

Ensayo de Hormigón fresco y endurecido (Densidad, contenido de aire, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y flexión)



CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

INTRODUCCIÓN

Para poder crear un buen hormigón es necesario tener conocimiento de todos los materiales que serán utilizados en la mezcla de este. Los materiales que participan en la mezcla del hormigón son agua, cemento, agregado fino (arena) y agregado grueso (grava).

Es necesario estudiar las características de los materiales ya que el conocimiento de estos será fundamental en la realización del hormigón con las mejores resistencias alcanzables y economizando lo más posible.

El presente informe tiene como objetivo explicar de forma breve la experiencia de laboratorio, la cual consistió en diseñar un hormigón de 21 MPa, determinar las propiedades del hormigón fresco y endurecido y determinar la resistencia a compresión, la resistencia a flexión de hormigón.

OBJETIVOS

Diseñar un hormigón de 21 MPa basándose en el método de densidad optima de una mezcla de agregados.

Determinar las propiedades del hormigón fresco.

Determinar la curva Esfuerzo en función del tiempo en un hormigón de 21 MPa.

Determinar la cantidad de pasta en el hormigón.



EQUIPO Y MATERIAL

Cemento

Agua

Agregado fino

Agregado grueso



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Balanza capacidad 260 g.

Balanza capacidad 20 kg.

Balanza capacidad 150Kg.



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Bandejas metálicas de diferente capacidad.

Palas

Molde cilíndrico metálico estándar para toma de muestras.



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Varilla de compactación
Cono de Abrams
Recolector



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Cilindros de hormigón

Termómetro

Molde de viga



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Martillo de goma

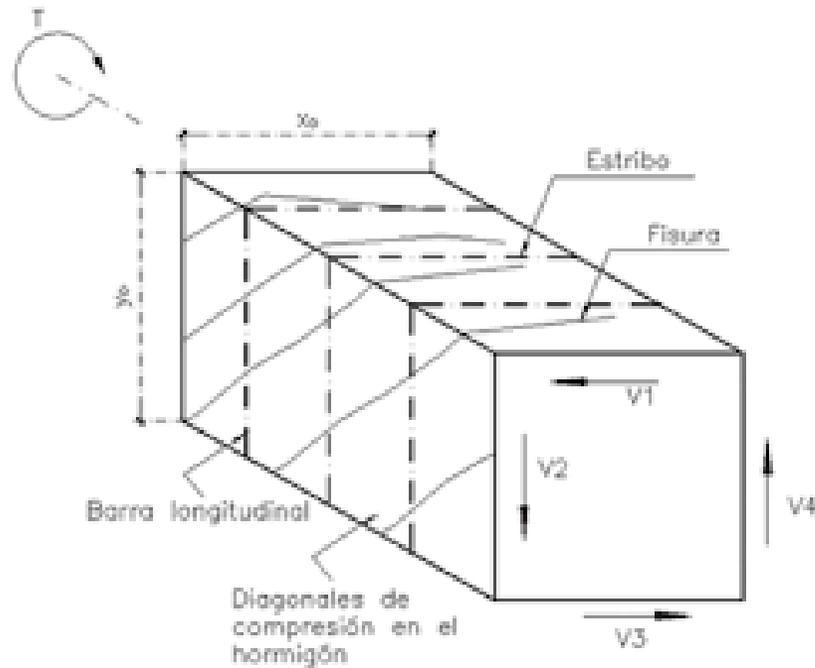
Badilejo

Bandeja de densidad óptima



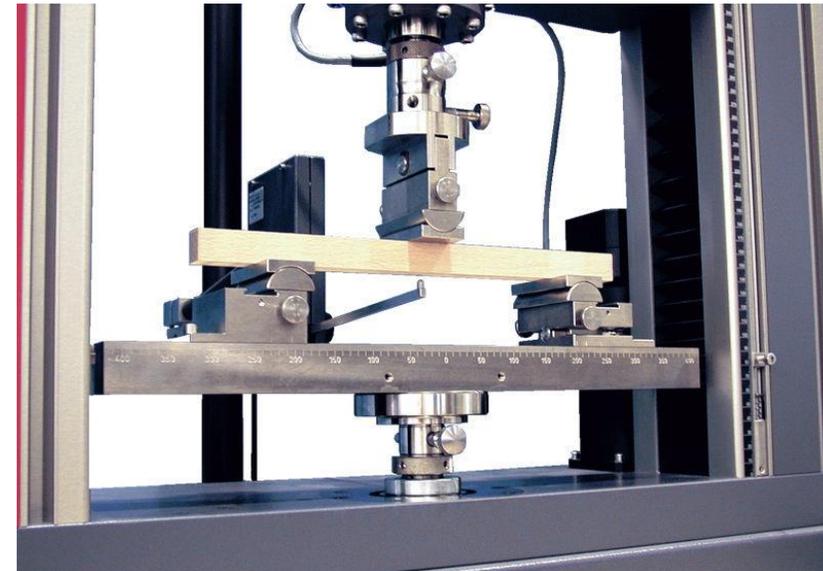
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- ENSAYO DE COMPRESIÓN
- Cilindros de hormigón
- Vigas de hormigón de sección cuadrangular



EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Máquina de compresión
- Accesorio para ensayo a flexión
- Accesorio para ensayo a tracción de hormigón

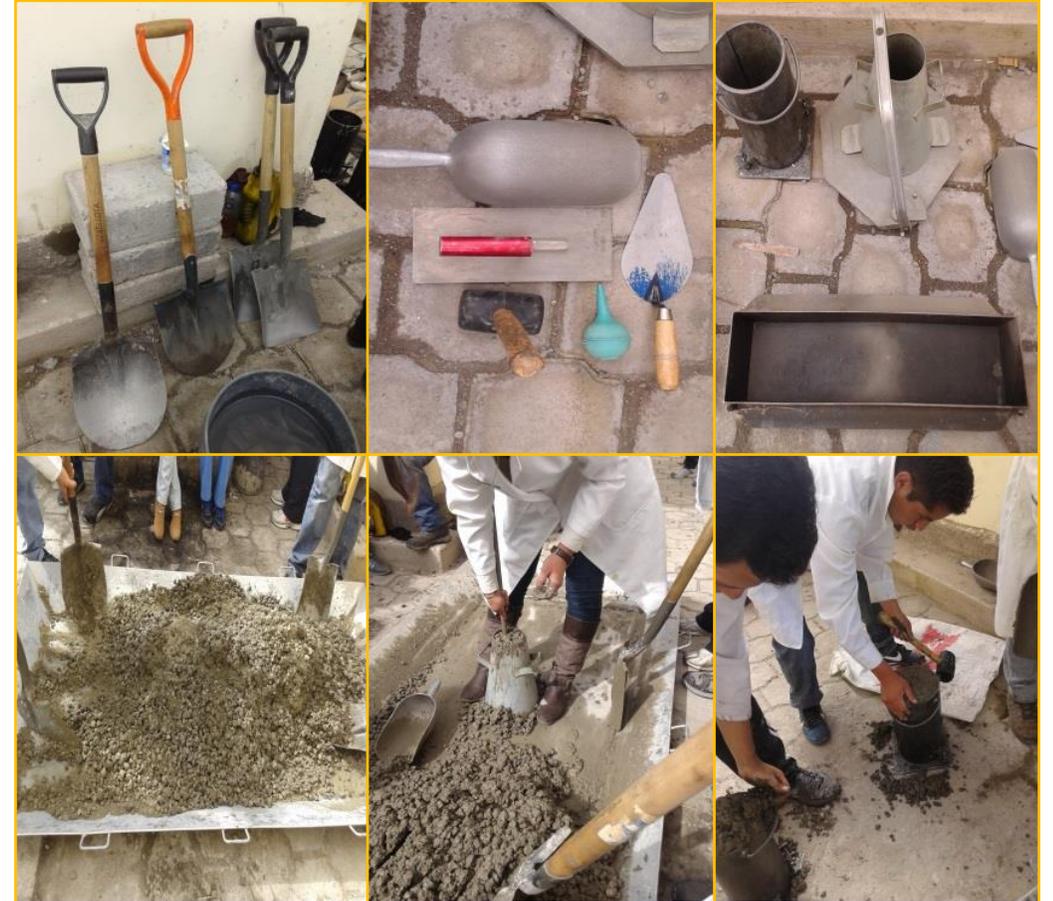


PROCEDIMIENTO

PREPARACION DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO

- a) Limpiar, lavar, humedecer todos y cada uno de los instrumentos que van a estar en contacto directo con el hormigón.
- b) Pesar con mayor exactitud y precisión las cantidades de cada uno de los elementos de la dosificación (agregado fino, agregado grueso, cemento y agua). Según lo establecido en la dosificación.
- c) Mezclar en primera instancia el cemento con agregado fino.
- d) Posterior se añade el agregado grueso.
- e) Añadir el agua a la mezcla seca, y mezclar hasta que el concreto tenga una apariencia homogénea.

Realizar el ensayo de asentamiento para la mezcla obtenida. El ensayo de asentamiento se realizara dentro de un tiempo máximo a los 5 minutos siguientes a la terminación de la mezcla



PROCEDIMIENTO

ENSAYO DE ASENTAMIENTO

1. Se debe humedecer lo equipos previamente sólo con agua, con el objeto de evitar que los implementos le resten humedad a la mezcla.
2. Se coloca el molde sobre la placa de apoyo horizontal. El operador se para sobre las pisaderas evitando el movimiento del molde durante el llenado. (verificar que el lugar sea horizontal, firme y sin vibraciones).
3. Se llena el molde en tres capas de igual volumen, apisonadas con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente.



