado del concreto; cuando este se haya fraguado o alcance una resistencia determinada se tensionan los cables que se pueden deslizar dentro de los ductos con la ayuda de gatos colocados en los extremos que se encuentran apoyados sobre el concreto. Posteriormente se bloquean las extremidades con el fin de dejar los cables tensionados.

Figura 45. Concreto preesforzado, postensado.



Fuente. Redacción concreto.  
<http://blog.360gradosenconcreto.com/el-abc-del-concreto-preesforzado/>

#### **5.2.4.2. Adherido o no adherido**

De acuerdo a la relación existente entre el concreto y los cables que generan las fuerzas de preesforzado.

##### **- Adherido.**

Cuando por el momento del vaciado se determina que el elemento se encuentra pretensado, los torones se encuentran íntimamente adheridos al concreto y se asimila al comportamiento adoptado por el concreto reforzado cuando se encuentra en estado fisurado, es decir, que las fisuras se van a repartir a lo largo del elemento. También en aquellos casos cuando el concreto postensado después de tensionados los cables, los ductos se llenan con mortero estos quedan íntimamente adheridos.

##### **- No adherido.**

Ocurre cuando el concreto que se encuentra postensado después del tensionado de los cables, los ductos en los que se encuentran no se llena con pasta de cemento. En este caso de concreto preesforzado no adherido se debe tener cuidado que no se presenten fisuraciones.

#### **5.2.4.3. Exterior o interior.**

De acuerdo a la localización de aquellos elementos que generan las fuerzas de preesforzado.

##### **- Exterior.**

El preesforzado exterior ocurre cuando los cables que o torones que generan la fuerza de preesforzado se adicionan exteriormente al concreto. Este método se utiliza especialmente para casos en los que se requiere reparar y repotenciar estructuras.

##### **- Interior.**

Ocurre cuando los cables o torones que brindan el esfuerzo de preesforzado se encuentran en el interior de la estructura, es un método muy utilizado puesto también otorga un recubrimiento al acero para evitar la corrosión.

#### **5.2.5. Concreto reforzado.**

Concreto estructural que es reforzado con una cantidad de acero no mínima a la del acero de preesforzado. Este concreto se define de tal forma que incluye el concreto preesforzado. Teniendo en cuenta que cualquier elemento de concreto preesforzado con tendón de preesfuerzo no adherido, su comportamiento puede variar en relación con aquellos elementos que contiene tendones continuamente adheridos. Es decir que el concreto reforzado de manera convencional junto con el concreto preesforzado con tendones de preesfuerzo adheridos y sin adherir, genéricamente se agruparon bajo el nombre de concreto reforzado.

Una de las principales características del concreto es que resistente a la compresión, pero débil a la tensión por lo cual, con el fin de resistir tensiones se emplea un refuerzo de acero que se coloca en zonas anteriormente previstas que estarán sometidas a fuerzas de tensión provocadas por las acciones de servicio haciendo parte de la sección asumiendo las tracciones que no puede tomar el concreto. Una de las funciones que cumple el refuerzo de acero es restringir las grietas que se originan por dichas fuerzas en el concreto; aunque el uso no se limita a este parámetro puesto que también se emplea en algunas zonas para aumentar la resistencia a la compresión del elemento y a su vez disminuye las deformaciones producidas por las cargas de servicio prolongadas, por otra parte,

propicia un confinamiento lateral al concreto, aumentando su resistencia a la compresión.

Para la fabricación de estructuras en concreto se deben tener en cuenta muchos parámetros dentro de los cuales se encuentra:

- Normas y ensayos para la calidad y aceptación de los materiales.
- Requisitos de construcción. (Durabilidad, calidad del concreto, mezclado y colocación, detalles del refuerzo).
- Análisis y diseño.
- Requisitos de resistencia y funcionamiento.
- Flexión y cargas axiales.
- Cortante y torsión.
- Longitud de desarrollo y empalmes de refuerzo.
- Los sistemas o elementos estructurales.
- Disposiciones para el diseño sísmico.

### **5.3. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO.**

#### **5.3.1. Durabilidad.**

El concreto debe cumplir con unos requisitos de durabilidad, para los cuales se emplean la continuación:

##### **5.3.1.1. Relación agua-material cementante.**

En el mayor de los casos las resistencias promedio a la compresión requeridas ( $f'_{cr}$ ), están entre 3,5 y 5 MPa más altas que las resistencias especificadas para la compresión ( $f'_c$ ) debido a que es muy complejo poder determinar con exactitud la relación agua- material cementante del concreto en el proceso de la producción. El valor de la resistencia a la compresión especificado, debe ser considerablemente congruente con la relación agua- material cementante requeridos por la durabilidad. Para concretos expuestos a suelos y aguas con sulfatos, así como para los que se encuentran expuestos a condiciones de congelamiento y deshielo. Las relaciones agua- material cementante máximas se encuentran en un rango de 0,4 a 0,5, o para prevenir la corrosión del refuerzo los valores de resistencia a la compresión típicamente están entre 28 MPa y 35 MPa respectivamente.

Cuando se realiza una selección congruente con la relación agua- material cementante requeridos por la durabilidad, permite determinar esta misma relación

en la obra de una manera efectiva. Puesto que en muchos casos el análisis de inspección se centra únicamente en verificar que la resistencia obtenida sea mayor a la solicitada, esto provoca que se descuide la calidad y la producción de concreto.

Para las condiciones en las que el concreto esté expuesto a productos químicos descongelantes, cantidad de ceniza volante y escoria puzolanas, humo de sílice o también a cementos adicionados. (Ver la tabla 2) para calcular la relación agua-material cementante y para exposición de sulfatos (ver la tabla 4).

Tabla 3. Requisitos para condiciones de exposición especiales.

Condición de exposición.	Concreto de peso normal Relación máxima agua-material cementante en peso.	Concreto con agregado normal y ligero $f'c$ mínima (MPa).
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,5	28
Concreto expuesto a congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	31
Para proteger el refuerzo en el concreto de la corrosión cuando está expuesto a cloruros de sales descongelantes, sal, agua salobre, o salpicaduras del mismo origen.	0,40	35

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) cap.4.1

Tabla 4. Requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos.

Exposición a Sulfatos	Sulfato acuoso (SO <sub>4</sub> ) en suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Concreto de peso normal, relación máxima agua-material cementante en peso.	Concreto de peso normal y ligero, f'c mínimo, MPa.
Insignificante	$0.00 \leq SO_4 < 0.10$	$0 \leq SO_4 < 150$	-	-	-
Moderada	$0.10 \leq SO_4 < 0.20$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	28
Severa	$0.20 \leq SO_4 < 2.00$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$SO_4 > 2.00$	$SO_4 > 10000$	V más puzolana	0,45	31

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) cap.4.3

*Nota. Cuando se consideran las ambas Tablas (3 y 4) se debe usar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f'c mínimo.*

*Exposición a sulfatos moderada: Agua de mar.*

*Tipo de cemento V más puzolana: Puzolana que se ha determinado por medio de ensayos o por experiencia que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.*

### 5.3.1.2. Exposición a congelamiento y deshielo.

Basado en la “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete” (ACI 211.1). La tabla 3 muestra el contenido de aire requerido para concreto resistente al congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes, puesto que todo concreto de peso normal y de peso liviano sometido a estas condiciones debe tener un contenido de aire indicado con una tolerancia respectiva de  $\pm 1.5\%$ . Para un  $f'c$  mayor a 35 MPa se puede reducir en un 1% el aire incorporado en la tabla 5.

Tabla 5. Contenido total de aire para concreto resistente al congelamiento

Tamaño máximo nominal del agregado (mm).	Contenido de aire, porcentaje.	
	Exposición severa.	Exposición moderada.
9,5	7,5	6
12,5	7	5,5
19	6	5
25	6	4,5
37,5	5,5	4,5
50	5	4
75	4,5	3,5

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) cap.4.2

En la tabla se indican condiciones a exposición severa que ocurre cuando se emplean sales descongelantes y el concreto en un clima frío está en frecuente contacto con la humedad antes de congelarse o el porcentaje de contenido de aire en condiciones moderadas cuando no se emplean sales descongelantes y el concreto en un clima frío está ocasionalmente en contacto con la humedad antes de congelarse, El porcentaje de establecido para ser incorporado al concreto no lo protege cuando este contenga agregados gruesos que sufran cambios de volumen que los destruyan cuando estén en condición saturada. El concreto que va a estar expuesto en las condiciones establecidas en la figura 42, primero debe cumplir con las condiciones de relación agua- material cementante máximas y el  $f'c$  mínimo requerido en la tabla. Por otra parte el concreto que esté expuesto a productos químicos descongelantes el peso máximo de cenizas volantes, otras puzolanas, humo de sílice, o escoria incluido en el concreto no debe superar los porcentajes con respecto al peso total de los materiales cementados dados en la tabla 4<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.



