

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO

CIVIL

**“DISEÑO DE HORMIGONES UTILIZANDO FIBRA DE POLIPROPILENO,
PARA CAPA DE RODADURA EN PAVIMENTOS RÍGIDOS”**

KATHERINE ELIZABETH MONTERO MURILLO

QUINTILIANO ELIECER GONZÁLEZ BONILLA

DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS MONTERO

QUITO, 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestra guía en el camino recorrido.

A nuestros padres por su apoyo incondicional y amor infinito.

A Daniel, Jordy y Sebastián por la ayuda brindada en los ensayos realizados.

A los ingenieros Juan Carlos Montero, Lauro Lara y Gustavo Yáñez por su amistad y por compartir con nosotros sus conocimientos en el desarrollo de esta investigación.

A la facultad de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a todos los docentes que aportaron en nuestra formación profesional.

Al personal de laboratorio su colaboración en el presente estudio.

DEDICATORIA

A mi madre, mi mejor amiga, mi ejemplo de perseverancia, entrega y sacrificio.

A mi padre por su amor y apoyo a lo largo de mi vida.

Jordy mi hermano y amigo.

Mis abuelitos fuente infinita de amor.

Con cariño dedico a todas las personas especiales amigos y familiares que forman parte de mi vida quienes siempre están pendientes de mi camino.

Katherine

DEDICATORIA

A la Virgen del Cisne por su bendición y por proteger a mis seres queridos en este camino.

A mi padre por todo su amor, sus lecciones y aventuras contadas a lo largo de mi vida que han ayudado a que todo sea más fácil.

A mi madre que con infinito amor y comprensión es el eje de mi vida, gracias por todo Moris....

A mis hermanos Daniel y Sebastián por toda su amistad y por el apoyo en los momentos difíciles.

A Fipe, Lucho, Toce, Martín, Cristian y David amigos de toda la vida.

A mi amiga, compañera y niña Kathy.

Quintiliano

ÍNDICE

1.	GENERALIDADES	20
1.1.	Pavimento Rígido	21
1.1.1.	Agregados	24
1.1.1.1.	Agregado fino	25
1.1.1.2.	Agregado grueso	26
1.1.2.	Agua.....	27
1.1.3.	Cemento	29
1.2.	Fibra de Polipropileno	31
1.2.1.	Descripción	31
1.2.2.	Usos y Aplicaciones de Fibras de Polipropileno	31
1.3.	Características que debe cumplir el hormigón para pavimento rígido	33
2.	PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES	35
2.1.	Agregados.....	35
2.1.1.	Granulometría	35
2.1.2.	Módulo de Finura.....	40
2.1.3.	Tamaño máximo	40
2.1.4.	Contenido de humedad	44
2.1.5.	Contenido orgánico de la arena.....	45
2.1.6.	Terrones de arcilla.....	46

2.1.7.	Gravedad específica	49
2.1.8.	Absorción	49
2.1.9.	Peso unitario.....	52
2.1.9.1.	Peso unitario suelto	52
2.1.9.2.	Peso unitario compactado	52
2.1.10.	Abrasión del agregado grueso.....	54
2.1.11.	Adherencia	57
2.1.12.	Durabilidad a la acción de sulfatos	57
2.2.	Cemento.....	61
2.2.1.	Consistencia normal del cemento	61
2.2.2.	Tiempo de fraguado del cemento por el método Vicat.....	61
2.2.3.	Gravedad específica	64
2.2.4.	Finura del cemento.....	66
2.3.	Fibra de Polipropileno	67
2.4.	Aditivo	68
2.5.	Fabricación de las muestras de laboratorio	69
2.5.1.	Dosificación y fabricación de hormigones	69
2.5.1.1.	Ensayo de asentamiento Cono de Abrams.....	74
2.5.1.2.	Contenido de aire	76
2.5.1.3.	Peso unitario.....	77

2.5.2.	Toma de muestras	77
2.6.	Curado de las muestras	79
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO DEL HORMIGÓN	80
3.1.	Ensayos de compresión	80
3.1.1.	Equipos	83
3.1.2.	Procedimiento	84
3.1.3.	Cálculos.....	86
3.1.4.	Resultados	87
3.1.4.1.	Dosificación con relación A/C de 0.442; correspondiente a una resistencia esperada de 280kg/cm ²	88
3.1.4.2.	Dosificación con relación A/C de 0.400; correspondiente a una resistencia esperada de 320kg/cm ²	92
3.1.4.3.	Dosificación con relación A/C de 0.339; correspondiente a una resistencia esperada de 380kg/cm ²	96
3.1.5.	Comparación resistencia Promedio - Característica	100
3.2.	Ensayo de flexión	104
3.2.1.	Equipos	105
3.2.2.	Procedimiento	106
3.2.3.	Cálculos.....	107
3.2.4.	Resultados	109
3.2.4.1.	Dosificación de A/C igual a 0.442, resistencia de diseño 280Kg/cm ² :	109

3.2.4.2. Dosificación de A/C igual a 0.400, resistencia de diseño 320Kg/cm2:.....	113
3.2.4.3. Dosificación de A/C igual a 0.339, resistencia de diseño 380Kg/cm2:.....	117
3.3. Módulo de Elasticidad.....	124
3.3.1. Equipos	125
3.3.2. Procedimiento	125
3.3.3. Cálculos.....	127
3.3.4. Resultados	128
3.3.4.1. Dosificación con relación A/C de 0,442:	128
3.3.4.2. Dosificación con relación A/C de 0,400:	132
3.3.4.3. Dosificación con relación A/C de 0,339	135
4. ANÁLISIS DE COSTOS	139
4.1. Precios Unitarios	140
4.1.1. Agregados	141
4.1.2. Agua.....	141
4.1.3. Cemento	142
4.1.4. Fibra de Polipropileno.....	142
4.1.5. Aditivo	142
4.1.6. Mano de obra	143
4.1.7. Equipo	143
4.2. Costos Directos.....	144

4.3.	Resultado y comparación	157
4.3.1.	Comparación de Costos - Resistencia.....	157
5.	CONCLUSIONES, COMENTARIO Y RECOMENDACIONES	160
	Bibliografía.....	167
	ANEXOS.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1- 1. Porcentaje de impureza A. Fino	25
Tabla 1- 2. Porcentaje de impureza A. Grueso.....	27
Tabla 1- 3. Límites permitidos de sustancias en el agua	28
Tabla 1- 4. Componentes químicos del cemento.....	30

Capítulo 2

Tabla 2- 1. Granulometría A. Grueso	42
Tabla 2- 2. Granulometría A. Fino	43
Tabla 2- 3. Humedad natural del agregado	44
Tabla 2- 4. Contenido orgánico de la arena.....	46
Tabla 2- 5. Terrones de arcilla A. Fino	47
Tabla 2- 6. Terrones de arcilla A. Grueso	48
Tabla 2- 7. Gravedad específica y Absorción A. Fino	50
Tabla 2- 8. Gravedad específica y Absorción A. Grueso	51
Tabla 2- 9. Peso Unitario A. Fino.....	53
Tabla 2- 10. Peso Unitario A. Grueso	54
Tabla 2- 11. Abrasión agregado grueso.....	56
Tabla 2- 12. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos A. FINO.....	59
Tabla 2- 13. Durabilidad de los agregados a la acción de sulfatos A. GRUESO.....	60
Tabla 2- 14. Tiempo de fraguado y consistencia normal del cemento	63

Tabla 2- 15. Gravedad específica del cemento.....	65
Tabla 2- 16. Finura del Cemento	67
Tabla 2- 17. Relación A/C de las dosificaciones realizadas.....	71
Tabla 2- 18. Relación en porcentaje fibra/cemento.....	72
Tabla 2- 19. Dosificación al peso hormigón de 280 kg/cm ²	73
Tabla 2- 20. Dosificación al peso hormigón de 320 kg/cm ²	73
Tabla 2- 21. Dosificación al peso hormigón de 380 kg/cm ²	74
Tabla 2- 22. Fibra utilizada en las dosificaciones realizadas en kg/cm ²	74
Tabla 2- 23. Asentamientos de las dosificaciones realizadas.....	75
Tabla 2- 24. Contenido de aire de las dosificaciones realizadas	77

Capítulo 3

Tabla 3- 1. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0%	88
Tabla 3- 2. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.1534%	88
Tabla 3- 3. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2045%	89
Tabla 3- 4. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0. 2556%	89
Tabla 3- 5. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0%	92
Tabla 3- 6. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1323%	92

Tabla 3- 7. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1764%	93
Tabla 3- 8. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.2205%	93
Tabla 3- 9. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0%	96
Tabla 3- 10. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.1693%	96
Tabla 3- 11. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2257%	97
Tabla 3- 12. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2822%	97
Tabla 3- 13. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0%	109
Tabla 3- 14. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.1534%	110
Tabla 3- 15. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2045%	110
Tabla 3- 16. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2556%	110
Tabla 3- 17. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0%	113
Tabla 3- 18. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1323%	113

Tabla 3- 19. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1764%	113
Tabla 3- 20. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.2205%	114
Tabla 3- 21. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0%	117
Tabla 3- 22. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.1693%	117
Tabla 3- 23. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2257%	117
Tabla 3- 24. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2822%	118
Tabla 3- 25. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.442	123
Tabla 3- 26. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.400	123
Tabla 3- 27. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.339	124
Tabla 3- 28. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0%.....	129
Tabla 3- 29. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.1534%	129
Tabla 3- 30. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.2045%	130

Tabla 3- 31. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.2556%	130
Tabla 3- 32. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0%	132
Tabla 3- 33. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.1323%	132
Tabla 3- 34. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.1764%	133
Tabla 3- 35. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.2205%	133
Tabla 3- 36. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0%	135
Tabla 3- 37. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.1693%	135
Tabla 3- 38. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.2257%	136
Tabla 3- 39. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.2822%	136

Capítulo 4

Tabla 4- 1. Costo del agregado fino por tonelada	141
Tabla 4- 2. Costo del agregado grueso por tonelada	141
Tabla 4- 3. Costo por metro cubico de agua.....	141
Tabla 4- 4. Costo del saco de cemento 50 kg.....	142

Tabla 4- 5. Costo de la fibra de polipropileno.....	142
Tabla 4- 6. Costo del plastificante.....	143
Tabla 4- 7. Costo de la mano de obra.....	143
Tabla 4- 8. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 280 kg/cm ² ; fibra usada 0 kg/m ³	145
Tabla 4- 9. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 280 kg/cm ² ; fibra usada 0.75 kg/m ³	146
Tabla 4- 10. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 280 kg/cm ² ; fibra usada 1.00 kg/m ³	147
Tabla 4- 11. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 280 kg/cm ² ; fibra usada 1.25 kg/m ³	148
Tabla 4- 12. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 320 kg/cm ² ; fibra usada 0 kg/m ³ ...	149
Tabla 4- 13. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 320 kg/cm ² ; fibra usada 0.75 kg/m ³	150
Tabla 4- 14. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 320 kg/cm ² ; fibra usada 1.00 kg/m ³	151
Tabla 4- 15. Análisis de 1 m ³ de hormigón de 320 kg/cm ² ; fibra usada 1.25 kg/m ³	152
Tabla 4- 16. Análisis de 1 m ³ de hormigón con plastificante de 380 kg/cm ² ; fibra usada 0 kg/m ³	153
Tabla 4- 17. Análisis de 1 m ³ de hormigón con plastificante de 380 kg/cm ² ; fibra usada 0.75 kg/m ³	154
Tabla 4- 18. Análisis de 1 m ³ de hormigón con plastificante de 380 kg/cm ² ; fibra usada 1.00 kg/m ³	155
Tabla 4- 19. Análisis de 1 m ³ de hormigón con plastificante de 380 kg/cm ² ; fibra usada 1.25 kg/m ³	156

Tabla 4- 20. Resumen de precios unitarios por metro cubico de hormigón.....	157
Tabla 4- 21. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciones relación A/C de 0.442	158
Tabla 4- 22. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciones relación A/C de 0.400	158
Tabla 4- 23. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciones relación A/C de 0.339	159

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Capítulo 2

Gráfico 2. 1. Curva granulométrica y parábola de Fuller38

Gráfico 2. 2. Parábola de Fuller y Curva de Bolomey39

Capítulo 3

Gráfico 3. 1. Tipo de fayas en los cilindros 1 y 2.....85

Gráfico 3. 2. Tipo de fayas en los cilindros 3 y 4.....85

Gráfico 3. 3. Tipo de fayas en los cilindros 5 y 6.....86

Gráfico 3.4. Dimensiones Cilindro Tipo87

Gráfico 3. 5.Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.442; a los 7 días.....90

Gráfico 3. 6. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.442; a los 28 días.....91

Gráfico 3. 7. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.400; a los 7 días.....94

Gráfico 3. 8. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.400; a los 28 días.....95

Gráfico 3. 9. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.339; a los 7 días.....98

Gráfico 3. 10. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.339; a los 28 días.....99

Gráfico 3. 11. Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la compresión en kg/cm² a los 7 días con diferentes porcentajes de fibra 100

Gráfico 3. 12. Relación A/C vs. Resistencia Característica a la compresión en kg/cm ² a los 7 días con diferentes porcentajes de fibra	101
Gráfico 3. 13. Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la compresión en kg/cm ² a los 28 días con diferentes porcentajes de fibra	102
Gráfico 3. 14. Relación A/C vs. Resistencia Característica a la compresión en kg/cm ² a los 28 días con diferentes porcentajes de fibra	103
Gráfico 3. 15. Longitudes donde se aplicara la carga en los ensayos de vigas	105
Gráfico 3. 16. Dimensiones de la viga colocada en la máquina de carga	107
Gráfico 3. 17. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.442 a los 28 días	111
Gráfico 3. 18. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.442	112
Gráfico 3. 19. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.400 a los 28 días	115
Gráfico 3. 20. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.400	116
Gráfico 3. 21. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.339 a los 28 días	119
Gráfico 3. 22. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.339	120
Gráfico 3. 23. Comparación Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la tensión en kg/cm ² a los 28 días	121
Gráfico 3. 24. Comparación Relación A/C vs. Resistencia Característica a la tensión en kg/cm ² a los 28 días	122

Gráfico 3. 25. Comparación de 1α y 2α con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.442	131
Gráfico 3. 26. Comparación de 1α y 2α con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.400	134
Gráfico 3. 27. Comparación de 1α y 2α con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.339	137

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

El pavimento es una capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre un material nivelado con la finalidad de aumentar y dar una mayor comodidad y seguridad en la circulación de personas o vehículos.

Entre los materiales usados en la fabricación de esta estructura ya sean para sectores públicos o privados, están las mezclas asfálticas, el hormigón, los materiales rocosos y suelos con mayor capacidad portante.

Las denominadas mezclas asfálticas y el concreto son los materiales más habituales usados en la construcción de vías en el siglo XXI, ya que estas estructuras poseen un buen comportamiento al soportar cargas y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir daños ya que poseen una gran resistencia al desgaste.

Resulta de gran importancia prolongar la vida útil de los pavimentos, esto se logra estudiando cambios en su diseño, de tal manera que el desgaste producido por los vehículos sea solo superficial y no afecte o no genere daños estructurales. Se debe tener en cuenta que estos daños que se pueden presentar en los pavimentos representan el incumplimiento de la seguridad vial y repercusiones económicas.

Para el presente trabajo se decidió estudiar el comportamiento del pavimento rígido, alterando su composición básica; añadiendo un nuevo material a la mezcla que es la fibra de polipropileno. De manera que al finalizar el trabajo se obtenga conclusiones basadas en tablas comparativas que muestren el comportamiento de la mezcla de

hormigón correspondiente a diferentes dosificaciones de fibra según lo recomendado por el fabricante; esto realizado en diferentes resistencias del hormigón a los 7 y 28 días.

1.1. Pavimento Rígido

El pavimento rígido se integra por una capa de rodadura (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de sub-base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada sub-rasante, cuya finalidad es dar al usuario mayores ventajas en su uso como en tiempo, seguridad y comodidad.

El pavimento rígido absorbe gran parte de los esfuerzos que los pesos de los vehículos ejercen sobre el suelo distribuyéndolos por toda la estructura para disiparlos y que lleguen reducidos hacia la base y sub-base, la resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto.

A continuación se presenta las características de los elementos del pavimento:

Sub-Rasante

Este elemento está constituido por el suelo de fundación en el sitio donde irán apoyado el pavimento, es de gran importancia conocer las características propias de esta capa mediante la mecánica de suelos ya que debe proporcionar un apoyo razonablemente uniforme.

La capacidad de soporte de la sub-rasante está representada por un parámetro llamado coeficiente de Balasto, que es la relación entre la presión aplicada sobre el terreno y el asentamiento correspondiente en él para ello se realiza la prueba de placa, sin embargo al ser este ensayo muy costoso se realiza el ensayo de CBR con el que se obtiene la constante k , que igualmente es la relación entre la presión y asentamiento.

Sub-Base

La sub-base debe estar constituida por materiales granulares que se pueden obtener en el sitio de construcción o se puede importar al sitio de construcción, siendo estos grava, lastre, piedra triturada, arena, etc.

Las principales funciones de la sub-base son:

- Controlar la ascensión capilar del agua.
- Reducir al mínimo el efecto de cambio de volumen en el terreno de fundación.
- Proporcionar drenaje al pavimento.
- Reducir al mínimo la elasticidad y plasticidad debido a excesos de humedad del material de capas inferiores.

Losa

La losa de hormigón es la última capa que constituye el pavimento rígido, es la que está en contacto con la superficie y es la primera capa en soportar los esfuerzos producidos por el tránsito.

¹Esta losa estará constituida por la mezcla de arena, ripio, cemento y agua, se obtiene diferentes valores de resistencia al dosificar en diferentes cantidades los componentes. El diseño final se dará de acuerdo a las solicitaciones de carga a las que será sometida durante su vida útil.

El pavimento rígido es una mezcla de hormigón hidráulico y por lo tanto debe cumplir ciertos requisitos como la trabajabilidad.

La trabajabilidad es la capacidad que tiene el hormigón para adaptarse a las condiciones de fabricación o mezclado, traslado, colocación, consolidación y acabado, en el lugar definitivo de la obra sin permitir que la mezcla pierda homogeneidad.

Para poder comprobar la trabajabilidad de nuestra mezcla se realizan el ensayo de asentamiento, conocido como el CONO DE ABRAHAMS; el cual consiste en colocar la mezcla de hormigón en el molde en forma de cono truncado cuyas dimensiones son: 30 cm de altura, 20 cm de diámetro inferior y 10 cm de diámetro superior.

El hormigón se coloca en tres capas que se las compactará dando 25 golpes uniformemente distribuidos por toda la superficie de la capa con una varilla de acero de 60 cm de largo; una vez compactada la última capa se procede a enraizar y se retira el molde; con la ayuda de un flexómetro se mide la distancia desde el centro de la muestra hasta el borde del molde. Esta distancia nos indicara el valor del asentamiento obtenido en la mezcla ensayada.

¹ ORGANIZATION, S. (2013). *Tipos de. org*. Obtenido de <http://www.tiposde.org/construccion/659-tipos-de-pavimentos/#ixzz3FIv41w93>

1.1.1. Agregados

²El concreto está formado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado, el cual ocupa aproximadamente el 65% a 80% del volumen de unidad cúbica del concreto.

El resto está conformado por la pasta de cemento endurecida, agua no combinada (es decir, agua no utilizada en la hidratación del cemento) y vacíos de aire. Evidentemente, los últimos dos no contribuyen a la resistencia del concreto.

³En general, mientras más densamente pueda empaquetarse el agregado, mejor será la resistencia, la durabilidad y la economía del concreto. Por esta razón, resulta de fundamental importancia la gradación del tamaño de las partículas en los agregados, con el fin de producir este empaquetamiento compacto. También es importante que su superficie esté libre de impurezas como arcillas, limos o materia orgánica, las cuales pueden debilitar la unión con la pasta de cemento; y que no se produzca una reacción química desfavorable entre éste y el cemento.

Existen dos tipos de agregados fundamentales para la elaboración del hormigón:

- Agregado grueso
- Agregado fino

² RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú.

³ NILSON, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Hormigón*. Santafé de Bogotá: Mc. Graw Hill.

1.1.1.1. Agregado fino

Se define como agregado fino al material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa por el tamiz 4,75 mm (N° 4) y se retiene predominantemente en el tamiz N° 100.

⁴El agregado podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras compactas y resistentes, libres de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas para el concreto.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestra los límites de las impurezas que puede tener el agregado fino:

Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3.00%
Material más fino que la malla #200	
Concreto sujeto a abrasión	3.00%
Todos los otros concretos	5.00%
Carbón y lignito	
Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.50%
Otros concretos	1.00%
Mica	0.00%
Partículas deleznales	3.00%

Tabla 1- 1. Porcentaje de impureza A. Fino
Fuente: RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú

⁴ RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú.

1.1.1.2. Agregado grueso

⁵El agregado grueso puede consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada con aire, o concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de ellos. /Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, libre de material escamoso, materia orgánica o partículas blandas.

Se considera como agregado grueso al agregado que de acuerdo con su tamaño nominal, queda retenido en el tamiz 4,75 mm (N° 4).

Los tipos comunes de agregado grueso son:

- Piedra natural triturada: este agregado se lo obtiene por la trituración de piedra natural o roca de canteras, esta da una resistencia alta en el concreto.
- Agregado artificial: compuesto principalmente por escoria y esquisto expandido, su uso generalmente es para producir concreto ligero.
- Grava natural: esta se obtiene en fondos y riveras de ríos ya que se producen por la acción de intemperismo del agua.

En el agregado grueso se tiene de igual forma límites de impurezas que se debe controlar, que a continuación se muestran en la tabla siguiente:

⁵ RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú.

Arcillas	0.25%
Partículas blandas	5.00%
Material más fino que pasa el tamiz #200	3.00%
Carbón y lignito:	
Cuando el acabado superficial es de importancia	0.50%
Otros concretos	1.00%

Tabla 1- 2. Porcentaje de impureza A. Grueso
Fuente: RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú.

Adicionalmente el agregado grueso debe cumplir con normativas de dureza (ensayo en la máquina de los ángeles) y resistencia a la acción de sulfatos.

1.1.2. Agua

El agua es uno de los componentes más importantes al momento de realizar los hormigones, esta debe estar bien monitoreada en cantidad y calidad. La cantidad de agua que se le coloque a la mezcla influye en su trabajabilidad, si es poca agua se volverá una masa seca que podría generar vacíos, y al colocar más agua de la necesaria bajaría la resistencia del hormigón requerida.

En todos los casos que se quieran realizar las mezclas el agua debe ser potable y no contener aceites, ácidos, sulfatos, sales, limos, material orgánico u otras sustancias dañinas.

⁶Los límites máximos de sustancias que se permiten en el agua que se empleará en la mezcla son:

⁶ Enciclopedia, W. (7 de noviembre de 2008). *es. wikipedia. org*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_\(hormig%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n))

Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
<u>Ph</u>	6 < pH < 8

Tabla 1- 3. Límites permitidos de sustancias en el agua
Fuente: Enciclopedia, W. (7 de noviembre de 2008). *es. wikipedia. org*. Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_\(hormig%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n))

Cuando son excesivas las impurezas pueden afectar no solo al tiempo de fraguado, la estabilidad del volumen de la mezcla, cambios de longitud, sino que también llega a causar corrosión del refuerzo y resistencia del concreto. Las altas concentraciones de sólidos disueltos en el agua de mezcla deben ser evitadas.

Según el ACI, en el capítulo 3 que trata de los materiales empleados para la elaboración de concreto, en base a las normas ASTM C1602M permite el uso de agua potable sin practicarle ensayos e incluye métodos para calificar las fuentes de agua impotable, considerando los efectos en el tiempo de fraguado y la resistencia. También incluye límites opcionales para los cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezclado.

1.1.3. Cemento

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas.

⁷Esta categoría tecnológicamente importante de materiales incluye no sólo el cemento sino también limos, asfaltos y alquitranes, tal como se usan en la construcción de carreteras y otros. Para la fabricación del concreto estructural se utilizan exclusivamente los llamados cementos hidráulicos.

⁸Se define como cementos hidráulicos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

Cemento Portland.-

⁹El cemento portland es un conglomerante, generalmente el más usado al realizar mezclas de hormigón, que se obtiene de la pulverización del Clinker portland y la adición de sulfato de calcio (CaSO_4). El clinker es la calcinación de caliza proporcionada por el óxido de calcio (CaO) y arcillas que proveen el óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de silicio (SiO_2). Los principales componentes químicos del cemento se muestran en la siguiente tabla:

⁷ NILSON, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Hormigón*. Santafé de Bogotá: Mc. Graw Hill.

⁸ RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú

⁹ LAFARGE. (2013). *lafarge.com*. Obtenido de <http://www.lafarge.com/en/lafarge-sells-its-cement-operations-ecuador-a-total-enterprise-value-553-million-405meu>

Materia prima	Porcentaje
Óxido de calcio	44
Óxido de silicio	14.5
Óxido de aluminio	3.5
Óxido de hierro	3
Óxido de manganeso	1.6

Tabla 1- 4. Componentes químicos del cemento
Fuente: LAFARGE. (2013). *lafarge.com*. Obtenido de
<http://www.lafarge.com/en/lafarge-sells-its-cement-operations-ecuador-a-total-enterprise-value-553-million-405meu>

Este cemento mezclado con agua tiende a fraguar y se obtiene un material plástico, el mismo que al transcurrir los días va endureciendo y adquiriendo su resistencia máxima. La resistencia máxima es el resultado de un buen proceso de curado, que consiste en la hidratación de la mezcla durante el proceso de fraguado.

De acuerdo a las solicitudes requeridas con el paso del tiempo se han desarrollado cinco tipos de cemento Portland que se presentan a continuación:

- Tipo I: es el más corriente y utilizado en la construcción, requiere de 28 días para alcanzar su resistencia de diseño.
- Tipo II: esta modificación del cemento tipo I, se lo utiliza en grandes volúmenes de obra ya que tiene una liberación de calor baja.
- Tipo III: tiene la misma composición básica del cemento Portland tipo I, la diferencia es que ha sido mezclado en forma más cuidadosa y molido hasta

obtener partículas más finas. Logrando la resistencia de diseño a los tres días, son más costosos.

- Tipo IV: esta variación del cemento Portland es utilizado en presas de concreto debido al bajo calor de hidratación y su buen trabajo al contacto con el agua.
- Tipo V: este tipo de cemento es resistente a sulfatos por lo que es ideal en la construcción de alcantarillas y estructuras expuestas a sulfatos.

El tipo de cemento empleado es puzolánico que es el cemento portland con adición de puzolana, está normado por la ASTM C - 585.

1.2. Fibra de Polipropileno

1.2.1. Descripción

¹⁰El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. Pertenece al grupo de las poliolefinas que es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

1.2.2. Usos y Aplicaciones de Fibras de Polipropileno

El hormigón es un material que trabaja bien a la compresión, mientras a la tracción presenta poca resistencia. Ciertas estructuras requieren lograr un buen comportamiento a la tracción, como es el caso de pavimentos, en que los controles de calidad de hormigón se realizan midiendo su resistencia a tracción, cuyos resultados

¹⁰ WIKIPEDIA, I. e. (14 de abril de 2015). *es. wikipedia. org*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Polipropileno>

reflejan con mayor claridad algunas cualidades del hormigón como la calidad y limpieza de los áridos.

La fibra de polipropileno en los últimos años se la ha venido utilizando con mayor frecuencia ya que presenta algunas ventajas como:

- Inhibe las rajaduras por encogimiento plástico.
- Incrementa las resistencias iniciales y finales:
 - 4% a la compresión
 - 9% a la tensión
 - 7% a la flexión
- Es compatible con otro tipo de aditivos.
- El acabado no presenta diferencias con el hormigón normal.
- Inhibe el asentamiento plástico
- Provee un acceso sin obstrucciones a la sub base
- Se bombea con facilidad evitando segregamiento.
- Provee un esfuerzo tridimensional, en vez de un esfuerzo secundario de plano simple.
- Ahorra dinero y tiempo en la adquisición de malla electro soldada.

En el proceso de verter el hormigón, los agregados empiezan a asentarse debido a la gravedad y el agua de mezcla asciende a la superficie, conocido este proceso como el sangrado del hormigón; al añadir fibra a la mezcla de hormigón se altera este procesos de asentamiento ya que la fibra se distribuye uniformemente en todo el volumen de la mezcla, formando un sistema interno de soporte; por lo cual esto

impide la formación de micro fisuras y su propagación durante el proceso de fraguado.

1.3. Características que debe cumplir el hormigón para pavimento rígido

La mezcla de hormigón debe cumplir con ciertos requisitos para poder desempeñar un buen comportamiento como pavimento rígido, teniendo en cuenta que su inversión inicial es mayor pero este valor se compensa con un menor costo de mantenimiento en relación al pavimento flexible.

El concreto se caracteriza por tener un alto nivel de elasticidad y de resistencia a elevados esfuerzos mecánicos, catalogándolo como un pavimento duradero y eficiente.

A continuación se presentan los requerimientos que debe cumplir el hormigón para ser usado como pavimento rígido:

- Asentamiento de la muestra debe estar entre 5 cm hasta 7.5 cm para poder tener un hormigón trabajable.
- Resistencia a la compresión a los 28 días debe ser superior a 280 kg/cm².
- Resistencia a la tracción debe representar como mínimo un 15% de la resistencia a compresión los 28 es decir un mínimo de 42kg/cm².
- Se debe realizar ensayos de módulo de elasticidad a los 28 días de tomadas las muestras.
- Se debe tener un buen curado para que este no presente ninguna complicación de agrietamiento.

CAPITULO II

2. PROPIEDADES Y ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

A continuación se presenta un breve resumen de los ensayos que se realizaron en el laboratorio para la presente disertación.

2.1. Agregados

Como agregados para concreto se pueden considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente, no perturben ni afecten las propiedades y características del concreto y garantizan una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento Portland.

2.1.1. Granulometría

La granulometría es la distribución por tamaños de los agregados utilizados para el hormigón. El proceso se realiza mediante el empleo de tamices dispuestos ordenadamente, de modo que un tamiz de mayor abertura preceda a otro de menor abertura.

¹¹Los parámetros que determinan las características granulométricas de un árido son fundamentalmente tres: el tamaño máximo del agregado, la compacidad y el contenido de finos. La distribución de los distintos tamaños de los granos que componen un árido tiene una importancia decisiva en las características del hormigón. El estudio de dicha distribución suele efectuarse mediante la curva

¹¹ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

granulométrica, que se determina cribando el árido a través de una serie de normalizada de tamices.

La importancia de la gradación de los áridos y la uniformidad, está en que un escalonamiento de tamaños convenientes llega a reducir la cantidad de pasta cementante, necesaria para obtener una resistencia prefijada en el hormigón producido. El método del ensayo se describe en la norma ASTM C136.

De acuerdo a la norma la serie de tamices que se disponen para el ensayo son:

Agregado Gueso

<i>AGREGADO</i>	<i>Pulg.</i>	2,	1 ½,	1,	¾	½,	3/8,	No. 4
<i>GRUESO</i>	<i>mm.</i>	50.8,	38.1,	25.4,	19.0,	12.7,	9.51,	4.76

Agregado Fino

<i>AGREGADO FINO</i>	<i>Pulg.</i>	No. 4	No. 8	No. 16,	No. 30,	No. 50,	No.100
	<i>Mm.</i>	4.76,	2.36,	1.190,	0.595,	0.297,	0.142

Existen dos tipos de granulometría que se presentan a continuación:

- Granulometría bien gradada.- aquella en que el tamaño de las partículas varía del más fino al más grueso de manera uniforme, es la más satisfactoria; sin embargo no es deseable que los porcentajes retenidos sean iguales.
- Granulometría mal gradada.- es aquella que presenta las partículas de un agregado no varían uniformemente de acuerdo a su tamaño.

- Granulometría uniforme.- es aquella que las partículas del agregado guardan gran similitud en su tamaño.
- Granulometría Discontinua.- cuando en la curva granulométrica existen cortes, es decir no cuenta con determinados tamaños de agregados, la principal desventaja es que existe posibilidad de mayor segregación.

La importancia de la granulometría de los agregados al momento de realizar nuestro hormigón es que de ella dependerá la estabilidad volumétrica, mayores resistencia y se pretende dar una mayor presencia de agregados en la masa de hormigón reduciendo la pasta cementante.

Los áridos empleados en la preparación del hormigón se obtienen normalmente mezclando arenas y gravas en proporciones adecuadas, o mejor aún si se puede mezclar tres o más grupos de tamaño de agregados. No es posible establecer una curva granulométrica óptima única, ya que en cada caso se debe tener en cuenta varios factores al momento de preparar el hormigón como la resistencia, propiedades exigidas al hormigón, transporte, colocación, etc. Existen varios métodos para obtener curvas adecuadas para cada campo de aplicación, a continuación se presentan un resumen de estos métodos:

- ¹²Parábola de Fuller: para áridos redondeados cuyo tamaño máximo sea de 50 ± 20 milímetros y contenido de cemento no inferior a 300 kg/m³, esto en hormigón; se obtienen buenos resultados mediante granulometrías que sigan la parábola.

¹² MONTROYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

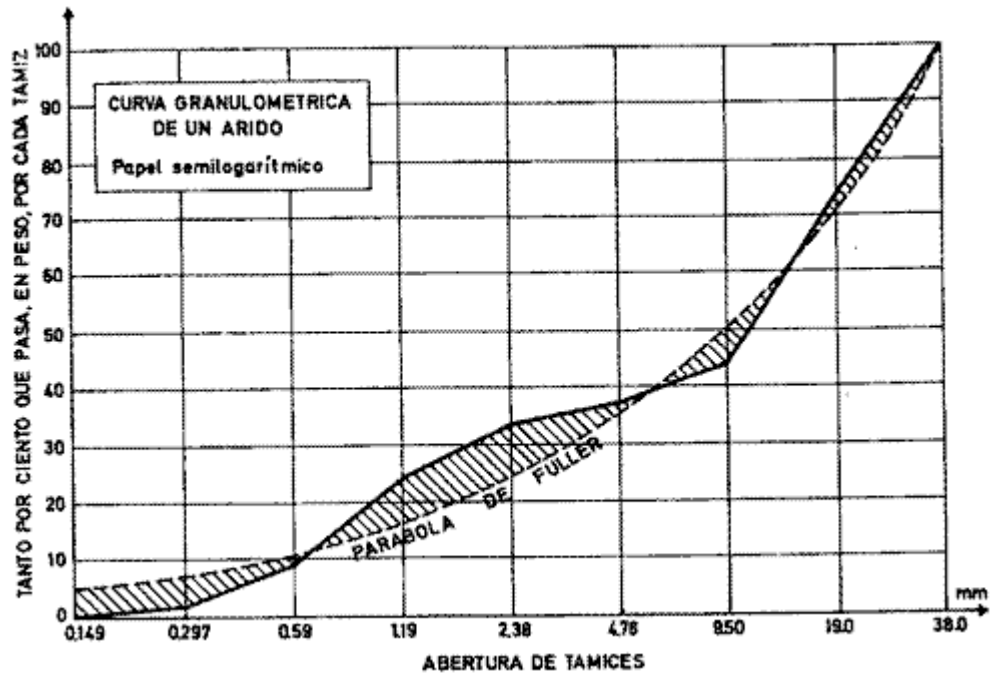


Gráfico 2. 1. Curva granulométrica y parábola de Fuller
 Fuente: MONTOYA, J. (2008). Hormigón Armado. Barcelona: Gustavo Gili, SL

- ¹³Parábola de Bolomey: en la curva granulométrica se considera incluido el cemento y su campo de aplicación es mucho más grande que el de la parábola de Fuller. Como en esta curva se considera también el cemento que posee una mayor densidad que los áridos, es necesario tomar los porcentajes en volumen absoluto.