PROCEDIMIENTO

ENSAYO DE ASENTAMIENTO

4. Terminada la compactación de la capa superior, se enrasa la superficie haciendo rotar sobre ella la varilla-pisón. Sin dejar de pisar las pisaderas se limpia el hormigón derramado alrededor molde.
5. se carga el molde con las manos sujetándolo por las asas y dejándole libre las pisaderas. Luego se levanta en dirección vertical sin perturbar el hormigón en un tiempo de 5 segundos.
6. Se coloca el pisón horizontalmente atravesado sobre el cono invertido, de modo que se extienda por sobre el hormigón asentado. Se mide la distancia entre la barra y el centro original de la cara superior del hormigón, aproximando a 0,5 cm. Esta distancia es el ASENTAMIENTO del hormigón
7. Comparar si este asentamiento corresponde al indicado en los datos de diseño.
- 8. Si no corresponde al asentamiento deseado incrementar agua a la mezcla hasta obtener dicho asentamiento.**
9. Elaborar el número de probetas establecidas para cada caso (el tiempo de llenado en ningún caso será mayor a los 15 minutos posterior al mezclado).
10. Desencoframos los cilindros una vez transcurridas las siguientes 24 horas.
11. Etiquetar las probetas (detallar la etiqueta)
12. Trasladar los cilindros a la piscina de curado con mucho cuidado.



PROCEDIMIENTO



PROCEDIMIENTO

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

1. Retirar el número de probetas destinadas al ensayo según la fecha requerida (7, 14, 21, 28 días).
2. Registrar el peso de cada uno de los cilindros
3. Registrar y calcular el diámetro de las probetas en milímetros.
4. Acoplar a los cilindros en la máquina de neopreno.
5. Ingresar las probetas a la máquina de compresión, centrar dichas muestras en las circunferencias concéntricas.
6. Encender la máquina de compresión no sin antes ajustar a velocidad a 0.35 Mpa/seg.
7. El instante que se deje de marcar la carga, apagar la maquina e imprimir los resultados
8. Observar y anotar el tipo de falla producida en la misma.



PROCEDIMIENTO

LLENADO DE LOS CILINDROS

1. Los especímenes deben ser cilindros de concreto vaciado y fraguado en posición vertical, de altura igual a dos veces el diámetro, siendo el espécimen estándar de 6×12 pulgadas, o de 4×8 pulgadas para agregado de tamaño máximo que no excede las 2”.
2. Las muestras deben ser obtenidas al azar, por un método adecuado y sin tener en cuenta la aparente calidad del concreto. Se deberá obtener una muestra por cada 120 m³ de concreto producido o 500 m² de superficie llenada y en todo caso no menos de una diaria. Este ya es un tema sujeto al criterio del ingeniero residente ó del supervisor de obra, ya que la importancia de determinado elemento estructural puede ameritar la toma de un mayor número de muestras para control.
3. Colocar el molde sobre una superficie rígida, horizontal, nivelada y libre de vibración.

PROCEDIMIENTO

LLENADO DE LOS CILINDROS

4. Colocar el concreto en el interior del molde, depositándolo con cuidado alrededor del borde para asegurar la correcta distribución del concreto y una segregación mínima.
5. Llenar el molde en tres capas de igual volumen. En la última capa agregar la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación. Ajustar el sobrante o faltante de concreto con una porción de mezcla y completar el número de golpes faltantes. Cada capa se debe compactar con 25 penetraciones de la varilla, distribuyéndolas uniformemente en forma de espiral y terminando en el centro. La capa inferior se compacta en todo su espesor; la segunda y tercera capa se compacta penetrando no más de 1” en la capa anterior. Después de compactar cada capa golpear a los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas de aire que puedan estar atrapadas (es usual dar pequeños golpes con la varilla de fierro en caso de no contar con el mazo de goma).