Tabla 6. Requisitos para concreto expuesto a productos químicos descongelantes.

Materiales cementantes.	Porcentaje Máximo sobre el Total de Materiales Cementantes en Peso.
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen ASTM C 618.	25
Escoria que cumple ASTM C 989.	50
Humo de sílice que cumple ASTM C 1240.	10
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria, y humo de sílice.	50
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice	35

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) cap.4.2

### 5.3.1.3. Exposición a sulfatos.

La tabla 4 estipula los requisitos que debe cumplir un concreto que va a estar expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos, o debe fabricarse con cementos resistentes a los sulfatos. Los cementos apropiados están numerados y se deben cumplir junto con la relación agua- material cementante además de la mínima resistencia a la compresión del concreto en alternas condiciones de aplicación. Las principales consideraciones que se deben tener en cuenta al escoger el cemento apropiado para resistir a los sulfatos es la concentración de aluminato tricálcico por esta razón la norma ASTM C 595<sup>41</sup> identifica un grupo de cementos más óptimos para usarse en condiciones moderadas y en condiciones severas; los cementos IP (MS), IS (MS), I (PM) (MS), e I(SM) (MS). Se usan en exposiciones moderadas debido a su contenido de aluminato tricálcico. El cemento tipo v que tiene un contenido máximo del 5% de aluminato tricálcico lo hace apropiado exclusivamente para uso en exposiciones severas mientras que los cementos tipo I o tipo III se pueden utilizar en exposiciones moderadas o severas debido a que las concentraciones de aluminato tricálcico pueden ser menores del 8% o del 5%.

También se pueden realizar algunos procedimientos para mejorar la resistencia a los sulfatos adicionándole un contenido mayor al 8% de aluminato tricálcico al cemento portland, empleando ceniza volante pero no se trata sólo de escoger un cemento que resista sulfatos, es necesario cumplir con los demás parámetros que

---

<sup>41</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Blended Hydraulic Cements. ASTM C595/C595M-18. Pennsylvania UnitedStates.

ayudan a hacer un concreto más durable como la mínima relación agua- material cementante, apropiado contenido de aire, correcta compactación etc.

#### 5.3.1.4. Protección del refuerzo contra la corrosión.

Se puede hacer un ensayo inicial de cada componente del concreto para determinar su contenido de iones de cloro siguiendo los procedimientos adecuados por la norma ASTM C 1218 debido a que la protección contra la corrosión del refuerzo en el concreto se debe determinar dichas concentraciones a diferentes edades del concreto ( 28 y 42 días) en las cuales el límite de iones no debe exceder lo establecido en la tabla 5 teniendo en cuenta que estos límites deben aplicarse a los cloruros que sean aportados por los componentes del concreto mas no a los aportados por el ambiente en el que se encuentren. Si los valores calculados exceden los permitidos en la tabla 5 puede ser necesario ensayar las muestras según lo descrito por la guía ACI 201 y si se presenta el caso en el concreto esté expuesto a cloruros por factores externos como cloruros de químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar etc. se deben considerar los mismos requisito de la tabla 1 con la máxima relación agua-material cementante y el mínimo esfuerzo de compresión para el concreto<sup>42</sup>.

Tabla 7. Contenido máximo de iones cloruro para la protección contra la corrosión del refuerzo.

Tipo de elemento.	Contenido máximo de iones de cloruro (CA <sup>-</sup> ) solubles en agua en el concreto, porcentaje en peso de cemento.
Concreto preesforzado.	0,06
Concreto reforzado que en servicio estará expuesto a cloruros.	0,15
Concreto reforzado que en servicio estará seco o protegido contra la humedad.	1,0
Otras construcciones de concreto reforzado.	0,3

Fuente. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05) cap.4.4

<sup>42</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.

### **5.3.2. Requisitos según el clima.**

Para climas fríos se debe contar con el equipo necesario para calentar todos los materiales que se utilizan en la fabricación del concreto, también funciona para protegerlo de temperaturas muy bajas cerca al congelamiento. Todos los materiales que van a estar en contacto con el concreto como el encofrado y el suelo de contacto debe estar libres de escarcha, de lo contrario no podrán utilizarse. Para especificaciones detalladas ver En “Cold Weather Concreting” del Comité ACI 306.

Para climas cálidos es necesario tener un total cuidado de evitar temperaturas excesivas que afecten las resistencias esperadas del concreto y la evaporación de agua, se debe inspeccionar materiales componentes, a la producción, colocación y curado. En “Hot Weather Concreting”, del Comité ACI 305 se encuentran explícitamente los factores que afectan las propiedades y las prácticas de construcción del concreto y las recomendaciones para minimizar los efectos del clima cálido en el concreto.

### **5.4. CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN.**

El concreto se dosifica de tal manera que se pueda obtener la resistencia deseada, y a su vez para lograr una trabajabilidad y consistencia que permitan trabajar el concreto más fácilmente en los procesos de colocación que se vayan a emplear en el encofrado, evitando la segregación y exudación excesiva, también se debe garantizar resistencia a los requisitos de durabilidad en condiciones especiales (véase sección 5.3.1) Por otra parte, en la dosificación especialmente la relación agua- material cementante debe ser la mínima o la resistencia a la compresión lo suficientemente alta para cumplir con los requerimientos exigidos a los criterios de resistencia.

#### **5.4.1. Mezclado del concreto.**

Antes de iniciar el mezclado del concreto, es necesario hacer una preparación del lugar donde se va a efectuar el proceso; retirando los escombros para acceder a los espacios que serán ocupados por el concreto, por otra parte, el equipo de mezclado y transporte debe estar limpio y humedecer las unidades que estén en contacto con el concreto como el encofrado y el refuerzo.

Todo concreto debe mezclarse hasta que sus materiales tengan una apariencia uniforme para satisfacer esta necesidad intervienen variables como el tiempo de

mezclado que a su vez se ve afectado por la eficiencia de la mezcladora, el volumen de la mezcla, rigidez tamaño y granulometría de los agregados. El mezclado se puede hacer en obra, para lo cual la mezcladora debe ser aprobada y debe trabajar a la velocidad recomendada por el fabricante prolongándose por lo menos 90 segundos después que todos los materiales estén dentro del tambor, este proceso debe cumplir con lo establecido por ASTM C 94<sup>43</sup>. Es necesario llevar un registro que identifique el número de tandas de mezclado, la dosificación del concreto, hora y fecha del mezclado y su colocación. Si por el contrario se requiere concreto premezclado este proceso debe realizarse cumpliendo lo establecido por “Specification for Ready-Mixed Concrete” (ASTM C 94) o “Specification of Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing” (ASTM C 685).

#### **5.4.2. Transporte.**

El transporte del concreto se debe hacer mediante la mezcladora hasta el sitio de descarga, se debe evitar la segregación de sus materiales manteniendo la uniformidad y la entrega sin interrupciones para evitar pérdidas de plasticidad entre capas sucesivas de colocación.

#### **5.4.3. Colocación.**

Al igual que en el transporte se debe evitar la separación involuntaria de los materiales constituyentes del concreto o las partículas del agregado provocando la falta de uniformidad en su distribución (**segregación**) de los materiales por lo que se sugiere no hacer una manipulación excesiva y por consiguiente la colocación debe realizarse en el menor tiempo posible pero a una velocidad tal que el concreto mantenga su plasticidad y fluya dentro de los espacios entre el esfuerzo, en este proceso no se debe utilizar elementos de aluminio o aleaciones de aluminio ya que está demostrado que la reacción entre el álcalis del cemento y la erosión del aluminio que se utiliza en la colocación producen hidrogeno provocando una reducción de la resistencia de hasta el 50%. Durante el colocado no se debe agregar concreto contaminado o endurecido parcialmente ni mucho menos adicionarle agua para un premezclado, de igual forma se debe hacer este proceso de manera constante llenando todos los espacios del refuerzo y del encofrado.