¹³ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

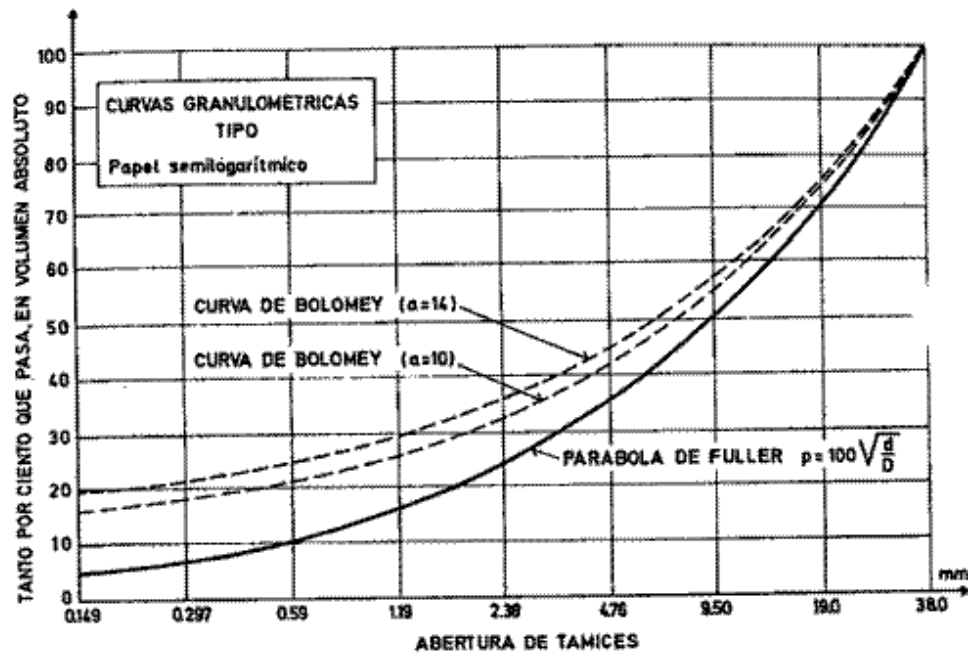


Gráfico 2. 2. Parábola de Fuller y Curva de Bolomey
 Fuente: MONTOYA, J. (2008). Hormigón Armado. Barcelona: Gustavo Gili, SL

- ¹⁴Método del módulo granulométrico: se llama modulo granulométrico de un árido a la suma de los porcentajes retenidos en cada tamiz de la serie Tyler, dividida por 100, el módulo de granulométrico cuantifica el área limitada por la curva granulométrica.

Además la trabajabilidad del hormigón depende de la granulometría de los áridos, siendo más dóciles los hormigones cuyo contenido en arena es mayor. Pero, por otra parte, a más cantidad de árido fino corresponde más agua de mezcla necesaria y por lo tanto, menor resistencia. La trabajabilidad es mayor con áridos redondeados que con áridos procedentes de la trituración.

¹⁴ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

2.1.2. Módulo de Finura

Módulo de finura es un índice que representa el grosor de las partículas de un agregado, corresponde matemáticamente a la sumatoria de los porcentajes acumulados retenidos en la serie de tamices de Tyler, dividida para 100. Los valores de módulos de finura encontrados nos dan una relación de la pasta cementante que será empleada.

¹⁵Los agregados que presentan un módulo de finura bajo indican una preponderancia de partículas más finas con un área superficial total muy alta, que será necesario cubrir con pasta.

Para el agregado fino que va a ser utilizado en la fabricación del hormigón el módulo de finura no debe ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1; se debe mantener dentro de los límites ± 0.2 del valor asumido o para la selección de las proporciones de la mezcla.

2.1.3. Tamaño máximo nominal

Según la Norma MOP el tamaño máximo nominal del agregado es la abertura del tamiz que retiene al menos el 5% de la muestra. De acuerdo a la Norma del ASTM el tamaño máximo es la abertura de tamiz inmediatamente superior al que retiene el 15% o más del material.

¹⁶Cuando mayor sea el tamaño máximo del árido, menor serán las cantidades necesarias de cemento y agua del hormigón. Se debe considerar que el tamaño

¹⁵ RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú

¹⁶ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.

máximo del agregado también está limitado por las dimensiones de los elementos estructurales para el cual fue diseñada la mezcla.

A continuación se presentan los resultados de laboratorio:

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

GRANULOMETRIA POR MALLAS DEL AGREGADO GRUESO

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.40	205.0	205.0	1.12	98.88
3/4"	19.00	2660.0	2865.0	15.69	84.31
1/2"	12.70	10140.0	13005.0	71.24	28.76
3/8"	9.51	2865.0	15870.0	86.94	13.06
Nº 4	4.76	1985.0	17855.0	97.81	2.19
P A S A No 4		400.0	400.0		
SUMA:		18255.0	18255.0		

TAMAÑO MAXIMO

1"

ESPECIFICACIONES I NEN 872

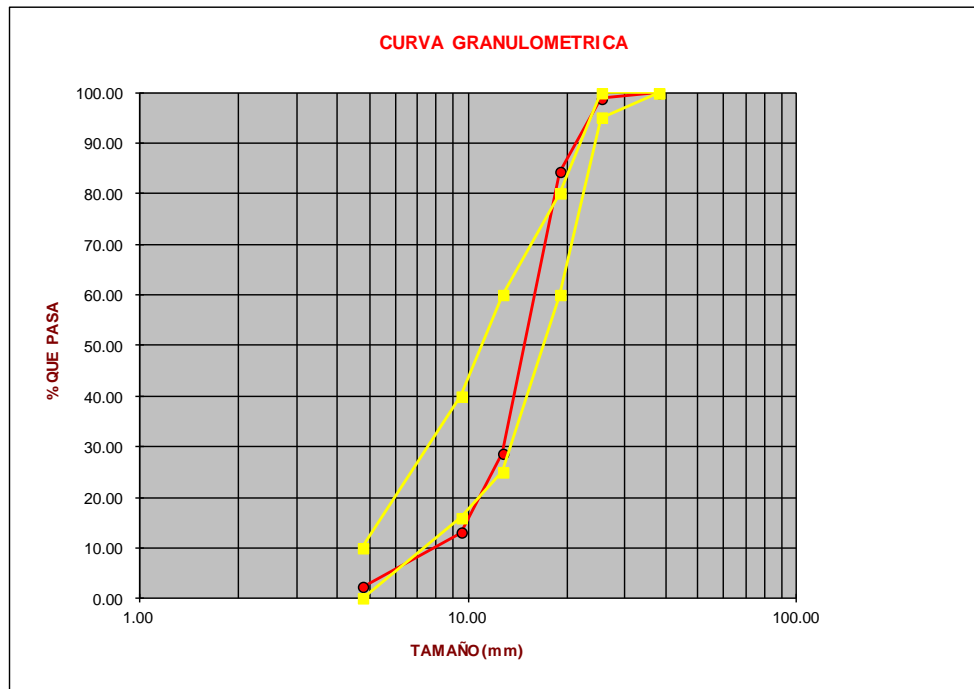


Tabla 2- 1. Granulometría A. Grueso

Fuente: Autores de la Tesis

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

GRANULOMETRIA POR MALLAS DEL AGREGADO FINO

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICAC. % QUE PASA
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/8"	9.51	0.0	0.0	0.0	100.0	100
No. 4	4.76	2.6	2.6	0.2	99.8	95-100
No. 8	2.36	326.9	329.5	19.3	80.7	80-100
No. 16	1.19	389.9	719.5	42.1	57.9	50-85
No. 30	0.60	302.0	1021.5	59.7	40.3	25-60
No. 50	0.30	243.0	1264.4	73.9	26.1	10-30
No. 100	0.149	164.5	1428.9	83.5	16.5	2-10
P A S A No 100		281.8	281.8			
SUMA:		1710.8	1710.8			

TAMAÑO MAXIMO: 1/2"

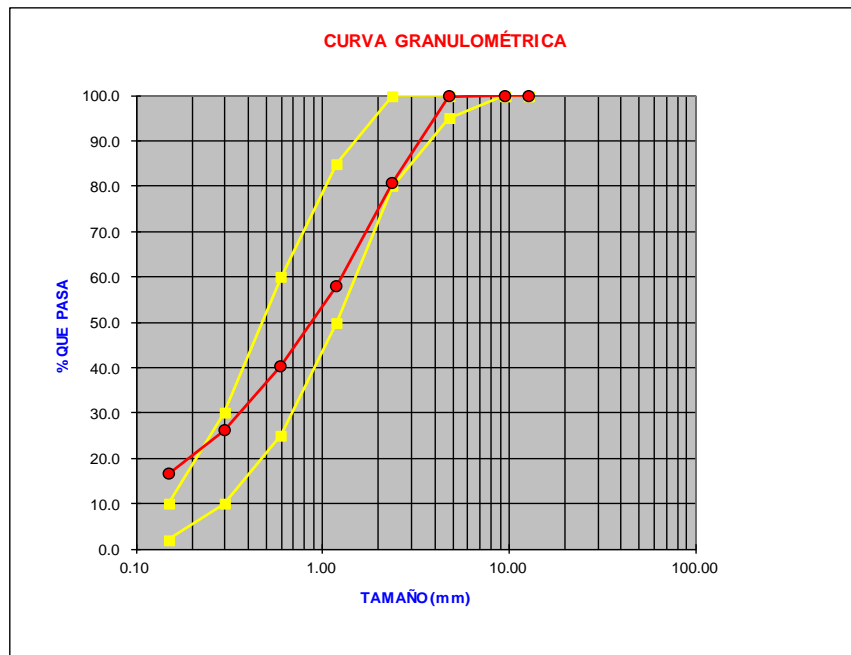


Tabla 2- 2. Granulometría A. Fino

Fuente: Autores de la Tesis

2.1.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad o conocida también como humedad natural de los agregados, es la cantidad de agua que posee cada agregado y está directamente relacionado con la porosidad.

Para realizar el cálculo de las dosificaciones es necesario conocer el contenido de humedad de los áridos porque de ésta depende la relación agua-cemento, que se obtiene de tablas o fórmulas, y de igual forma la trabajabilidad que posea la mezcla.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
Facultad de Ingeniería		
Escuela Civil		
PROYECTO: Disertación de tesis	DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero	
LOCALIZACIÓN: QUITO	REALIZADO POR: Quintiliano González	
MUESTRA: 1	Katherine Montero	
ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo		
FECHA: 2 de diciembre del 2014		
<u>HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO</u>		
$\%W = \frac{\text{Masa Humeda} - \text{Masa Seca}}{\text{Masa Seca}} * 100$		
MUESTRA	FI NO	GRUESO
MASA HUMEDA (gr)	754.60	850.00
MASA SECA (gr)	751.60	846.50
MASA DE AGUA (gr)	3.00	3.50
% DE HUMEDAD	0.40	0.41

Tabla 2- 3. Humedad natural del agregado
Fuente: Autores de la Tesis

2.1.5. Contenido orgánico de la arena

La materia orgánica como tal es el resultado de la descomposición de material vegetal ya sean hojas, tallos, raíces, etc. ¹⁷La presencia de materia orgánica en el concreto y morteros en altas cantidades es perjudicial ya que al realizarse el proceso de descomposición la materia origina ácido húmico que retarda el proceso de endurecimiento del concreto por lo que reduce la resistencia y durabilidad del mismo.

El ensayo permite valorar la cantidad de materia orgánica en la arena mediante la acción de la solución de hidróxido de sodio al 3%, que al actuar sobre la muestra permite graduar el contenido orgánico basándose en la tabla de colores estándar.

A continuación se presenta el resultado del ensayo:

¹⁷ LARA CARRERA, L. (1980). TESIS, Manual de Laboratorio de Hormigones. Quito

Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
Facultad de Ingeniería Escuela Civil		
PROYECTO: Disertación de tesis		
LOCALIZACIÓN: QUITO	DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero	
MUESTRA: 1	REALIZADO Quintiliano González	
ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo	Katherine Montero	
FECHA: 2 de diciembre del 2014		
<u>CONTENIDO ORGANICO</u>		
COLOR DE LA MUESTRA	Mayor a:0 Menor a:2	
CONTENIDO ORGANICO ACEPTABLE:	SI	<input checked="" type="checkbox"/>
	NO	<input type="checkbox"/>
VALOR EN LA ESCALA	No.-	<input type="text" value="1"/>

Tabla 2- 4. Contenido orgánico de la arena
Fuente: Autores de la Tesis

2.1.6. Terrones de arcilla

El agregado tanto fino como grueso puede presentar partículas de arcilla en su superficie, sin embargo también el limo y polvo de trituración pueden recubrir el agregado. Afectando en la adherencia necesaria entre el agregado y la pasta cementante, que es necesaria para lograr la resistencia de diseño y durabilidad del concreto.

¹⁸La cantidad de arcilla, limos o polvo fino, resultado del proceso de trituración, es importante porque incide directamente en la cantidad de agua necesaria para humedecer todas las partículas de la mezcla. La presencia de dichas partículas no debe exceder el porcentaje límite establecido en la norma.

¹⁸ LARA CARRERA, L. (1980). TESIS, Manual de Laboratorio de Hormigones. Quito

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pífo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO FINO

$$P = (M-R) / R * 100$$

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	M=	100.3	gr.
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 20 DESPUES DEL ENSAYO	R=	99.1	gr
PORCENTAJE DE ARCILLA	P=	1.20	%

Tabla 2- 5. Terrones de arcilla A. Fino

Fuente: Autores de la Tesis

Pontificia Universidad Católica del Ecuador
 Facultad de Ingeniería
 Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis
 LOCALIZACIÓN: QUITO
 MUESTRA: 1
 ORIGEN Y DESCRIPCIÓN: Mina de Pifo
 FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero
 REALIZADO POR: Quintiliano González
 Katherine Montero

TERRONES DE ARCILLA EN EL AGREGADO GRUESO

FRACCIÓN N°	NUMERO DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
1		1"	0.00	----	----	0.08	0.00
2	1"	3/4"	16.05	3002.30	3000.00	0.08	0.01
3	3/4"	3/8"	72.84	2001.40	1996.00	0.27	0.20
4	3/8"	N° 4	11.12	1002.30	998.00	0.43	0.05
		N° 4	0.00	----	----	0.43	0.00
			100.01				0.26

Tabla 2- 6. Terrones de arcilla A. Grueso
 Fuente: Autores de la Tesis

2.1.7. Gravedad específica

Gravedad específica es el cociente de la densidad de una sustancia dada a la densidad del agua, con la condición de que ambas sustancias estén en mismas condiciones de temperatura.

La gravedad específica Bulk, es la relación entre el peso en el aire de un volumen conocido de un material a una temperatura dada, y el peso del mismo volumen sumergido.

Este ensayo nos permitirá determinar el volumen de vacíos que presentan nuestros agregados ya que esta tiene una relación directa con la cantidad de cemento y agua que ocuparan estos vacíos al momento de realizar nuestro hormigón.

2.1.8. Absorción

Este ensayo permite calcular la absorción con una muestra de agregado con el fin de saber si cumple los requerimientos normalizados para la elaboración del diseño de mezcla.

Se define como absorción al incremento de masa de los agregados por presencia de agua en los poros del material, sin tomar en cuenta el agua adherida a la superficie exterior del agregado, se expresa como un porcentaje de la masa seca del agregado.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio, tanto de gravedad específica como de absorción.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

$$Ma = Mmwm - (Mn + B)$$

$$Ge = \frac{A}{498,75 - Ma}$$

$$Ges = \frac{B}{498,75 - Ma}$$

$$Gea = \frac{A}{498,75 + Mm - Mmwm + A}$$

$$Ab = \frac{B - A}{A} * 100$$

MASA DEL MATRAZ	Mm= 160.40 gr
MASA DEL CONJUNTO: MATRAZ, AGUA Y MUESTRA	Mmam= 966.70 gr
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B= 505.00 gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A= 476.59 gr
MASA DE AGUA AÑADIDA AL MATRAZ	Ma= 301.3 gr
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	Ge= 2.414
GRAVEDAD ESPEC. SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges= 2.558
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea= 2.819
PORCENTAJE DE ABSORCION	Ab= 5.96 %

Tabla 2- 7. Gravedad específica y Absorción A. Fino

Fuente: Autores de la Tesis

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO PC Quintiliano González

Katherine Montero

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

$$Ge = \frac{A}{B - C}$$

$$Ges = \frac{B}{B - C}$$

$$Gea = \frac{A}{A - C}$$

$$Ab = \frac{B - C}{A} * 100$$

MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA B = 4200.00 gr

MASA DE LA MUESTRA SECA A = 4028.00 gr

MASA DE LA MUESTRA SUMERGIDA C = 2447.00 gr

GRAVEDAD ESPECIFICA BULK Ge= 2.298

GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SE Ges= 2.396

GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE Gea= 2.548

PORCENTAJE DE ABSORCION Ab= 4.27 %

Tabla 2- 8. Gravedad específica y Absorción A. Grueso
Fuente: Autores de la Tesis

2.1.9. Peso unitario

El peso unitario es el peso de la unidad de material por unidad de volumen, se expresa generalmente en kg/m^3 . El peso unitario se usa para calcular las cantidades de material a usarse en las dosificaciones volumétricas.

2.1.9.1. Peso unitario suelto

Se determina el peso unitario suelto porque se emplea material seco simplemente colocado dentro de un recipiente en el que se procede a nivelar, para proceder a ser pesado.

2.1.9.2. Peso unitario compactado

El procedimiento es similar al peso unitario suelto, pero el material es sometido a un proceso de compactación, el que incrementa el grado de acomodo de las partículas y por lo tanto aumenta el valor de la masa.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO F Quintiliano González

Katherine Montero

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

MASA DEL MATERIAL SUELTO	$M_s = A - P =$	4540.0	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	$M_c = B - P =$	5150.0	gr
PESO UNITARIO SUELTO	$M_s / V =$	1523.49	Kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTO	$M_c / V =$	1728.19	Kg/m³
MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	$A =$	9590.0	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	$B =$	10200.0	gr

Tabla 2- 9. Peso Unitario A. Fino

Fuente: Autores de la Tesis

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis
LOCALIZACIÓN: QUITO
MUESTRA: 1
ORIGEN Y DESCRIPCIÓN: Mina de Pifo
FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero
REALIZADO POR: Quintiliano González
Katherine Montero

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

MASA DEL MATERIAL SUELTO	$M_s = A - P =$	12545.0	gr
MASA DEL MATERIAL COMPACTO	$M_c = B - P =$	14365.0	gr
PESO UNITARIO SUELTO	$M_s / V =$	1261	Kg/m³
PESO UNITARIO COMPACTO	$M_c / V =$	1444	Kg/m³
MASA MOLDE + MATERIAL SUELTO	$A =$	21090.0	gr
MASA MOLDE + MATERIAL COMPACTO	$B =$	22910.0	gr
MASA MOLDE	$P =$	8545.0	gr
VOLUMEN MOLDE	$V =$	9950.0	cm ³

Tabla 2- 10. Peso Unitario A. Grueso
Fuente: Autores de la Tesis

2.1.10. Abrasión del agregado grueso

¹⁹Se define como abrasión al desgaste de tipo mecánico por la fricción que genera esfuerzos. Se requiere que el desgaste sea mínimo para lograr una durabilidad aceptable, el desgaste del hormigón es directamente proporcional al desgaste del agregado.

¹⁹ LARA CARRERA, L. (1980). TESIS, Manual de Laboratorio de Hormigones. Quito

La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de los agregados nos da parámetros de la resistencia que tendrá el agregado para soportar rajaduras, desgaste y tipos de pulido por fricción, principalmente en partículas que estarán sometidas a una fricción permanente, como es el caso de pavimentos y pisos. En el proceso de dosificaciones saber el porcentaje de abrasión del agregado es importante ya que este tiene relación con el módulo de elasticidad y la deformación unitaria del hormigón.

Para determinar este parámetro se realiza el ensayo de abrasión que implica someter a fuerzas de impacto al agregado grueso.

A continuación se presenta los resultados de laboratorio:

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis
LOCALIZACIÓN: QUITO
MUESTRA: 1
ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo
FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero
REALIZADO POR: Quintiliano González
Katherine Montero

ENSAYO DE ABRASION

$$D = C / A * 100$$

$$C = A - B$$

TIPO DE GRADACION: A

MASA INICIAL DE LA MUESTRA A= 5000 gr.

MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12
DESPUES DE 500 REVOLUCIONES B= 3600 gr

MASA QUE PASA EL TAMIZ N° 12 C= 1400 gr

PORCENTAJE DE DESGASTE D= 28.00 %

Tabla 2- 11. Abrasión agregado grueso
Fuente: Autores de la Tesis

2.1.11. Adherencia

La interacción que se genera en la zona de contacto agregado-pasta es conocida con el nombre de adherencia. Esta adherencia se debe a fuerzas de origen físico-químico que ligan las partículas del agregado con la pasta.

²⁰La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño, forma, rigidez y textura de las partículas del agregado especialmente cuando se trata de resistencia a flexión.

2.1.12. Durabilidad a la acción de sulfatos

La durabilidad del concreto hidráulico es la capacidad de resistir los agregados a la acción de sulfatos de magnesio o sulfato de sodio. El desempeño de los agregados expuestos a este tipo de sulfatos se mide con la exposición directa a estas soluciones, sumergiendo el agregado en repetidas ocasiones seguidas por ciclos de secado.

Los efectos que presenta el agregado al ser expuesto a los sulfatos se clasifican como: desintegración, desmoronamiento, agrietamiento, exfoliación, división, etc.

El ensayo simula las condiciones a las que será sometido el concreto a la intemperie, depende del tipo de hormigón que se desea diseñar para establecer las condiciones del ensayo.

²⁰ SÁNCHEZ DE GUZMAN, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogotá : Bhandar Editores LTDA.

A continuación se presenta los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio tanto para el agregado grueso como para el agregado fino.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pifo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCION DE LOS SULFATOS

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

FRACCION N°	NUMERO DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
		3/8"	0.00	----	----	0.00	0.00
1	3/8"	No.4	3.95	----	----	1.70	0.07
2	No.4	No.8	18.26	100.00	98.30	1.70	0.31
3	No.8	No.16	21.90	100.00	97.80	2.20	0.48
4	No.16	No.30	17.31	100.00	98.70	1.30	0.23
5	No.30	No.50	16.97	100.00	98.00	2.00	0.34
	No.50		21.61	-----	----	2.00	0.43
			100.00				1.86

Tabla 2- 12. Durabilidad de los agregados a la acción de los sulfatos A. FINO

Fuente: Autores de la Tesis

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCION: Mina de Pífo

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González
Katherine Montero

DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCION DE LOS SULFATOS

SOLUCION DE SULFATO DE SODIO

FRACCION N°	NUMERO DEL TAMIZ		% RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE LAS FRACCIONES DES- PUES DEL ENSAYO	% QUE PASA DESPUES DEL ENSAYO	% DE DESGASTE PARCIAL
	PASA	RETIENE					
		1"	0.00	----	----	0.00	0.00
1	1"	3/4"	0.00	501.30	498.80	0.27	0.00
2	3/4"	1/2"	22.35	670.80	669.00	0.27	0.06
3	1/2"	3/8"	35.89	330.40	328.10	0.70	0.25
4	3/8"	N° 4	25.76	300.70	297.60	1.03	0.27
		N° 4	16.00	----	----	1.03	0.16
			100.00				0.74

Tabla 2- 13. Durabilidad de los agregados a la acción de sulfatos A. GRUESO
Fuente: Autores de la Tesis

2.2. Cemento

2.2.1. Consistencia normal del cemento

Este ensayo consiste en determinar la consistencia normal de una pasta de cemento hidráulico, este procedimiento se aplica a cementos que van a ser empleados en el diseño de morteros y hormigones.

Este ensayo permite conocer la cantidad de agua que se debe colocar con un peso de cemento para obtener una consistencia normal. Esta consistencia permite realizar otros ensayos del cemento como tiempo de fraguado, expansión de autoclave, etc.

²¹El agua de consistencia normal puede definirse como el agua necesaria cuando el vástago penetra 10 ± 1 mm en un intervalo de 30 segundos.

2.2.2. Tiempo de fraguado del cemento por el método Vicat

El fraguado de un mortero de cemento es la pérdida de plasticidad y endurecimiento, este se lo calculara por el método de la aguja Vicat; el aparato Vicat posee una aguja de 1 mm de diámetro y 50 mm de longitud que nos ayudaran a determinar el tiempo inicial y final del fraguado.

²²El tiempo de fraguado inicial es el tiempo total transcurrido desde que se agrega agua al cemento hasta que la aguja del instrumental Vicat entra 25 mm en la muestra; el

²¹ LAFARGE. (2013). *lafarge.com*. Obtenido de <http://www.lafarge.com/en/lafarge-sells-its-cement-operations-ecuador-a-total-enterprise-value-553-million-405meu>

²² LARA CARRERA, L. (1980). TESIS, Manual de Laboratorio de Hormigones. Quito.

tiempo de fraguado final es el tiempo total desde que se agrega agua al cemento hasta el momento en que la aguja del instrumental Vicat no deja marcas en la muestra.

A continuación se presentan los resultados dados en los ensayos de laboratorio:

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
Escuela Civil

PROYECTO: **Disertación de tesis**

LOCALIZACIÓN: **QUITO**

MUESTRA: **1**

ORIGEN Y DESCRIPCIÓN: **Cemento Holcim**

FECHA: **2 de diciembre del 2014**

DIRECTOR DE TESIS: **Ing. Juan Carlos Montero**

REALIZADO POR: **Quintiliano González**

Katherine Montero

TIEMPO DE FRAGUADO Y CONSISTENCIA NORMAL

METODO: **VICAT**

CONSISTENCIA NORMAL: **29.20 %**

AGUA gr	CEMENTO gr	PENETRACION mm	A/C %
190.00	650.00	9.80	29.2

TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL

HORA DE INICIACIÓN DEL ENSAYO	T1=	10 hs 08'
HORA DE FINALIZACIÓN DEL ENSAYO	T2=	10 hs 10'
TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL	Ti = T2 - T1 =	0 hs 02'

TIEMPO DE FRAGUADO FINAL

HORA DE INICIACIÓN DEL ENSAYO	T1=	10 hs 08'
HORA DE FINALIZACIÓN DEL ENSAYO	T2=	13 hs 08'
TIEMPO DE FRAGUADO FINAL	Ti = T2 - T1 =	3 hs 00'

TEMPERATURA AMBIENTE 20° a 21°

HUMEDAD RELATIVA DE CÁMARA 90 a 95 %

TEMPERATURA AGUA DE MEZCLA 22°

Tabla 2- 14. Tiempo de fraguado y consistencia normal del cemento
Fuente: Autores de la Tesis

2.2.3. Gravedad específica

Para la dosificación de la mezcla se usa la densidad relativa, también conocida como gravedad específica. La densidad relativa es un número adimensional que se lo obtiene al dividir la densidad del cemento para la densidad del agua, siendo esta 1.0 gr/cm³ y que se encuentra a una temperatura de 4°C.

Este ensayo de laboratorio nos permite determinar la densidad del cemento. Se usa para el diseño y un control de las mezclas de hormigón, esto quiere decir que la gravedad específica del cemento interviene en el cálculo de las proporciones de la mezcla de hormigón.

Se debe tener en cuenta que el procedimiento se lo debe realizar tres veces, y la máxima diferencia que se puede presentar en estos resultados no sea mayor a 0.1; si se presentara este inconveniente se debe repetir el ensayo.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO

$$G_c = M_c / V \cdot d_w$$

$$V = B - A$$

PESO DE LA MUESTRA	Mc =	64.00	gr
DENSIDAD DEL AGUA	dw =	1.000	gr/cm ³
LECTURA INICIAL	A =	0.00	cm ³
LECTURA FINAL	B =	22.70	cm ³
VOLUMEN DESALOJADO	V =	22.70	cm ³
GRAVEDAD ESPECIFICA	Gc =	2.82	

Tabla 2- 15. Gravedad especifica del cemento
Fuente: Autores de la Tesis

2.2.4. Finura del cemento

²³Realizar este ensayo en el laboratorio se tiene por objetivo determinar la finura del cemento; esta influye en la velocidad de hidratación y en el calor de hidratación liberado; es decir a mayor finura del cemento tiene mayor velocidad en su hidratación y por lo tanto esto nos generara resistencias más altas.

La finura del cemento se lo puede determinar mediante dos ensayos de laboratorio:

- Determinación de la finura método Blaine (ASTMC-204)
- Determinación de la finura método del tamiz (ASTMC-204)

En la presente disertación de tesis para determinar la finura del cemento se usó el método de Blaine y se realizó una sola determinación del tiempo de flujo en cada una de las dos muestras de cemento.

²³ LAFARGE. (2013). *lafarge.com*. Obtenido de <http://www.lafarge.com/en/lafarge-sells-its-cement-operations-ecuador-a-total-enterprise-value-553-million-405meu>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela Civil

PROYECTO: Disertación de tesis

LOCALIZACIÓN: QUITO

MUESTRA: 1

ORIGEN Y DESCRIPCIÓN: Cemento Holcim

FECHA: 2 de diciembre del 2014

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Juan Carlos Montero

REALIZADO POR: Quintiliano González

Katherine Montero

FINURA BLAINE

$$S = S_p \cdot (T)^{0.5} / (T_p)^{0.5}$$

S= Superficie específica del cemento 406.39 m²/Kg

S_p= Superficie específica de muestra patrón 381.80 m²/Kg

T= Tiempo de caída de la muestra ensayada 117.68 seg.

T_p = 103,87 seg

Tabla 2- 16. Finura del Cemento

Fuente: Autores de la Tesis

2.3. Fibra de Polipropileno

²⁴La fibra de polipropileno pertenece a las fibras sintéticas, la usada en el presente estudio es fabricada 100% de polipropileno virgen y cumplen con las especificaciones de ASTM C1116-89 para hormigón reforzado y hormigón vaciado a presión.

A continuación se presentan características de la fibra utilizada en este estudio:

- **Material:** polipropileno

²⁴ TESPECOM. (2014). *tespecom.com*. Obtenido de http://www.tespecon.com/index.php?option=com_content&view=article&id=11:epsfibrate&catid=9:productos-categoria

- **Dimensiones:** 12 mm de largo y 18 micras de diámetro
- **Resistencia:** tracción 37 Mpa
- **Forma:** alargada
- **Superficie:** rugosa y peluda
- **Color:** blanca transparentada
- **Absorción:** nula

Los hormigones reforzados con fibra son aquellos que incluyen en su composición fibras cortas, discontinuas y aleatoriamente distribuidas en la masa de hormigón. Generalmente las fibras de polipropileno tienen como objetivo principal lograr un buen comportamiento frente a problemas de figuración, desgaste y falta de adherencia de los materiales que componen el hormigón; teniendo un buen comportamiento en la adherencia se logra obtener un hormigón homogéneo y consistente logrando una mayor impermeabilización.

2.4. Aditivo

Para el presente estudio en la dosificación que se necesitaba para alcanzar una resistencia a la compresión de 380 kg/cm² fue necesario el uso de un aditivo plastificante y reductor de agua; este aditivo presenta características que hacen que el hormigón cumpla con las características de asentamiento para ser usado en pavimentos rígidos, partiendo de una consistencia casi nula.

²⁵A continuación se presentan propiedades de este tipo de aditivos:

- Mejora la consistencia de la mezcla
- Reductor de agua
- No provoca retrasos de fraguado
- No hay segregación del agregado
- Mínima exudación de agua
- Hormigones con baja permeabilidad
- Mayor productividad en el colocado

La dosificación que se recomienda para tener un mejor aprovechamiento del aditivo es de 650-1600 ml por cada 100 kg de material cementante y de cuanto se quiera aumentar el asentamiento.

Para el presente estudio se trabajó con 1300 ml por cada 100 kg de pasta cementante.

2.5. Fabricación de las muestras de laboratorio

2.5.1. Dosificación y fabricación de hormigones

La dosificación de hormigón tiene como finalidad tener un control de las proporciones que van a ser mezclados para obtener un muestra que cumpla con las características planteadas en un comienzo como la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, desgaste, etc.

²⁵ TESPECOM. (2014). *tespecom. com*. Obtenido de http://www.tespecon.com/index.php?option=com_content&view=article&id=11:epsfibrate_x&catid=9:productos-categoria

Las dosificaciones de hormigones vienen dadas por datos iniciales que establecerá el diseñador del proyecto para cumplir con las especificaciones requeridas; de esta manera se pueden mencionar algunos de estos requerimientos como:

- Características de los materiales
- Cemento: tipo, categoría y peso específico
- Agua: Pureza
- Áridos: procedencia o forma, granulometría, peso específico.
- Trabajabilidad del hormigón.
- Resistencia a los 28 días.

Relación Agua-cemento

La resistencia del concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por cantidad unitaria de cemento, esto es lo que se conoce como la relación agua cemento; se debe considerar que la relación agua-cemento es uno de los factores más importantes que influyen en la resistencia del hormigón endurecido, sin embargo no se puede establecer valores fijos para esta relación.

La relación agua-cemento debe ser tan baja como sea posible, para alcanzar hormigones de alta resistencia, pero teniendo en cuenta que debe permitir una adecuada trabajabilidad y compactación del hormigón, evitando el fenómeno de segregación de los áridos gruesos. En la presente disertación para realizar las dosificaciones se emplearon los siguientes valores de relación agua-cemento:

Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm ²)	A/C
280	0.442
320	0.400
380	0.339

Tabla 2- 17. Relación A/C de las dosificaciones realizadas
Fuente: Autores de la Tesis

²⁶Dependiendo de los requerimientos que el constructor necesite puede decidir qué tipo de dosificación usar, teniendo en cuenta que se deben realizar las correcciones oportunas que presenten las mezclas puestas a prueba en el laboratorio; así podemos hablar de 3 tipos generales de dosificaciones:

- Dosificación dependiendo de la resistencia que se quiera obtener a los 28 días.
- Dosificación al volumen, en función de la riqueza del cemento por m³ y características de peso unitario de los agregados.
- Dosificación al peso, esto partiendo de una cantidad de cemento por m³.

En el presente estudio las mezclas en laboratorio serán dosificadas al peso, teniendo tres diferentes resistencias esperadas a la compresión a los 28 días de: 280 kg/cm², 320 kg/cm² y 380 kg/cm² y cada una de estas sub-divididas en cuatro dosificaciones que contendrán diferentes porcentajes de fibra según lo que recomienda el fabricante que es 1 kilogramo de fibra de polipropileno por cada metro cubico de hormigón, es decir:

²⁶ Cantabria, U. d. (2010). *unican.es*. Obtenido de <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf>

- 0% de fibra con relación a lo recomendado por el fabricante (0 kg/m³)
- 75% de fibra con relación a lo recomendado por el fabricante (0.75 kg/m³)
- 100% de fibra con relación a lo recomendado por el fabricante (1 kg/m³)
- 125% de fibra con relación a lo recomendado por el fabricante (1.25 kg/m³)

Para el presente estudio se obtuvo una relación en porcentaje de cantidad de fibra con relación a la cantidad de cemento empleada en los tres tipos de dosificación realizados obteniendo como resultado:

Resistencia esperada a los 28 días (kg/cm ²)	Cantidad de cemento empleado (kg/m ³)	Fibra usada según lo recomendado por el fabricante (kg)	Relación Fibra/Cemento (%)
280	489	0.00	0.0000
		0.75	0.1534
		1.00	0.2045
		1.25	0.2556
320	567	0.00	0.0000
		0.75	0.1323
		1.00	0.1764
		1.25	0.2205
380	443	0.00	0.0000
		0.75	0.1693
		1.00	0.2257
		1.25	0.2822

Tabla 2- 18. Relación en porcentaje fibra/cemento
Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación de las mezclas:

F'c = 280 kg/cm ²	
	Kg/M ³
Agua mez.	263
Cemento	480
Arena nat.	766
Ripio nat.	662

Tabla 2- 19. Dosificación al peso hormigón de 280 kg/cm²
Fuente: Autores de la Tesis

F'c = 320 kg/cm ²	
	Kg/M ³
Agua mez.	276
Cemento	567
Arena nat.	700
Ripio nat.	656

Tabla 2- 20. Dosificación al peso hormigón de 320 kg/cm²
Fuente: Autores de la Tesis

F'c = 380 kg/cm²	
	Kg/ MB
Agua mez.	224
Cerment o	443
Ar ena nat .	833
Ri pi o nat .	721
aditi. (litros)	5.76

Tabla 2- 21. Dosificación al peso hormigón de 380 kg/cm²
Fuente: Autores de la Tesis

Porcentaje de fibra:

% de Fibra	Kg/M3
0%	0
75%	0.75
100%	1
125%	1.25

Tabla 2- 22. Fibra utilizada en las dosificaciones realizadas en kg/cm²
Fuente: Autores de la Tesis

2.5.1.1. Ensayo de asentamiento Cono de Abrams

Este ensayo tiene como objetivo determinar la consistencia del hormigón fresco, consiste en medir la disminución de altura en un cono truncado de hormigón fresco que

tiene medidas estandarizadas; a mayor asentamiento de la masa soltada libremente existe menor consistencia del hormigón.