PROCEDIMIENTO

LLENADO DE LOS CILINDROS

6. Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación y completar con una llana metálica para mejorar el acabado superior. Debe darse el menor número de pasadas para obtener una superficie lisa y acabada.
7. Identificar los especímenes con la información correcta respecto a la fecha, tipo de mezcla y lugar de colocación. Hay que proteger adecuadamente la cara descubierta de los moldes con telas humedecidas o películas plásticas para evitar la pérdida de agua por evaporación.
8. Después de elaboradas las probetas se transportarán al lugar de almacenamiento donde deberán permanecer sin ser perturbados durante el periodo de curado inicial. Si la parte superior de la probeta se daña durante el traslado se debe dar nuevamente el acabado. Durante las primeras 24 horas los moldes deberán estar a las siguientes temperaturas: para $f'c > 422 \text{ kg/cm}^2$: entre 20 y 26°C y para $f'c < 422 \text{ kg/cm}^2$: entre 16 y 27°C.
9. No deben transcurrir más de 15 minutos entre las operaciones de muestreo y moldeo del pastón de concreto. Se deben preparar al menos (02) probetas de ensayo de cada muestra para evaluar la resistencia a la compresión en determinada edad por el promedio. Lo usual es evaluar resistencias a los 7 y 28 días



PROCEDIMIENTO

ENSAYO A FLEXIÓN EN VIGAS

1. Se toma las dimensiones de la probeta tanto el ancho el espesor y la longitud de la misma.
2. Se ubica el lado de la viga que este mas liso sobre el cual se aplicaran las cargas
3. Se dimensiona la viga en 3 partes iguales de tal manera que cada una de ellas coincida con los apoyo del accesorio para ensayo a flexión
4. Colocamos la muestra en la máquina de ensayo. Centre el aparato de carga en relación a la fuerza axial aplicada.
5. Encendemos la máquina de compresión y ajustamos la velocidad 0.15 KN/seg.
6. Cuando se produzca la falla se anota la resistencia máxima y a la vez se observa en que tercio anteriormente dividido ocurrió la misma.
7. De acuerdo a la falla se realizan los cálculos respectivos para determinar el módulo de rotura.



CÁLCULOS

DOSIFICACION FINAL			
Agua (Kg)	Cemento (Kg)	A. Fino (Kg)	A. Grueso (Kg)
15.90	32.26	79.77	140.82



CÁLCULOS

CORRECCIÓN PARA CONSEGUIR EL ASENTAMIENTO

CORRECCIÓN a/c

- **a/c = 0.60**
- **Agua = 1.6 kg**

$$\frac{a}{c} = 0.60$$

$$c = \frac{1.6 \text{ Kg}}{0.60}$$

$$c = 2.667 \text{ Kg}$$



Corrección para alcanzar el asentamiento		
Incremento de agua:	1.6	Kg
Incremento de cemento:	2.667	Kg

CÁLCULOS

DENSIDAD DEL HORMIGON

DATOS:

- **(T) Temperatura: 17.6 °C**
- **(A) Masa del recipiente (g): 3500**
- **(B) Masa recipiente + hormigón (g): 20200**
- **(W) Masa del recipiente + Agua + Placa de vidrio (g): 12000**
- **(D) Masa placa de vidrio (g): 1400**
- **(M) Masa placa de vidrio + molde (g): 4900**

DENSIDAD DEL HORMIGON DATOS PARA REALIZAR EL INFORME

DATOS:

- **(T) Temperatura: 16.8 °C**
- **(A) Masa del recipiente (g): 3450**
- **(B) Masa recipiente + hormigón (g): 20100**
- **(W) Masa del recipiente + Agua + Placa de vidrio (g): 13000**
- **(D) Masa placa de vidrio (g): 1200**
- **(M) Masa placa de vidrio + molde (g): 4800**

CÁLCULOS

Temperatura °C	Densidad kg/m ³
15,0	999,19
17,0	998,86
19,0	998,49
21,0	998,08
23,0	997,62
25,0	997,13
27,0	996,59
29,0	996,02
31,0	995,41

MASA DE HORMIGÓN

$$Mh = B - A$$

$$Mh = (20200 - 3500)g$$

$$Mh = 16700 g$$

DENSIDAD DEL AGUA

TEMPERATURA: 17.6 °C

$$\begin{array}{ccc} 2 & & 0.37 \\ & \times & \\ 0.6 & & X \end{array}$$

$$X = 0.111$$

Densidad para temperatura de 17.5 ° C = 998.86-0.111 = 998.749 kg/cm³

Densidad para temperatura de 17.5 ° C = 998.749 kg/cm³ = 0.998749 gr/cm³

CÁLCULOS



VOLUMEN MOLDE:

W = masa del agua, placa de vidrio y molde.

M = masa de la placa de vidrio y molde.