---

<sup>43</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Specification for Ready Mixed Concrete”. C94/C94M - 17<sup>a</sup>. Pennsylvania UnitedStates

#### 5.4.4. Curado.

El concreto debe mantenerse en las condiciones de humedad y temperatura iniciales para permitir la hidratación hidráulica para desarrollar propiedades potenciales en la mezcla por lo general a temperaturas por arriba de los 10 °C durante el proceso del curado, así como un ambiente húmedo durante los primeros siete días siempre y cuando este no sea un concreto de alta resistencia inicial y el proceso de curado no sea acelerado.

Si el proceso de curado se realiza para un concreto de alta resistencia inicial y el proceso de curado no sea acelerado, este debe mantenerse a 10 °C en condiciones de humedad durante los primeros tres días.

Dependiendo del proceso del curado se obtiene una extensión en el desarrollo de una propiedad de la mezcla (**madurez**), a lo que en términos generales se refiere a una ganancia en la resistencia de la mezcla de concreto y otras propiedades que dependen de reacciones químicas que ocurren en los materiales cementosos después del fraguado final (**endurecimiento**). La función de la madurez es expresar matemáticamente el índice de madurez obtenido a partir del historial de temperatura de la mezcla durante el periodo de curado, durante el proceso se debe suministrar abundante agua para la hidratación o reacción completa de los materiales cementosos.

Dos índices de madurez muy utilizados son la edad equivalente y el factor temperatura - tiempo; la edad equivalente se toma como el número de días u horas transcurridos en el proceso de curado de la mezcla de concreto a una temperatura específica que se requiera para producir un vencimiento igual al alcanzado por otro curado dado a temperaturas diferentes a la temperatura utilizada para un curado de laboratorio estándar; es decir, un concreto curado durante tres días a temperaturas elevadas puede tener una edad de siete días de curado en el laboratorio a temperatura estándar (**temperatura especificada**). Teniendo en cuenta que el término de temperatura mencionado se refiere a la temperatura del lugar en el que se encuentra expuesto el concreto directamente, se puede considerar como la temperatura del aire que se encuentra en contacto sobre con la superficie del concreto, pero en procesos como el mezclado, la colocación y el curado es más práctico medir la temperatura de la mezcla<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. ASTM C125-18. Pennsylvania UnitedStates.

#### **5.4.4.1. Curado acelerado.**

Este proceso se puede realizar tanto para elementos prefabricados o contruidos en obra y el resultado de durabilidad sea tal que garantice por lo menos la misma que se obtiene para curado en condiciones normales, este tipo de curado también debe proporcionar la resistencia a la compresión del concreto igual en una etapa de diseño requerida a una considerada, esto se logra mediante un curado con vapor a alta presión a presión atmosférica calor y humedad y en general cualquier otro proceso aceptado. Este procedimiento como es acelerado requiere una atención especial en lo que concierne a la pérdida de humedad durante el proceso. El concreto que es curado a vapor no alcanza los mismos niveles de resistencia a la compresión de otro concreto que haya sido curado en condiciones de humedad con temperaturas totalmente reguladas y controladas, del mismo modo el módulo de elasticidad puede diferir con respecto a probetas curadas con humedad a temperaturas normales.

#### **5.4.5. Consolidación.**

Para mezclas cementosas es el proceso mediante el cual se aumenta densidad a la mezcla fresca contenida en un molde o recipiente reduciendo drásticamente el volumen de los huecos aplicando energía mecánica que generalmente se produce con una varilla, apisonamiento, golpeteo, o la agitación de la mezcla mediante un dispositivo vibratorio ya sea interno o externo que ayude a consolidar la mezcla (vibración) también se puede realizar este proceso combinando alguno de estos métodos, el proceso se realiza para todos los concretos excepto para el concreto autocompactante.

#### **5.4.6. Tiempo de fraguado.**

Se le conoce como tiempo de fraguado al tiempo transcurrido desde el momento de adición del agua a una mezcla cementosa hasta que éste alcance la rigidez especificada mediante un proceso gradual y continuo determinado para un método de prueba dado. Se determinan dos tiempos de fraguado; el tiempo de fraguado inicial que se obtiene determinando el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento y el agua y el tiempo en que este alcanza una resistencia a la penetración de 500 psi y el tiempo de fraguado final que se obtiene determinando el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento y el agua y el tiempo en que este alcanza una resistencia a la penetración de 4000 psi. Disponible en UCC-CT4.

## **5.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.**

### **5.5.1. Resistencia a la compresión.**

Esta es una de las características mecánicas principales del concreto y se puede definir como la capacidad de soportar una carga por unidad de área (**esfuerzo**) en unidades de en kg/cm<sup>2</sup>, MPa. El ensayo para determinar la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto se realiza bajo el régimen de normas técnicas UCC-CT7 el proceso se realiza cuando el concreto en términos generales haya obtenido una ganancia en la resistencia de la mezcla y otras propiedades que dependen de reacciones químicas que ocurren en los materiales cementosos después del fraguado final a diferentes edades generalmente a los 1, 3, 7, 14, 28, 90 y 360 días pero el por razones técnicas y también prácticas a los 28 días puesto que el desarrollo del concreto a alcanzado su resistencia en gran proporción y en términos de construcción este tiempo esperar este tiempo no afecta significativamente la marcha de las obras. A menos que se utilicen aditivos aceleradores que aumente la velocidad de la reacción del cemento y reduzca el tiempo de fraguado, aumentando el desarrollo de la resistencia inicial o rigidez temprana debido a la pérdida rápida de plasticidad de la mezcla.

Muchos factores que ya se explicaron anteriormente influyen en la resistencia mecánica del concreto como el contenido de cemento que según su cantidad tiene una gran influencia puesto que es el material más activo en la mezcla, los agregados, la relación agua- material cementante, fraguado, curado, temperatura etc<sup>45</sup>.

### **5.5.2. Resistencia a la tensión del concreto.**

El concreto estructural tiene la capacidad de resistir a esfuerzos de compresión, pero su comportamiento no es tan eficiente cuando se somete a esfuerzos de tracción, flexión o cortante. Razón por la cual es necesario combinarlo con refuerzos de acero (concreto armado) para evitar las deformaciones y posteriormente la falla. Por otra parte se realizan ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la tensión indirecta de especímenes de concreto UCC-CT9 este método es muy similar al de compresión pero a su vez representativo

---

<sup>45</sup> Jesús Osorio. Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. [en línea] Disponible en: <<http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>>

para imitar la respuesta de un pavimento flexible determinando la carga máxima que aguanta antes de romper, en el ensayo se pueden hacer comparaciones con cilindros reforzados por métodos determinados para comparar las deformaciones, resistencia y el impacto generado por el tipo de refuerzo empleado en pavimento flexible.

### **5.5.3. Módulo de elasticidad.**

Cuando el concreto es sometido a esfuerzos de compresión o tracción menores al límite de proporcionalidad del material se puede determinar la relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente (módulo de elasticidad). La expresión determinada para el módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  definida como la pendiente de la secante trazada desde un esfuerzo nulo hasta un esfuerzo de compresión de  $0,45 f'_c$ , los valores de la densidad del concreto  $W_c$  están comprendidos entre 1500 y 2500 kg/m<sup>3</sup>

$$E_c = W_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \text{ [MPa]}$$

Donde:

$W_c$  = densidad del concreto, [kg/m<sup>3</sup>].

$f'_c$  = resistencia especificada a la compresión del concreto, [MPa].

Para el acero de refuerzo no preesforzado el módulo de elasticidad  $E_s$  puede tomarse como 200 000 MPa y para el acero de preesforzado el módulo de elasticidad  $E_p$  se debe determinar mediante ensayos de laboratorio a menos que no sea indicado por el fabricante.

### **5.6. AGUA UTILIZADA EN LA MEZCLA.**

En general casi toda agua que se pueda beber y que no tenga un olor o color marcado se puede utilizar en el concreto, si existen impurezas excesivas en el agua de mezclado se puede alterar no solo la resistencia del concreto sino el tiempo de fraguado y la estabilidad volumétrica además de corrosión en el esfuerzo. Razón por la cual se deben evitar presencia de sólidos disueltos en altas concentraciones, aceites, sales, ácidos materia orgánica etc. Dadas las ocasiones en las que el agua esté libre de impurezas, se debe tener en cuenta para los cálculos aceptables en el concreto las que posiblemente se adicionen el los agregados o aditivos, para los casos en los que el concreto tenga elementos de



aluminio embebidos como el concreto preesforzado; el agua de mezclado debe cumplir con las cantidades de iones de cloruro especificados en la tabla 5. Si no se dispone de agua potable en el lugar para utilizarse en la mezcla del concreto esta solo se puede aceptar si los ensayos de especímenes realizados con esta agua al transcurso de los 7 y 28 días alcanzan una resistencia por lo menos del 90% en comparación con especímenes realizados con agua potable y la dosificación de las mezclas de concreto se hacen se realizan con agua de la misma fuente<sup>46</sup>.