La trabajabilidad del hormigón está relacionada fundamentalmente con su consistencia y también con su homogeneidad, con la relación de sus distintos componentes y con la mayor o menor facilidad que la masa presente para eliminar aire ocluido dentro de la mezcla alcanzando una compacidad máxima.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos a cada dosificación realizada:

Resistencia esperada a la compresión kg/cm ²	A/C	Porcentaje de fibra kg	Asentamiento cm
280	0,444	0,00	7,20
		0,75	6,90
		1,00	6,80
		1,25	6,60
320	0,400	0,00	7,00
		0,75	6,80
		1,00	6,70
		1,25	6,50
380	0,339	0,00	7,40
		0,75	7,30
		1,00	7,20
		1,25	6,90

Tabla 2- 23. Asentamientos de las dosificaciones realizadas
Fuente: Autores de la Tesis

2.5.1.2. Contenido de aire

Este ensayo de laboratorio permite determinar el contenido de aire del hormigón recién mezclado a partir de cualquier dosificación y tipo de agregados utilizados; este ensayo se lo debe realizar a cualquier tipo de mezcla de hormigón ya sean hormigones celulares, de peso ligero o denso.

²⁷Se debe tener en cuenta que el contenido de aire del concreto endurecido va a variar, esto quiere decir que puede ser más alto o más bajo con relación a lo obtenido en las pruebas realizadas en laboratorio; esto se da ya que interviene muchos factores como de que mezcla fue tomada la muestra, estabilidad de las burbujas, exposición al medio ambiente, transporte, uniformidad, y sobre todo se debe tener en cuenta que muchas veces al poner en obra el hormigón este es bombeado introduciendo un cierto porcentaje de partículas de aire.

Para el presente estudio se decidió realizar el ensayo por el método volumétrico a cada dosificación a realizarse obteniendo como resultado:

²⁷ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL

Resistencia esperada a la compresión	A/C	Porcentaje de fibra	Contenido de aire
kg/cm ²		kg	%
280	0,444	0,00	1,40
		0,75	1,40
		1,00	1,50
		1,25	1,50
320	0,400	0,00	1,40
		0,75	1,50
		1,00	1,50
		1,25	1,60
380	0,339	0,00	1,50
		0,75	1,60
		1,00	1,70
		1,25	1,75

Tabla 2- 24. Contenido de aire de las dosificaciones realizadas
Fuente: Autores de la Tesis

2.5.1.3. Peso unitario

En este ensayo se busca determinar la densidad de concreto producido para poder tener un mayor control en las dosificaciones de las mezclas, el contenido de cemento y contenido de aire del hormigón; así también permite verificar la calidad de granulometría de nuestros agregados y de igual manera la compactación que va a tener la mezcla.

2.5.2. Toma de muestras

El procedimiento para la toma de muestras en las mezclas de hormigón es muy importante ya que puede influir directamente en el cálculo de la resistencia del mismo.

Dándose un error en este punto, generara que los resultados obtenidos no evidencien las características dadas por el diseñador y serían ensayos poco representativos.

²⁸Para el presente estudio se realizara ensayos de compresión y de flexión por lo cual la toma de muestras se hizo de la siguiente manera:

- Ensayo de resistencia a la compresión: para este ensayo se procedió a tomar 15 muestras en cilindros metálicos normalizados de dimensiones, 150 mm de diámetro interior y 300 mm de altura y que estos cilindros no contenga ningún tipo de residuos en su interior; a de más se debe tener en cuenta que la varilla compactadora lisa debe tener por lo menos 60 cm de longitud y un diámetro de 16 mm y que el extremo empleado en la compactación sea redondeado.
- Ensayos de resistencia a la tracción: para este ensayo se procedió a tomar 5 muestras que serán ensayadas a los 28 días, en moldes metálicos de dimensiones, sección transversal cuadrada 150 mm por lado y 500 mm de longitud, para la compactación de estas muestras se las puede hacer por varillado o por vibrado siguiendo las normas respectivas.

Es importante mencionar que por cada dosificación se realizó 4 paradas para obtener el volumen de mezcla deseado para llenar los moldes, en cada parada se alternaba el llenado de las muestras tanto para tracción como compresión.

²⁸ LARA CARRERA, L. (1980). TESIS, Manual de Laboratorio de Hormi gones. Quito

2.6. Curado de las muestras

El curado del hormigón es un procedimiento muy importante para poder obtener un buen hormigón, al tener cuidado con el curado de las muestras nos aseguraremos que al momento de ensayadas cumplan con las especificaciones dadas por el diseñador y que no presente fisuras al momento que el hormigón pierda humedad y comience a contraerse.

Las muestras tomadas para realizar los diferentes ensayos de resistencia tanto a la compresión como a la tracción se los puede desmoldar en un margen de 20 a 48 horas después de ser elaboradas, según lo requiera el fabricante; transcurrido este tiempo las muestras pasan a un cuarto de humedad donde se tenga una humedad relativa entre el 95% al 100% y con una temperatura de 23 ± 2 ° C. estas muestras permanecerán en este cuarto hasta el momento que vayan a ser ensayadas.

CAPITULO 3

3. ENSAYOS DE LABORATORIO DEL HORMIGÓN

3.1. Ensayos de compresión

La característica mecánica principal del concreto es su resistencia a la compresión simple, misma que se expresa en unidades de fuerza sobre la superficie en la que se aplica la carga. Las unidades de acuerdo al Sistema Internacional de Medidas es MPa o también en kg/cm².

Los requerimientos pueden variar desde los 17 MPa para concreto residencial hasta 28 MPa para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se tiene especificaciones para resistencias de 170 MPa y más. En el caso de hormigón que será vertido como capa de rodadura para pavimento rígido es de 280 kg/cm², es decir 27 MPa.

²⁹La resistencia a compresión del concreto se mide mediante pruebas mecánicas, en las que se procede a fracturar probetas de hormigón moldeadas de acuerdo a la norma; este tipo de ensayos permiten estudiar la variación de resistencia simple o de otras propiedades del concreto con el paso del tiempo. Para las pruebas de resistencia se utilizan tres tipos de muestras: cilindros, cubos y prismas.

²⁹ Association, N. R. (2010). *nrmca.org*. Obtenido de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

El ensayo a la compresión se considera un método destructivo ya que es necesario llegar a la rotura de las probetas para determinar la compresión de las mismas. Dicho ensayo tiene una limitación que es la dificultad de aplicar una carga verdaderamente axial o concéntrica.

Universalmente el ensayo dispuesto a ejecutar pruebas de resistencia mecánica a la compresión simple es el ensayo de probetas cilíndricas siendo sus dimensiones posibles las siguientes:

- Probeta Cilíndrica de 15 x 30 cm
- Probeta Cilíndrica de 10 x 20 cm
- Probeta Cilíndrica de 25 x 50 cm

Siendo la altura el doble del diámetro y el material de los moldes es acero. Para realizar el ensayo se requiere como mínimo dos probetas de cuyos resultados se puede calcular el valor promedio de resistencia obtenida. La resistencia a compresión es una medida de la capacidad del concreto para resistir cargas que tienden a aplastarlo.

Resistencia característica del hormigón

Los resultados de las probetas ensayadas son más o menos dispersos, varían de acuerdo a la obra, según el cuidado y rigor con que se realice la mezcla de hormigón. Por lo que se requiere obtener un valor representativo de la serie. En general se toma como base a la resistencia media aritmética f_{cm} como valor representativo, sin embargo; no es del todo representativa ya que no toma en cuenta el valor de la dispersión de la serie.

De acuerdo al valor de dispersión obtenido se debe optar por un coeficiente de seguridad alto en caso de un hormigón con alta dispersión, siendo más confiable el hormigón que tenga menor valor de dispersión.

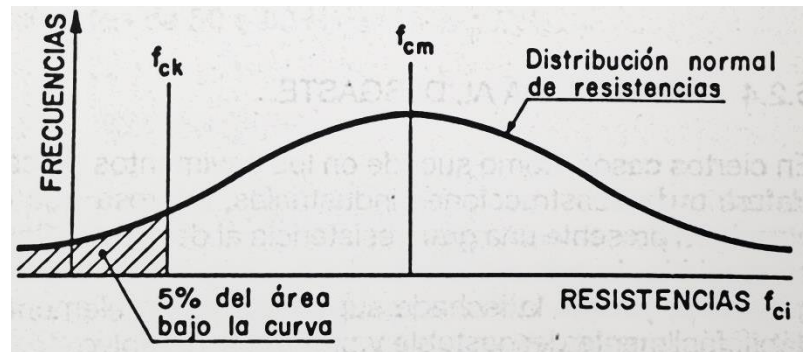


Gráfico 3. 1. Definición de resistencia característica
Fuente: MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL

³⁰Para eliminar este inconveniente y conseguir un valor de seguridad homogéneo se adopta el concepto de resistencia característica del hormigón que es una medida estadística del que tiene en cuenta no sólo el valor de la media aritmética f_{cm} de las roturas de diversas probetas sino también la desviación típica relativa δ .

De acuerdo al ACI se puede emplear dos fórmulas para el cálculo de la resistencia característica que son:

$$f'_{ck} = f'_{cm} * 1.28 \delta \quad (a) \quad (1)$$

$$f'_{ck} = f'_{cm} * 1.36 \delta \quad (b) \quad (2)$$

Dónde:

³⁰ MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL

$f' c k$: Resistencia característica.

$f' c m$: Resistencia promedio.

δ : Desviación.

Al aplicar la ecuación (a) se obtiene cerca de un 90% de confiabilidad y 95% de confiabilidad en los resultados si se aplica la ecuación (b). Mientras que la ecuación para calcular la desviación es la siguiente:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} [(f' c_m - f' c_i)^2]}{n - 1}} \quad (3)$$

El cálculo de la resistencia característica se realiza tanto para los resultados a compresión, tensión y módulo de elasticidad, empleando la segunda fórmula para obtener resultados aproximados a la realidad

3.1.1. Equipos

- Máquina de carga: Aparato constituido básicamente de sistemas hidráulicos que aplican una fuerza a una velocidad determinada por un sistema central.
- Moldes de neopreno en placas de acero que protegen las caras del cilindro y permiten que la carga aplicada por la se distribuya en toda la superficie del cilindro.
- Probetas cilíndricas normalizadas.

3.1.2. Procedimiento

El día en que se va a realizar el ensayo los cilindros deben ser retirados de la cámara de curado, dependiendo de la edad a la que se necesita conocer la resistencia.

Se procede a tomar las dimensiones: diámetro y altura, también el peso de los cilindros a ensayar. El diámetro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí con el fin de obtener un promedio para determinar el área de la sección. Si los diámetros medidos no difieren en más de 2% la probeta está lista a ensayarse.

La altura debe medirse en dos puntos opuestos con una aproximación de 1mm. En caso de presentarse una desviación o irregularidad respecto de un plano, en cualquiera de las dos caras de aplicación de la carga, mayor a 0,05mm se requiere colocar una capa de mortero de azufre, conocida como capeado. Mínimo dos horas antes del ensayo e inmediatamente después que la muestra se retiró de la cámara de humedad.

Los cilindros a ensayar se deben colocar centrados en la máquina de ensayo de compresión en el que se inicia el ciclo de cargado a una velocidad uniforme y continua, sin producir impacto, ni pérdida de carga; hasta su rotura. Cuando esto sucede se anota la carga máxima y el tipo de ruptura o falla del cilindro.

Los tipos de fractura que se producen en los cilindros de hormigón, se indican a continuación:

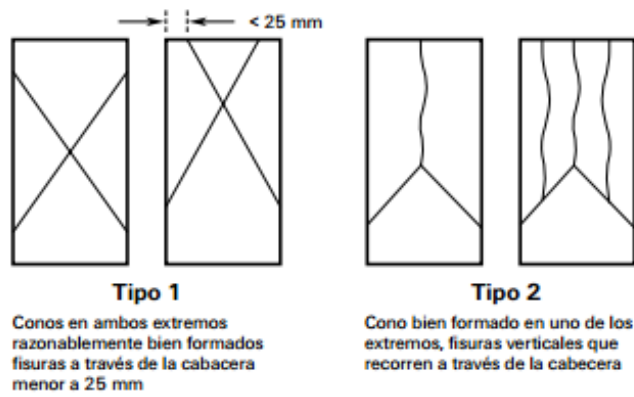


Gráfico 3. 2. Tipo de fayas en los cilindros 1 y 2
 Fuente: Association, N. R. (2010). nmca.org. Obtenido de
<http://www.nmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

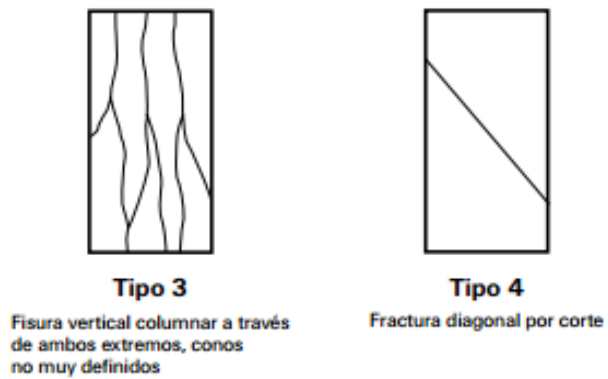


Gráfico 3. 3. Tipo de fayas en los cilindros 3 y 4
 Fuente: Association, N. R. (2010). nmca.org. Obtenido de
<http://www.nmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

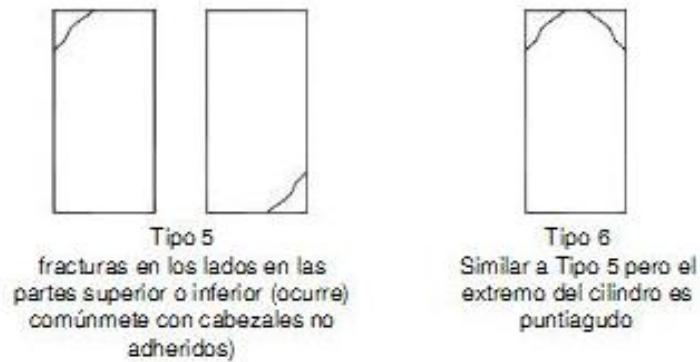


Gráfico 3. 4. Tipo de fayas en los cilindros 5 y 6
 Fuente: Association, N. R. (2010). nrmca.org. Obtenido de
<http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

3.1.3. Cálculos

La resistencia a la compresión de cada probeta, se calcula dividiendo la carga máxima soportada por el cilindro, antes de su fractura, para el área promedio de la sección transversal, o el área calculada con el promedio entre los diámetros medidos.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (4)$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} \quad (5)$$

Dónde:

$f'c$: resistencia a la compresión expresada en kg/cm^2 .

P: carga máxima registrada (kN)

A: área promedio (cm^2)

d: diámetro de la probeta en mm.

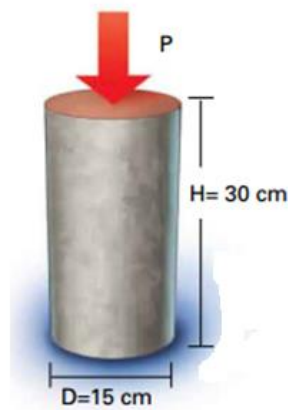


Gráfico 3.5. Dimensiones Cilindro Tipo

Fuente: Association, N. R. (2010). nrmca.org. Obtenido de

3.1.4. Resultados

A continuación se muestra la tabla resumen de resultados tanto de $f'c_m$ y $f'c_k$ en muestras cilíndricas, a los 7 y 28 días de edad, en las tres relaciones de A/C y con los diferentes porcentajes de fibra, de acuerdo a la cantidad de cemento empleado. Como se describe en el capítulo 2, sección 2.5.1.

El detalle de las resistencias obtenidas así como las características de dimensiones y peso se encuentra en la sección de Anexos.

3.1.4.1. Dosificación con relación A/C de 0.442; correspondiente a una resistencia esperada de 280kg/cm².

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	206,42	349,09
Probeta 2	210,47	349,58
Probeta 3	208,41	347,89
f'c m (kg/cm ²)	208,43	348,85
Desviación	2,02	0,87
f'c k (kg/cm ²)	205,68	347,67

Tabla 3- 1. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0%

Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,1534%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	202,15	334,49
Probeta 2	200,44	334,31
Probeta 3	200,44	333,80
f'c m (kg/cm ²)	201,01	334,20
Desviación	0,99	0,36
f'c k (kg/cm ²)	199,67	333,71

Tabla 3- 2. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.1534%

Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,2045%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	210,21	347,76
Probeta 2	204,55	354,11
Probeta 3	206,70	350,10
f'c m (kg/cm ²)	207,15	350,65
Desviación	2,86	3,21
f'c k (kg/cm ²)	203,27	346,28

Tabla 3- 3. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2045% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,2556%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	225,49	367,28
Probeta 2	216,24	365,42
Probeta 3	223,66	358,72
f'c m (kg/cm ²)	221,80	363,81
Desviación	4,90	4,50
f'c k (kg/cm ²)	215,14	357,68

Tabla 3- 4. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0. 2556% Fuente: Autores de la Tesis

A continuación se muestra un gráfico comparativo de resistencia promedio y resistencia característica obtenidas a los 7 y 28 días.

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm2)	f'cm (kg/cm2)
0	205,68	208,43
0,1534	200,89	201,01
0,2045	203,27	207,15
0,2556	215,14	221,79

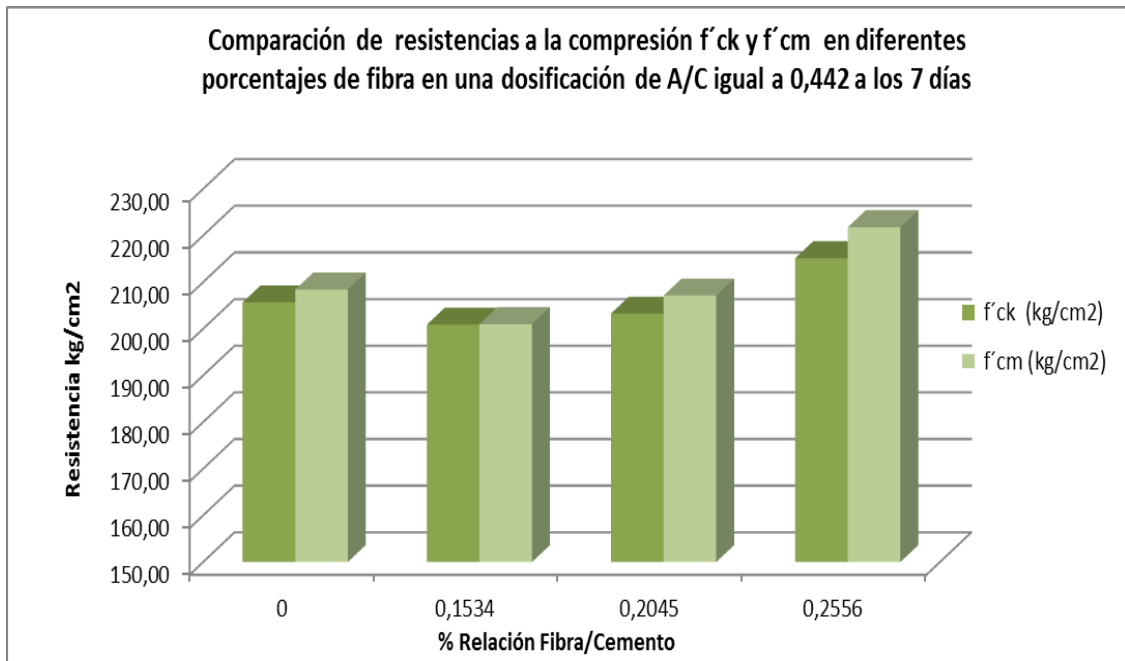


Gráfico 3. 6.Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.442; a los 7 días

Fuente: Autores de la Tesis

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm ²)	f'cm (kg/cm ²)
0	347,67	348,85
0,1534	333,71	334,20
0,2045	346,28	350,65
0,2556	357,68	363,81

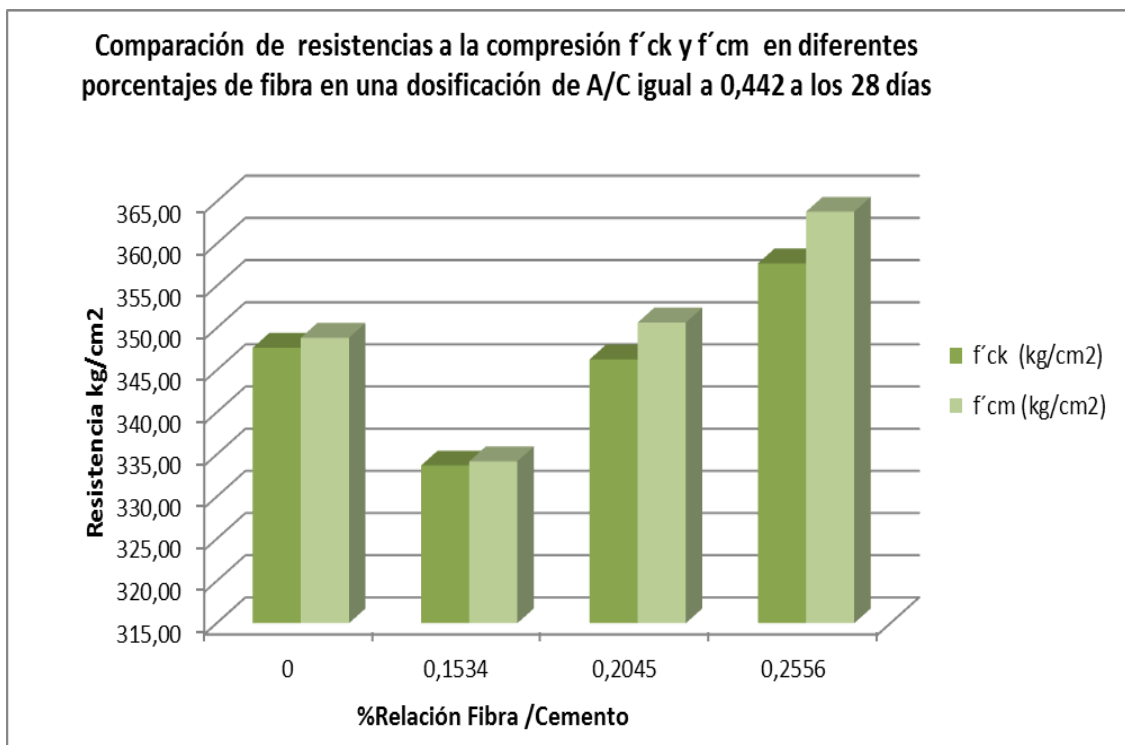


Gráfico 3. 7. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.442; a los 28 días

Fuente: Autores de la Tesis

3.1.4.2. Dosificación con relación A/C de 0.400; correspondiente a una resistencia esperada de 320kg/cm².

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	267,56	371,39
Probeta 2	266,43	371,04
Probeta 3	268,44	378,26
f'c m (kg/cm ²)	267,48	374,00
Desviación	1,01	4,11
f'c k (kg/cm ²)	266,11	368,41

Tabla 3- 5. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,1323%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	229,38	403,72
Probeta 2	234,06	399,56
Probeta 3	230,22	398,38
f'c m (kg/cm ²)	231,22	400,55
Desviación	2,49	2,81
f'c k (kg/cm ²)	227,83	396,74

Tabla 3- 6. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1323% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,1764%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta 1	237,38	404,86
Probeta 2	235,46	400,05
Probeta 3	240,25	409,10
$f'c m$ (kg/cm ²)	237,70	404,67
Desviación	2,41	4,53
$f'c k$ (kg/cm ²)	234,42	398,51

Tabla 3- 7. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1764% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,2205%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta 1	260,72	428,78
Probeta 2	258,52	432,19
Probeta 3	263,07	425,38
$f'c m$ (kg/cm ²)	260,77	428,78
Desviación	2,28	3,40
$f'c k$ (kg/cm ²)	257,67	424,16

Tabla 3- 8. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.2205% Fuente: Autores de la Tesis

Se presenta una comparación gráfica de las resistencias obtenidas en ésta dosificación, a los 7 y 28 días.

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm2)	f'cm (kg/cm2)
0	267,48	266,48
0,1323	227,83	231,22
0,1764	234,42	237,70
0,2205	257,67	260,77

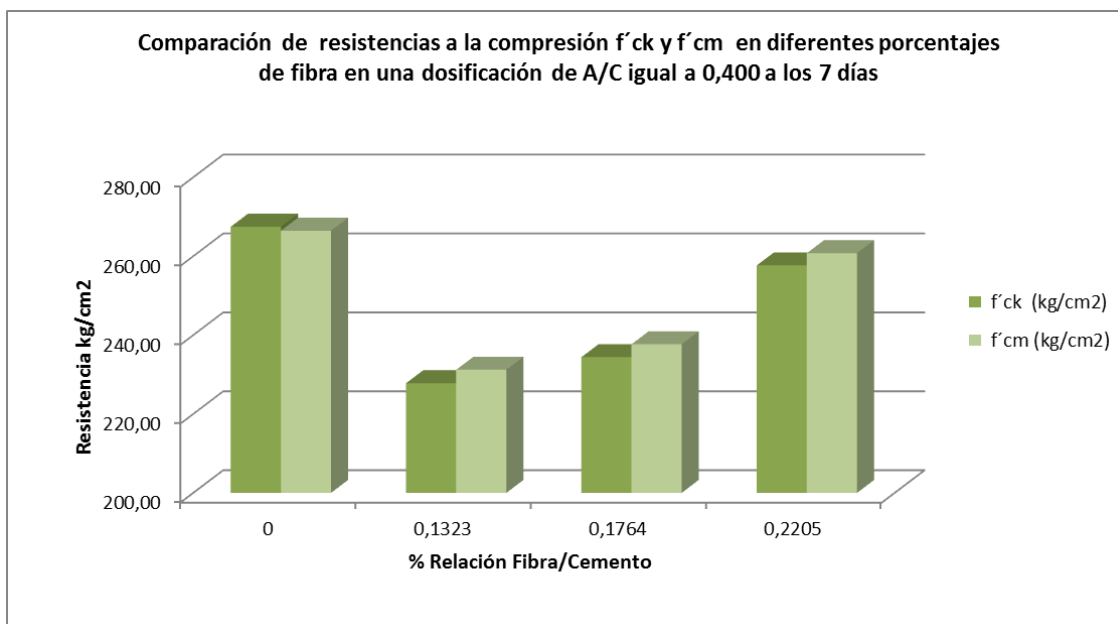


Gráfico 3. 8. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.400; a los 7 días

Fuente: Autores de la Tesis

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm ²)	f'cm (kg/cm ²)
0	368,41	374,00
0,1323	396,74	400,55
0,1764	398,51	404,67
0,2205	424,16	428,78

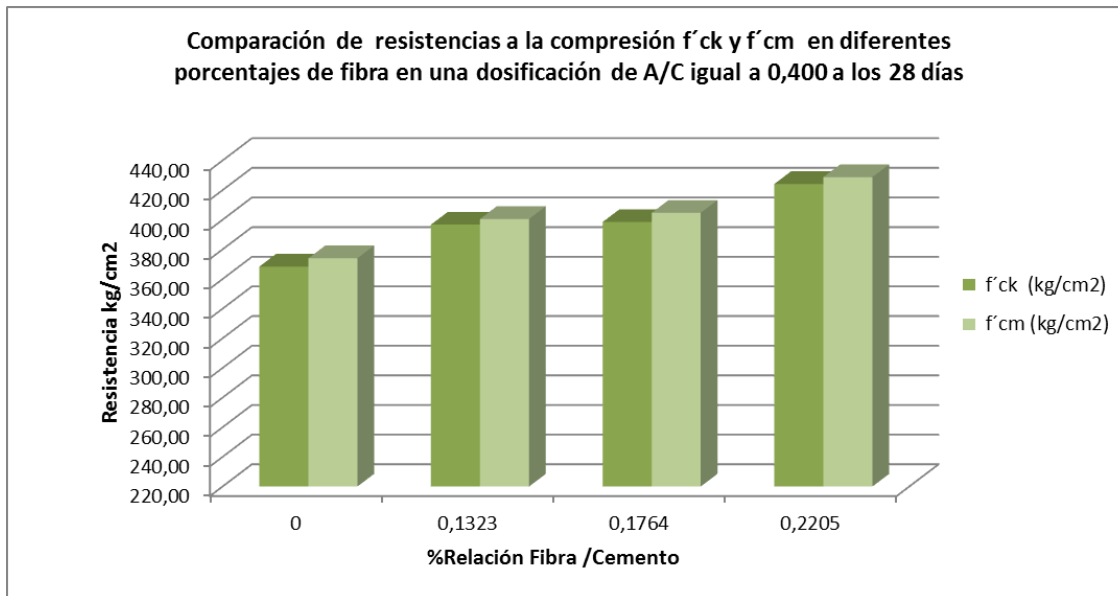


Gráfico 3. 9. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.400; a los 28 días

Fuente: Autores de la Tesis

3.1.4.3. Dosificación con relación A/C de 0.339; correspondiente a una resistencia esperada de 380kg/cm².

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	243,25	423,82
Probeta 2	240,30	422,65
Probeta 3	239,40	418,38
f'c m (kg/cm ²)	240,98	421,62
Desviación	2,01	2,87
f'c k (kg/cm ²)	238,24	417,72

Tabla 3- 9. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,1693%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	266,52	370,17
Probeta 2	263,52	367,66
Probeta 3	260,68	369,88
f'c m (kg/cm ²)	263,57	369,24
Desviación	2,92	1,37
f'c k (kg/cm ²)	259,60	367,37

Tabla 3- 10. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.1693% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,2257%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	269,74	348,44
Probeta 2	269,00	355,65
Probeta 3	272,23	352,06
f'c m (kg/cm ²)	270,32	352,05
Desviación	1,69	3,60
f'c k (kg/cm ²)	268,02	347,15

Tabla 3- 11. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2257% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,2822%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28días f'c (kg/cm ²)
Probeta 1	270,14	445,43
Probeta 2	275,28	447,58
Probeta 3	275,48	452,99
f'c m (kg/cm ²)	273,64	448,67
Desviación	3,03	3,90
f'c k (kg/cm ²)	269,52	443,36

Tabla 3- 12. Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2822% Fuente: Autores de la Tesis

Se muestra un gráfico comparativo de resistencias obtenidas, junto a una tabla resumen de datos de la correspondiente dosificación

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm2)	f'cm (kg/cm2)
0	240,98	238,24
0,1693	263,57	259,63
0,2257	268,02	270,32
0,2822	269,52	273,64

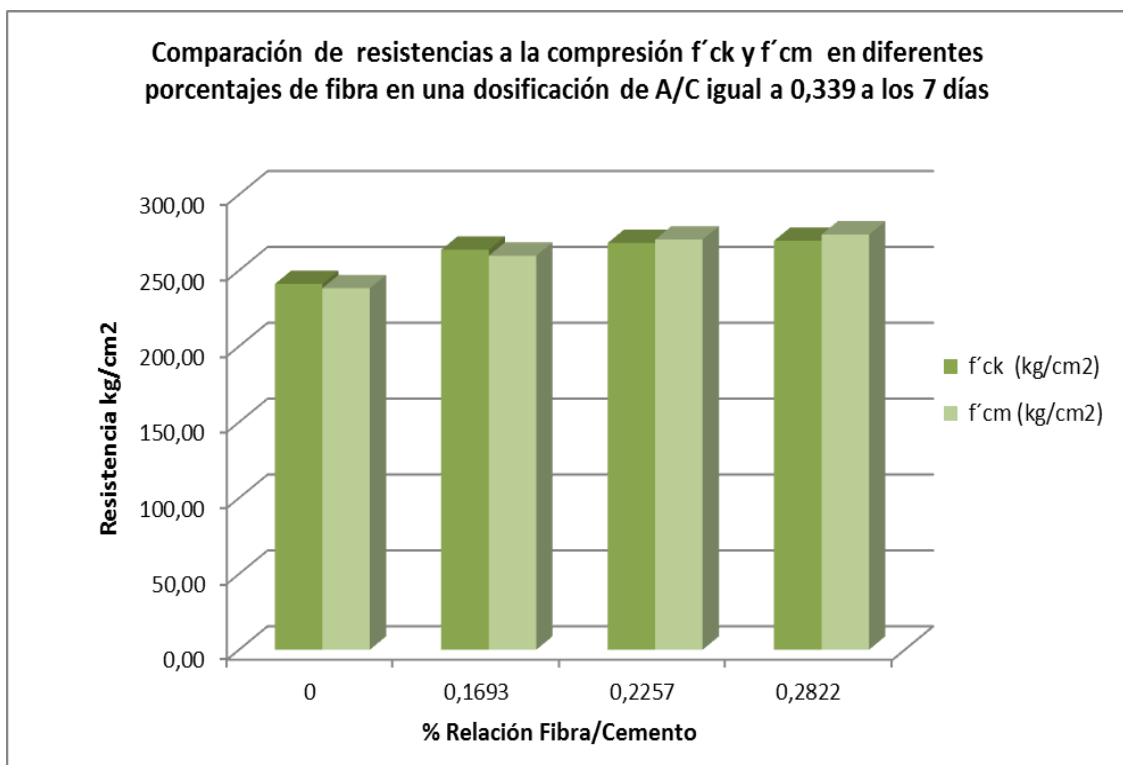


Gráfico 3. 10. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.339; a los 7 días

Fuente: Autores de la Tesis

% Relación Fibra/ Cemento	f'ck (kg/cm ²)	f'cm (kg/cm ²)
0	417,72	421,62
0,1693	367,37	369,24
0,2257	347,15	352,05
0,2822	443,36	448,67

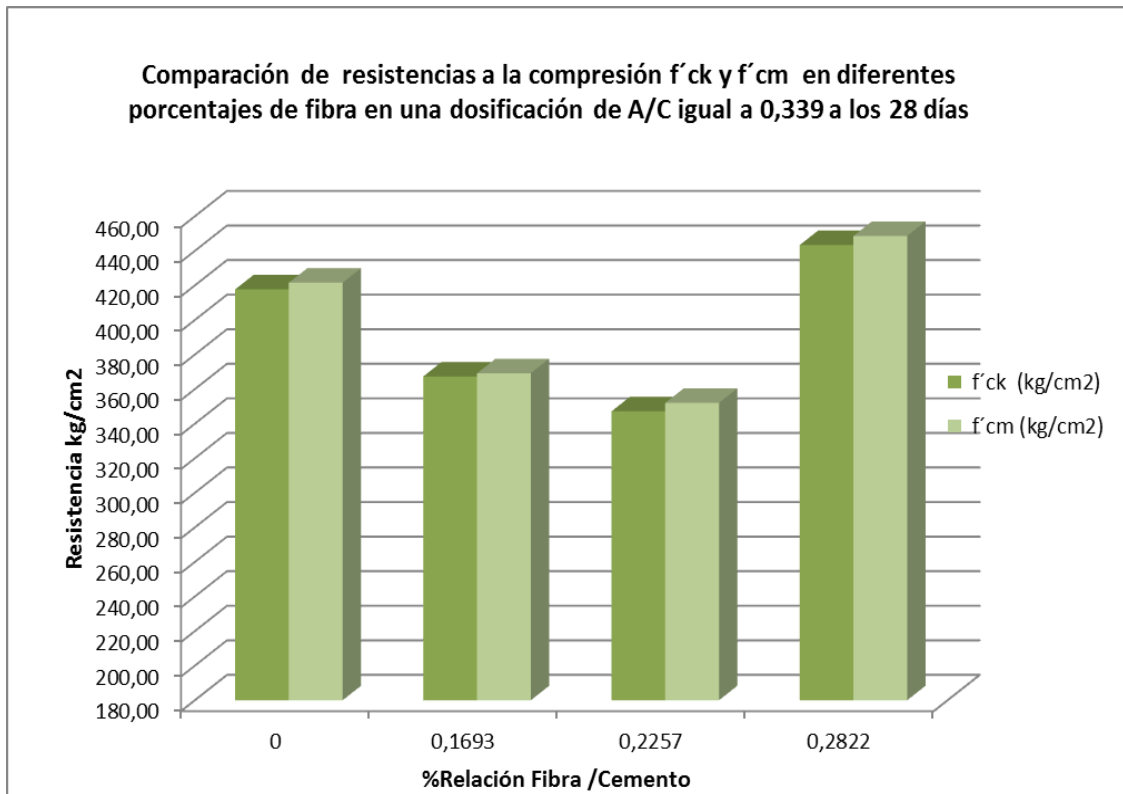


Gráfico 3. 11. Comparación de resistencia Promedio – Característica en diferentes porcentajes de fibra; Relación A/C de 0.339; a los 28 días