D = densidad del agua para la temperatura de medición, kg/m³

$$V = \frac{W - M}{D}$$

$$V = \frac{(12000 - 4900)g}{0.998749 \text{ g/cm}^3}$$

$$V = 7108.89G \text{ cm}^3$$

DENSIDAD DEL HORMIGON

$$\rho = \frac{Mh}{V}$$

$$\rho = \frac{16700 \text{ g}}{7108.89 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 2.35 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

CONTENIDO DE AIRE:

$$\% \text{ Aire} = 1,6\%$$

CÁLCULOS

RESISTENCIA A COMPRESION

EDAD CILINDROS: 28 Días

DATOS:

MASA 1 (Kg)= 13.068

DIAMETRO:

- **D1(mm)= 152.19**
- **D2 (mm)= 153**
-

ALTURAS

- **H1 (mm)=301**
- **H2(mm)=302**
- **H3(mm)= 301**

CARGA (N)= 526933.00

RESISTENCIA A COMPRESION DATOS PARA INFORME

EDAD CILINDROS: 28 Días

DATOS:

MASA 1 (Kg)= 13.072

DIAMETRO:

- **D1(mm)= 148.19**
- **D2 (mm)= 152**
-

ALTURAS

- **H1 (mm)=304**
- **H2(mm)=305**
- **H3(mm)= 304**

CARGA (N)= 537922.00

CÁLCULOS

DIAMETRO PROMEDIO

$$D \text{ promedio} = \frac{D1 + D2}{2}$$

$$D \text{ promedio} = \frac{152.19 + 153}{2}$$

$$D \text{ promedio} = 152.60 \text{ mm}$$

ALTURA PROMEDIO

$$H \text{ promedio} = \frac{H1 + H2 + H3}{3}$$

$$H \text{ promedio} = \frac{301 + 302 + 301}{3}$$

$$H \text{ promedio} = 301.33 \text{ mm}$$

AREA DE APLICACIÓN DE LA CARGA

$$A = \frac{\pi * (D \text{ promedio})^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (152.60 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A = 18288.18 \text{ mm}^2$$

CÁLCULOS

RESISTENCIA

Edad del concreto	Resistencia estimada en porcentaje
1 día	16%
3 días	40%
7 días	65%
14 días	90%
28 días	99%

Figura 44. Tabla de resistencias del concreto (Goytia, 2022).

$$f_{c1} = \frac{P}{A}$$

$$f_{c1} = \frac{526933.00 \text{ N}}{18288.18 \text{ mm}^2}$$

$$f_{c1} = 28.81 \text{ MPa}$$

$$f_{c1} = 294.007 \text{ Kg/cm}^2$$



CÁLCULOS

RESISTENCIA PROMEDIO

$$f_{c1} = 294.007 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c2} = 287.848 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{c \text{ promedio}} = \frac{f_{c1} + f_{c2}}{2}$$

$$f_{c \text{ promedio}} = \frac{(294.007 + 287.848) \text{ Kg/cm}^2}{2}$$

$$f_{c \text{ promedio}} = \frac{(294.007 + 287.848) \text{ Kg/cm}^2}{2}$$

$$f_{c \text{ promedio}} = 290.928 \text{ Kg/cm}^2$$



RESISTENCIA ADQUIRIDA

210	\	100 %
290.928	/	X

$$X = 138.53 \%$$

CÁLCULOS

ENSAYO A FLEXION EN VIGAS

DATOS:

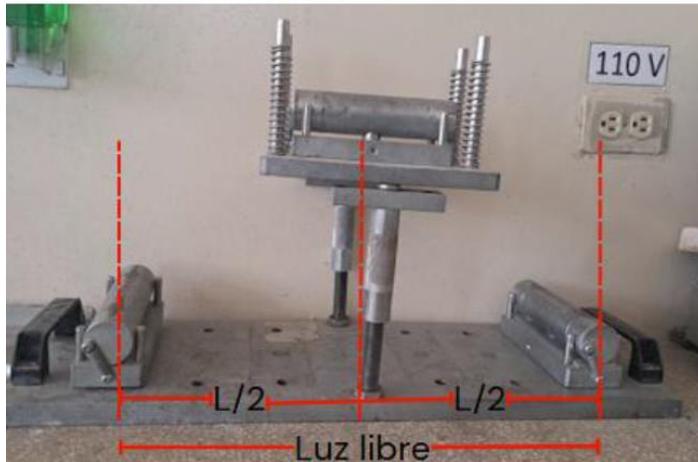
b= 150 mm

d= 145 mm

l = 604 mm

Carga máxima = 35.118 KN

Falla = En el tercio medio



ENSAYO A FLEXION EN VIGAS DATOS

DATOS:

b= 145 mm

d= 140 mm

l = 611 mm

Carga máxima = 34.876KN

Falla = En el tercio medio

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

$$R = \frac{35118 \text{ N} * 604 \text{ mm}}{150 \text{ mm} * 145^2 \text{ mm}}$$

$$R = 6.726 \text{ N/mm}^2$$

Tabla

Resultados Densidad del Hormigón

DENSIDAD DEL HORMIGON	
Temperatura (°C)	17.6
Masa del recipiente (g)	3500
Recipiente + Hormigón (g)	20200
Masa del recipiente + Agua + Placa de vidrio (g)	12000
Placa de Vidrio (g)	1400
Masa del Hormigón (g)	16700
Volumen del Recipiente (cm³)	7108.89
Densidad Agua (g/cm³)	0.99875
DENSIDAD HORMIGÓN (g/cm³)	2.35