## **5.7. ACERO DE REFUERZO.**

El acero de refuerzo que se utiliza debe ser corrugado a excepción de cuando se trata de espirales o acero de preesfuerzo, en estos casos se puede utilizar refuerzo liso o en dados casos se utilizan refuerzos en perfiles de acero estructural o elementos tubulares de acero. Para ver las propiedades específicas revisar el capítulo 2, de metales.

## **5.8. ADITIVOS.**

El aditivo es aquel material que no es agua, material cementante, agregado o refuerzo que se usa para las propiedades recién mezcladas, fraguadas o endurecidas del concreto y se agrega a la cantidad de un solo material que se considera como unidad, es decir, fabricado durante una sola producción de ejecución (*lote*) antes o durante del mezclado. El aditivo debe ser capaz de mantener la misma composición y comportamiento de las condiciones iniciales de la mezcla durante toda la obra y los aditivos que contengan cloruros no se pueden utilizar en concreto preesforzado o concreto que va a estar en encofrados realizados con en acero galvanizado y debe cumplir con lo establecido en la tabla 4 y tabla 7.

### **5.8.1. Aditivo acelerador.**

Aquel que reduce el tiempo de fraguado y aumenta el desarrollo del concreto debido a que aumenta la velocidad de reacción del cemento.

### **5.8.2. Aditivo retardante.**

---

<sup>46</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.

Aquel en el que aumenta el tiempo de fraguado del concreto y disminuye la velocidad de reacción del cemento.

### **5.8.3. Aditivo reductor de agua.**

Cumple la función de aumentar el asentamiento del concreto posterior al mezclado, sin aumentar el contenido de agua.

### **5.8.4. Aditivo reductor de agua a alto rango.**

Cumple la misma función del reductor de agua en condición normal a excepción que este es capaz de reducirlas hasta un 12%.

### **5.8.5. Aditivo químico.**

Se refiere a una mezcla en forma líquida o soluble en agua de materiales finamente molidos tales como puzolana, cemento de escoria o agregado finamente picado.

### **5.8.6. Aditivo atrayente de aire.**

Este aditivo causa un desarrollo de burbujas de aire microscópicas durante el mezclado.

## 6. CEMENTO

Es un conglomerante que cumple la función de unir fragmentos de los materiales, que componen el concreto, generando cohesión entre las partículas por medio de transformaciones químicas que se originan en su masa cuando entra en contacto con el agua, dando como resultado un nuevo compuesto (roca de tipo artificial).

Según ACI 318S-05<sup>47</sup> y Comentario (ACI 318SR-05) el cemento debe cumplir con las siguientes normas:

- “Specification for Portland Cement” (ASTM C 150).
- “Specification for Blended Hydraulic Cements” (ASTM C 595), se excluyen los Tipos S y SA ya que no pueden ser empleados como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.
- “Specification for Expansive Hydraulic Cement” (ASTM C 845).
- “Performance Specification for Hydraulic Cement” (ASTM C 1157).

### 6.1. Tipos de cemento.

#### 6.1.1. Cemento Portland.

Es el producto obtenido por las mezclas de calizas y arcillas, sinterizadas por medio de la cocción y moliendas para el producto resultante con una pequeña adición de yeso. En general la constitución del Clinker de cemento portland está compuesta por silicato tricálcico y bicálcico, aluminato tricálcico, aluminoferrito tetra cálcico y posee algunos componentes secundarios en su estructura como el yeso y la cal. El agua o sulfato de calcio utilizado en el proceso no deben exceder los límites establecidos en la tabla 6. Según ASTM C 150<sup>48</sup>. Para el cemento portland se permiten adiciones de piedra caliza pero no que sea un ingrediente del cemento y no debe exceder el 5% en masa.

La especificación estándar para cemento portland (ASTM C 150). Cubre diez tipos de cemento:

✓ Tipo I: Se usa cuando no son especificadas propiedades especiales tales como la protección del ataque de cloruros, sulfatos etc.

---

<sup>47</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.

<sup>48</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Portland Cement. C150/C150M - 18. Pennsylvania UnitedStates

- ✓ Tipo IA: Este tipo de cemento se usa para los mismos requerimientos que el Tipo I, pero se le incorpora aire en el caso que se desee la adición.
- ✓ Tipo II: Es de uso general, pero especialmente se aplica cuando se requiere una resistencia a los sulfatos de forma moderada.
- ✓ Tipo IIA: Se utiliza para los mismos usos del cemento Tipo II, pero se le induce aire cuando se desee la entrada de este.
- ✓ Tipo II (MH): Se utiliza para los casos en los que se requiera una resistencia a los sulfatos de forma moderada pero más especialmente cuando se requiera un calor moderado de hidratación.
- ✓ Tipo II (MH) A: Se utiliza para los mismos usos del cemento Tipo II (MH), pero se le induce aire cuando se desee la entrada de este.
- ✓ Tipo III: Cuando se requieran desarrollar altas resistencias iniciales, a edades tempranas comprendidas entre 3 y 7 días.
- ✓ Tipo III A: Se utiliza para los mismos usos del cemento Tipo III, pero se le induce aire cuando se desee la entrada de este.
- ✓ Tipo IV: Se emplea cuando se desee tener bajo calor de hidratación, el desarrollo de resistencias es más demorado en comparación con los otros tipos de cemento.
- ✓ Tipo V: Óptimo para cuando se requiera tener una alta resistencia a los sulfatos.

A continuación, las tablas 8, 9, 10, 11 se especifican los requerimientos que debe tener el cemento portland, según ASTM C 150<sup>49</sup>.

Tabla 8. Requisitos de composición estándar.

Tipo de cemento	Método de prueba aplicable.	I y IA	II y IIA	II (MH) y II (MH) A	III y IIIA	IV	V
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máximo,%	ASTM C114	-	6	6	-	-	-
Óxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máximo,%		-	6 <sup>A</sup>	6 <sup>AB</sup>	-	6,5	-
Óxido de magnesio (MgO),		6	6	6	6	6	6

<sup>49</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Portland Cement. C150/C150M - 18. Pennsylvania UnitedStates.

Tipo de cemento	Método de prueba aplicable.	I y IA	II y IIA	II (MH) y II (MH) A	III y IIIA	IV	V
máx,%							
Cuando (C3A) es 8% o menos		3	3	3	3,5	2,3	2,3
Cuando (C3A) es más del 8%		3,5	-	-	4,5	-	-
Cuando la piedra caliza no es un ingrediente		3	3	3	3	2,5	3
Cuando la piedra caliza es un ingrediente		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Residuo insoluble, máx., %	ASTM C114	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Silicato de tricalcio (C3S), máx., %	ASTM C114 ANEXO A1	-	-	-	-	35 <sup>B</sup>	-
Silicato dicálcico (C2S), min,%	ASTM C114 ANEXO A1	-	-	-	-	40 <sup>B</sup>	-
Aluminato tricálcico (C3A), max,%	ASTM C114 ANEXO A1	-	8	8	15	7 <sup>B</sup>	5 <sup>A</sup>
Suma de C3S + 4.75C3A, max,%	ASTM C114 ANEXO A1	-	-	10 <sup>BC</sup>	-	-	-
Aluminoferrita tetracálcica más el doble de aluminato	ASTM						

Tipo de cemento	Método de prueba aplicable.	I y IA	II y IIA	II (MH) y II (MH) A	III y IIIA	IV	V
tricálcico (C4AF + 2 (C3A)), o solución sólida (C4AF + C2F), según corresponda, máx., %	C114 ANEXO A1	-	-	-	-	-	25 <sup>A</sup>

Fuente. ASTM C150-18.