Fuente: Autores de la Tesis

3.1.5. Comparación resistencia Promedio - Característica

Para determinar el comportamiento a compresión del hormigón, en cuanto a la variación de resistencias tanto f'_{cm} como f'_{ck} en las diferentes relaciones de A/C, y con diferente cantidad de fibra tenemos las siguientes gráficas de curvas:

Resistencia Promedio a los 7 días:

A/C	Resistencia f'_{cm} kg/cm ²			
	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	245,46	258,70	275,30	271,25
0,4000	271,10	232,80	235,59	254,61
0,4420	208,43	201,01	201,01	206,43

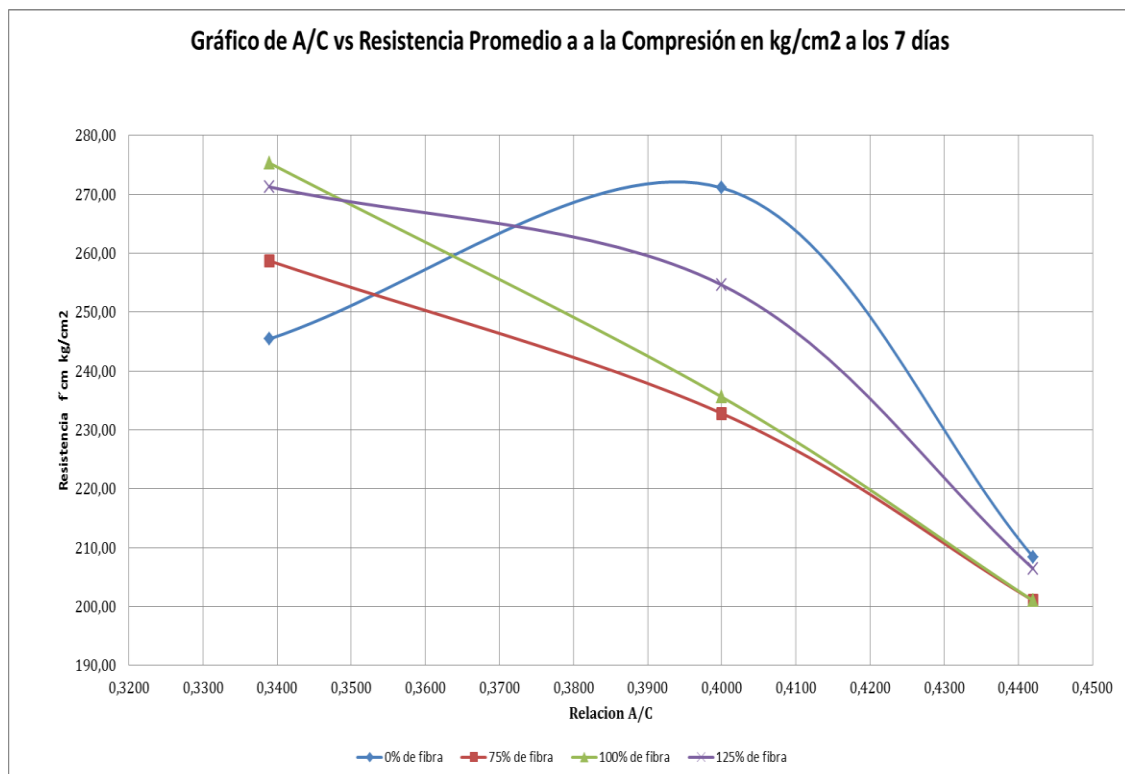


Gráfico 3. 12. Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la compresión en kg/cm² a los 7 días con diferentes porcentajes de fibra Fuente: Autores de la Tesis

Resistencia Característica a los 7 días:

A/C	Resistencia f'_{ck} kg/cm ²			
	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	220,47	246,49	253,05	265,20
0,4000	252,50	223,84	222,59	246,97
0,4420	199,22	199,67	200,89	205,40

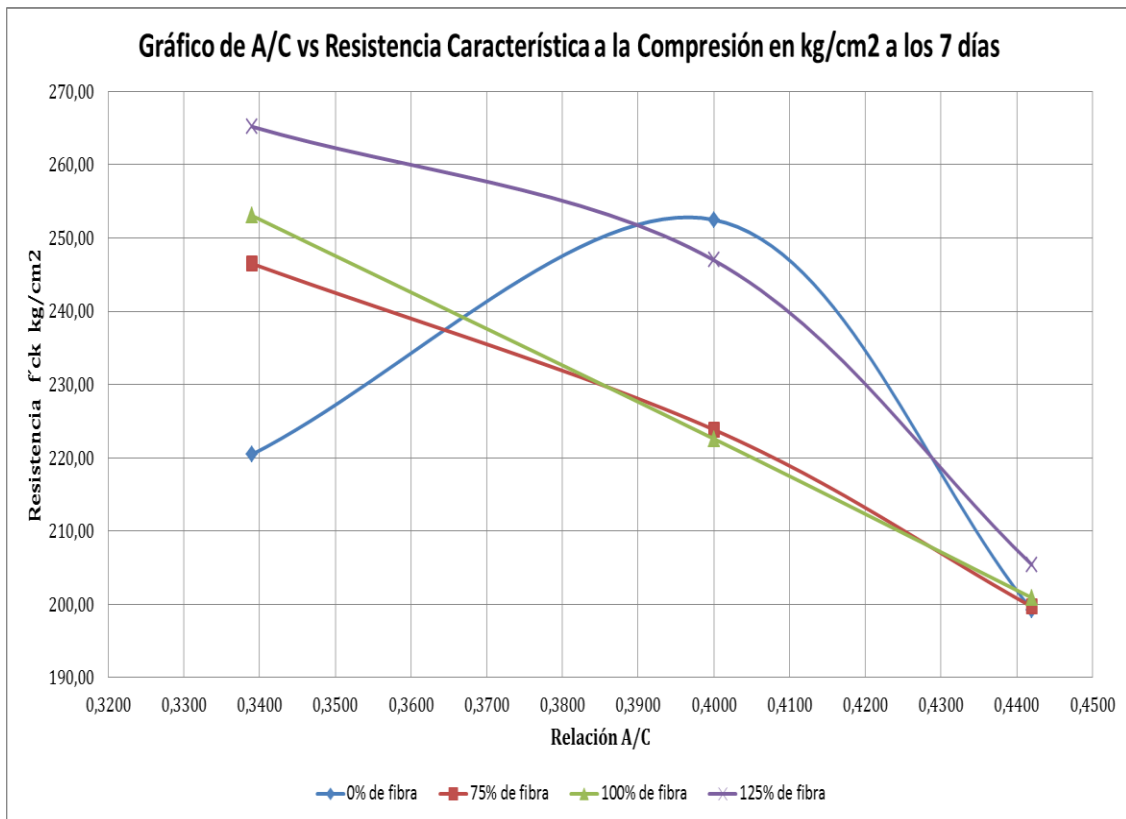


Gráfico 3. 13. Relación A/C vs. Resistencia Característica a la compresión en kg/cm² a los 7 días con diferentes porcentajes de fibra Fuente: Autores de la Tesis

Resistencia Promedio a los 28 días:

A/C	Resistencia f'_{cm} kg/cm ²			
	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	421,62	354,20	351,96	448,67
0,4000	389,36	403,36	406,48	428,78
0,4420	348,85	334,20	348,33	353,15

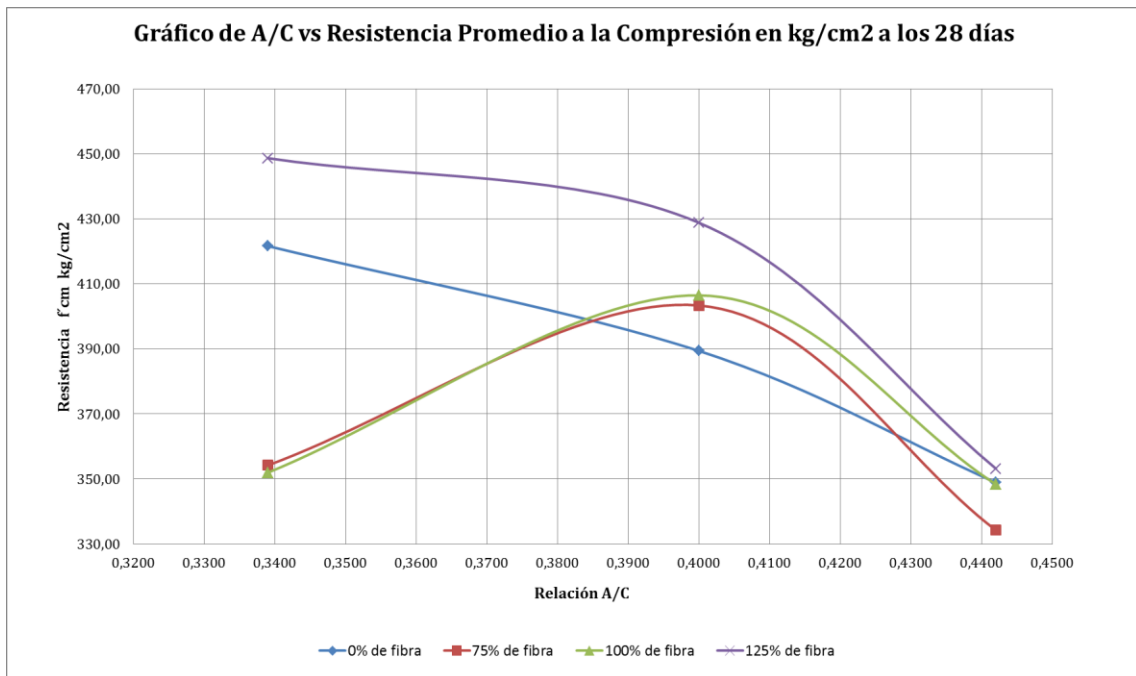


Gráfico 3. 14. Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la compresión en kg/cm² a los 28 días con diferentes porcentajes de fibra Fuente: Autores de la Tesis

Resistencia Característica a los 28 días:

A/C	Resistencia f'_{ck} kg/cm ²			
	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	417,72	318,77	314,96	443,36
0,4000	354,36	395,27	396,44	424,16
0,4420	347,67	333,71	341,14	322,04

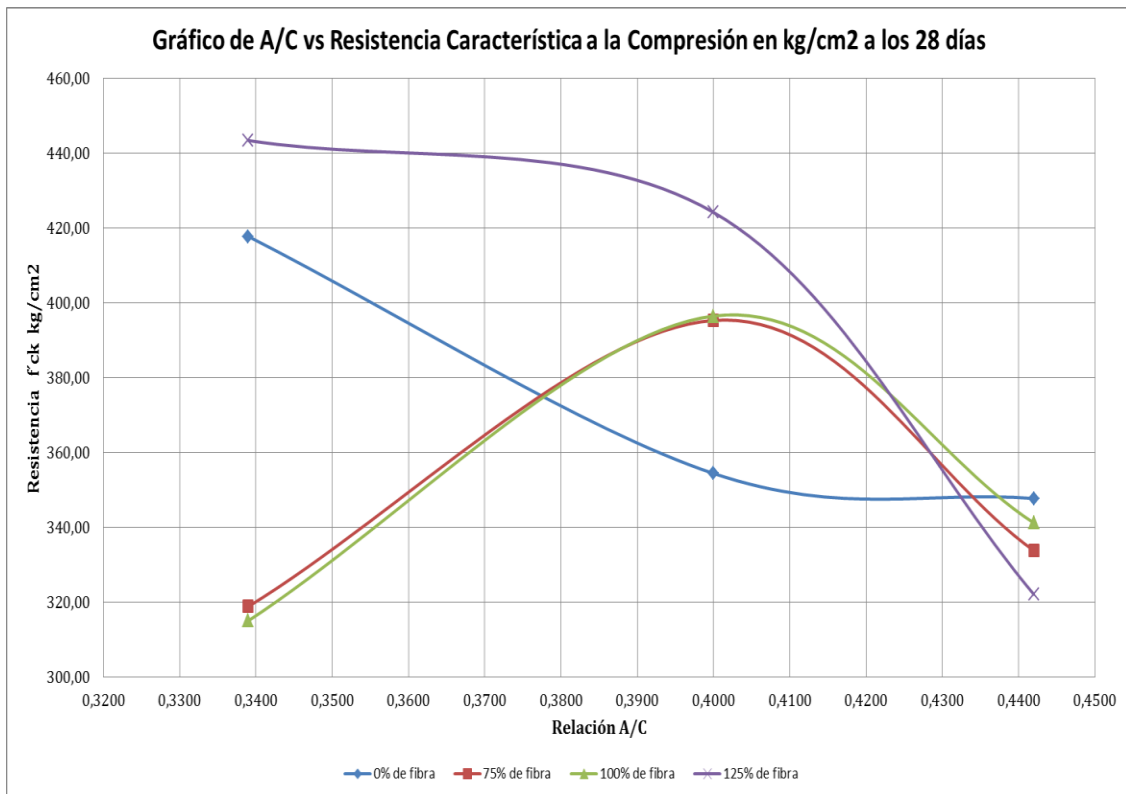


Gráfico 3. 15. Relación A/C vs. Resistencia Característica a la compresión en kg/cm² a los 28 días con diferentes porcentajes de fibra Fuente: Autores de la Tesis

3.2. Ensayo de flexión

³¹La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Los ensayos de flexión del hormigón se usan en la construcción de bloques y pavimentos, por lo cual es un requerimiento en los diseños de pavimento rígido así como para el control de campo y aceptación de los pavimentos. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura en kg/cm² o MPa y está entre el 10% al 20% de la resistencia a compresión.

El módulo de rotura se mide con la aplicación de cargas en vigas de concreto con una sección transversal aproximadamente de 15 x 15 cm y con luz mínimo tres veces el espesor. La carga es aplicada en los tercios de la luz, de tal modo que sean fuerzas perpendiculares a las caras horizontales de la viga y se distribuyan y apliquen uniformemente en todo lo ancho. Como muestra la siguiente figura:

³¹ Concreto, I. E. (2009). *inecyc.org.ec*. Obtenido de http://inecyc.org.ec/documentos/notas_tecnicas/CONTROL_CALIDAD_HORMIGON.pdf

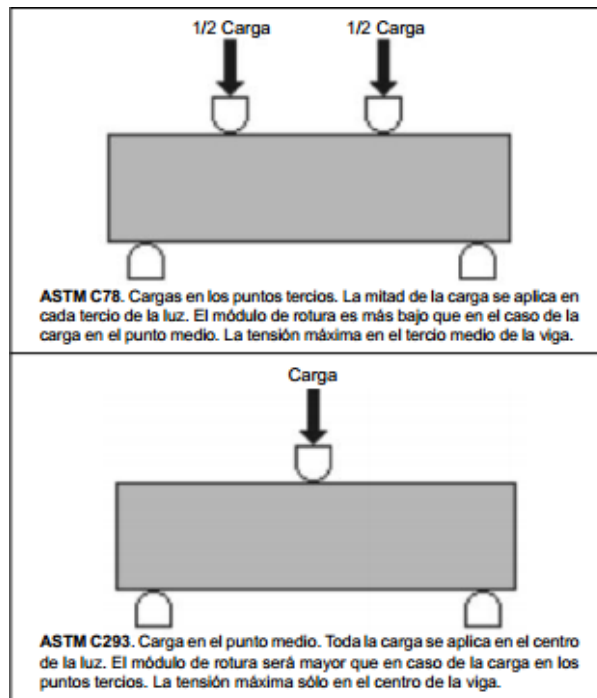


Gráfico 3. 16. Longitudes donde se aplicara la carga en los ensayos de vigas
 Fuente: Concreto, I. E. (2009). *inecyc. org. ec*. Obtenido de
http://inecyc.org.ec/documentos/notas_tecnicas/CONTROL_CALIDAD_HORMIGON.pdf

3.2.1. Equipos

Las vigas deben ensayarse de acuerdo con la norma ASTM C78. Se requiere:

- Máquina de prueba
- Probetas prismáticas: vigas

La máquina de prueba consta de un dispositivo de aplicación de carga que debe ser capaz de mantener fija la distancia entre los puntos de carga y los puntos de apoyo con una tolerancia de $\pm 2\text{mm}$, siendo las reacciones paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas. La velocidad de aplicación de la carga debe estar siempre entre 0,86 y 1,21 MPa/min, con una separación entre apoyos de 450mm, es decir tres veces la dimensión

de la altura de la viga. Se permite velocidades mayores antes del 50% de la carga estimada de ruptura.

Además la máquina de prueba cuenta con:

Sistema de apoyos: diseñado para producir la falla por flexión de las muestras, consta de cuatro apoyos dos superiores y dos inferiores, que permiten la existencia de un momento máximo constante en la zona central de la muestra.

3.2.2. Procedimiento

Para realizar este ensayo se debe tomar en cuenta que las vigas, son sensibles a la preparación, manipulación y curado. Como consecuencia del peso de las vigas pueden ser dañadas cuando son transportadas. Las vigas deben ser curadas de acuerdo a la normativa y deben ser ensayadas mientras se encuentren húmedas, permitir que se sequen o pierdan humedad es un factor que afecta el ensayo dando como resultado bajas resistencias. La NRMCA y la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto tienen como método preferido el ensayo de resistencia a compresión para la aceptación del concreto.

³²Las vigas se preparan tomando medidas de su ancho, altura, espesor y longitud en las caras paralelas se procede a medir 450mm en el centro de la cara, se marcan dichos puntos y a partir de los cuales se divide en tres partes marcando cada línea. Las primeras marcas muestran el lugar en el que debe colocarse los apoyos y los tercios son los puntos

³² Concreto, I. M. (diciembre de 2008). Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/images/pdf/PROBLEMAS.pdf>

donde las cargas serán aplicadas durante el ensayo. Se toma además datos de la edad, identificación fecha de ensayo y peso de la muestra.

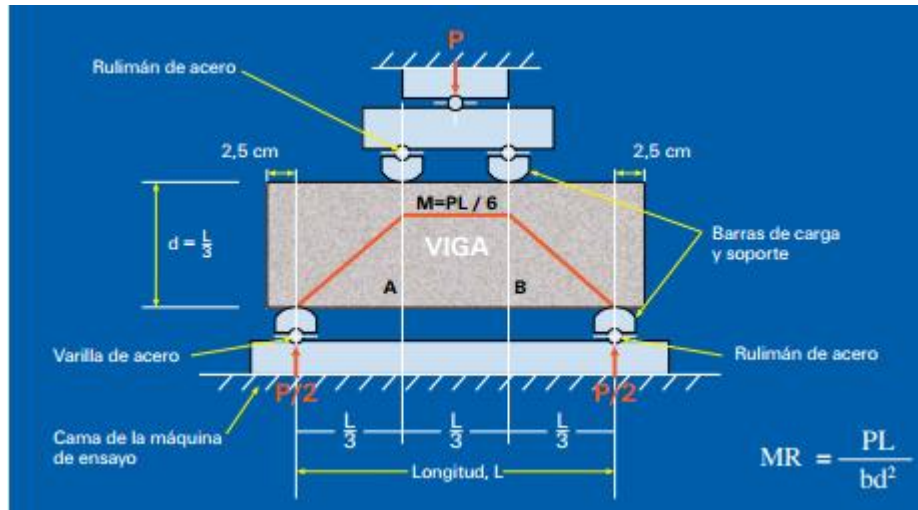


Gráfico 3. 17. Dimensiones de la viga colocada en la máquina de carga

Fuente: Concreto, I. M. (diciembre de 2008). Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/images/pdf/PROBLEMAS.pdf>

La colocación de la viga en la máquina de carga es igual a la posición de moldeado. Se centra en los bloques de apoyo los bloques de aplicación de carga se ponen en contacto con la superficie en las marcas de los tercios. Logrando tener contacto total entre la superficie de la viga, los bloques de apoyo y los bloques de aplicación de carga. Se aplica la carga hasta la rotura de la viga, es decir se produzca la falla por flexión.

3.2.3. Cálculos

El cálculo que se aplica para obtener el módulo de rotura depende de la localización de la fractura que se produce en la viga. Si la fractura se presenta en el tercio medio se calcula de la siguiente manera:

$$MR = \frac{P * L}{b * d^2} \quad (6)$$

Siendo:

P : carga aplicada por la prensa, en kN.

L : distancia entre apoyos de la viga en mm.

b: ancho de la viga en mm.

d : altura de la viga en mm.

El módulo de rotura se obtiene en MPa o kg/cm².

Para cada una de las vigas moldeadas y ensayadas en la presente disertación la fractura se presentó en el tercio medio, por lo tanto la ecuación que se empleó es la descrita anteriormente.

Si la fractura se presenta fuera del tercio medio, en no más del 5% de su longitud, se debe realizar el siguiente cálculo:

$$MR = \frac{3 * P * a}{b * d^2} \quad (7)$$

Dónde:

P : carga aplicada por la prensa, en kN.

a : distancia promedio entre la línea de fractura y el apoyo más cercano en la superficie de la viga en mm .

b : ancho de la viga en mm.

d : altura de la viga en mm.

En caso de que la fractura ocurra fuera del tercio medio de la luz en más del 5% se desecha el resultado de la prueba.

3.2.4. Resultados

Los cuadros que se presentan a continuación son un resumen de los cálculos realizados tanto de módulo de rotura característico como de módulo de rotura promedio, las características tal como dimensión, peso y número de vigas ensayadas se presentan en la sección de Anexos.

3.2.4.1. Dosificación de A/C igual a 0.442, resistencia de diseño 280Kg/cm²:

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	48,65	49,57	51,44
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	49,89		
Desviación	1,42		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	47,95		

Tabla 3- 13. Resultados a flexión a los 28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,1534%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	48,36	47,14	48,33
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	47,94		
Desviación	0,69		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	47,00		

Tabla 3- 14. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.1534% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,2045%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	52,33	53,33	52,79
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	52,82		
Desviación	0,50		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	52,14		

Tabla 3- 15. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2045% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,442 con relación fibra/ cemento de 0,2556%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	48,49	46,67	47,50
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	47,56		
Desviación	0,91		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	46,32		

Tabla 3- 16. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.442; Relación fibra - cemento 0.2556% Fuente: Autores de la Tesis

La tabla y gráficos que a continuación se presenta es un resumen del módulo de rotura característico y promedio de las vigas ensayadas para ésta dosificación, junto al gráfico de barras comparativo mientras que el gráfico de líneas pretende establecer una tendencia en el comportamiento del concreto.

% Relación Fibra/ Cemento	MR m kg/cm ²	MRk kg/cm ²
0	49,89	47,95
0,1534	47,94	47,00
0,2045	52,82	52,14
0,2556	47,56	46,32

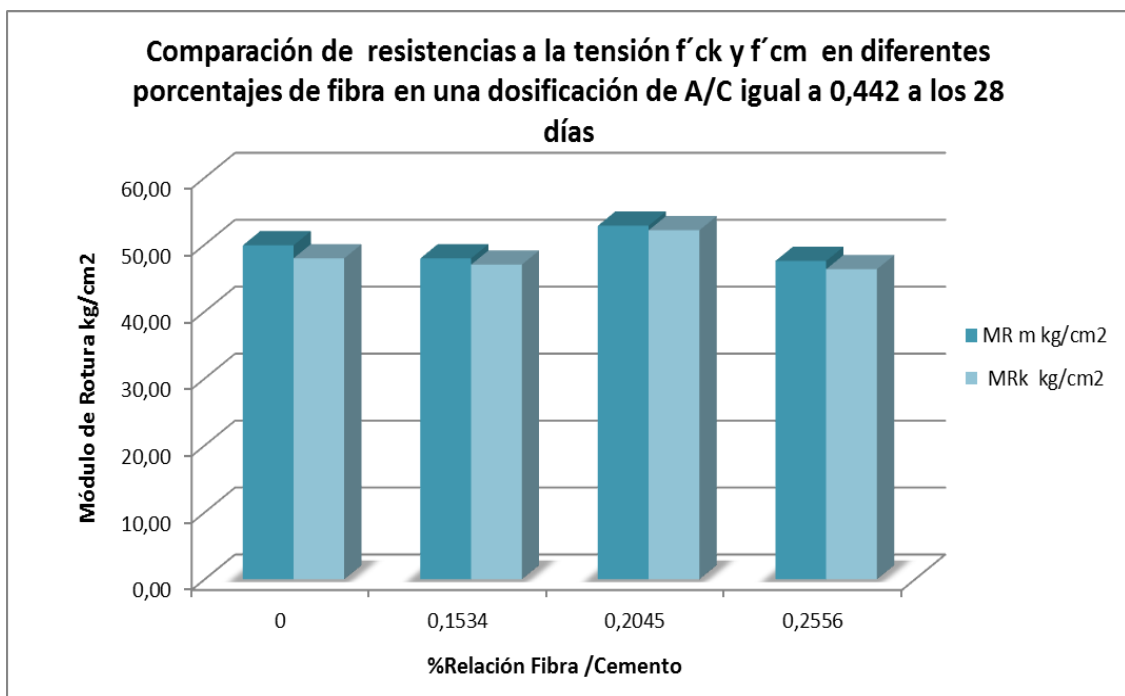


Gráfico 3. 18. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.442 a los 28 días

Fuente: Autores de la Tesis

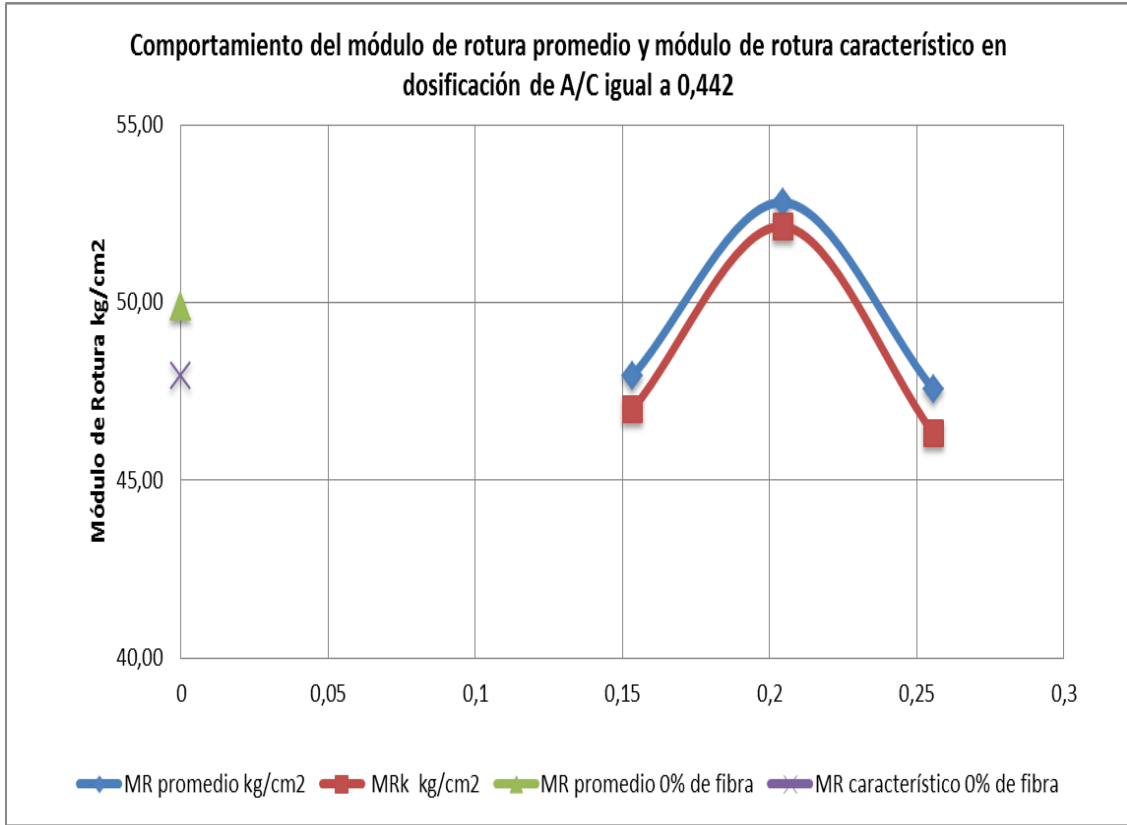


Gráfico 3. 19. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.442

Fuente: Autores de la Tesis

3.2.4.2. Dosificación de A/C igual a 0.400, resistencia de diseño 320Kg/cm²:

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	54,26	56,68	57,89
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	56,28		
Desviación	1,85		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	53,76		

Tabla 3- 17. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,1323%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	51,18	52,93	50,72
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	51,61		
Desviación	1,16		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	50,03		

Tabla 3- 18. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1323% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,1764%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	55,39	57,41	54,05
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	55,62		
Desviación	1,69		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	53,32		

Tabla 3- 19. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.1764% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,400 con relación fibra/ cemento de 0,2205%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	48,65	52,64	51,91
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	51,06		
Desviación	2,12		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	48,17		

Tabla 3- 20. Resultados a flexión a los 28 días; Relación A/C 0.400; Relación fibra - cemento 0.2205% Fuente: Autores de la Tesis

A continuación se presenta un resumen del módulo de rotura característico y promedio de las vigas ensayadas para esta dosificación, junto al gráfico comparativo de las mismas.

% Relación Fibra/ Cemento	MR m kg/cm2	MRk kg/cm2
0	56,28	53,76
0,1323	51,61	50,03
0,1764	55,62	53,32
0,2205	51,06	48,17

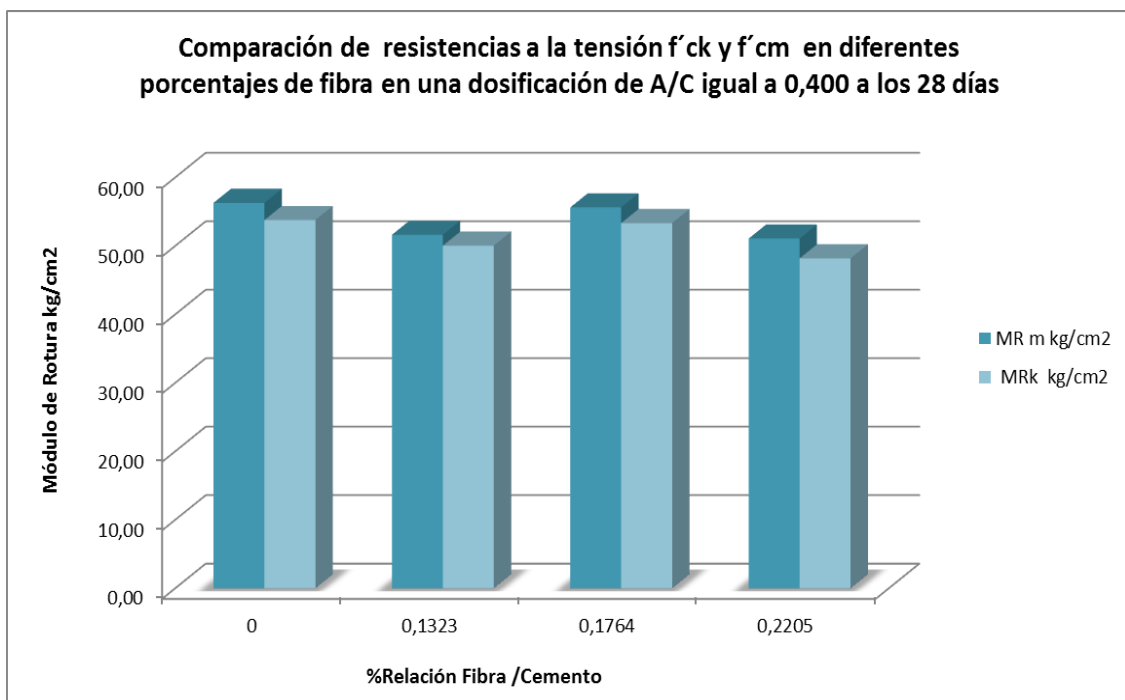


Gráfico 3. 20. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.400 a los 28 días Fuente: Autores de la Tesis

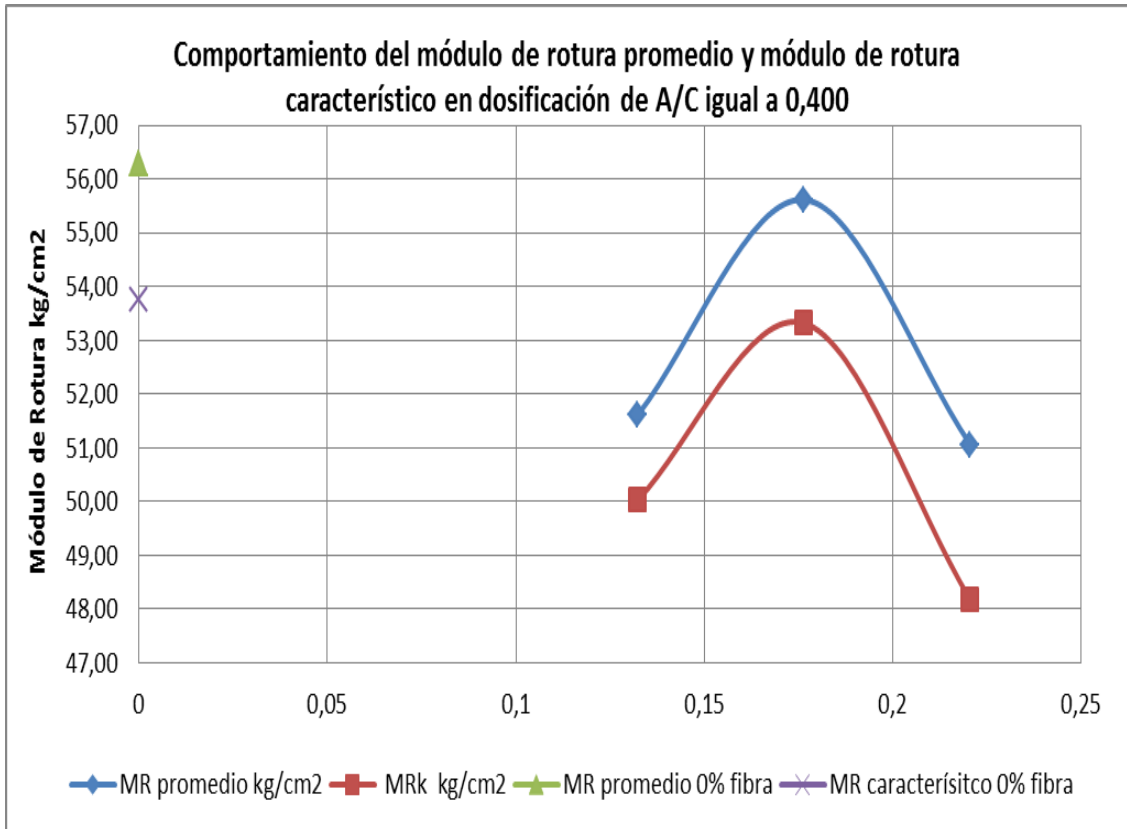


Gráfico 3. 21. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.400 Fuente: Autores de la Tesis

3.2.4.3. Dosificación de A/C igual a 0.339, resistencia de diseño 380Kg/cm²:

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	59,79	61,62	65,23
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	62,21		
Desviación	2,77		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	58,45		