Tipo de falla del Hormigón

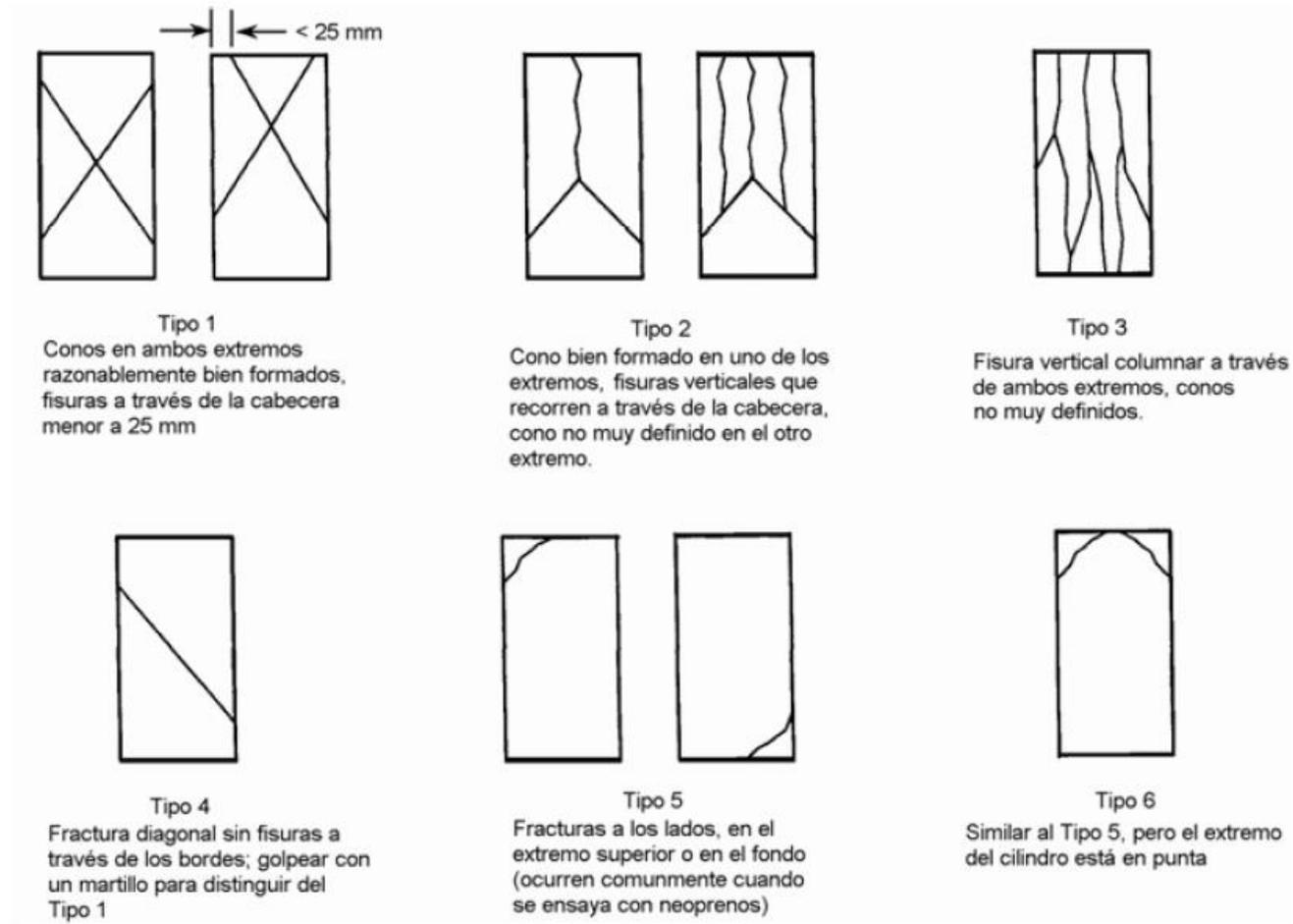


Figura 43. Esquema de modelos típicos de fractura (INEN 1573:2010).