*Nota.*

*(A) No se aplica cuando se especifica el límite de resistencia a sulfato en la Tabla 9.*

*(B) No se aplica cuando se especifica el límite de calor de hidratación en la Tabla 9.*

*(C) Además, se realizará una prueba de calor de tres días con el método de prueba C1702 al menos una vez cada seis meses. Dichas pruebas no se utilizarán para la aceptación o el rechazo del cemento, pero los resultados se informarán con fines informativos.*  
H

Tabla 9. Requisitos de composición opcionales.

Tipo de cemento	Método de prueba aplicable.	I y IA	II y IIA	II (MH) y II (MH) A	III y IIIA	IV	V	Observaciones.
Aluminato tricálcico (C3A), max,%	ASTM C114 ANEXO A1	--	--	--	8	--	--	Para resistencia moderada a sulfato
Aluminato tricálcico (C3A), max,%	ASTM C114 ANEXO A1	--	--	--	5	--	--	Para una alta resistencia a los sulfatos
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658K <sub>2</sub> O), máx., %	ASTM C114	0,6 <sup>A</sup>	0,6 <sup>A</sup>	0,6 <sup>A</sup>	0,6 <sup>A</sup>	0,6 <sup>A</sup>	0,6 <sup>A</sup>	Cemento bajo en álcali

Fuente. Fuente ASTM C150-18

*Nota.*

*(A) Especifique este límite cuando el cemento se va a usar en concreto con agregados que son potencialmente reactivos y no se han hecho otras disposiciones para proteger el concreto de agregados nocivos reactivos. Consulte la Especificación ASTM C33 para obtener información sobre la reactividad potencial de los agregados.*

Tabla 10. Requisitos físicos estándar.

Tipo de cemento.		Método de prueba aplicable.	I	IA	II	IIA	II(MH)	II(MH)A	III	III A	IV	V
Contenido de aire del mortero, volumen %	Mín.	ASTM C185	12	22	12	22	12	22	12	22	12	12
	Máx.		--	16	--	16	--	16	--	16	--	--
Prueba de permeabilidad al aire.	Mín.	ASTM C204	260	260	260	260	260	260	--	--	260	260
	Máx.		--	--	--	--	430 <sub>A</sub>	430 <sub>A</sub>	--	--	430	--
Expansión de autoclave, máx. %		ASTM C151	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Resistencia a la compresión, (MPa) Mín.	1 día	ASTM C109/109M	--	--	--	--	--	--	12	10	--	--
	3 días		12	10	10	8	10 <sub>7<sup>B</sup></sub>	8 <sub>6<sup>B</sup></sub>	24	19	--	8
	7 días		19	16	17	14	17 <sub>12<sup>B</sup></sub>	14 <sub>9<sup>B</sup></sub>	--	--	7	15
	28 días		--	--	--	--	--	--	--	--	17	21
Tiempo de ajuste; Prueba Vicat en minutos	Mín.	ASTM C191	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
	Máx.		375	375	375	375	375	375	375	375	375	375

Fuente. ASTM C150-18.



Nota.

(A) Los límites máximos de finura no se aplican si la suma de C3S + 4.75 C3A es menor o igual que 90.

(B) Cuando se especifica el calor de hidratación opcional en la Tabla 9.

Tabla 11. Requisitos físicos opcionales.

Tipo de cemento.	Método de prueba aplicable	I y II	IA y IIA	II (MH)	II (MH) A	III	IIIA	IV	V
penetración final, min%	ASTM C451	50	50	50	50	50	50	50	50
Calorimetría de conducción isotérmica máxima a los 3 días. (kJ / kg)	ASTM C1702	--	--	255 <sup>A</sup>	255 <sup>A</sup>	--	--	200 <sub>B</sub>	--
Calorimetría de conducción isotérmica máxima a los 7 días. (kJ / kg)		--	--	--	--	--	--	225 <sub>B</sub>	--
Resistencia a la compresión, (MPa) Mín. para 28 días.	ASTM C109/109 M	28	22	28 22 <sup>A</sup>	22 18 <sup>A</sup>	--	--	--	--
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máximo,% de expansión.	ASTM C452	--	--	--	--	--	--	--	0,04
Prueba Gillmore inicial, (min),	ASTM C266	60	60	60	60	60	60	60	60

Tipo de cemento.	Método de prueba aplicable	I y II	IA y IIA	II (MH)	II (MH) A	III	IIIA	IV	V
Mín.									
Prueba Gillmore inicial, (min), Mín.	ASTM C1266	600	600	600	600	600	600	600	600
Prueba turbidímetro Mín.	ASTM C115	150	150	150	150	--	--	150	150
Prueba turbidímetro Máx.	ASTM C115	--	--	245 <sup>C</sup>	245 <sup>C</sup>	--	--	245	--

Fuente. ASTM C150-18.

*Nota.*

*(A) El límite para la suma de C3S + 4.75C3A en la Tabla 6 no se aplicará cuando se solicite este límite opcional. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando se solicita el requisito de calor de hidratación opcional.*

*(B) Cuando se especifica el límite de calor de hidratación, debe ser en lugar de los límites de C3S, C2S, C3A y Fe2O3 enumerados en la Tabla 6.*

*(C) Los límites máximos de finura no se aplican si la suma de C3S + 4.75 C3A es menor o igual a 90.*

Las pruebas que se le realizan al concreto para determinar las propiedades especificadas en los puntos anteriores se determinan de acuerdo a los siguientes ensayos.

- ✓ Métodos de análisis químico ASTM C114.
- ✓ Contenido de aire del método de prueba de mortero ASTM C185.
- ✓ Finura por permeabilidad al aire ASTM C204.
- ✓ Método de prueba de expansión de autoclave. ASTM C151.

- ✓ Método de prueba de resistencia C109 / C109M.
- ✓ Tiempo de ajuste mediante el método de prueba de agujas Vicat ASTM C191.
- ✓ Método de prueba False Set ASTM C451.
- ✓ Método de prueba de calor de hidratación ASTM C1702.
- ✓ Método de prueba de resistencia al sulfato ASTM C452 (expansión de sulfato).
- ✓ Tiempo del ajuste con agujas Gillmore - ASTM C266.
- ✓ Finura por turbidímetro ASTM C115.
- ✓ Sulfato de calcio (expansión de) Método de ensayo de mortero ASTM C1038.

#### **6.1.2. Cemento Portland caliza.**

Es un cemento hidráulico el cual se da por la mezcla uniforme de Clinker portland (que consiste en la fundición predominantemente de silicatos de calcio hidráulicos cristalinos) y caliza finamente molida la cantidad de piedra caliza debe estar dentro de los límites especificados.

#### **6.1.3. Cemento de horno alto.**

Es un cemento hidráulico el cual se da por la mezcla uniforme de Clinker portland y escoria granulada de alto horno finamente molida con adición de sulfato de calcio, la cantidad de escoria granulada o constituyente de cemento de escoria debe estar dentro de los límites especificados. Entre el 15% y el 85% de la masa total.

La escoria granulada de alto horno se forma cuando la escoria fundida de alto horno se deja enfriar rápidamente como la inmersión en agua.

#### **6.1.4. Cemento puzolánico.**

Se denomina cemento puzolánico a la mezcla del Clinker de cemento Portland y regulador de fraguado en proporción inferior al 89% en peso, y puzolana en proporción superior al 11% en peso, que es un material silíceo o silíceo y aluminoso, que en términos generales por si misma posee poco o ningún valor cementoso pero que, en forma muy fina y en presencia de humedad, reaccionará químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar hidratos cementosos.

### **6.1.5. Cemento compuesto.**

Es todo aquel que en su contenido se encuentra Clinker de cemento portland y regulador de fraguado entre el 40% y el 64% con escoria en un rango admisible del 18% al 30%. Contiene puzolanas naturales y cenizas volantes en una proporción igual a la de la permitida para la escoria granulada.

## **6.2. PASTA DE CEMENTO.**

Se entiende por pasta de cemento a la mezcla que aún posea gran parte de su trabajabilidad original para que pueda ser colocada y trabajada por los métodos deseados (fresca) o que haya desarrollado una resistencia suficiente que permite resistir a cargas solicitadas (endurecida) de cemento hidráulico con productos de hidratación y agua con o sin cualquier material cementante suplementario ya sean aditivos o agregados finos con partículas inferiores a las 75 µm.

## **6.3. CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO.**

### **6.3.1. Plasticidad del cemento.**

El término plástico hace referencia a la capacidad para inducirle a la pasta un alto grado de trabajabilidad y retención de agua a la mezcla por un periodo de tiempo de tal forma que después de la aplicación inicial se puede volver a trabajar para obtener tanto la densificación como la textura deseada.