Tabla 3- 21. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,1693%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	56,13	56,99	57,93
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	57,02		
Desviación	0,90		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	55,79		

Tabla 3- 22. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.1693% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,2257%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	54,10	55,32	56,98
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	55,47		
Desviación	1,45		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	53,50		

Tabla 3- 23. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2257% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con relación A/C de 0,339 con relación fibra/ cemento de 0,28%			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Módulo de rotura (kg/cm ²)	49,15	53,52	54,22
Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)	52,30		
Desviación	2,75		
Módulo de rotura característico (kg/cm ²)	48,56		

Tabla 3- 24. Resultados a flexión a lo28 días; Relación A/C 0.339; Relación fibra - cemento 0.2822% Fuente: Autores de la Tesis

Se realizó una tabla y gráfica comparativa para los datos obtenidos, misma que se presenta a continuación:

% Relación Fibra/ Cemento	MR m kg/cm2	MRk kg/cm2
0	62,21	58,45
0,1693	57,02	55,79
0,2257	55,47	53,50
0,2822	52,30	48,56

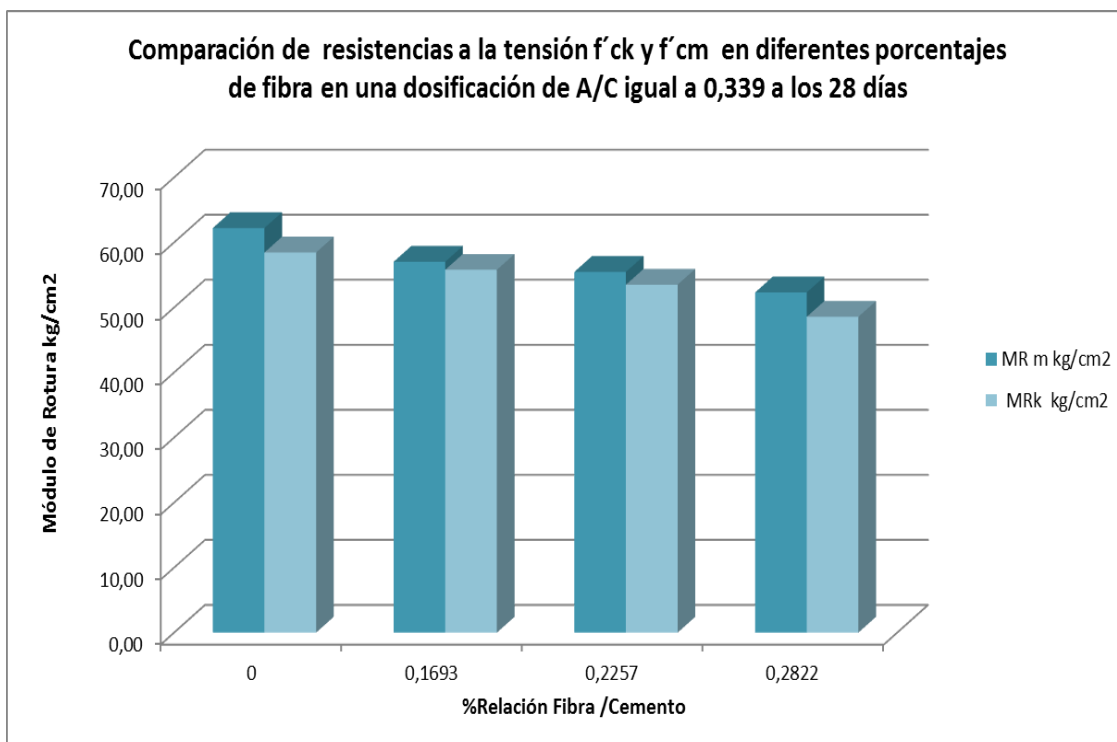


Gráfico 3. 22. Comparación Resistencias a la tensión Promedio - Característico; Relación A/C 0.339 a los 28 días Fuente: Autores de la Tesis

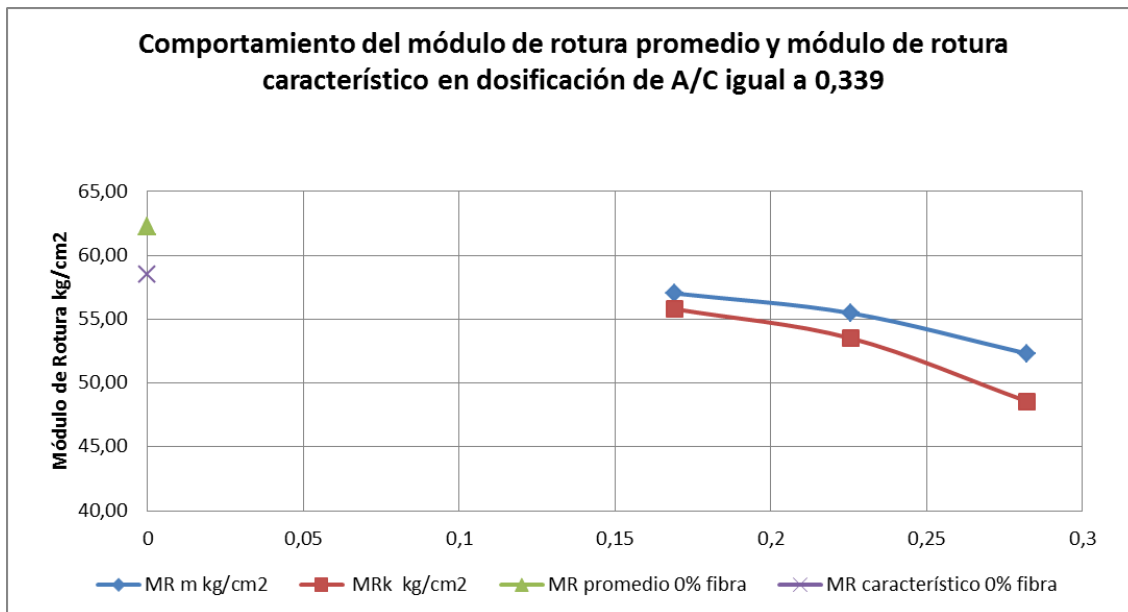


Gráfico 3. 23. Comparación del comportamiento del módulo de rotura Promedio y el módulo de rotura Característico; Relación A/C 0.339 Fuente: Autores de la Tesis

Los gráficos que se muestran a continuación pretenden dar una idea del comportamiento de la resistencia a tensión que tiene el hormigón. Comparando las distintas relaciones A/C con las dosificaciones distintas para un porcentaje de fibra de acuerdo a lo recomendado por el fabricante.

Resistencia a la tensión promedio:

Resistencia f'_{cm} kg/cm ²				
A/C	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	62,21	57,02	55,47	52,30
0,4000	56,28	51,61	55,62	51,06
0,4420	49,89	47,94	52,82	47,56

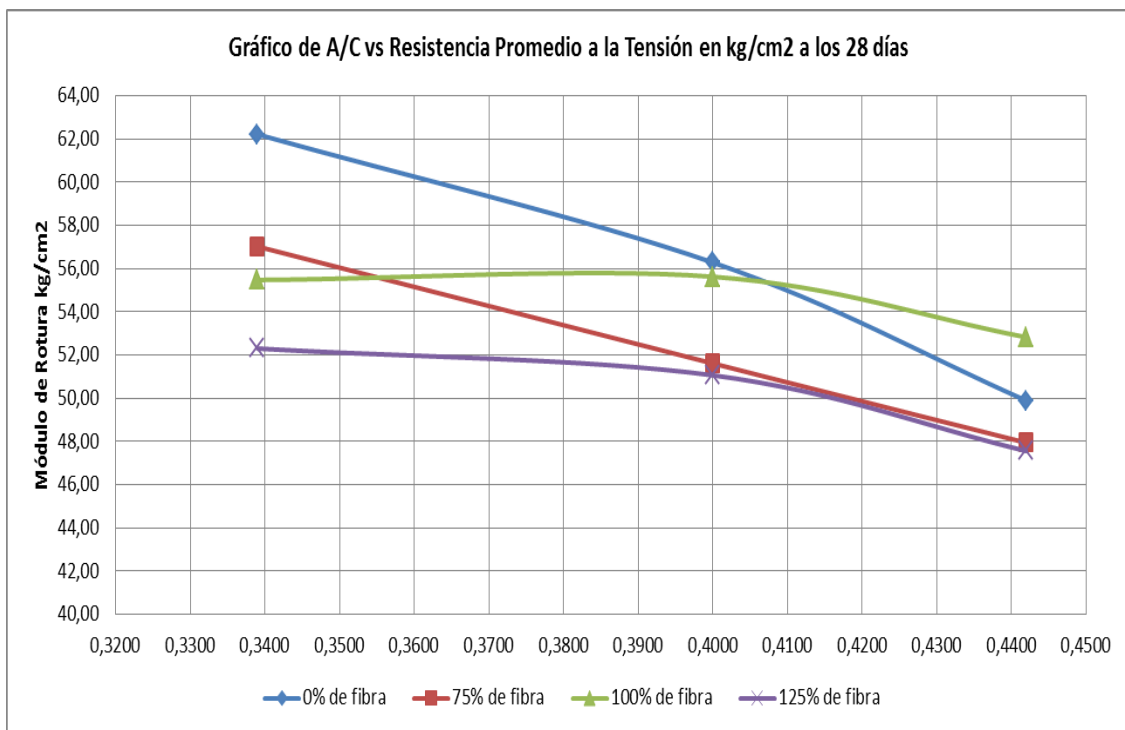


Gráfico 3. 24. Comparación Relación A/C vs. Resistencia Promedio a la tensión en kg/cm² a los 28 días

Fuente: Autores de la Tesis

Resistencia a la tensión característica:

	Resistencia f'_{ck} kg/cm ²			
A/C	0% de fibra	75% de fibra	100% de fibra	125% de fibra
0,3390	58,45	55,79	53,50	48,56
0,4000	53,76	53,03	53,32	48,17
0,4420	47,95	47,00	52,14	46,32

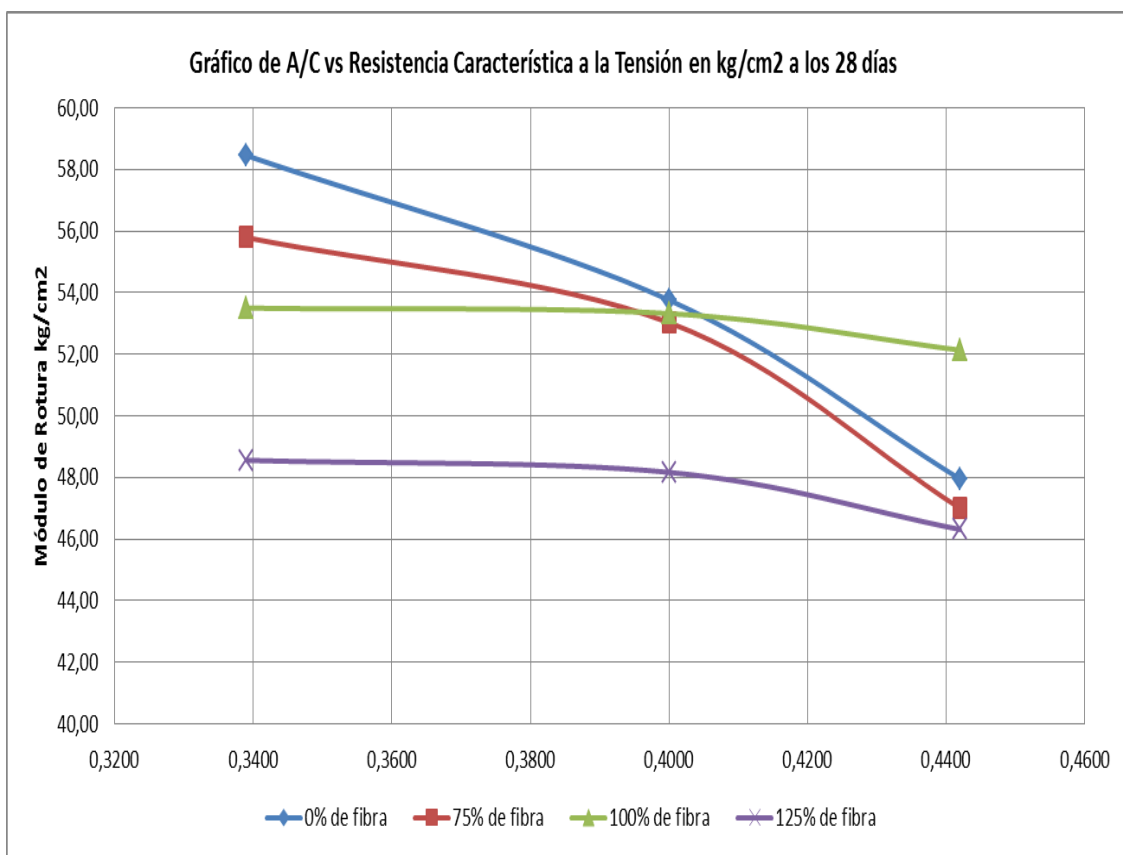


Gráfico 3. 25. Comparación Relación A/C vs. Resistencia Característica a la tensión en kg/cm² a los 28 días Fuente: Autores de la Tesis

Además es importante considerar el porcentaje que representa el módulo de rotura con relación a la resistencia a compresión que se obtuvo a los 28 días, se obtuvo los siguientes porcentajes:

Dosificación con A/C de 0,442			
% Relación Fibra/	Resistencia a la compresión f'_{cm} (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión MRm(kg/cm ²)	Comparación en % compresión/tracción
0.00	348.85	49.89	14
0.15	334.20	47.94	14
0.20	348.33	52.82	15
0.26	363.81	47.56	13
PROMEDIO	348.80	49.55	14

Tabla 3- 25. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.442 Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con A/C de 0,400			
% Relación Fibra/	Resistencia a la compresión f'_{cm} (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión MRm(kg/cm ²)	Comparación en % compresión/tracción
0	374.00	56.28	15
0.13	403.36	51.61	13
0.18	406.48	55.62	14
0.22	428.78	51.06	12
PROMEDIO	403.16	53.64	13

Tabla 3- 26. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.400 Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación con A/C de 0,339			
% Relación Fibra/	Resistencia a la compresión f'_{cm} (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión MRm(kg/cm ²)	Comparación en % compresión/tracción
0	421.62	62.21	15
0.17	369.237	57.02	15
0.23	352.05	55.47	16
0.28	448.67	52.30	12
PROMEDIO	397.89	56.75	14

Tabla 3- 27. Relación en porcentaje del módulo de rotura vs. la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días; Relación A/C de 0.339 Fuente: Autores de la Tesis

3.3. Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad de un material en general, es la relación entre esfuerzo al que está sometido y su deformación unitaria. El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez del material, es decir, la resistencia del mismo a la deformación.

En caso que la relación del esfuerzo y deformación unitaria a que está sometido el material es constante y los esfuerzos no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico que cumple con la Ley de Hooke. Si la relación esfuerzo y deformación unitaria no es constante el material tiene comportamiento inelástico en el cual presenta deformación permanente, finalmente se aplican esfuerzos hasta alcanzar el punto de ruptura.

El módulo obtenido con la realización de éste ensayo es menor que el módulo derivado de ensayos que utilizan mayor velocidad en la aplicación de carga, tal es el caso de ensayos dinámicos y sísmicos.

3.3.1. Equipos

Máquina de prueba: Aparato constituido básicamente de sistemas hidráulicos que aplican una fuerza a una velocidad determinada por un sistema central.

La carga se aplica en una velocidad constante y se llega hasta el 40% de la carga de rotura obtenida en muestras gemelas, ensayadas por el método de compresión simple. Ésta es la máxima carga para el módulo de elasticidad.

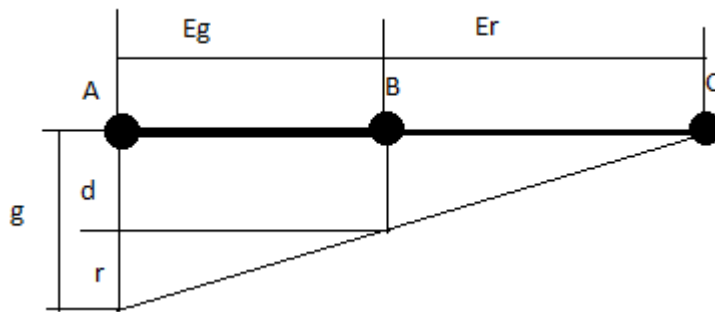
Compresómetro: para la determinación del módulo de elasticidad se debe utilizar un dispositivo de detección unido o no unido que mide a las 5 millonésima parte, más cercanas a la deformación promedio de dos líneas de vía diametralmente opuesta, cada uno paralelo al eje, y cada uno centrado alrededor de media altura de la muestra. (ASTM C469/C469M – 14)

El deformímetro: aparato enlazado al compresómetro que permite tomar medida de deformaciones, cada deformímetro tiene su gradación en fracción de pulgada o milímetro. Para los ensayos realizados el deformímetro está graduado con la diezmilésima parte de una pulgada.

3.3.2. Procedimiento

Las muestras de hormigón deben ser ensayadas inmediatamente después de ser sacadas del cuarto de curado impidiendo la reducción de humedad ya que, influye en la resistencia final de las probetas.

Se toman datos de diámetro y altura de las muestras, además de su peso. Se coloca el compresómetro cuidando mantener la alineación vertical y horizontal del mismo. Una vez colocado el compresómetro se procede a tomar medidas de E_g y E_r que son distancias, de acuerdo al siguiente diagrama:



Siendo:

d : desplazamiento debido a la deformación del espécimen.

r : desplazamiento debido a la rotación de la varilla de pivote.

A: ubicación del deformímetro

B: punto de apoyo de la varilla giratoria.

C: localización de la varilla de pivote.

g : lectura del indicador deformímetro.

Se procede a colocar en la máquina de ensayo con los respectivos moldes de acero y se retira las barras aseguradoras. Iniciamos con el proceso de aplicación de carga,

normalmente hasta 50kN en éste punto se detiene la carga y se encera el deformímetro.

Se continúa el proceso de carga y cada 20 kN se anota la lectura del deformímetro.

3.3.3. Cálculos

Se calcula el Módulo de Elasticidad cercano a los 200MPa (50 000 psi) de la siguiente manera:

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00050}$$

Dónde: (8)

E: módulo de elasticidad, MPa.

S1: esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

S2: esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal, ϵ_1 , de 50 millonésimas, MPa.

ϵ_2 : deformación longitudinal producida por el esfuerzo S2.

Además se calcula el parámetro α , empleando dos fórmulas:

a) $\alpha_1 = 4270 \cdot W^{1.5}$

b) $\alpha_1 = E / \sqrt{f'c}$

La ecuación a) es recomendada por el ACI y se basa en el peso unitario de la muestra de concreto, mientras que la ecuación b) relaciona el módulo de elasticidad y el valor de la resistencia que se obtuvo, en éste caso el valor usado es f'_{c_k} para obtener menor dispersión en los resultados.

Con el fin de establecer una constante (ϕ) para comparar con la fórmula propuesta por el ACI para el cálculo del Módulo de Elasticidad que es

$$E = 4270 * W^{1.5} * \sqrt{f'c} \quad (9)$$

Donde la constante está ligada al tamaño máximo del agregado y al peso unitario.

Por lo tanto

$$\phi = \alpha / W^{1.5} \quad (10)$$

3.3.4. Resultados

Las tablas que se muestran a continuación, presentan los valores obtenidos de módulo de Young, y α usando las dos ecuaciones indicadas; de acuerdo a la relación A/C. Las gráficas de esfuerzo vs deformación unitaria así como el detalle de las probetas ensayas se encuentra en la sección de Anexos.

3.3.4.1. Dosificación con relación A/C de 0,442:

Dosificación A/C de 0,442 y 0% de fibra con relación a la cantidad de cemento.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,11	2,176	2,135
f'c max (kg/cm ²)	287	289	286
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	227588,5	215089,41	249514,5731
f'c max Promedio (kg/cm ²)	288		
Desviación	1,27		
f'c k (kg/cm ²)	286		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13462	12723	14759
Valor promedio $\alpha_1 m$	13648		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4389	3964	4731
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13097	13706	13321
Valor promedio $\alpha_2 m$	13375		

Tabla 3- 28. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,442 y 0,15% de fibra con relación a la cantidad de cemento.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,16	2,15	2,135
f'c max (kg/cm ²)	295	293	295
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	200537,2	205056,02	235289,8772
f'c max Promedio (kg/cm ²)	295		
Desviación	1,20		
f'c k (kg/cm ²)	293		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	11716	11979	13746
Valor promedio $\alpha_1 m$	12480		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	3703	3795	4406
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13509	13480	13321
Valor promedio $\alpha_2 m$	13436		

Tabla 3- 29. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.1534% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,442 y 0,21% de fibra con relación a la cantidad de cemento.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,14	2,18	2,17
f'c max (kg/cm ²)	307	301	296
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	232276,9	239879,55	247323,7873
f'c max Promedio (kg/cm ²)	302		
Desviación	5,51		
f'c k (kg/cm ²)	294		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13545	13988	14422
Valor promedio α_1 m	13985		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4325	4349	4517
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13372	13734	13634
Valor promedio α_2 m	13580		

Tabla 3- 30. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.2045% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,442 y 0,26% de fibra con relación a la cantidad de cemento.			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,16	2,15	2,12
f'c max (kg/cm ²)	301,31	306,2	300,25
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	233720,6	236176,35	233941,9
f'c max Promedio (kg/cm ²)	302,58		
Desviación	3,16		
f'c k (kg/cm ²)	298,28		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13533	13675	13546
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13584		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4263	4338	4388
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13555	13461	13180
Valor promedio α_2 m	13399		

Tabla 3- 31. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.442; Relación Fibra – Cemento 0.2556% Fuente: Autores de la Tesis

Se presenta un cuadro resumen correspondiente a la dosificación con relación A/C de 0,442 junto al gráfico comparativo de $\alpha 1$ y $\alpha 2$.

Dosificación A/C de 0,442		
% Relación Fibra/ Cemento	$\alpha 1$ (kg/cm ²)	$\alpha 2$ (kg/cm ²)
0	13648	13375
0,1534	12480	13436
0,2045	13985	13580
0,2556	13584	13399

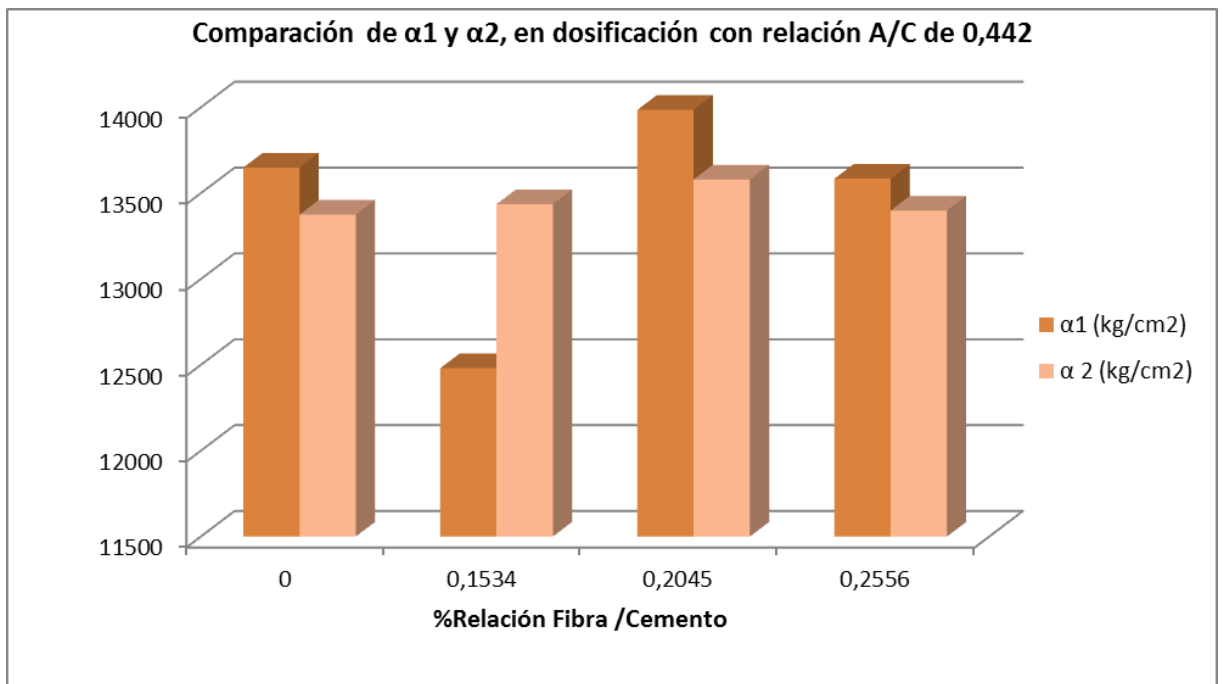


Gráfico 3. 26. Comparación de 1α y 2α con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.442

Fuente: Autores de la Tesis

3.3.4.2. Dosificación con relación A/C de 0,400:

Dosificación A/C de 0,400 y 0% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,15	2,14	2,17
f'c max (kg/cm ²)	346	351	347,938
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	260849,9	253913,7	255838
f'c max Promedio (kg/cm ²)	348		
Desviación	2,30		
f'c k (kg/cm ²)	345		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	14041	13667	13771
Valor promedio α_1 m	13826		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4454	4375	4313
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13461	13338	13634
Valor promedio α_2 m	13478		

Tabla 3- 32. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,400 y 0,13% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,17	2,18	2,18
f'c max (kg/cm ²)	341	363	359
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	254390,2	262747	253040
f'c max Promedio (kg/cm ²)	354		
Desviación	11,63		
f'c k (kg/cm ²)	339		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13825	14279	13752
Valor promedio α_1 m	13952		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4326	4438	4269
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13647	13738	13756
Valor promedio α_2 m	13714		

Tabla 3- 33. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.1323% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,400 y 0,18% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,17	2,16	2,17
f'c max (kg/cm ²)	377	337	387
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	258946	266534	261885
f'c max Promedio (kg/cm ²)	367		
Desviación	26,49		
f'c k (kg/cm ²)	331		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	14227	14644	14388
Valor promedio $\alpha_1 m$	14420		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4465	4608	4501
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13605	13569	13650
Valor promedio $\alpha_2 m$	13608		

Tabla 3- 34. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.1764% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,400 y 0,22% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,19	2,19	2,18
f'c max (kg/cm ²)	386	356	404
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	265909,2	272877,7	274710
f'c max Promedio (kg/cm ²)	382		
Desviación	24,12		
f'c k (kg/cm ²)	349		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	14226	14599	14697
Valor promedio $\alpha_1 m$	14507		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	4401	4516	4562
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13803	13803	13756
Valor promedio $\alpha_2 m$	13788		

Tabla 3- 35. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.400; Relación Fibra – Cemento 0.2205% Fuente: Autores de la Tesis

La siguiente tabla es un resumen de los valores obtenidos con los cuales se realizó un gráfico comparativo.

Dosificación A/C de 0,400		
% Relación Fibra/ Cemento	α 1 (kg/cm ²)	α 2 (kg/cm ²)
0	13826	13478
0,1323	13952	13714
0,1764	14420	13608
0,2205	14507	13788

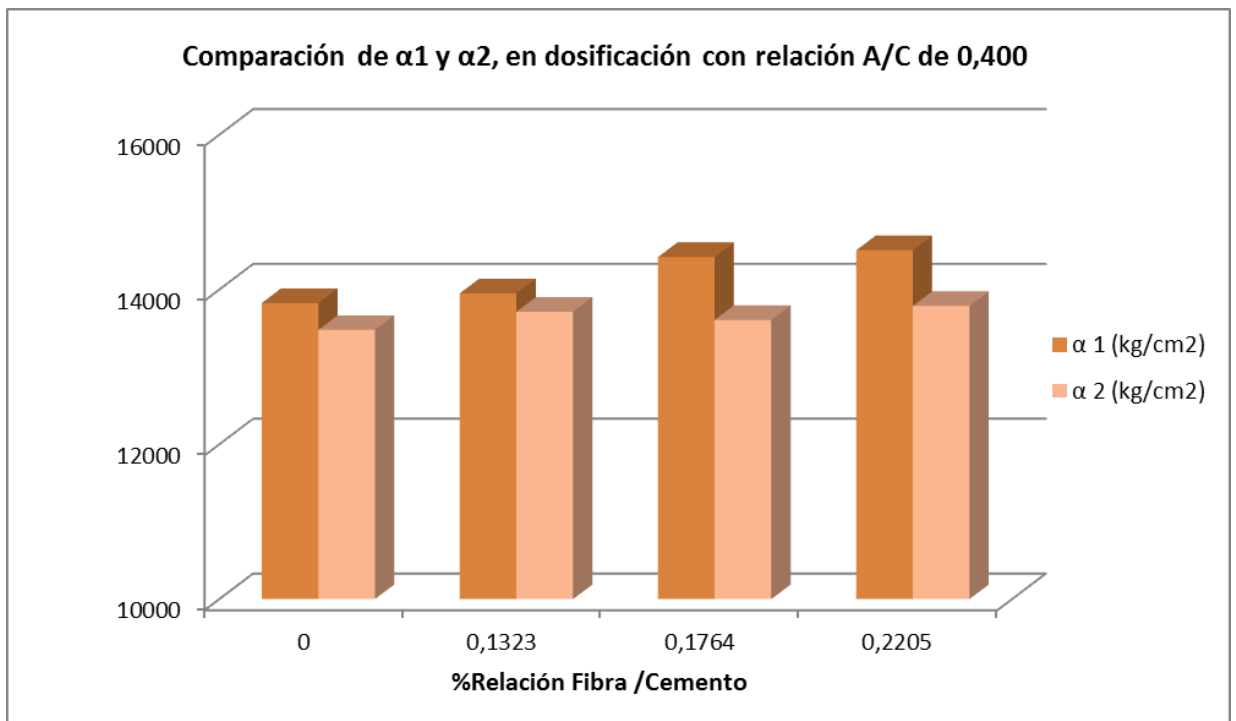


Gráfico 3. 27. Comparación de α 1 y α 2 con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.400

Fuente: Autores de la Tesis

3.3.4.3. Dosificación con relación A/C de 0,339

Dosificación A/C de 0,339 y 0% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,25	2,19	2,24
f'c max (kg/cm ²)	385	365	382,7
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	247937	223331	234146
f'c max Promedio (kg/cm ²)	377		
Desviación	11,12		
f'c k (kg/cm ²)	362		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	13026	11733	12301
Valor promedio $\alpha_1 m$	12353		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	3859	3620	3657
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	14411	13839	14363
Valor promedio $\alpha_2 m$	14204		

Tabla 3- 36. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,339 y 0,17% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,22	2,20	2,21
f'c max (kg/cm ²)	352	360	356,4
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	234232	267730	250352
f'c max Promedio (kg/cm ²)	356		
Desviación	4,08		
f'c k (kg/cm ²)	351		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	12511	14300	13372
Valor promedio $\alpha_1 m$	13394		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	3776	4397	4069
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	14147	13888	14033
Valor promedio $\alpha_2 m$	14023		

Tabla 3- 37. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.1693% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,339 y 0,23% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,18	2,24	2,22
f'c max (kg/cm ²)	302	282	290
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	197636	183315	227939
f'c max Promedio (kg/cm ²)	291		
Desviación	9,60		
f'c k (kg/cm ²)	278		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	11846	10988	13663
Valor promedio $\alpha_1 m$	12166		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	3682	3281	4119
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	13736	14299	14164
Valor promedio $\alpha_2 m$	14066		

Tabla 3- 38. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.2257% Fuente: Autores de la Tesis

Dosificación A/C de 0,339 y 0,28% de fibra con relación a la cantidad de cemento			
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Peso Unitario (T/m ³)	2,24	2,22	2,21
f'c max (kg/cm ²)	395	362	401
Módulo de Elasticidad (kg/cm ²)	233262	269422	260416
f'c max Promedio (kg/cm ²)	386		
Desviación	21,04		
f'c k (kg/cm ²)	357		
$\alpha_1 = E/(f'c)^{1/2}$	12343	14256	13780
Valor promedio $\alpha_1 m$	13460		
Valor de constante $\varphi = \alpha_1 / W^{1,5}$	3675	4304	4207
$\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (ACI)	14343	14143	13987
Valor promedio $\alpha_2 m$	14158		

Tabla 3- 39. Valores obtenidos del módulo de Young y valores de α ; Relación A/C de 0.339; Relación Fibra – Cemento 0.2822% Fuente: Autores de la Tesis

El resumen de los datos obtenidos se presenta en la tabla a continuación.

Dosificación A/C de 0,339		
% Relación Fibra/ Cemento	α 1 (kg/cm ²)	α 2 (kg/cm ²)
0	12353	14204
0,1693	13394	14023
0,2257	12166	14066
0,2822	13460	14158

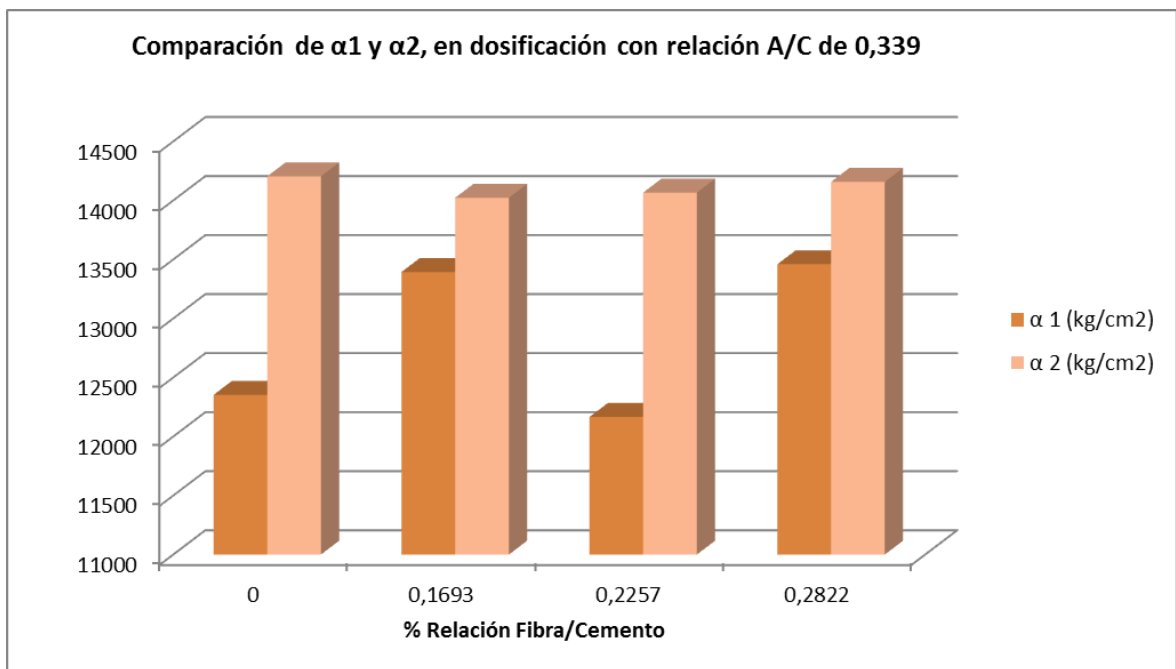


Gráfico 3. 28. Comparación de α 1 y α 2 con los diferentes % de fibra usados; Relación A/C de 0.339

Fuente: Autores de la Tesis

El valor promedio obtenido de α es:

$$\alpha 1 = 13481 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha 2 = 13736 \text{ kg/cm}^2$$

Así como el valor promedio de la constante ϕ es:

$$\phi = 4196$$

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos es una herramienta que nos permite evaluar tanto el costo directo como el indirecto del proyecto que se quiera realizar.