TABLAS

Resultados de la resistencia del hormigón a los 7 y 14 días

EDAD CILINDRO 7 DIAS		
N° DE PROBETA	1	2
MASA (Kg)	13.145	13.145
DIAMETRO (mm)	152.27	153.36
	152.09	152.18
dm	152.18	152.77
AREA (mm ²)	18188.84	18330.15
ALTURA (mm)	308.00	304.00
	306.00	302.00
	308.00	302.00
hm	307.33	302.67
CARGA (N)	293927.70	347964.50
RESULTADOS		
<u>fc (Mpa)</u>	16.16	18.98
	17.57	
<u>fc (Kg/cm²)</u>	164.8957	193.7059
	179.3008	
TIPO DE FALLA	2	2

EDAD CILINDRO 14 DIAS		
N° DE PROBETA	1	2
MASA (Kg)	13.131	12.702
DIAMETRO (mm)	151.27	152.70
	151.39	152.45
dm	151.33	152.58
AREA (mm ²)	17986.22	18283.39
ALTURA (mm)	303.00	304.00
	304.00	304.00
	305.00	306.00
hm	304.00	304.67
CARGA (N)	433539.30	417796.10
RESULTADOS		
<u>fc (Mpa)</u>	24.10	22.85
	23.48	
<u>fc (Kg/cm²)</u>	245.9588	233.1748
	239.5668	
TIPO DE FALLA	2	2



TABLAS

Resultados de la resistencia del hormigón a los 21 y 28 días

EDAD CILINDRO 21 DIAS		
N° DE PROBETA	1	2
MASA (Kg)	13.205	13.134
DIAMETRO (mm)	153.70	152.37
	153.10	152.21
dm	153.40	152.29
AREA (mm ²)	18481.64	18215.15
ALTURA (mm)	303.00	303.00
	303.00	302.00
	304.00	303.00
hm	303.33	302.67
CARGA (N)	524142.80	491913.40
RESULTADOS		
<u>fc (Mpa)</u>	28.36	27.01
	27.68	
<u>fc (Kg/cm²)</u>	289.3896	275.5687
	282.4792	
TIPO DE FALLA	2	3

EDAD CILINDRO 28 DIAS		
N° DE PROBETA	1	2
MASA (Kg)	13.068	13.234
DIAMETRO (mm)	152.19	152.20
	153.00	152.40
dm	152.60	152.30
AREA (mm ²)	18288.18	18217.54
ALTURA (mm)	301.00	303.00
	302.00	302.00
	301.00	303.00
hm	301.33	302.67
CARGA (N)	526933.00	513900.80
RESULTADOS		
<u>fc (Mpa)</u>	28.81	28.21
	28.51	
<u>fc (Kg/cm²)</u>	294.0078	287.8482
	290.9280	
TIPO DE FALLA	2	2