### **6.3.2. Densidad del cemento hidráulico.**

La densidad del cemento hidráulico se define como la masa de un volumen unitario de los sólidos, en el caso del cemento portland la densidad es elevada depende del tipo y de su compactación, pero puede aceptarse un valor promedio 1500 kg/m<sup>3</sup>, el cual concuerda con el volumen que se asume para un saco de cemento de 50 Kg.

### **6.3.3. Consistencia normal.**

Es el grado de plasticidad de una mezcla fresca o endurecida de cemento con agua. Con o sin aditivos que es apropiada para para diferentes pruebas o método estipulado que requiera movilidad relativa o capacidad de fluir específica.

## 7. AGREGADOS PARA CONCRETO

Se entiende por agregados al material granular como arena, grava, piedra triturada y en algunos casos escoria de hierro de alto horno que junto a un material cementante forman el concreto o mortero hidráulico. Aquel agregado que sea retenido por el tamiz de 4.75 mm (No 4) se define como agregado grueso, en tanto que el agregado que pase casi por completo por el tamiz de 4.75 mm (No 4) o totalmente por el tamiz de 9.5 mm (3/8 pulg.) y posteriormente retenido por el tamiz de 75  $\mu$ m (n. ° 200) se define como agregado fino.

Según ACI 318S-05<sup>50</sup> y Comentario ACI 318SR-05 los agregados deben cumplir con unos requisitos para poder ser utilizados en el concreto; Una de las siguientes normas.

- "Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete" (ASTM C 330).
- "Specification for Concrete Aggregates" (ASTM C 33).

En algunos casos los agregados que cumplen con lo establecido por las normas no están disponibles o no son asequibles por diferentes razones generalmente económicas por su costo de producción para cumplir los estándares, pero en determinados casos mediante aceptaciones especiales se pueden incluir o aceptar materiales que históricamente han arrojado buenos resultados; dado este caso es necesario también comprender que estos materiales funcionaron con un comportamiento aceptable en lugares y condiciones propias y que su comportamiento puede variar en condiciones y lugares diferentes. Las normas mencionadas pueden omitirse para casos especiales en los que se haya demostrado que los agregados producen concreto de alta resistencia y durabilidad adecuada mediante ensayos especiales y experiencias prácticas.

El agregado grueso debe tener un tamaño apropiado que se limita a un tamaño nominal máximo de 1/3 de la altura de la losa, 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado 3/4 de la distancia existente entre los refuerzos, entre otras especificaciones que deben cumplir los agregados esta que se mencionó anteriormente puede entenderse como una recomendación ya que el ingeniero puede juzgar a estos afirmando que se puede trabajar el concreto y colocarse sin afectar las propiedades dejando vacíos u hormigueos.

---

<sup>50</sup> AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.

## **7.1. AGREGADOS SEGÚN SU DENSIDAD.**

El agregado puede ser pesado, lo que comúnmente se conoce como un agregado de alta densidad relativa con valores iguales a 3,3. En tanto que el agregado liviano se conoce por su baja densidad y sus valores son menores a 1120 kg / m (densidad aparente) tales como cenizas volcánicas, escoria diatomita, pizarra etc. Por último, el agregado de peso normal o densidad normal se caracteriza por tener valores medios de densidad comparados con los dos anteriores tipos de agregados (ni alta ni baja). Puesto que su densidad relativa puede variar entre 2,4 y 3,0 o su densidad aparente varía entre 1120 kg / m<sup>3</sup> y 1920 kg<sup>51</sup>.

### **7.1.1. Densidad aparente o peso unitario.**

Se define como la masa de la unidad de volumen del agregado. Este volumen de la unidad incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre las partículas, es decir, la masa del material sólido dividida por el volumen de material sólido más poros impermeables. En tal caso que se incluyan poros permeables en el volumen se debe definir la condición de humedad en que se encuentran los poros permeables cuando se mida la masa; para delimitar estas condiciones se tiene el secado al horno (OD), saturado superficialmente seco (SSD). Es decir que para aplicar el termino densidad con uno de los delimitadores anteriores, como por ejemplo la densidad de un material en condición de SSD no se usa con densidad absoluta o aparente porque dichos poros permeables no se encuentran definidos dentro de del cálculo de los volúmenes.

### **7.1.2. Densidad relativa.**

Se entiende como la relación existente entre la densidad del agregado a una temperatura especificada y la densidad del agua destilada a la misma temperatura del material; en tal caso que no se especifique la temperatura, se supone que es de 23 °C.

## **7.2. AGREGADOS SEGÚN SU ORIGEN.**

Los agregados según su lugar de procedencia y procesos involucrados en su formación se pueden clasificar como sedimentarios; los cuales provienen de rocas sedimentarias que salen a la superficie cuando las rocas se descomponen,

---

<sup>51</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Portland Cement. C150/C150M - 18. Pennsylvania UnitedStates.

precipitan o se desintegran. Los agregados ígneos u originales cuya procedencia es de rocas ígneas generalmente endógenas o magmáticas como plutónicas, filonianas y extrusivas y los agregados metamórficos que provienen de rocas metamórficas con una característica intrínseca; la resistencia a altas temperaturas y presiones a las cuales se ha sometido en su proceso de formación, aptas para usos en construcción.

### **7.3. AGREGADOS SEGÚN SU FRAGMENTACIÓN.**

Dependiendo de la fragmentación, podemos encontrar los agregados que se fragmentan por medio de procesos naturales y los agregados que son fragmentados por medio de procesos mecánicos y los agregados que son combinados por los dos métodos de fragmentación anteriores.

### **7.4. ABSORCION DE LOS AGREGADOS.**

Es un proceso mediante el cual los agregados aspiran líquido para llenar los poros permeables en su interior que a su vez aumentan de masa de cuerpo sólido debido a la penetración de líquidos en sus poros interiores, el incremento en la masa no debe incluir el líquido adherido a la superficie exterior del agregado y se representa como un porcentaje de la masa del secado.

### **7.5. IMPORTANCIA DE LOS AGREGADOS EN EL CONCRETO.**

Realizando una correcta distribución de los agregados en la mezcla, estos reducen el contenido de la pasta de cemento en la mezcla provocando una reducción de costo en la producción del concreto puesto que estos ocupan entre un 65 % a 70% del total del contenido. Si bien existen diferentes tipos y tamaño de agregado la elección correcta interviene directamente en procesos como asentamiento y resistencia (textura de agregados finos y gruesos). Como conclusión se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas y necesarias según el diseño de mezcla Para lograr los mejores resultados en la mezcla y evitar problemas como la segregación. Se debe controlar el exceso de agregados gruesos, o para tener una buena cohesión de la mezcla que se pueda trabajar se debe medir la proporción de agregados finos. De tal forma que no se perjudique la resistencia del concreto.

## 7.6. MÓDULOS DE FINURA.

El módulo de finura de un agregado es un factor que se obtiene al agregar los porcentajes de material en la muestra que más gruesa que cada uno de los tamices siguientes.

### 7.6.1. Especificaciones físicas y químicas para agregado liviano.

Para ser utilizados en el concreto estructural deben cumplir con especificaciones previamente definidas y según ASTM C330/330M<sup>52</sup>. Son las siguientes:

En cuanto a la composición química; los agregados livianos deben tener unos límites de cantidades nocivas permitidas tales que los materiales sometidos a pruebas como las impurezas orgánicas ASTM C40/C40M no deben producir colores más oscuros que los estándares; de lo contrario debe rechazarse a menos que se compruebe que el color es por sustancias no dañinas para el concreto. Otra prueba que el material debe cumplir es la de tinción ASTM C641 de tal forma que el índice de tinción esté por debajo de 60 para ser aceptado o que la pérdida de ignición del material no exceda un el 5% ASTM C114.

Por otra parte, existen especificaciones para las propiedades físicas de los agregados livianos como lograr uniformidad en la clasificación, porcentaje de arcilla que no exceda el 2% en masa seca, clasificación que cumpla con la tabla 12, densidad aparente seca suelta que cumpla con la tabla 13 y que no difiera en más del 10% de la muestra total.