³³El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

En el análisis de costos de un proyecto a realizarse se tienen dos tipos:

- Costo Directo: los costos directos son aquellos que se encuentran físicamente presentes en el proyecto final:
 - Mano de obra
 - Equipos
 - Materiales

³³ Wikipedia. (28 de marzo de 2015). *wikipedia.org*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_costo-beneficio

- Costos indirectos: son todos los costos necesarios para la ejecución de un rubro cualquiera pero no se encuentran físicamente en el proyecto final, estos se dividen en:
 - Costos indirectos de administración central: son los costos aplicables a todas las obras en curso; estos gastos son los de oficina central como salarios reales personal administrativo de oficina central, costos de operación oficina central, depreciación de equipos oficina central, capacitación al personal de oficina central, etc.
 - Costos indirectos de obra: son los costos aplicables a un solo proyecto como salarios reales del personal técnico de obra, gastos de transporte de equipos y personal al lugar de la obra, instalaciones provisionales, imprevistos, etc.

4.1. Precios Unitarios

Para el presente estudio únicamente se realizará el análisis de costos directos de un metro cubico de hormigón y tomando en cuenta los costos de materiales, costos de mano de obra, costo de equipo; se debe tener en cuenta que al producir la mezcla sin fibra y con fibra no se tendrá variaciones en los rendimientos.

Los precios presentados a continuación son tomados como referencia de las casas comerciales de los fabricantes de los materiales usados en el presente estudio.

Los rendimientos que se presentaran a continuación son referenciados a experiencia de diferentes constructores.

4.1.1. Agregados

Para las dosificaciones realizadas en el presente estudio fue usado material proveniente a las minas de PIFO; los precios a presentar esta por tonelada de agregado ya que la presente mina trabaja con estas unidades.

Agregado Fino:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio
MP Arena no lavada PIFO	1	Ton	6.9545

Tabla 4- 1. Costo del agregado fino por tonelada Fuente: Autores de la Tesis

Agregado Grueso:

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO	1	Ton	9.7554

Tabla 4- 2. Costo del agregado grueso por tonelada Fuente: Autores de la Tesis

4.1.2. Agua

Para el precio usado en este estudio del agua se determinó mediante la facturación que presenta la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio (USD)
Agua	1	m3	0.90

Tabla 4- 3. Costo por metro cubico de agua Fuente: Autores de la Tesis

4.1.3. Cemento

El precio del cemento presentado a continuación es un promedio de diferentes locales que presentan el producto usado.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio
Cemento	1	Saco 50 kg	7.86

Tabla 4- 4. Costo del saco de cemento 50 kg Fuente: Autores de la Tesis

4.1.4. Fibra de Polipropileno

³⁴El precio presentado de la fibra es el dado por el fabricante del producto usado en la presente disertación.

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio (USD)
Fibra	1	kg	7.94

Tabla 4- 5. Costo de la fibra de polipropileno Fuente: Autores de la Tesis

4.1.5. Aditivo

El aditivo usado fue un reductor de agua plastificante, que el precio tomado como referencia es el que presenta el fabricante.

³⁴ TEXPECOM. (2014). *texpecom. com*. Obtenido de http://www.tespecon.com/index.php?option=com_content&view=article&id=11:epsfibrate_x&catid=9:productos-categoria

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio
Plastificante redutor de agua	1	lt	1.10

Tabla 4- 6. Costo del plastificante Fuente: Autores de la Tesis

4.1.6. Mano de obra

³⁵Los costos de la mano de obra fueron tomados de las tablas de Reajustes de Salarios Mínimos por Ley que presenta La Contraloría General del Estado para el año 2015; se debe tener en cuenta que la Remuneración Básica Unificada Mínima es de Trecientos Cincuenta y Cuatro 00/100 dólares Americanos (USD 354.00) por lo cual se tiene: (revista de la cámara)

Categorías Ocupacional	Sueldo unificado	Décimo Tercero	Décimo Cuarto	Aporte Patronal	Fondo Reserva	Total Anual	Jornal Real	Costo Horario
Peón	363.74	363.74	354.00	530.33	363.74	5976.69	25.43	3.18
Operador de Equipo liviano	368.48	368.48	354.00	537.24	368.48	6049.96	25.74	3.22

Tabla 4- 7. Costo de la mano de obra Fuente: Autores de la Tesis

4.1.7. Equipo

³⁶En el equipo usado para producir un metro cúbico de hormigón tendremos:

- Concreteira de un saco de capacidad, el costo de alquiler por día es de Treinta 00/100 dólares Americanos (USD 30.00).

³⁵ CONSTRUCCIÓN, C. D. (2015). Salarios 2015. *Construcción*, B-4.

³⁶ CONSTRUCCIÓN, C. D. (2015). Lista de precios / Materiales de construcción . *Construcción*, B - 30.

- Herramienta menor: se tomará como costo de la herramienta menor un 5% del costo directo de la mano de obra.

4.2. Costos Directos

A continuación se presentan los costos directos de cada tipo de dosificación que se realizó en este estudio; se debe tener en cuenta que se trabajara con un 5 % de desperdicio.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=280kg/cm2; 0 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A * B	
MP Arena no lavada PIFO	Ton	0.8043	6.95	5.59350	
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO	Ton	0.6951	9.76	6.78098	
Cemento Portland	Saco	10.0800	7.86	79.22880	
Agua	m3	0.2762	0.90	0.24854	
Fibra	kg	0.0000	7.94	0.00000	
SUBTOTAL (O)					91.85182
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					120.69682
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					120.69682
VALOR OFERTADO:					120.70

Tabla 4- 8. Análisis de 1 m3 de hormigón de 280 kg/cm2; fibra usada 0 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:				UNIDAD:	m3
DETALLE:	Hormigón f'c=280kg/cm2; 75 % de fibra				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8043	6.95	5.59350
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6951	9.76	6.78098
Cemento Portland		Saco	10.0800	7.86	79.22880
Agua		m3	0.2762	0.90	0.24854
Fibra		kg	0.7500	7.94	5.95500
SUBTOTAL (O)					97.80682
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					126.65182
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					126.65182
VALOR OFERTADO:					126.65

Tabla 4- 9. Análisis de 1 m3 de hormigón de 280 kg/cm2; fibra usada 0.75 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:				UNIDAD:	m3
DETALLE:	Hormigón f'c=280kg/cm2; 100 % de fibra				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8043	6.95	5.59350
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6951	9.76	6.78098
Cemento Portland		Saco	10.0800	7.86	79.22880
Agua		m3	0.2762	0.90	0.24854
Fibra		kg	1.0000	7.94	7.94000
SUBTOTAL (O)					99.79182
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					128.63682
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					128.63682
VALOR OFERTADO:					128.64

Tabla 4- 10. Análisis de 1 m3 de hormigón de 280 kg/cm2; fibra usada 1.00 kg/m3
Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:				UNIDAD:	m3
DETALLE:	Hormigón f'c=280kg/cm2; 125 % de fibra				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8043	6.95	5.59350
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6951	9.76	6.78098
Cemento Portland		Saco	10.0800	7.86	79.22880
Agua		m3	0.2762	0.90	0.24854
Fibra		kg	1.2500	7.94	9.92500
SUBTOTAL (O)					101.77682
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					130.62182
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					130.62182
VALOR OFERTADO:					130.62

Tabla 4- 11. Análisis de 1 m3 de hormigón de 280 kg/cm2; fibra usada 1.25 kg/m3
Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=320kg/cm2; 0 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.7350	6.95	5.11156
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6888	9.76	6.71952
Cemento Portland		Saco	11.9070	7.86	93.58902
Agua		m3	0.2898	0.90	0.26082
Fibra		kg	0.0000	7.94	0.00000
SUBTOTAL (O)					105.68092
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					134.52592
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					134.52592
VALOR OFERTADO:					134.53

Tabla 4- 12. Análisis de 1 m3 de hormigón de 320 kg/cm2; fibra usada 0 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=320kg/cm2; 75 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.7350	6.95	5.11156
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6888	9.76	6.71952
Cemento Portland		Saco	11.9070	7.86	93.58902
Agua		m3	0.2898	0.90	0.26082
Fibra		kg	0.7500	7.94	5.95500
SUBTOTAL (O)					111.63592
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					140.48092
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					140.48092
VALOR OFERTADO:					140.48

Tabla 4- 13. Análisis de 1 m3 de hormigón de 320 kg/cm2; fibra usada 0.75 kg/m3
Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:				UNIDAD:	m3
DETALLE:	Hormigón f'c=320kg/cm2; 100 % de fibra				
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.7350	6.95	5.11156
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6888	9.76	6.71952
Cemento Portland		Saco	11.9070	7.86	93.58902
Agua		m3	0.2898	0.90	0.26082
Fibra		kg	1.0000	7.94	7.94000
SUBTOTAL (O)					113.62092
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					142.46592
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					142.46592
VALOR OFERTADO:					142.47

Tabla 4- 14. Análisis de 1 m3 de hormigón de 320 kg/cm2; fibra usada 1.00 kg/m3
Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=320kg/cm2; 125 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.7350	6.95	5.11156
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.6888	9.76	6.71952
Cemento Portland		Saco	11.9070	7.86	93.58902
Agua		m3	0.2898	0.90	0.26082
Fibra		kg	1.2500	7.94	9.92500
SUBTOTAL (O)					115.60592
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					144.45092
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					144.45092
VALOR OFERTADO:					144.45

Tabla 4- 15. Análisis de 1 m3 de hormigón de 320 kg/cm2; fibra usada 1.25 kg/m3
Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=380kg/cm2; 0 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8747	6.95	6.08275
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.7571	9.76	7.38533
Cemento Portland		Saco	9.3030	7.86	73.12158
Agua		m3	0.2352	0.90	0.21168
Fibra		kg	0.0000	7.94	0.00000
Plastificacnte Redustor de Agua		Lt	6.0480	1.10	6.65280
SUBTOTAL (O)					93.45414
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					122.29914
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					122.29914
VALOR OFERTADO:					122.30

Tabla 4- 16. Análisis de 1 m3 de hormigón con plastificante de 380 kg/cm2; fibra usada 0 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=380kg/cm2; 75 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8747	6.95	6.08275
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.7571	9.76	7.38533
Cemento Portland		Saco	9.3030	7.86	73.12158
Agua		m3	0.2352	0.90	0.21168
Fibra		kg	0.7500	7.94	5.95500
Plastificacnte Redustor de Agua		Lt	6.0480	1.10	6.65280
SUBTOTAL (O)					99.40914
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					128.25414
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:					0.00%
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					128.25414
VALOR OFERTADO:					128.25

Tabla 4- 17. Análisis de 1 m3 de hormigón con plastificante de 380 kg/cm2; fibra usada 0.75 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=380kg/cm2; 100 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8747	6.95	6.08275
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.7571	9.76	7.38533
Cemento Portland		Saco	9.3030	7.86	73.12158
Agua		m3	0.2352	0.90	0.21168
Fibra		kg	1.0000	7.94	7.94000
Plastificacnte Redustor de Agua		Lt	6.0480	1.10	6.65280
SUBTOTAL (O)					101.39414
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					130.23914
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					130.23914
VALOR OFERTADO:					130.24

Tabla 4- 18. Análisis de 1 m3 de hormigón con plastificante de 380 kg/cm2; fibra usada 1.00 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
RUBRO:	Hormigón f'c=380kg/cm2; 125 % de fibra			UNIDAD:	m3
DETALLE:					
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Concretera (1 saco)	1.00	3.00	3.00000	1.25000	3.75000
Herramienta menor (5% mano de obra)					1.19500
SUBTOTAL (M)					4.94500
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A*B	R	D = C*R
Peon	5.00	3.18	15.90000	1.25000	19.87500
Operador de equipo liviano	1.00	3.22	3.22000	1.25000	4.02500
SUBTOTAL (N)					23.90000
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
			A	B	C = A * B
MP Arena no lavada PIFO		Ton	0.8747	6.95	6.08275
MP Piedra (5 - 19 mm) PIFO		Ton	0.7571	9.76	7.38533
Cemento Portland		Saco	9.3030	7.86	73.12158
Agua		m3	0.2352	0.90	0.21168
Fibra		kg	1.2500	7.94	9.92500
Plastificacnte Redustor de Agua		Lt	6.0480	1.10	6.65280
SUBTOTAL (O)					103.37914
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					132.22414
INDIRECTOS Y UTILIDADES%:				0.00%	0.00000
OTROS INDIRECTOS%:					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					132.22414
VALOR OFERTADO:					132.22

Tabla 4- 19. Análisis de 1 m3 de hormigón con plastificante de 380 kg/cm2; fibra usada 1.25 kg/m3 Fuente: Autores de la Tesis

4.3. Resultado y comparación

A continuación se presenta una tabla de resumen de los precios unitarios para un metro cubico de hormigón de las diferentes dosificaciones empleadas en el estudio.

Dosificación	Precio Unitario USD/m3
F'c = 280 kg/cm2 con 0 % de fibra recomendado por el fabricante	120.70
F'c = 280 kg/cm2 con 75 % de fibra recomendado por el fabricante	126.65
F'c = 280 kg/cm2 con 100 % de fibra recomendado por el fabricante	128.64
F'c = 280 kg/cm2 con 125 % de fibra recomendado por el fabricante	130.62
F'c = 320 kg/cm2 con 0 % de fibra recomendado por el fabricante	134.53
F'c = 320 kg/cm2 con 75 % de fibra recomendado por el fabricante	140.48
F'c = 320 kg/cm2 con 100 % de fibra recomendado por el fabricante	142.47
F'c = 320 kg/cm2 con 125 % de fibra recomendado por el fabricante	144.45
F'c = 380 kg/cm2 con 0 % de fibra recomendado por el fabricante	122.30
F'c = 380 kg/cm2 con 75 % de fibra recomendado por el fabricante	128.25
F'c = 380 kg/cm2 con 100 % de fibra recomendado por el fabricante	130.24
F'c = 380 kg/cm2 con 125 % de fibra recomendado por el fabricante	132.22

Tabla 4- 20. Resumen de precios unitarios por metro cubico de hormigón Fuente: Autores de la Tesis

4.3.1. Comparación de Costos - Resistencia

Se presenta tablas comparativas de los porcentajes alcanzados de resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al costo por metro cúbico de hormigón de cada dosificación realizada.

Dosificaciones de 280 kg/cm²

Dosificación	Precio Unitario	Módulo de rotura alcanzado(kg/cm ²)	Relación de porcentajes de resistencia obtenidos Sin fibra - Con fibra
	USD/m ³		
F'c = 280 kg/cm ² con 0 % de fibra	120.70	49.89	0.00
F'c = 280 kg/cm ² con 75 % de fibra	126.65	47.94	-3.91
F'c = 280 kg/cm ² con 100 % de fibra	128.64	52.82	5.87
F'c = 280 kg/cm ² con 125 % de fibra	130.62	47.56	-4.67

Tabla 4- 21. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciones relación A/C de 0.442 Fuente: Autores de la Tesis

Como se ve en la tabla anterior las dosificaciones de 280 kg/cm² con 75% y 125% de fibra según lo recomendado por el fabricante, no superan el módulo de rotura alcanzada con la dosificación de 280 kg/cm² sin fibra, por lo cual el costo de incrementar fibra es innecesario; en la dosificación con el 100% de fibra tiene un aumento de resistencia de 5.87 % relación a la dosificación de 280 kg/cm² sin fibra.

Dosificaciones de 320 kg/cm²

Dosificación	Precio Unitario	Módulo de rotura alcanzado(kg/cm ²)	Relación de porcentajes de resistencia obtenidos Sin fibra - Con fibra
	USD/m ³		
F'c = 320 kg/cm ² con 0 % de fibra	134.53	56.28	0.00
F'c = 320 kg/cm ² con 75 % de fibra	140.48	51.61	-8.30
F'c = 320 kg/cm ² con 100 % de fibra	142.47	55.62	-1.17
F'c = 320 kg/cm ² con 125 % de fibra	144.45	51.06	-9.28

Tabla 4- 22. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciones relación A/C de 0.400 Fuente: Autores de la Tesis

Los valores que presenta la tabal anterior nos indica que en las dosificaciones que se usó fibra al 75%, 100% y 125% según lo recomendado por el fabricante no se obtuvo un aumento en la resistencia del módulo de rotura.

Dosificaciones de 380 kg/cm²

Dosificación	Precio Unitario	Módulo de rotura alcanzado(kg/cm ²)	Relación de porcentajes de resistencia obtenidos Sin fibra - Con fibra
	USD/m ³		
F'c = 380 kg/cm ² con 0 % de fibra	122.30	62.210	0.00
F'c = 380 kg/cm ² con 75 % de fibra	128.25	57.020	-8.34
F'c = 380 kg/cm ² con 100 % de fibra	130.24	55.470	-10.83
F'c = 380 kg/cm ² con 125 % de fibra	132.22	52.300	-15.93

Tabla 4- 23. Comparación Costo - Resistencia para las dosificaciónes relación A/C de 0.339 Fuente: Autores de la Tesis

Los valores que presenta la tabal anterior nos indica que en las dosificaciones que se usó fibra al 75%, 100% y 125% según lo recomendado por el fabricante no se obtuvo un aumento en la resistencia del módulo de rotura.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES, COMENTARIO Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de realizar el análisis respectivo de los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

5.1.1. La resistencia promedio y la resistencia característica a compresión, obtenidas a los 7 y 28 días en todas las dosificaciones no presentan mayor dispersión; el valor promedio de dispersión obtenido entre las dos fue de 3.04 kg/cm². El valor más bajo en porcentaje es 0,11 y el mayor 2,86. (Referencia Gráficos 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10). Por lo que se concluye que las mezclas realizadas fueron homogéneas y por lo tanto los datos son confiables.

5.1.2. La dosificación con relación A/C de 0,44 y A/C de 0.40 en las cuatro dosificaciones realizadas con distinta cantidad de fibra en proporción a la cantidad de cemento, todos los resultados obtenidos alcanzan la resistencia de diseño esperada, siendo la dosificación de fibra con 1,25 kg/m³, la que arrojó mayores resistencias a compresión. Por lo que ésta es la dosificación ideal para lograr una buena resistencia a la compresión. (Referencia Gráfico 3.6 y Gráfico 3.8).

5.1.3. La dosificación con relación A/C de 0,339, que corresponde a una resistencia de diseño esperada de 380 kg/cm², en las mezclas sin utilizar fibra y con una adición de 1.25kg/m³ de fibra, alcanzan la resistencia esperada; sin embargo, con la adición de

0.75 kg/m³ y 1.00 kg/m³ no se alcanza la resistencia de diseño. (Referencia Tablas 3-10, 3-11, 3-12)

5.1.4. Respecto a la resistencia a flexión se concluye que de acuerdo a la gráfica de comportamiento del hormigón a esfuerzos de flexión (Referencia Gráfico 3.18 y 3.20); la dosificación de fibra adecuada es la que recomienda el fabricante, es decir, 1kg/m³; pues con esta cantidad de fibra se obtuvo los valores más altos de resistencia en las dosificaciones con relación A/C de 0,44 y A/C de 0,40.

5.1.5. En lo que respecta a la resistencia con relación A/C de 0,34 se puede observar que con la presencia de mayor cantidad de fibra la resistencia disminuye. (Referencia Gráfico 3.22)

5.1.6. Para la mezcla con relación A/C de 0,34 se tuvo problemas en las dosificaciones con la adición de fibra, eso se atribuye a la gran cantidad de cemento; por lo que se utilizó un aditivo reductor de agua, con el propósito de disminuir la pasta cementante, manteniendo las condiciones de manejabilidad y resistencia; se podría pensar que la disminución en los valores de resistencia se debe a que no existe una buena adherencia entre la pasta y los agregados, por cuanto el aditivo reduce el agua y al producirse la evaporación de la misma en el proceso de fraguado se generan vacíos.

5.1.7. La desviación entre el módulo de rotura promedio y característico es de 1.52 kg/cm², el valor más bajo en porcentaje es 0,95 y el mayor es 5,25 por tanto se concluye que los resultados obtenidos son confiables. (Referencia Gráficos 3.17; 3.19 y 3.21).

5.1.8. El porcentaje que representa el módulo de rotura respecto a la resistencia a compresión a los 28 días varía de un 12% al 16%, con un valor promedio de 14% (Referencia Tablas 3 – 25; 3 – 26 y 3 – 27), se concluye que el comportamiento es uniforme pues en ninguna mezcla se presenta variaciones porcentuales notables; se puede establecer que el contenido de fibra ni cemento en diferentes cantidades no altera estos porcentajes.

5.1.9. Para el cálculo del módulo de elasticidad del hormigón ACI establece $E_c = \alpha_1 * \sqrt{f'_c}$ (1); donde $\alpha_2 = 4270 * W^{1.5}$ (2); siendo W: peso unitario del hormigón en t/m³, f'_c : resistencia a la compresión en kg/cm² y el valor E_c se obtiene en kg/cm². El valor promedio α_1 (1) que se obtuvo es de 13481 kg/cm² y se calculó el valor promedio de α_2 utilizando la expresión dada por ACI (2) con los valores propios de W, y este valor es 13736 kg/cm²; por lo que al comparar los dos valores de α_1 y α_2 , por lo tanto para el cálculo del módulo de elasticidad pueden ser usadas las dos ecuaciones ya que el resultado de la una es ligeramente menor al resultado de la otra.

5.1.10. Se determinó el valor de constante que utiliza la fórmula que nos da la ACI (2) utilizando los datos obtenidos en los ensayos que es de 4196 el cual es ligeramente menor al que recomienda la ACI que es 4270.

5.1.11. El estudio se realizó en hormigones de alta resistencia que serán empleados en pavimentos rígidos, en cuyo caso la resistencia a la compresión no es determinante, sino la resistencia a flexión que debe ser $MR = 45 \text{ kg/cm}^2$; la dosificación con fibra que supera este valor, respecto a la dosificación sin fibra, es la mezcla de 280 kg/cm^2 con la adición de 1 kg/m^3 de fibra, con un incremento del 5,87% en el módulo de rotura. El costo de la mezcla por metro cúbico sin fibra es de 120,70 USD y con adición de 1 kg/m^3 es de 128,64USD. (Referencia Tablas 3 – 20, 3 – 21. 3 – 23).

5.2. Comentario

5.2.1. La resistencia promedio es mayor a la resistencia característica porque existe una ligera desviación en los valores obtenidos, esto se puede deberse al proceso de mezclado y moldeado de las muestras.

5.2.2. Los resultados mostrados en el estudio se debe tener en cuenta que son aplicados para mezclas de hormigón elaborados con agregado de Pifo y cemento puzolánico Holcim, por ende los resultados pueden variar con otros materiales.

5.2.3. Los costos presentados fueron calculados solo por resistencia a la flexión, estos no incluyen los costos de beneficio que puede presentar la mezcla al desgaste, impacto e impermeabilidad que son características que aporta la presencia de fibra en la mezcla.

5.3. Recomendaciones

5.3.1. Como se observa en la siguiente tabla, a mayor cantidad de fibra presente en la mezcla la trabajabilidad de la misma disminuye, generando problemas en el moldeo de las muestras; por lo que se recomienda, cuidar el proceso de varillado sea cuidadosamente realizado para eliminar los vacíos que se presentan por la presencia de aire.

Resistencia esperada a la compresión kg/cm ²	A/C	Porcentaje de fibra kg	Asentamiento cm	Contenido de aire %
280	0,444	0,00	7,20	1,40
		0,75	6,90	1,40
		1,00	6,80	1,50
		1,25	6,60	1,50
320	0,400	0,00	7,00	1,40
		0,75	6,80	1,50
		1,00	6,70	1,50
		1,25	6,50	1,60
380	0,339	0,00	7,40	1,50
		0,75	7,30	1,60
		1,00	7,20	1,70
		1,25	6,90	1,75

5.3.2. Se recomienda que al realizar los ensayos de laboratorio, se tenga un control adecuado en el momento de colocar la fibra, para que esta se distribuya de mejor manera en la mezcla evitando que se generen vacíos.

5.3.3. Se recomienda que se realicen ensayos de agrietamiento y desgaste de mezclas con presencia de fibra de polipropileno, con el fin de establecer las ventajas que ofrece la fibra a la mezcla.

5.3.4. De acuerdo a los valores obtenidos de α con la fórmula del ACI y la de nuestro estudio que presentan ligera variación, se recomienda que se use la fórmula propuesta por el ACI a menos que se realice un estudio para determinar el peso unitario de los agregados existentes en nuestra región.

5.3.5. Se recomienda ampliar el estudio a través de disertaciones de grado, en dosificaciones que utilicen aditivo (reductor de agua) y fibra de polipropileno, usando otros materiales para establecer un comportamiento más acertado de las fibras de hormigón.

Bibliografía

Association, N. R. (2010). *nrmca.org*. Obtenido de <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP16es.pdf>

CAMPOS CISNEROS, R. (28 de noviembre de 2009). *Monografias.com*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados.shtml>

Cantabria, U. d. (2010). *unican.es*. Obtenido de <http://ocw.unican.es/enseanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf>

CARRASCO, M. F. (2013). *Tecnología del Hormigón*. Santa Fe: Universidad Tecnológica Nacional .

Concreto, I. E. (2009). *inecyc.org.ec*. Obtenido de http://inecyc.org.ec/documentos/notas_tecnicas/CONTROL_CALIDAD_HORMIGON.pdf

Concreto, I. M. (diciembre de 2008). Obtenido de <http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/images/pdf/PROBLEMAS.pdf>

Construcción, A. d. (19 de mayo de 2011). *artistas de la construcción. blogspot.com*. Obtenido de <http://artistasdlaconstruccionv.blogspot.com/2011/05/tipos-de-pavimento.html>

- CONSTRUCCIÓN, C. D. (2015). Lista de precios / Materiales de construcción .
Construcción, B - 30.
- CONSTRUCCIÓN, C. D. (2015). Salarios 2015. *Construcción*, B-4.
- Enciclopedia, W. (7 de noviembre de 2008). *es. wikipedia. org*. Obtenido de
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_\(hormig%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_(hormig%C3%B3n))
- IBAÑEZ, W. (2012). *Manual de Costos y Presupuestos obras Viales*. Lima: Macro.
- INEN, N. (2012). *Public. resource.org.inc*. Obtenido de
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0152.2012.pdf>
- LAFARGE. (2013). *lafarge.com*. Obtenido de <http://www.lafarge.com/en/lafarge-sells-its-cement-operations-ecuador-a-total-enterprise-value-553-million-405meu>
- LARA CARRERA, L. (1980). *TESIS, Manual de Laboratorio de Hormigones*. Quito.
- MERINO, W. (1992). *Manual de Costos de Construcción Pesada, Carreteras y Puentes*
. Quito: MOP.
- MONTOYA, J. (2008). *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, SL.
- NILSON, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Hormigón*. Santafé de Bogotá: Mc. Graw Hill.
- ORGANIZATION, S. (2013). *Tipos de. org*. Obtenido de
<http://www.tiposde.org/construccion/659-tipos-de-pavimentos/#ixzz3FIv41w93>

Puebla, U. d. (2012). *udlap.mx*. Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/gutierrez_g_f/capitulo4.pdf

RIVVA LÓPEZ, E. (2000). *Materiales del Concreto*. Lima: ACI Perú.

SÁNCHEZ DE GUZMAN, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogotá : Bhandar Editores LTDA.

TESPECON. (2014). *tespecon.com*. Obtenido de http://www.tespecon.com/index.php?option=com_content&view=article&id=11:epsfibratex&catid=9:productos-categoria

Wikipedia. (28 de marzo de 2015). *wikipedia.org*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_costo-beneficio

WIKIPEDIA, l. e. (14 de abril de 2015). *es.wikipedia.org*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Polipropileno>

ANEXOS

Resistencia a la Compresión

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL

PROYECTO: DISERTACIÓN DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Lauro Lara
ENSAYADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **FECHA:** 28/03/2015
CALCULADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **CARACTERÍSTICAS:** $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, $A/C = 0,440$
0% fibra/cemento

ENSAYO A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN

Probeta N°	1	3	4	1	2	3
Identificación de la probeta	A-1S	A-8S	A-12S	A-4S	A-2S	A-6S
Resistencia esperada a los 28 días kg/cm^2	280	280	280	280	280	280
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	14/07/2014	14/07/2014	14/07/2014	14/07/2014	14/07/2014	14/07/2014
Fecha de Ensayo	21/07/2014	21/07/2014	21/07/2014	11/08/2014	11/08/2014	11/08/2014
Hora de Ensayo	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00	11:00
Altura sin refrendado mm	303	302	301	303	303	301
Diámetro 1 (mm)	152	152	152	151	151	152
Diámetro 2 (mm)	153	153	150	150	152	151
Área (cm^2)	182,65	182,65	179,08	177,89	180,27	180,27
Volumen (cm^3)	5534,42	5516,16	5390,27	5390,21	5462,08	5426,02
Masa (gr)	12300	11790	11610	11670	11840	11690
Peso unitario (gr/cm^3)	2,22	2,14	2,15	2,17	2,17	2,15
Carga de ruptura (kN)	369	377	366	609	618	615
Carga máxima (kg)	37627,53	38443,30	37321,61	62100,71	63018,46	62712,54
Resistencia (kg/cm^2)	206,00	210,47	208,41	349,09	349,58	347,89
Promedio de Resistencia (kg/cm^2)	208,29			348,85		
Tipo de falla	5	4	6	5	5	5

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA CIVIL

PROYECTO: DISERTACIÓN DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Lauro Lara
ENSAYADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **FECHA:** 28/03/2015
CALCULADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **CARACTERÍSTICAS:** $f'c = 380 \text{ kg/cm}^2$, $A/C = 0,339$
0,23% fibra/cemento

ENSAYO A LA COMPRESIÓN EN CILINDROS DE HORMIGÓN

Probeta N°	1	3	4	1	2	3
Identificación de la probeta	C - 3M	C - 6M	C - 7M	C - 2M	C - 4M	C - 9M
Resistencia esperada a los 28 días kg/cm^2	380	380	380	380	380	380
Edad en días	7	7	7	28	28	28
Fecha de fabricación	07/01/2015	07/01/2015	07/01/2015	07/01/2015	07/01/2015	07/01/2015
Fecha de Ensayo	14/01/2015	14/01/2015	14/01/2015	04/02/2015	04/02/2015	04/02/2015
Hora de Ensayo	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
Altura sin refrendado mm	301	303	305	305	300	305
Diámetro 1 (mm)	152	154	153	153	151	152
Diámetro 2 (mm)	152	152	153	154	151	152
Área (cm^2)	181,46	183,85	183,85	185,06	180,27	181,46
Volumen (cm^3)	5461,90	5570,77	5607,54	5644,25	5408,00	5534,48
Masa (gr)	11840	12370	12420	12300	11940	12500
Peso unitario (gr/cm^3)	2,17	2,22	2,21	2,18	2,21	2,26
Carga de ruptura (kN)	480	485	491	632,353	628,724	626,483
Carga máxima (kg)	48946,37	49456,23	50068,06	64482,06	64112,00	63883,48
Resistencia (kg/cm^2)	269,74	269,00	272,33	348,44	355,65	352,06
Promedio Resistencia (kg/cm^2)	270,35			352,05		
Tipo de falla	5	4	5	3	5	4

Resistencia a la Flexión

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA CIVIL

PROYECTO: DISERTACIÓN DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Lauro Lara
ENSAYADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **FECHA:** 28/03/2015
CALCULADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **CARACTERÍSTICAS:** $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, A/C = 0,442
0% fibra, edad: 28 días.

ENSAYO A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN

Muestra N°	1	2	3
Fecha de fabricación	14/07/2014	14/07/2014	14/07/2014
Fecha de ensayo	11/08/2014	11/08/2014	11/08/2014
Identificación	A -1S	A-3S	A-4S
Resistencia esperada a los 28 días kg/cm ²	280	280	280
Longitud (mm)	534	538	538
Ancho (mm)	152	154	151
Altura (mm)	153	153	152
Longitud de apoyo (mm)	450	450	450
Volumen (cm ³)	12418,704	12676,356	12348,176
Masa (gr)	25960	26640	26550
Peso unitario (gr/cm ³)	2,09	2,10	2,15
Carga de rotura (kN)	37,725	38,942	39,107
Carga de rotura (kg)	3846,88	3970,98	3987,80
Módulo de rotura (kg/cm ²)	48,65	49,57	51,44
PROMEDIO (kg/cm ²)	49,89		

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA CIVIL

PROYECTO: DISERTACIÓN DE TESIS **APROBADO POR:** Ing. Lauro Lara
ENSAYADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **FECHA:** 28/03/2015
CALCULADO POR: Quintiliano González y Katherine Montero **CARACTERÍSTICAS:** $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$, A/C = 0,400
0,18 % fibra/cemento, edad: 28 días.