TABLAS

Resultado Ensayo a Flexión en la viga

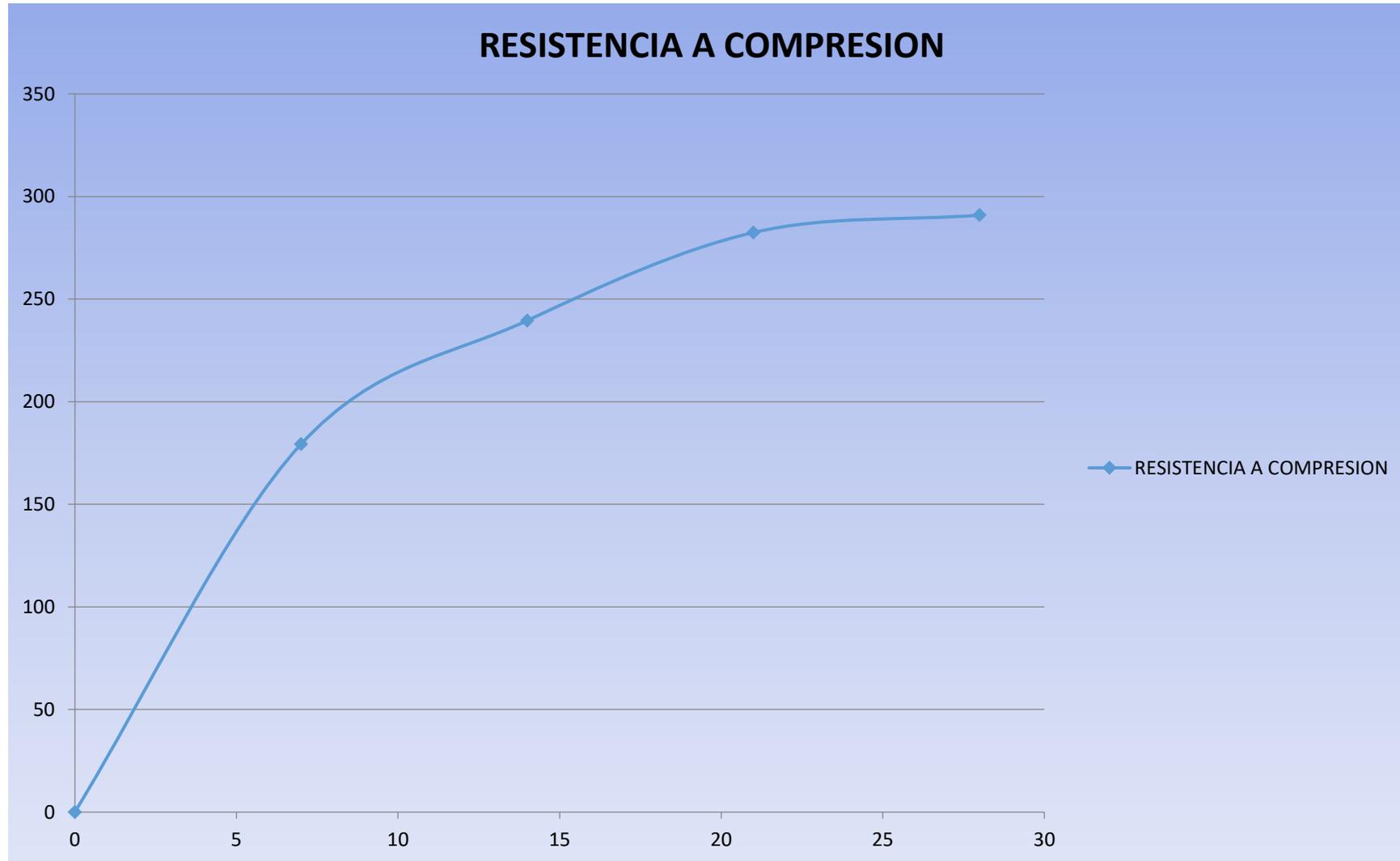


ENSAYO A FLEXION VIGAS		
VIGA 1 DE 15 * 15 * 60		
DATOS		
b	150	mm
d	145	mm
Longitud L	604	mm
carga máxima	35.118	KN
Falla	3./2	
Módulo de ruptura R	0.0067	<u>Kn/mm2</u>
	6.73	Mpa

ENSAYO A FLEXION VIGAS		
VIGA DE 15 * 15 * 60		
DATOS		
b	148	mm
d	151	mm
Longitud L	603	mm
carga máxima	28.649	KN
Falla	3./2	
Módulo de ruptura R	0.0051	<u>Kn/mm2</u>
	5.12	Mpa

GRÁFICO

Grafica Esfuerzo en función del tiempo



CONCLUSIÓN

Al haber diseñado un hormigón de 21 MPa en los resultados de las pruebas a la resistencia a la compresión para los 7, 14, 21, 28 días siempre supero por un pequeño porcentaje al estipulado para estos días con respecto a la resistencia para el que fue diseñado; para los 7 días 83.67%, y a partir de los 14 días la resistencia supero los valor a los cuales queríamos llegar por lo se puede deducir que la optimización de los agregados estuvo bien realizada pero con una pequeña desviación, pero igual se obtuvo al final la resistencia.

Al determinar la propiedades del hormigón fresco se obtuvieron valores poco significantes así el contenido de aire de 1.6 % el cual se incorpora naturalmente en el proceso de mezcla, pues el valor obtenido se encuentra dentro de los rangos establecidos por lo tanto no ha causado efectos en la consolidación de nuestro hormigo es decir obtuvimos un hormigón con una cantidad de vacíos insignificantes.



CONCLUSIÓN

Una vez realizada la curva esfuerzo en función del tiempo se pudo observar claramente que nuestro hormigón cumplió con lo establecido en la curva teórica es decir a los 7 días ya obtuvimos una resistencia mayor al 60 % con un valor de 17.57 Mpa lo cual permite que nuestro hormigón sea aceptado para el diseño requerido.

En base a los ensayos realizados tanto a compresión, tracción, y flexión en vigas se pudo estipular que al haber alcanzado con la resistencia requerida los ensayos nos dieron valor correctos como por ejemplo el ensayo a tracción en cilindros de hormigón es el 10 % del ensayo a compresión es así que se obtuvo un valor de 24.993 Mpa para el ensayo a compresión y el ensayo a tracción nos dio un valor de 2.36 Mpa cumpliendo así con lo estipulado anteriormente.



RECOMENDACIONES

- Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a la compresión con los procedimientos conocidos, puesto que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.
- Tener mucho cuidado al momento de realizar la corrección a/c en nuestra mezcla debido que un exceso de agua va a causar que nuestro hormigón no alcanzaría la resistencia deseada.



CUESTIONARIO

- ¿Cuál es la información básica que se debe exigir para la aceptación de un informe de ensayos a compresión en hormigón?
- En función de que parámetro están definidas el número de muestras.