Tabla 12. Requisitos de clasificación para agregado liviano para hormigón estructural

Designación de tamaño nominal.		Porcentajes (en masa) que pasan tamices con aberturas cuadradas.									
		1in	¾ in	½ in	¾ in	No 4	No 8	No 16	No 50	No 100	No 200
Agregado fino: 4.75 mm a 0		--	--	--	100	85-100	--	40-80	10-35	5-25	--
Agregado grueso.	25,0 mm a 4,75 mm	95-100	--	25-60	--	0-10	--	--	--	--	0-10

<sup>52</sup> AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. ASTM C330/330M. Pennsylvania UnitedStates.



Designación de tamaño nominal.	Porcentajes (en masa) que pasan tamices con aberturas cuadradas.										
	1in	¾ in	½ in	¾ in	No 4	No 8	No 16	No 50	No 100	No 200	
19.0 mm a 4.75 mm	100	90-100	--	10-50	0-15	--	--	--	--	0-10	
12.5 mm a 4.75 mm	--	100	90-100	40-80	0-20	0-10	--	--	--	0-10	
9.5 mm a 2.36 mm	--	--	100	80-100	5-40	0-20	0-10	--	--	0-10	
Agregado fino y grueso combinado.	12.5 mm a 0	--	100	95-100	--	50-80	--	--	5-20	2-15	0-10
	9.5 mm a 0	--	--	100	90-100	65-90	35-65	--	10-25	5-15	0-10

Fuente. ASTM C330/330M

Tabla 13. Requisitos de densidad máxima aparente seca de agregados livianos para hormigón estructural

Designación de tamaño.	Máxima densidad aparente suelta seca (kg / m <sup>3</sup> ).
Agregado fino.	1120
Agregado grueso.	880
Agregado combinado fino y grueso.	1040

Fuente. ASTM C330/330M.

## CONCLUSIONES

1. La calidad de las estructuras construidas en ingeniería en gran parte depende de la mano de obra empleada en la construcción, la mejor práctica en el diseño y los mejores materiales; la selección de estos últimos depende de muchas variables tanto económicas como las condiciones de disponibilidad en la zona etc. Pero carecen de efectividad en repetidas ocasiones debido a una mala práctica en la selección de materiales apropiados para cumplir con las especificaciones requeridas o el criterio para evaluarlos tanto por separados (agregados) o como en unidad (concreto) razón por la cual es importante que en el proceso de formación de un profesional en ingeniería se familiarice con las técnicas regidas por normas estándar aplicadas en la actualidad en el proceso de la construcción, desde la selección de materiales hasta la evaluación y aceptación de un concreto para que sus estructuras tengan un comportamiento adecuado.
2. Los ensayos de laboratorio que realiza durante la formación el ingeniero civil, son lo más cercano a las prácticas relacionadas con la profesión, por lo cual es importante realizar el proceso en condiciones específicas que sigan un procedimiento estándar definitivo. Establecido por normas de referencia que se adoptan en la vida profesional.
3. Unas guías que estandaricen el uso del laboratorio aumentan la eficiencia en las prácticas y reducen la probabilidad de error respecto a las prácticas.
4. Cuando los procesos para realizar una determinada acción están descritos de la manera más comprensible, en un lenguaje en que el lector comprenda le facilita su aprendizaje; por esta razón las guías realizadas para el laboratorio de estructuras de la Universidad católica fueron diseñadas para que el estudiante las comprenda el procedimiento y los resultados esperados con respecto a la práctica a realizar.
5. Las guías no solo dan un procedimiento estándar regido bajo normas técnicas; sino que le da al lector un enfoque que va más allá del seguimiento de procesos hacia un resultado. Entender el ¿por qué? o el ¿para qué? de algunos procesos que no se encuentran ligados al objetivo del ensayo y para esto es necesario tener en cuenta que la información de las guías se complementa con el trabajo de grado. Puesto que los diferentes ensayos que se realizan en el laboratorio de estructuras se toman como practicas individuales, pero estos tienen procesos o acciones que le anteceden y el estudiante encuentra disponible en el documento del trabajo de grado contenidos que complemente la información y por consiguiente su entendimiento absoluto.

6. El laboratorio de la Universidad católica de Colombia con las instalaciones que cuenta puede ofrecer más prácticas a sus estudiantes de las que se realizan en la actualidad.
7. En el trabajo realizado se establecen procedimientos a seguir para los respectivos ensayos, así como los resultados que se esperan planteados por Normas Técnicas Colombianas, más sin embargo no se cumple a cabalidad lo estipulado por las normas puesto existen más variables involucradas como la calibración de equipos, calidad de materiales y demás condiciones para cada ensayo.
8. El éxito de una práctica de laboratorio depende de seguir las pautas en los tiempos establecidos.
9. La selección de los materiales y la dosificación es determinante para que los ensayos en especial los de resistencia tengan los resultados esperados.
10. Desde las construcciones más simples hasta las más esbeltas del mundo, todas deben cumplir los parámetros de seguridad y procedimientos establecidos para cada uno de los ensayos que se realizan, por eso es importante conocer el procedimiento adecuado y dar herramientas al estudiante en su formación.
11. El desarrollo de las guías permite una optimización en el tiempo de uso del laboratorio puesto que los participantes de las prácticas tienen a la mano el proceso a realizar y van a la marcha de la práctica con el laboratorista.
12. Mediante el empleo de guías estandarizadas se efectúa un correcto uso del laboratorio y de los materiales utilizados puesto que las cantidades están determinadas para las pruebas, con el fin de prevenir los excesos en las mezclas que a su vez representan gastos económicos.

## RECOMENDACIONES

1. Hacer uso de los elementos disponibles en el laboratorio como mezclador estacionario mecánico (trompo) puesto que el mezclado del concreto es más efectivo que el manual. Evitando de esta manera la manipulación excesiva de la muestra que conlleva a condiciones desfavorables como segregación, y aumento de contenido de aire, disminuyendo propiedades importantes del concreto que a su vez induce a una mala práctica, por otra parte este tipo de mezclado enfoca más al estudiante sobre su trabajo en la vida profesional, puesto que en la actualidad el mezclado manual no es común en grandes obras y realizando prácticas como la mencionada en la guía UCC-CT1 se aprende el procedimiento regido por normas que se aplican en la ingeniería actual.
2. El contenido de aire es un parámetro muy importante a tener en cuenta en el concreto y actualmente en la Universidad no se realiza puesto que hace falta un molde que es totalmente asequible en el mercado en tanto que se adquiera, el ensayo será un valor agregado. Para lo cual ya se diseñó la guía y se encuentra anexa como UCC-CT3.
3. La tensión indirecta en especímenes cilíndricos es otra prueba que no se hace en la actualidad, pero se cuenta con los medios suficientes para hacerla, es una práctica importante una de las razones es que se puede simular por medio de este ensayo la respuesta de un pavimento flexible ante esfuerzos inducidos por cargas, un uso propio que se puede dar es la comparación de varios especímenes sin refuerzo y otros con diferentes refuerzos como fibras sintéticas. Guía disponible en anexo como UCC-CT9.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ICONTEC. INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA. CEMENTOS. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD DEL CEMENTO HIDRÁULICO. NTC 221. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2011-10-26.
2. ICONTEC. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA SOLIDEZ (SANIDAD) DE AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO. NTC-126. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2016-06-22.
3. ICONTEC. CONCRETO FRESCO. TOMA DE MUESTRAS. NTC-454. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2011-10-26.
4. ICONTEC. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC-673. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2010-02-26.
5. ICONTEC. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN INDIRECTA DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO. NTC-722. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2000-06-21 (Tercera Actualización).
6. ICONTEC. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA FLEXIÓN – UTILIZANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS MEDIOS-. NTC-2871. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2005-01-19.
7. ICONTEC. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO Y LA RELACIÓN DE POISSON EN CONCRETO A COMPRESIÓN. NTC-4025. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2006-06-07 (Primera Actualización).
8. ICONTEC. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO. NTC-396. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 1992-01-15 (Primera Actualización).
9. ICONTEC. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN. NTC-890. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 1995-05-10 (Primera Actualización).
10. ICONTEC. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE EN CONCRETO FRESCO MÉTODO VOLUMÉTRICO. NTC-1028. Editada por el

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 1994-06-15 (Primera Actualización).

11. ICONTEC. MÉTODO PARA MUESTRO Y ENSAYOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y OTROS PRODUCTOS DE ARCILLA. NTC - 4017. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

12. ICONTEC. ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS. MÉTODO DE ENSAYO A TEMPERATURA AMBIENTE. NTC-2. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 1995-11-29 (Tercera Actualización).