ENSAYO A LA FLEXIÓN EN VIGAS DE HORMIGÓN

Muestra N°	1	2	3
Fecha de fabricación	17/07/2014	17/07/2014	17/07/2014
Fecha de ensayo	14/08/2014	14/08/2014	14/08/2014
Identificación	B - 3M	B - 5M	B - 1M
Resistencia esperada a los 28 días kg/cm^2	320	320	320
Longitud (mm)	538	536	534
Ancho (mm)	151	151	152
Altura (mm)	152	150	152
Longitud de apoyo (mm)	450	450	450
Volumen (cm^3)	12348,176	12140,4	12337,536
Masa (gr)	26560	26370	26440
Peso unitario (gr/cm^3)	2,15	2,17	2,14
Carga de rotura (kN)	42,112	42,504	41,3685
Carga de rotura (kg)	4294,23	4334,20	4218,41
Módulo de rotura (kg/cm^2)	55,39	57,41	54,05
PROMEDIO (kg/cm^2)	55,62		

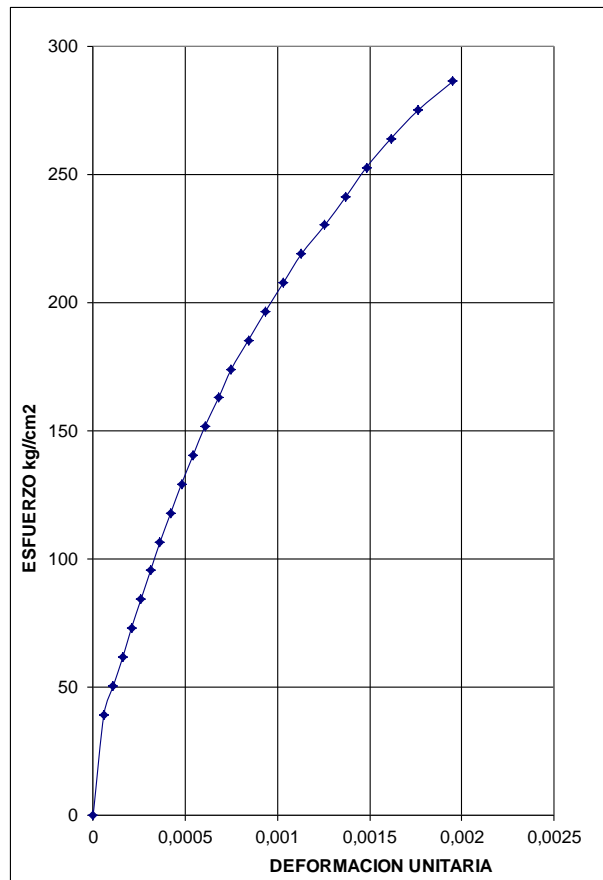
Módulo de elasticidad

MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0% Fibra/Cemento

					Carga máx,	512	KN
					f'c diseño=	280	kg/cm ²
					f'c max =	287,3	kg/cm ²
					0.4 f'c max =	114,9	kg/cm ²
Eg=	120,6	mm	CILINDRO:	1	Masa (Kg)=	11,76	
			DIAMETRO:	15,2	cm		
Er=	129,8	mm	ALTURA:	30,7	cm		
			Lo :	203	mm	Peso unit.=	2111 Kg/m ³
			Area(cm ²)=	181,5			

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	9	0,012	39,32	0,00006
90	17	0,022	50,56	0,00011
110	25	0,033	61,79	0,00016
130	32	0,042	73,03	0,00021
150	40	0,053	84,26	0,00026
170	48	0,063	95,50	0,00031
190	56	0,074	106,73	0,00036
210	65	0,085	117,97	0,00042
230	74	0,097	129,21	0,00048
250	84	0,110	140,44	0,00054
270	93	0,123	151,68	0,00061
290	105	0,138	162,91	0,00068
310	116	0,152	174,15	0,00075
330	130	0,171	185,38	0,00084
350	144	0,190	196,62	0,00093
370	159	0,209	207,85	0,00103
390	174	0,229	219,09	0,00113
410	194	0,255	230,32	0,00126
430	212	0,279	241,56	0,00137
450	228	0,301	252,79	0,00148
470	249	0,328	264,03	0,00161
490	272	0,358	275,26	0,00176
510	301	0,396	286,50	0,00195

$$\begin{aligned} \epsilon_2 \text{ (Valor interpolado de } 0.4 f'c) &= 0,000410 \\ \epsilon_1 \text{ (Valor de la curva al nuevo origen)} &= 0,00005 \\ 0,4 * f'c &= 114,9 \\ \text{Esfuerzo al } 0,00005 &= 33 \\ E_c &= 227588,468 \end{aligned}$$

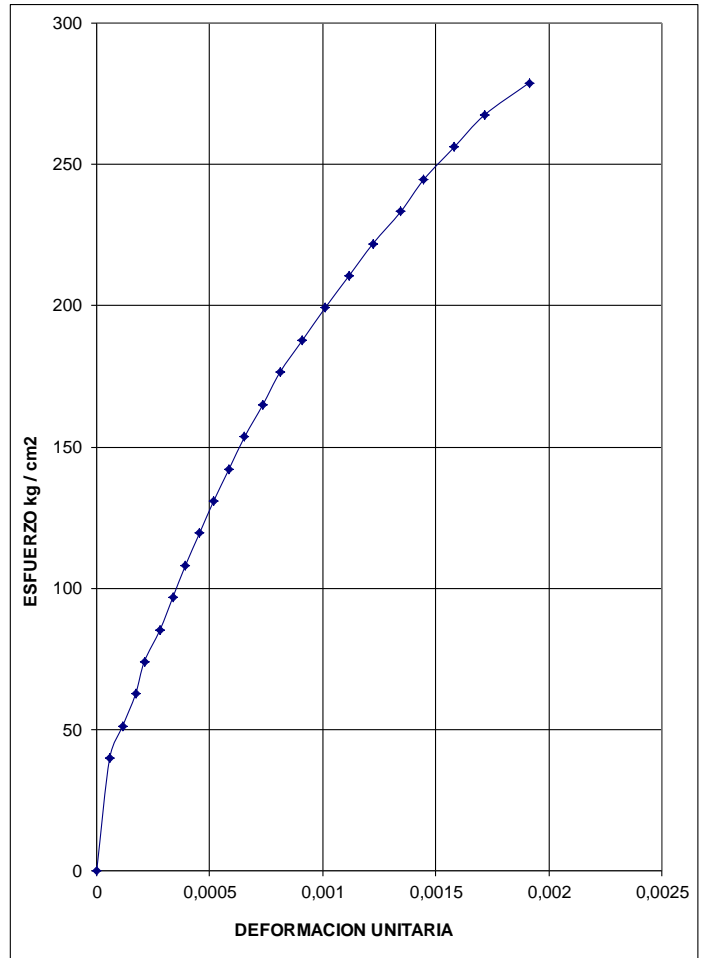


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0% Fibra/Cemento

					Carga máx,	508	KN
					f'c diseño=	280	kg/cm ²
					f'c max =	288,9	kg/cm ²
					0.4 f'c max =	115,5	kg/cm ²
					Masa (Kg)=	11,69	
					Peso unit.=	2176	Kg/m ³
Eg=	126	mm	CILINDRO:	2			
Er=	131	mm	DIAMETRO:	15,1	cm		
			ALTURA:	30	cm		
			Lo :	203	mm		
			Area(cm ²)=	179,1			

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	9	0,012	39,85	0,0000574
90	18	0,023	51,23	0,0001148
110	27	0,035	62,62	0,0001722
130	33	0,043	74,00	0,0002105
150	44	0,057	85,38	0,0002806
170	53	0,068	96,77	0,0003368
190	62	0,080	108,15	0,0003929
210	71	0,092	119,54	0,0004552
230	81	0,105	130,92	0,0005176
250	92	0,119	142,31	0,0005862
270	103	0,133	153,69	0,0006548
290	115	0,149	165,08	0,0007359
310	127	0,165	176,46	0,0008107
330	143	0,185	187,85	0,0009105
350	158	0,205	199,23	0,0010103
370	175	0,227	210,61	0,0011163
390	192	0,248	222,00	0,0012223
410	211	0,273	233,38	0,0013457
430	227	0,294	244,77	0,0014478
450	248	0,321	256,15	0,0015817
470	269	0,348	267,54	0,0017156
490	300	0,388	278,92	0,0019134

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000378
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 115,5
 Esfuerzo al 0,00005 = 45
Ec = 215089,41

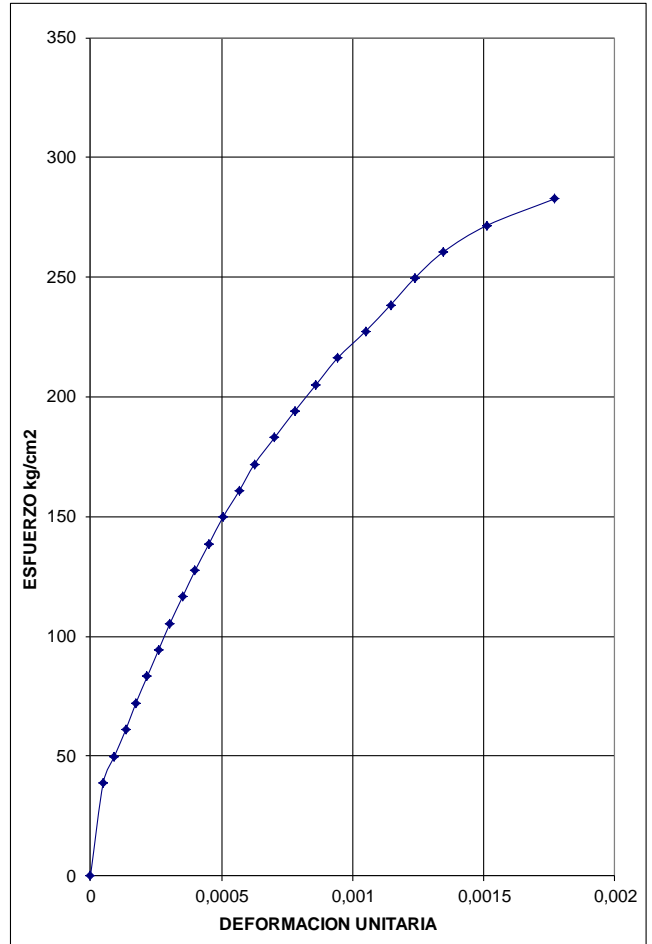


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0% Fibra/Cemento

					Carga máx,	517	KN
					f'c diseño=	280	kg/cm ²
					f'c max =	286,4	kg/cm ²
					0.4 f'c max =	114,5	kg/cm ²
					Masa (Kg)=	12,01	
					Peso unit.=	2135	Kg/m ³
Eg=	123	mm	CILINDRO:	3			
Er=	130,4	mm	DIAMETRO:	15,3	cm		
			ALTURA:	30,6	cm		
			Lo :	203	mm		
			Area(cm ²)=	183,9			

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	38,81	0,0000487
90	14	0,019	49,90	0,0000913
110	21	0,027	60,99	0,0001346
130	27	0,035	72,08	0,0001731
150	34	0,044	83,17	0,0002163
170	40	0,053	94,26	0,0002596
190	47	0,061	105,34	0,0003029
210	55	0,071	116,43	0,0003510
230	62	0,081	127,52	0,0003990
250	70	0,092	138,61	0,0004519
270	78	0,102	149,70	0,0005048
290	88	0,115	160,79	0,0005673
310	97	0,127	171,88	0,0006250
330	109	0,142	182,97	0,0007019
350	121	0,158	194,06	0,0007788
370	134	0,175	205,14	0,0008606
390	146	0,191	216,23	0,0009423
410	163	0,213	227,32	0,0010481
430	178	0,232	238,41	0,0011442
450	192	0,251	249,50	0,0012356
470	209	0,273	260,59	0,0013461
490	235	0,307	271,68	0,0015131
510	275	0,359	282,77	0,0017707

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c)	=	0,000334
ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen)	=	0,00005
0,4*f'c	=	114,5
Esfuerzo al 0,00005	=	43,68
Ec	=	249514,57

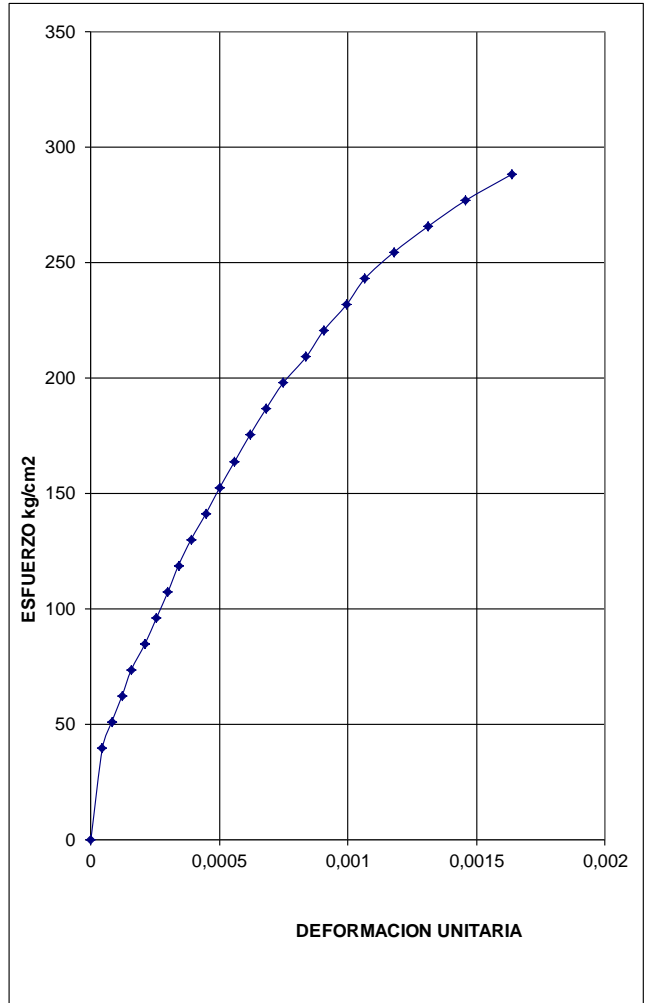


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,15% Fibra/Cemento

Eg=	123,7	mm	CILINDRO:	1	Carga máx,	523	KN	
Er=	129,4	mm	DIAMETRO:	15,15	cm	f'c diseño=	280	kg/cm ²
			ALTURA:	30,4	cm	f'c max =	295,4	kg/cm ²
			Lo :	203	mm	0.4 f'c max =	118,2	kg/cm ²
			Area(cm ²)=	180,3		Masa (Kg)=	11,81	
						Peso unit.=	2155	Kg/m ³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	7	0,009	39,58	0,000448
90	13	0,016	50,89	0,000806
110	19	0,025	62,20	0,001209
130	25	0,032	73,51	0,001567
150	33	0,043	84,82	0,002105
170	40	0,052	96,13	0,002552
190	47	0,061	107,44	0,003000
210	53	0,069	118,75	0,003403
230	61	0,079	130,06	0,003896
250	70	0,091	141,37	0,004478
270	78	0,102	152,68	0,005015
290	88	0,114	163,99	0,005597
310	97	0,125	175,30	0,006180
330	106	0,138	186,61	0,006806
350	117	0,152	197,92	0,007478
370	131	0,170	209,23	0,008374
390	141	0,184	220,54	0,009045
410	155	0,202	231,85	0,009941
430	167	0,216	243,16	0,010657
450	184	0,239	254,46	0,011771
470	205	0,266	265,77	0,013114
490	228	0,296	277,08	0,014585
510	256	0,332	288,39	0,016376

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000380
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 118,2
 Esfuerzo al 0,00005 = 52
 Ec = 200537,25



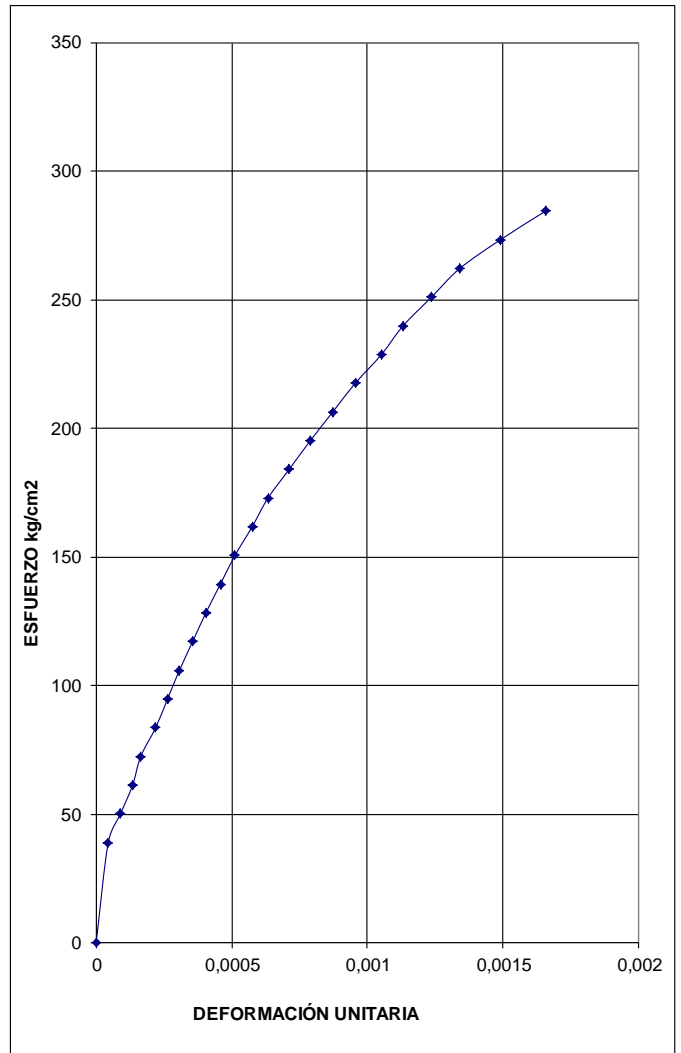
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,15% Fibra/Cemento

Eg=	126	mm	CILINDRO:	2		Carga máx,	526	KN
Er=	135	mm	DIAMETRO:	15,25	cm	f'c diseño=	280	kg/cm ²
			ALTURA:	30,3	cm	f'c max =	293,3	kg/cm ²
			Lo :	203	mm	0.4 f'c max =	117,3	kg/cm ²
			Area(cm²)=	182,7		Masa (Kg)=	11,91	
						Peso unit.=	2152	Kg/m ³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	7	0,009	39,07	0,0000449
90	14	0,018	50,23	0,0000897
110	21	0,027	61,39	0,0001346
130	25	0,033	72,55	0,0001645
150	34	0,045	83,71	0,0002193
170	41	0,053	94,87	0,0002631
190	47	0,062	106,04	0,0003070
210	55	0,072	117,20	0,0003557
230	62	0,082	128,36	0,0004044
250	71	0,093	139,52	0,0004580
270	79	0,104	150,68	0,0005116
290	89	0,117	161,84	0,0005750
310	98	0,129	173,01	0,0006334
330	110	0,144	184,17	0,0007114
350	122	0,160	195,33	0,0007894
370	135	0,177	206,49	0,0008722
390	148	0,194	217,65	0,0009550
410	162	0,213	228,81	0,0010515
430	175	0,230	239,98	0,0011312
450	191	0,251	251,14	0,0012359
470	207	0,272	262,30	0,0013405
490	230	0,302	273,46	0,0014900
510	256	0,336	284,62	0,0016568

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000345
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 117,3
 Esfuerzo al 0,00005 = 56,81

Ec = 205056,02

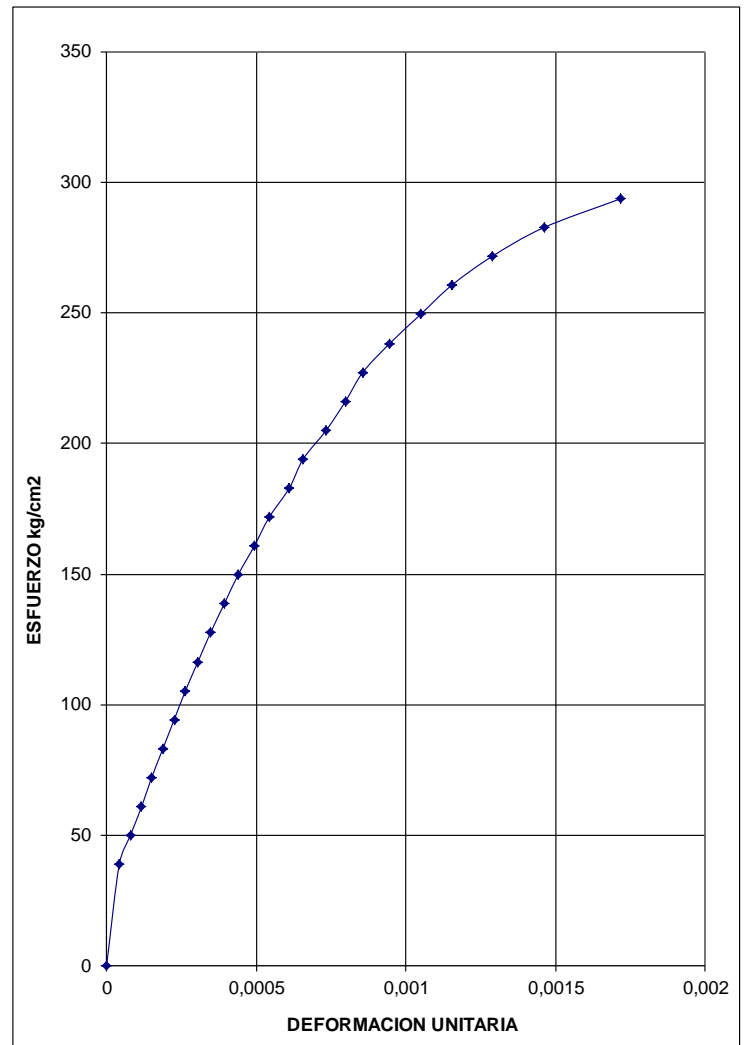


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,15% Fibra/Cemento

			CILINDRO:	3		Carga máx,	533	KN
Eg=	123	mm	DIAMETRO:	15,3	cm	f'c diseño=	280	kg/cm ²
Er=	130,4	mm	ALTURA:	30,6	cm	f'c max =	295,2	kg/cm ²
			Lo :	203	mm	0.4 f'c max =	118,1	kg/cm ²
			Area(cm ²)=	183,9		Masa (Kg)=	12,01	
						Peso unit.=	2135	Kg/m ³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	7	0,009	38,81	0,0000423
90	12	0,016	49,90	0,0000795
110	18	0,024	60,99	0,0001171
130	23	0,031	72,08	0,0001506
150	29	0,038	83,17	0,0001882
170	35	0,046	94,26	0,0002259
190	41	0,053	105,34	0,0002635
210	47	0,062	116,43	0,0003053
230	54	0,070	127,52	0,0003472
250	61	0,080	138,61	0,0003932
270	68	0,089	149,70	0,0004392
290	77	0,100	160,79	0,0004936
310	84	0,110	171,88	0,0005437
330	95	0,124	182,97	0,0006107
350	102	0,133	194,06	0,0006568
370	114	0,149	205,14	0,0007340
390	124	0,162	216,23	0,0007984
410	133	0,174	227,32	0,0008564
430	147	0,192	238,41	0,0009465
450	163	0,213	249,50	0,0010495
470	179	0,234	260,59	0,0011526
490	200	0,261	271,68	0,0012878
510	227	0,297	282,77	0,0014616
530	267	0,349	293,86	0,0017192

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c)	=	0,000350
ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen)	=	0,000005
0,4*f'c	=	118,1
Esfuerzo al 0,00005	=	47,5
Ec	=	235289,88



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,21% Fibra/Cemento

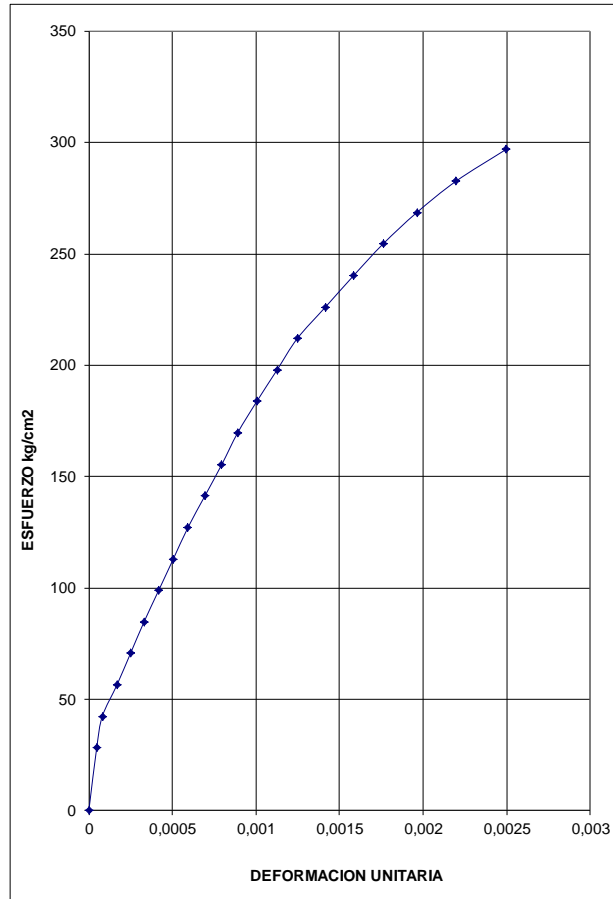
Eg= 118 mm
Er= 138 mm

CILINDRO: 1
DIAMETRO: 15,15 cm
ALTURA: 30,4 cm
Lo : 203 mm
Area(cm²)= 180,3

Carga máx, 544 KN
f'c diseño= 280 kg/cm²
f'c max = 307,3 kg/cm²
0.4 f'c max = 122,9 kg/cm²
Masa (Kg)= 11,73
Peso unit.= 2140 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
50	7	0,010	28,27	0,000472
75	12	0,016	42,41	0,000809
100	25	0,034	56,55	0,001686
125	37	0,051	70,68	0,002496
150	49	0,067	84,82	0,003305
175	62	0,085	98,96	0,004182
200	75	0,103	113,10	0,005059
225	88	0,120	127,23	0,005936
250	103	0,141	141,37	0,006947
275	118	0,162	155,51	0,007959
300	132	0,181	169,64	0,008903
325	149	0,204	183,78	0,010050
350	167	0,229	197,92	0,011264
375	185	0,253	212,05	0,012478
400	210	0,288	226,19	0,014164
425	235	0,322	240,33	0,015851
450	261	0,357	254,46	0,017604
475	291	0,398	268,60	0,019628
500	326	0,446	282,74	0,021988
525	370	0,507	296,88	0,024956

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000420
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 122,9
 Esfuerzo al 0,00005 = 36,98
 Ec = 232276,92



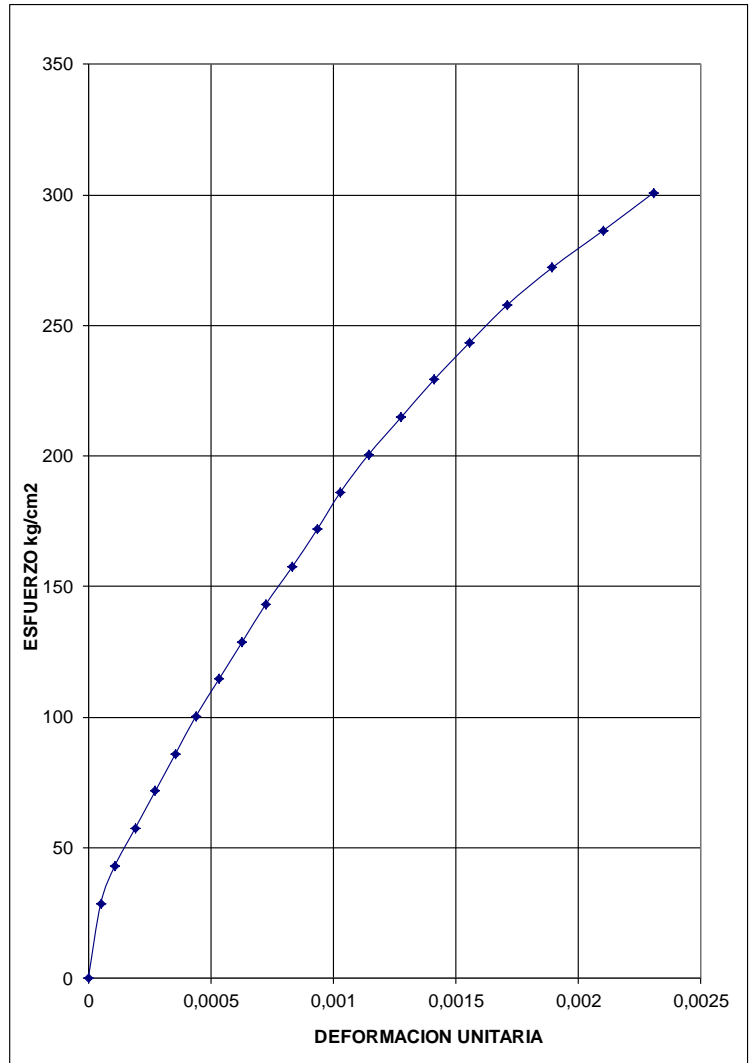
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,21% Fibra/Cemento

					Carga máx,	526	KN
					f'c diseño=	280	kg/cm ²
					f'c max =	301,1	kg/cm ²
					0.4 f'c max =	120,4	kg/cm ²
Eg=	122,6	mm			Masa (Kg)=	11,90	
Er=	126,7	mm			Peso unit.=	2179	Kg/m ³
				CILINDRO:	2		
				DIAMETRO:	15,05	cm	
				ALTURA:	30,7	cm	
				Lo :	203	mm	
				Area(cm ²)=	177,9		

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
50	8	0,010	28,65	0,0000509
75	17	0,022	42,98	0,0001081
100	30	0,039	57,30	0,0001908
125	43	0,056	71,63	0,0002734
150	56	0,072	85,95	0,0003561
175	69	0,089	100,28	0,0004388
200	84	0,108	114,60	0,0005342
225	99	0,128	128,93	0,0006295
250	114	0,147	143,25	0,0007249
275	131	0,169	157,58	0,0008330
300	147	0,190	171,90	0,0009348
325	162	0,209	186,23	0,0010302
350	180	0,232	200,56	0,0011446
375	201	0,259	214,88	0,0012782
400	222	0,287	229,21	0,0014117
425	245	0,316	243,53	0,0015580
450	269	0,347	257,86	0,0017106
475	298	0,385	272,18	0,0018950
500	331	0,427	286,51	0,0021048
525	363	0,469	300,83	0,0023083

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000383
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 120,4
 Esfuerzo al 0,00005 = 40,56

 Ec = 239879,55



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,21% Fibra/Cemento

CILINDRO: 3
 DIAMETRO: 15,2 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo : 203 mm
 Area(cm²)= 181,5

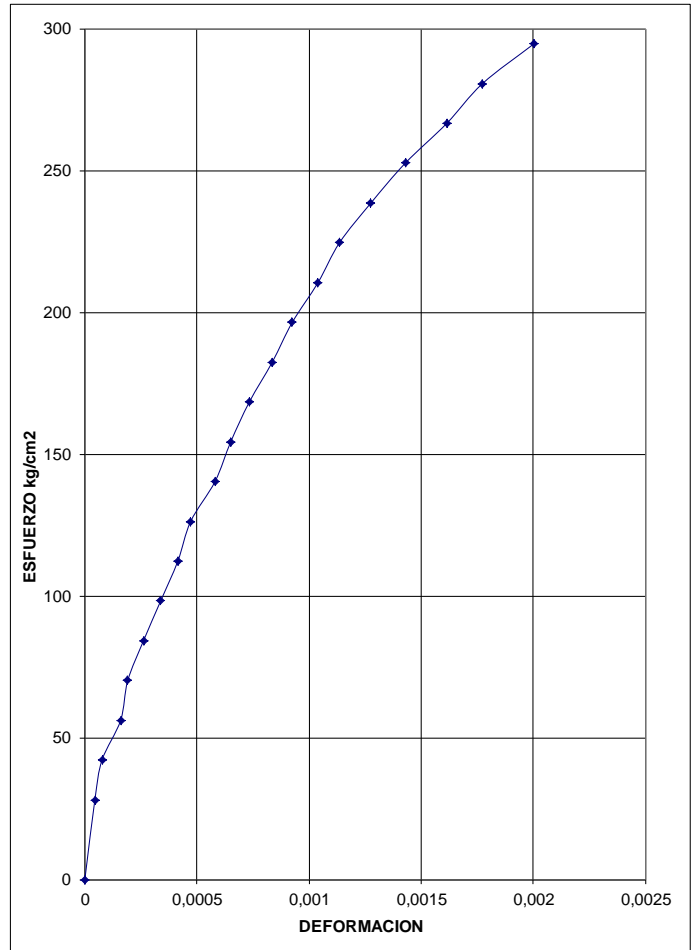
Eg= 125 mm
 Er= 130 mm

Carga máx, 528 KN
 f'c diseño= 280 kg/cm²
 f'c max = 296,3 kg/cm²
 0.4 f'c max = 118,5 kg/cm²
 Masa (Kg)= 12,04
 Peso unit.= 2168 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
50	7	0,009	28,09	0,000447
75	12	0,016	42,13	0,000765
100	25	0,032	56,18	0,001595
125	30	0,039	70,22	0,001914
150	41	0,053	84,26	0,002615
175	53	0,069	98,31	0,003381
200	65	0,084	112,35	0,004146
225	74	0,096	126,40	0,004720
250	91	0,118	140,44	0,005805
275	102	0,132	154,48	0,006506
300	115	0,149	168,53	0,007336
325	131	0,170	182,57	0,008356
350	145	0,188	196,62	0,009249
375	163	0,211	210,66	0,010397
400	178	0,230	224,71	0,011354
425	200	0,259	238,75	0,012758
450	224	0,290	252,79	0,014289
475	253	0,328	266,84	0,016138
500	278	0,360	280,88	0,017733
525	314	0,407	294,93	0,020030

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000385
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 118,5
 Esfuerzo al 0,00005 = 35,67

Ec = 247323,787



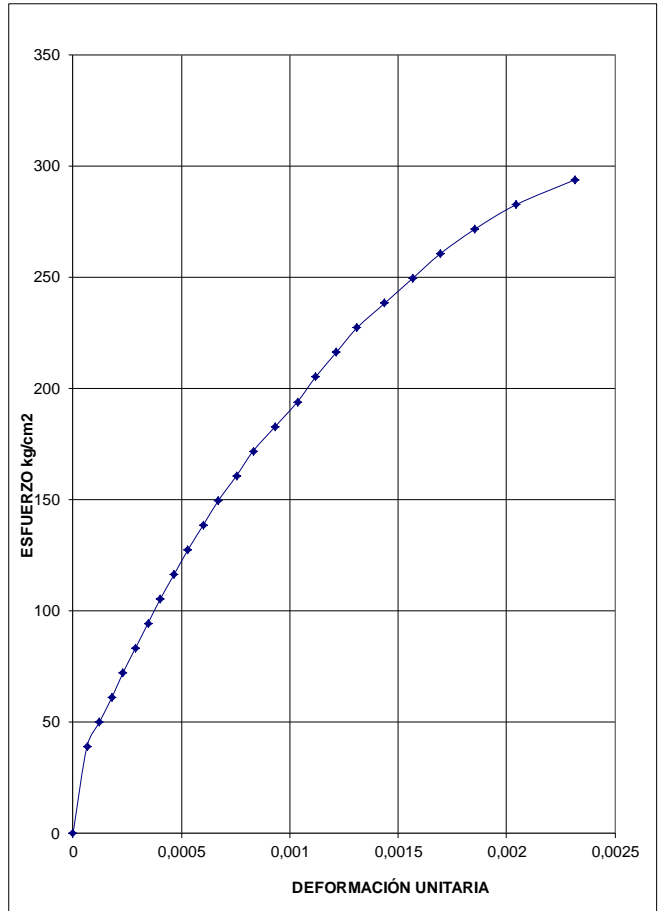
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,26% Fibra/Cemento

			CILINDRO:	1		Carga máx,	544	KN
Eg=	125,5	mm	DIAMETRO:	15,3	cm	f'c diseño=	280	kg/cm ²
Er=	131,1	mm	ALTURA:	30,6	cm	f'c max =	301,3	kg/cm ²
			Lo :	203	mm	0.4 f'c max =	120,5	kg/cm ²
			Area(cm ²)=	183,9		Masa (Kg)=	12,13	
						Peso unit.=	2156	Kg/m ³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	10	0,013	38,81	0,000639
90	19	0,025	49,90	0,001215
110	28	0,036	60,99	0,001790
130	36	0,047	72,08	0,002301
150	45	0,058	83,17	0,002877
170	54	0,070	94,26	0,003452
190	63	0,082	105,34	0,004027
210	73	0,095	116,43	0,004667
230	83	0,108	127,52	0,005306
250	94	0,122	138,61	0,006009
270	105	0,136	149,70	0,006712
290	118	0,153	160,79	0,007543
310	130	0,169	171,88	0,008310
330	146	0,189	182,97	0,009333
350	162	0,210	194,06	0,010356
370	175	0,227	205,14	0,011187
390	190	0,247	216,23	0,012146
410	205	0,266	227,32	0,013105
430	225	0,292	238,41	0,014384
450	245	0,318	249,50	0,015662
470	265	0,344	260,59	0,016941
490	290	0,376	271,68	0,018539
510	320	0,415	282,77	0,020457
530	362	0,470	293,86	0,023142

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000465
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 120,5
 Esfuerzo al 0,00005 = 23,53

 E_c = 233720,55



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,26% Fibra/Cemento

CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,15 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo : 203 mm
 Area(cm²)= 180,3

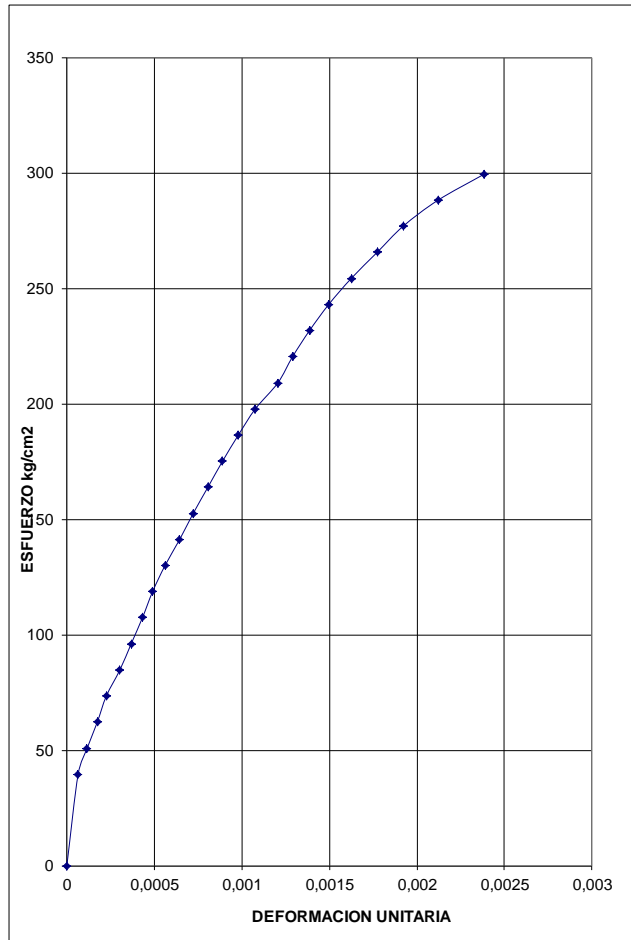
Eg= 123,4 mm
 Er= 131,2 mm

Carga máx, 542 KN
 f'c diseño= 280 kg/cm²
 f'c max = 306,2 kg/cm²
 0.4 f'c max = 122,5 kg/cm²
 Masa (Kg)= 11,88
 Peso unit.= 2154 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	10	0,013	39,58	0,0000645
90	18	0,024	50,89	0,0001161
110	27	0,035	62,20	0,0001741
130	35	0,046	73,51	0,0002257
150	47	0,062	84,82	0,0003030
170	57	0,075	96,13	0,0003675
190	67	0,088	107,44	0,0004320
210	76	0,099	118,75	0,0004900
230	87	0,114	130,06	0,0005610
250	100	0,131	141,37	0,0006448
270	112	0,147	152,68	0,0007222
290	125	0,164	163,99	0,0008060
310	138	0,181	175,30	0,0008898
330	152	0,199	186,61	0,0009801
350	167	0,219	197,92	0,0010768
370	187	0,245	209,23	0,0012057
390	200	0,262	220,54	0,0012896
410	215	0,281	231,85	0,0013863
430	232	0,304	243,16	0,0014959
450	252	0,330	254,46	0,0016249
470	275	0,360	265,77	0,0017732
490	298	0,390	277,08	0,0019215
510	329	0,431	288,39	0,0021213
530	370	0,484	299,70	0,0023857