13. ICONTEC. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN. NTC-663. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2003-10-09.

14. ICONTEC. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL O PARALELA AL GRANO. NTC-784. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Editada 2004-04-02.

15. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Normal Consistency of Hidraulic Cement Philadelphia. ASTM C 187-86. Edited by ASTM. Edit on 1990.

16. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Test Method for true specific gravity of refractory materials by gas-comparison pycnometer. ASTM C604-02. Edited by ASTM. Edit on 1998.

17. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard practice for preparing, precision and bias statements for test methods for construction materials. ASTM C670. Edited by ASTM. Edit on 2013.

18. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. ASTM C191-92. Edited by ASTM. Edit on 2008.

19. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM C 33. Edited by ASTM. Edit on 1997.

20. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. ASTM C31. Edited by ASTM. Edit on 1996.

21. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. ENSAYO DE TENSIÓN PROTOCOLO Curso de Materiales. [en línea]. Laboratorio de Producción. Consultado el 20 de marzo de 2018. Disponible: [https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/9026\\_tension.pdf](https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/9026_tension.pdf)

22. Construmatica. Acero Corten. [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: [http://www.construmatica.com/construpedia/Acero\\_Corten](http://www.construmatica.com/construpedia/Acero_Corten)  
[http://www.construmatica.com/construpedia/Acero\\_Calmado](http://www.construmatica.com/construpedia/Acero_Calmado)

23. Jonathan Manuel Franco Tancun. EL LADRILLO. [en línea]. Jonathan Manuel Franco Tancun. Consultado el 10 de enero de 2018. Disponible: <http://jonathanmanuelfrancotancun.blogspot.com.co>
24. PROPIEDADES Y PROCESOS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS. [en línea]. Consultado el 18 de marzo de 2018. Disponible: [https://historiaybiografias.com/fabricacion\\_ladrillos/](https://historiaybiografias.com/fabricacion_ladrillos/)
25. Cementos Cibao. Que es el ladrillo y tipos de ladrillos. [en línea]. Santiago de los Caballeros consultado el 20 de enero de 2018. Disponible: <http://cementoscibao.com/ladrillo-tipos-ladrillos/>
26. Arquba. La madera en la construcción. [en línea]. Consultado el 11 de marzo de 2018. Disponible: <http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/la-madera-en-la-construccion/>
27. Universidad Autónoma del Estado de México. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA-DRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. [en línea]. Bogotá. García Afanador Nelson, Gómez Guerrero Gustavo, Sepúlveda Monroy Richard. Consultado el 2 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.redalyc.org/html/911/91125275003/>
28. Ingemecánica. Características Mecánicas del Acero. [en línea]. Consultado el 10 de febrero de 2018. Disponible: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn100.html>
29. Publiditec. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN. [en línea]. Moya de Llano Juan Queipo, Gonzalez Rodrigo Beatriz, Cervera Llinares Mariana, Fernandez Villagra Carlos, Gallego Guinea Virginia. Consultado el 10 de marzo de 2018. Disponible: <http://publiditec.com/blog/caracteristicas-de-la-madera-como-material-de-construccion/>
30. Termiser. Qué es el acero estructural y cómo se fabrica paso a paso. [en línea]. Consultado el 26 de febrero de 2018. Disponible: <http://www.termiser.com/acero-estructural-que-es-como-se-fabrica/>
31. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete. ASTM C330/330M. Pennsylvania UnitedStates.
32. Jesús Osorio. Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. [en línea] Disponible: <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
33. AMERICAN CONCRET INSTITUTE. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. ACI 318S-05. 495 p.

34. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Specification for Portland Cement. C150/C150M - 18. Pennsylvania United States.



## **ANEXO A.**

(Reseña de video Maquina Universal)

La capacitación dada por parte del técnico de la empresa fabricante de la maquina fue realizada con base en el ensayo a tracción de una probeta de metálica, de cómo se realiza el acoplamiento del elemento a ensayar, con la máquina y los accesorios (como bases para ensayar cilindros de concreto a compresión, extensómetro, y demás elementos con los que cuenta la máquina universal), que puedan usarse de la máquina de forma que se puedan obtener datos específicos de alguna propiedad en determinada práctica de laboratorio, en este caso la fuerza a tracción que puede soportar la probeta metálica.

En el inicio del video se podrá observar cómo se realizará el ensamblaje entre la probeta metálica y la maquina universal. Se empieza con la adaptación de accesorios metálicos que van insertados en las agarraderas de la máquina, estos se usan para lograr que las dos agarraderas se adapten a los diámetros de la probeta

Observación: Esta máquina tiene la capacidad de probar varillas de acero de hasta un diámetro de 7/8 de pulgada.

La calibración de las agarraderas para que se adapten a los diámetros de las probetas se realiza por medio de un elemento que tienen adyacentes junto a cada uno de ellas el cual solo debe ser girado para graduar dicho espaciamiento y se usa de igual manera para sujetar el elemento a ensayar.

Con un control que tiene adaptado la maquina a uno de sus lados, se sube o baja la agarradera superior para que esta pueda acoplarse a la altura de dicha probeta. La probeta no debe tocar la base de ninguna de las dos agarraderas sino a una distancia de 2 cm a 3 cm de ellas, y se debe ajustar de manera segura y correcta la probeta a las agarraderas.

En este punto todo el desarrollo del ensayo será manejado por el software de la máquina, este software antes de realizar cualquier proceso, verifica que las condiciones de la maquina (voltaje, carga a inducir, etc.) sean optimas, de no ser así, el software no dejará correr el programa que se quiera realizar, aunque el mismo programa se encarga de mostrar que componente es el que no está de manera correcta en la máquina para que sea solucionado.

Para iniciar se debe desbloquear el software, pues este ya viene con dos bloqueos al comenzar. Los ensayos que puede realizar la maquina son únicamente electro-

mecánicos, puesto que en el software viene predeterminado con otros dos tipos de ensayos, hidráulicos y estáticos hidráulicos, pero que la máquina no puede hacer por lo que serán omitidos.

Cuando se da apertura a la carpeta de ensayos electro-mecánicos, este despliega todos los ensayos que se pueden hacer con la máquina, entre los que se encuentran los comunes como tensión, compresión, flexión y otros que necesitan de ciertos accesorios para realizar por ejemplo ensayos de desgarro de espumas, cauchos, entre otros.

El programa que contiene el ensayo tiene establecido todas las características del ensayo y cómo se debe desarrollar, para el caso de esfuerzo a la tensión a metales lo único que se debe modificar dependiendo del material y especificaciones del elemento a ensayar son: dimensiones de la probeta, velocidades del ensayo y la tasa de datos que se quiere obtener de dicho ensayo.

Observación: El diámetro de la probeta que se debe ingresar al software es el alma o parte central de la probeta y no el de los extremos donde irá agarrada la pieza.

Además de lo que ya se ha explicado, se pueden establecer condiciones durante el ensayo por si se desea obtener una característica en especial, por ejemplo, determinar una velocidad para el ensayo de tracción hasta que la probeta falle o hasta que llegue a cierta cantidad de carga.

Durante el desarrollo del ensayo las gráficas o datos que se necesiten se muestran en tiempo real. Además, el programa guarda los ensayos realizados por si se quisieran comparar o realizar algún tipo de análisis con más de una práctica del mismo ensayo.

## **ANEXO B**

(Recomendaciones manejo de materiales de laboratorio).

- Las barras de acero o hierro en contacto con la humedad se oxidan; por esta razón hay que tener en cuenta el tiempo que estarán almacenadas en la obra de acuerdo con esto se recomiendan dos formas de almacenamiento.
- La madera se debe almacenar en un lugar cerrado. En general la madera debe estar cubierta para protegerla del sol para evitar la presencia de grietas o en contacto de agua o humedad y el lugar debe garantizar la ventilación.
- Los sacos de cemento deben estar fuera del alcance de la luz directa del sol.
- No deben existir corrientes de aire o humedad.
- Aislarse del suelo a una altura bajo el criterio personal y dependiendo de la disponibilidad de espacio.
- En general para todos los materiales se recomienda un control adecuado de la temperatura, la humedad y el polvo.

**ANEXO C**  
(Guías de laboratorio)

**Nota.**

**(Las 20 guías de laboratorio se encuentran anexos en el medio magnético donde se encuentra este documento, con el fin de no alterar el formato con el que se realizó).**