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000450
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 $0,4 * f'c = 122,5$
 Esfuerzo al 0,00005 = 28

 $E_c = 236176,35$

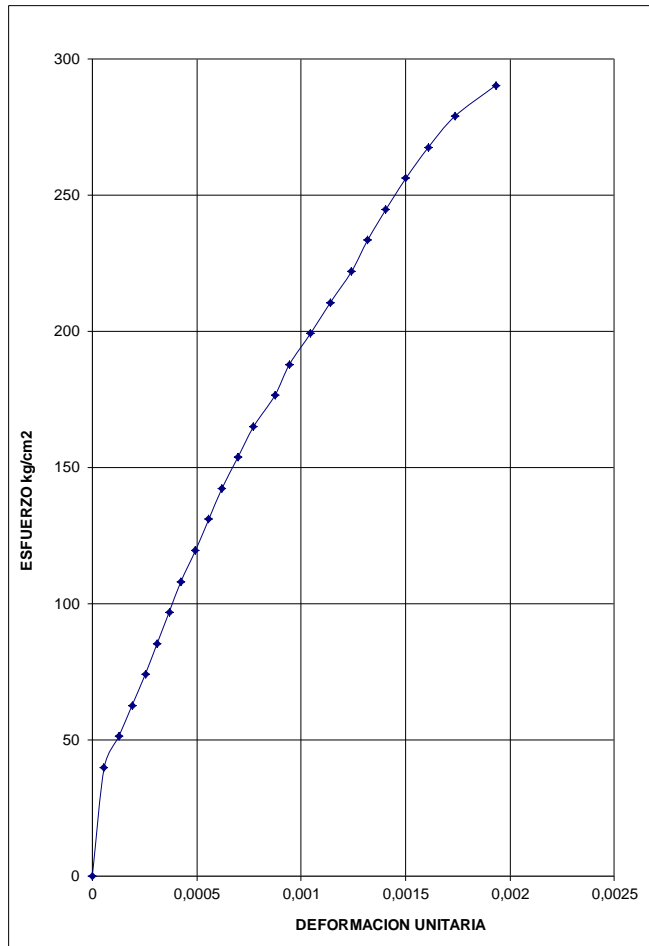


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,442 0,26% Fibra/Cemento

				Carga máx,	528	KN
				f'c diseño=	280	kg/cm ²
				f'c max =	300,2	kg/cm ²
				0.4 f'c max =	120,1	kg/cm ²
				Masa (Kg)=	11,60	
				Peso unit.=	2124	Kg/m ³
Eg=	126,4	mm	CILINDRO:	3		
Er=	129,7	mm	DIAMETRO:	15,1	cm	
			ALTURA:	30,5	cm	
			Lo :	203	mm	
			Area(cm²)=	179,1		

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	9	0,012	39,85	0,0000570
90	20	0,026	51,23	0,0001267
110	30	0,039	62,62	0,0001901
130	40	0,051	74,00	0,0002535
150	49	0,063	85,38	0,0003105
170	58	0,075	96,77	0,0003675
190	67	0,086	108,15	0,0004246
210	78	0,100	119,54	0,0004943
230	88	0,113	130,92	0,0005576
250	98	0,126	142,31	0,0006210
270	110	0,142	153,69	0,0006970
290	122	0,157	165,08	0,0007731
310	138	0,178	176,46	0,0008745
330	149	0,192	187,85	0,0009442
350	165	0,212	199,23	0,0010456
370	180	0,232	210,61	0,0011406
390	196	0,252	222,00	0,0012420
410	208	0,268	233,38	0,0013180
430	222	0,286	244,77	0,0014068
450	237	0,305	256,15	0,0015018
470	254	0,327	267,54	0,0016095
490	274	0,352	278,92	0,0017363
510	305	0,392	290,31	0,0019327

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000420
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 $0,4 * f'c =$ 120,1
Esfuerzo al 0,00005 = 33,54
Ec = 233941,9303



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0% Fibra/Cemento

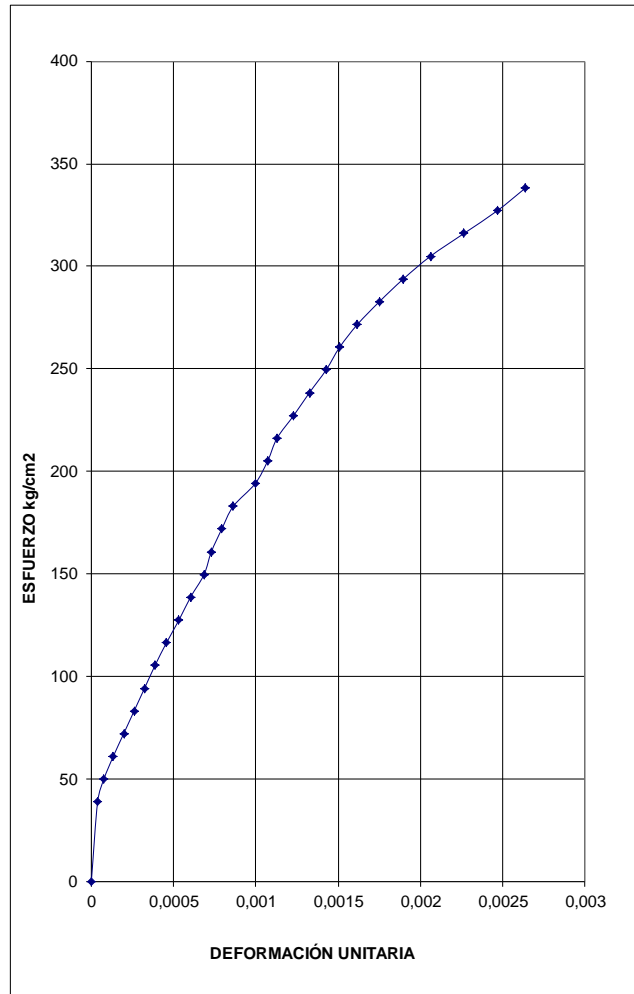
CILINDRO: 1
 DIAMETRO: 15,3 cm
 ALTURA: 30,1 cm
 Lo: 203 mm
 Area(cm²)= 183,9

Eg= 126,5 mm
 Er= 130 mm

Carga máx, 625 KN
 f'c diseño= 320 kg/cm²
 f'c max = 346,2 kg/cm²
 0.4 f'c max = 138,5 kg/cm²
 Masa (Kg)= 11,91
 Peso unit.= 2152 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	6	0,008	38,81	0,0000380
90	12	0,015	49,90	0,0000761
110	21	0,027	60,99	0,0001332
130	31	0,040	72,08	0,0001966
150	41	0,053	83,17	0,0002600
170	51	0,066	94,26	0,0003234
190	61	0,079	105,34	0,0003868
210	72	0,093	116,43	0,0004566
230	84	0,108	127,52	0,0005327
250	95	0,122	138,61	0,0006024
270	108	0,139	149,70	0,0006849
290	115	0,148	160,79	0,0007293
310	125	0,161	171,88	0,0007927
330	136	0,175	182,97	0,0008624
350	157	0,202	194,06	0,0009956
370	169	0,218	205,14	0,0010717
390	178	0,229	216,23	0,0011288
410	194	0,250	227,32	0,0012303
430	209	0,269	238,41	0,0013254
450	225	0,290	249,50	0,0014268
470	238	0,306	260,59	0,0015093
490	255	0,328	271,68	0,0016171
510	276	0,355	282,77	0,0017503
530	299	0,385	293,86	0,0018961
550	325	0,418	304,94	0,0020610
570	357	0,460	316,03	0,0022639
590	389	0,501	327,12	0,0024669
610	416	0,536	338,21	0,0026381

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000485
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 138,5
 Esfuerzo al 0,00005 = 25
 Ec = 260849,89



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0% Fibra/Cemento

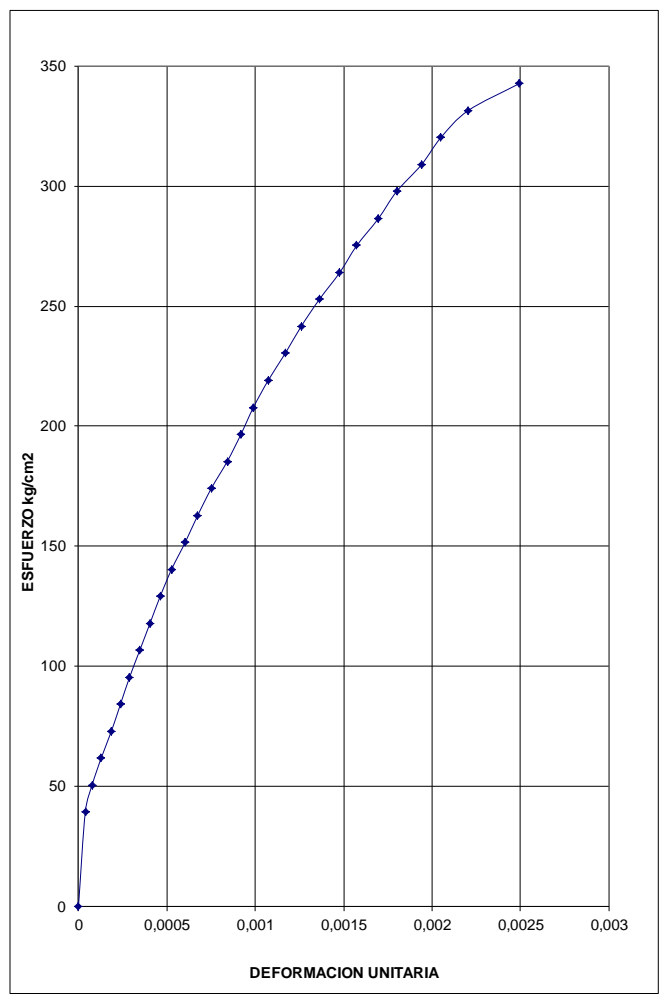
Eg= 124 mm
Er= 131 mm

CILINDRO: 2
DIAMETRO: 15,2 cm
ALTURA: 30,2 cm
Lo: 203 mm
Area(cm²)= 181,5

Carga máx, 625 KN
f'c diseño= 320 kg/cm²
f'c max = 350,7 kg/cm²
0.4 f'c max = 140,3 kg/cm²
Masa (Kg)= 11,71
Peso unit.= 2137 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	6	0,008	39,32	0,0000386
90	12	0,016	50,56	0,0000771
110	20	0,026	61,79	0,0001286
130	29	0,038	73,03	0,0001864
150	37	0,048	84,26	0,0002378
170	45	0,059	95,50	0,0002893
190	54	0,070	106,73	0,0003471
210	63	0,082	117,97	0,0004050
230	72	0,094	129,21	0,0004628
250	82	0,107	140,44	0,0005271
270	94	0,123	151,68	0,0006042
290	105	0,137	162,91	0,0006749
310	117	0,153	174,15	0,0007521
330	131	0,171	185,38	0,0008421
350	143	0,187	196,62	0,0009192
370	154	0,201	207,85	0,0009899
390	167	0,218	219,09	0,0010735
410	182	0,237	230,32	0,0011699
430	196	0,256	241,56	0,0012599
450	212	0,277	252,79	0,0013627
470	230	0,300	264,03	0,0014784
490	245	0,320	275,26	0,0015748
510	264	0,344	286,50	0,0016970
530	280	0,365	297,73	0,0017998
550	302	0,394	308,97	0,0019412
570	319	0,416	320,20	0,0020505
590	343	0,448	331,44	0,0022048
610	388	0,506	342,68	0,0024940

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000494
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 140,3
 Esfuerzo al 0,00005 = 27,56
 Ec = 253913,6636

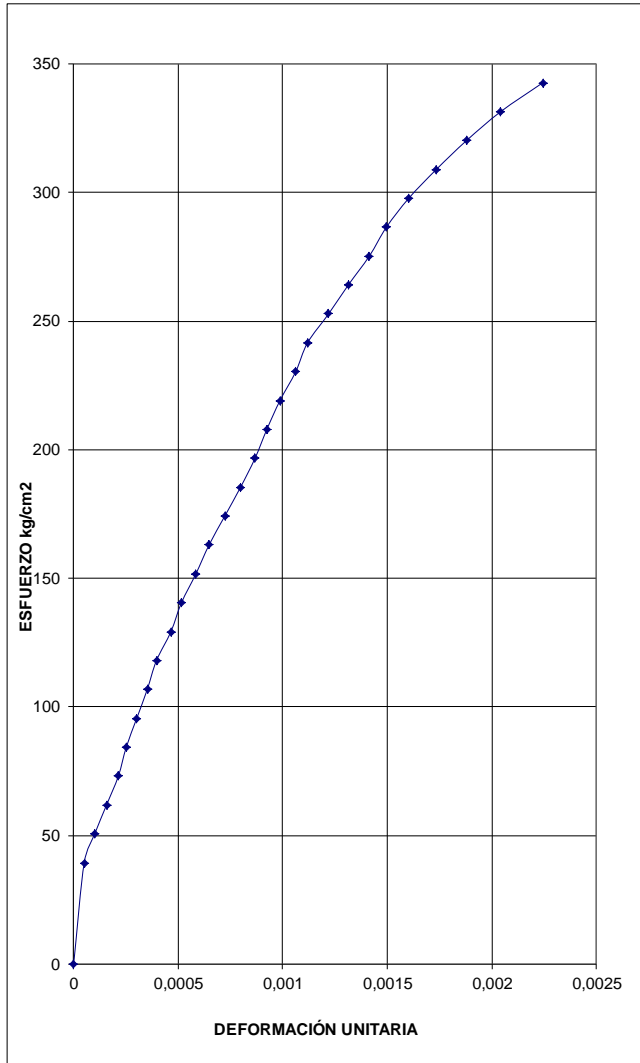


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0% Fibra/Cemento

					Carga máx,	620	KN
					f'c diseño=	320	kg/cm ²
					f'c max =	347,9	kg/cm ²
					0.4 f'c max =	139,2	kg/cm ²
Eg=	125,2	mm	CILINDRO:	3	Masa (Kg)=	12,04	
Er=	126,3	mm	DIAMETRO:	15,2	cm	Peso unit.=	2168
			ALTURA:	30,6	cm		
			Lo :	203	mm		
			Area:	181,5	cm ²		

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	39,32	0,000503
90	16	0,020	50,56	0,001005
110	25	0,032	61,79	0,001571
130	34	0,043	73,03	0,002136
150	40	0,051	84,26	0,002513
170	48	0,061	95,50	0,003016
190	56	0,071	106,73	0,003519
210	63	0,080	117,97	0,003959
230	74	0,094	129,21	0,004650
250	82	0,105	140,44	0,005152
270	93	0,119	151,68	0,005844
290	103	0,131	162,91	0,006472
310	115	0,147	174,15	0,007226
330	127	0,162	185,38	0,007980
350	138	0,176	196,62	0,008671
370	147	0,188	207,85	0,009237
390	157	0,200	219,09	0,009865
410	169	0,216	230,32	0,010619
430	178	0,227	241,56	0,011185
450	194	0,247	252,79	0,012190
470	209	0,267	264,03	0,013133
490	225	0,287	275,26	0,014138
510	238	0,304	286,50	0,014955
530	255	0,325	297,73	0,016023
550	276	0,352	308,97	0,017343
570	299	0,381	320,20	0,018788
590	325	0,415	331,44	0,020421
610	357	0,455	342,68	0,022432

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000450
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 $0,4 \cdot f'c = 139,2$
 Esfuerzo al 0,00005 = 36,84
 $E_c = 255838,21$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,13% Fibra/Cemento

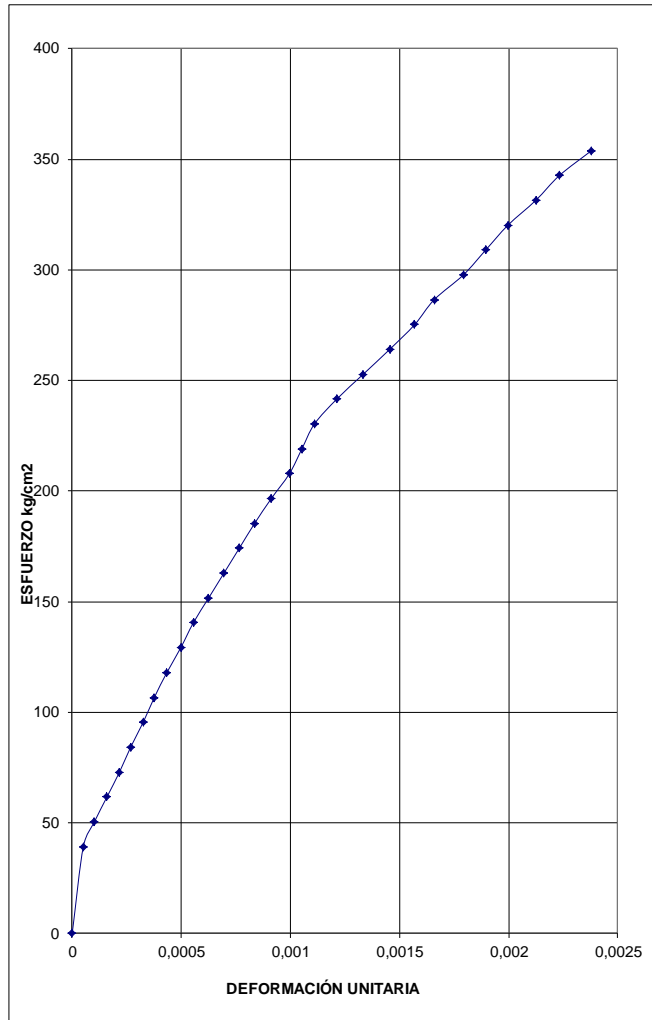
Eg= 125 mm
Er= 130 mm

CILINDRO: 2
DIAMETRO: 15,2 cm
ALTURA: 30,6 cm
Lo: 203 mm
Área: 181,5

Carga máx, 647 KN
f' c diseño= 320 kg/cm²
f' c max = 363,1 kg/cm²
0.4 f' c max = 145,2 kg/cm²
Masa = 12,10 kg
Peso unit.= 2179 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	39,32	0,0000510
90	16	0,021	50,56	0,0001021
110	25	0,032	61,79	0,0001595
130	34	0,044	73,03	0,0002169
150	42	0,054	84,26	0,0002679
170	51	0,066	95,50	0,0003253
190	59	0,076	106,73	0,0003764
210	68	0,088	117,97	0,0004338
230	78	0,101	129,21	0,0004975
250	87	0,113	140,44	0,0005550
270	98	0,127	151,68	0,0006251
290	109	0,141	162,91	0,0006953
310	120	0,155	174,15	0,0007655
330	131	0,170	185,38	0,0008356
350	143	0,185	196,62	0,0009122
370	156	0,202	207,85	0,0009951
390	165	0,214	219,09	0,0010525
410	174	0,225	230,32	0,0011099
430	190	0,246	241,56	0,0012120
450	209	0,271	252,79	0,0013332
470	228	0,295	264,03	0,0014544
490	246	0,319	275,26	0,0015692
510	260	0,337	286,50	0,0016585
530	281	0,364	297,73	0,0017925
550	297	0,385	308,97	0,0018945
570	313	0,405	320,20	0,0019966
590	333	0,431	331,44	0,0021241
610	350	0,453	342,68	0,0022326
630	373	0,483	353,91	0,0023793

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f' c) = 0,000500
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 145,2
 Esfuerzo al 0,00005 = 27
 Ec = 262746,99



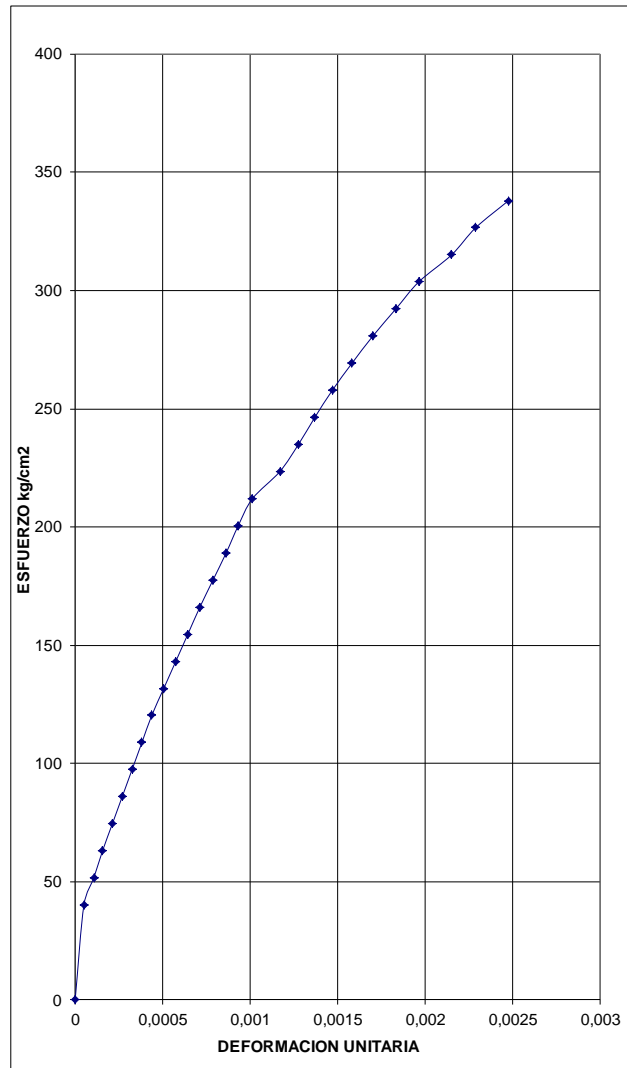
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,13% Fibra/Cemento

CILINDRO: 3
 DIAMETRO: 15,05 cm
 ALTURA: 30,1 cm
 Lo: 203 mm
 Area: 177,9 cm²
 Eg= 128 mm
 Er= 128 mm

Carga máx, 627 KN
 f'c diseño= 320 kg/cm²
 f'c max = 358,9 kg/cm²
 0.4 f'c max = 143,6 kg/cm²
 Masa (Kg)= 11,68
 Peso unit.= 2181 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	40,11	0,0000500
90	17	0,022	51,57	0,0001064
110	25	0,032	63,03	0,0001564
130	34	0,043	74,49	0,0002127
150	43	0,055	85,95	0,0002690
170	52	0,066	97,41	0,0003253
190	61	0,077	108,87	0,0003816
210	70	0,089	120,33	0,0004379
230	81	0,103	131,79	0,0005067
250	92	0,117	143,25	0,0005756
270	103	0,131	154,71	0,0006444
290	114	0,145	166,17	0,0007132
310	126	0,160	177,64	0,0007883
330	138	0,175	189,10	0,0008633
350	149	0,189	200,56	0,0009322
370	162	0,206	212,02	0,0010135
390	187	0,237	223,48	0,0011699
410	204	0,259	234,94	0,0012763
430	219	0,278	246,40	0,0013701
450	235	0,298	257,86	0,0014702
470	253	0,321	269,32	0,0015828
490	272	0,345	280,78	0,0017017
510	293	0,372	292,24	0,0018331
530	314	0,399	303,70	0,0019644
550	344	0,437	315,16	0,0021521
570	366	0,465	326,62	0,0022898
590	396	0,503	338,08	0,0024774

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000483
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 $0,4 \cdot f'c = 143,6$
 Esfuerzo al 0,00005 = 34
 $E_c = 253039,68$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,18% Fibra/Cemento

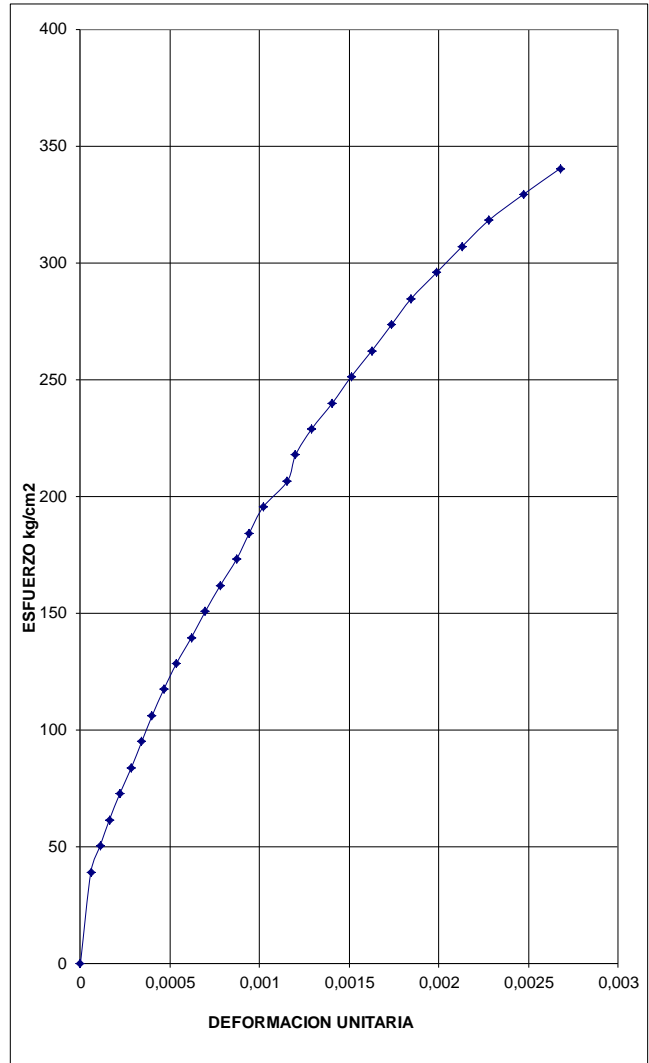
CILINDRO: 1
 DIAMETRO: 15,25 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 182,7 cm²

Eg= 124,1 mm
 Er= 132,2 mm

Carga máx, 677 KN
 f'c diseño= 320 kg/cm²
 f'c max = 377,4 kg/cm²
 0.4 f'c max = 151,0 kg/cm²
 Masa = 12,10 kg
 Peso unit.= 2165 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	9	0,012	39,07	0,0000581
90	17	0,022	50,23	0,0001097
110	25	0,033	61,39	0,0001613
130	34	0,045	72,55	0,0002194
150	44	0,058	83,71	0,0002840
170	53	0,069	94,87	0,0003421
190	62	0,081	106,04	0,0004001
210	72	0,094	117,20	0,0004647
230	83	0,109	128,36	0,0005357
250	96	0,126	139,52	0,0006196
270	108	0,141	150,68	0,0006970
290	121	0,159	161,84	0,0007809
310	135	0,177	173,01	0,0008713
330	146	0,191	184,17	0,0009423
350	158	0,207	195,33	0,0010197
370	179	0,235	206,49	0,0011552
390	186	0,244	217,65	0,0012004
410	200	0,262	228,81	0,0012908
430	218	0,286	239,98	0,0014069
450	234	0,307	251,14	0,0015102
470	252	0,330	262,30	0,0016264
490	269	0,352	273,46	0,0017361
510	286	0,375	284,62	0,0018458
530	308	0,404	295,79	0,0019878
550	330	0,432	306,95	0,0021298
570	353	0,462	318,11	0,0022782
590	383	0,502	329,27	0,0024718
610	415	0,544	340,43	0,0026784

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000500
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 151,0
 Esfuerzo al 0,00005 = 34,45
 Ec = 258945,64



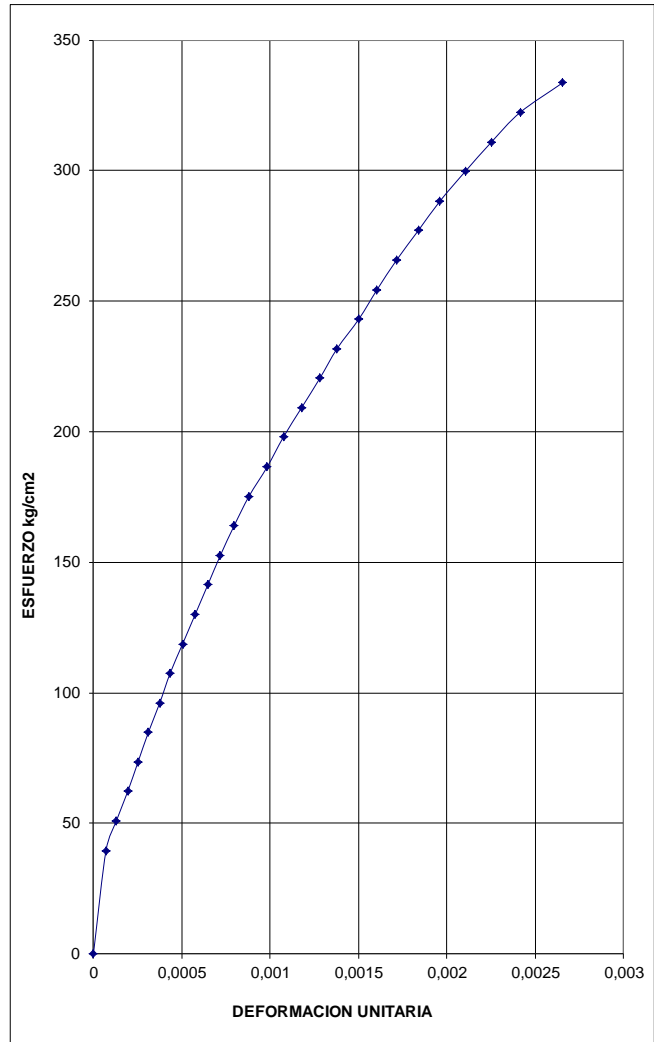
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,18% Fibra/Cemento

CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,15 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 180,3 cm²
 Eg= 124 mm
 Er= 133 mm

Carga máx, 597 KN
 f'c diseño= 320 kg/cm²
 f'c max = 337,2 kg/cm²
 0.4 f'c max = 134,9 kg/cm²
 Masa = 11,92 kg
 Peso unit.= 2161 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	11	0,014	39,58	0,0000712
90	20	0,026	50,89	0,0001295
110	30	0,039	62,20	0,0001943
130	39	0,051	73,51	0,0002525
150	48	0,063	84,82	0,0003108
170	58	0,076	96,13	0,0003756
190	67	0,088	107,44	0,0004338
210	78	0,103	118,75	0,0005051
230	89	0,117	130,06	0,0005763
250	100	0,131	141,37	0,0006475
270	111	0,146	152,68	0,0007188
290	123	0,162	163,99	0,0007965
310	136	0,179	175,30	0,0008806
330	152	0,200	186,61	0,0009842
350	166	0,218	197,92	0,0010749
370	182	0,239	209,23	0,0011785
390	198	0,260	220,54	0,0012821
410	213	0,280	231,85	0,0013792
430	232	0,305	243,16	0,0015023
450	248	0,326	254,46	0,0016059
470	265	0,348	265,77	0,0017159
490	284	0,373	277,08	0,0018390
510	303	0,398	288,39	0,0019620
530	325	0,427	299,70	0,0021045
550	348	0,457	311,01	0,0022534
570	373	0,490	322,32	0,0024153
590	410	0,539	333,63	0,0026549

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000440
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 $0,4 \cdot f'c = 134,9$
 Esfuerzo al 0,00005 = 30,95
 $E_c = 266534,26$

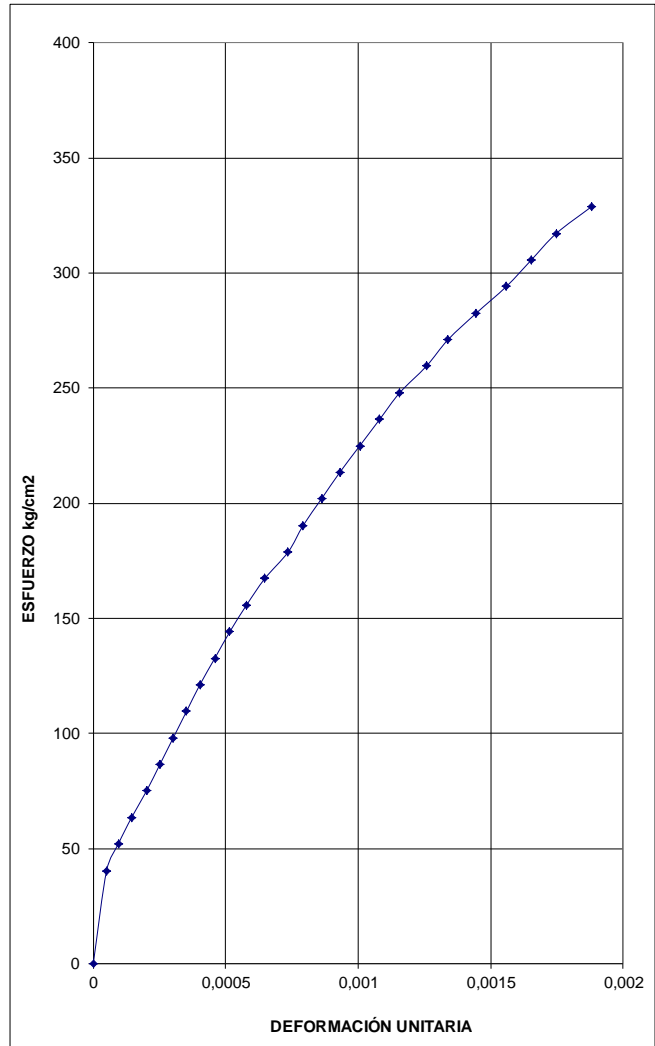


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,18% Fibra/Cemento

					Carga máx,	672	KN	
					f' c diseño=	320	kg/cm ²	
					f' c max =	387,2	kg/cm ²	
					0.4 f' c max =	154,9	kg/cm ²	271,070596
Eg=	127	mm			Masa =	11,60	kg	
Er=	128,2	mm			Peso unit.=	2174	Kg/m ³	
			CILINDRO:	3				
			DIAMETRO:	15	cm			
			ALTURA:	30,2	cm			
			Lo :	203	mm			
			Área:	176,7	cm ²			

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	40,38	0,0000503
90	15	0,019	51,92	0,0000943
110	23	0,029	63,45	0,0001446
130	32	0,041	74,99	0,0002011
150	40	0,051	86,53	0,0002514
170	48	0,061	98,06	0,0003017
190	56	0,071	109,60	0,0003520
210	64	0,082	121,14	0,0004023
230	73	0,093	132,67	0,0004588
250	82	0,105	144,21	0,0005154
270	92	0,117	155,75	0,0005783
290	103	0,131	167,28	0,0006474
310	117	0,149	178,82	0,0007354
330	126	0,161	190,36	0,0007920
350	137	0,175	201,90	0,0008611
370	148	0,189	213,43	0,0009303
390	160	0,204	224,97	0,0010057
410	172	0,219	236,51	0,0010811
430	184	0,235	248,04	0,0011565
450	200	0,255	259,58	0,0012571
470	213	0,272	271,12	0,0013388
490	230	0,293	282,65	0,0014457
510	248	0,316	294,19	0,0015588
530	263	0,336	305,73	0,0016531
550	278	0,355	317,26	0,0017474
570	299	0,382	328,80	0,0018794

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f' c) = 0,000420
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 $0,4 \cdot f' c = 154,9$
 Esfuerzo al 0,00005 = 58
 $E_c = 261885,09$

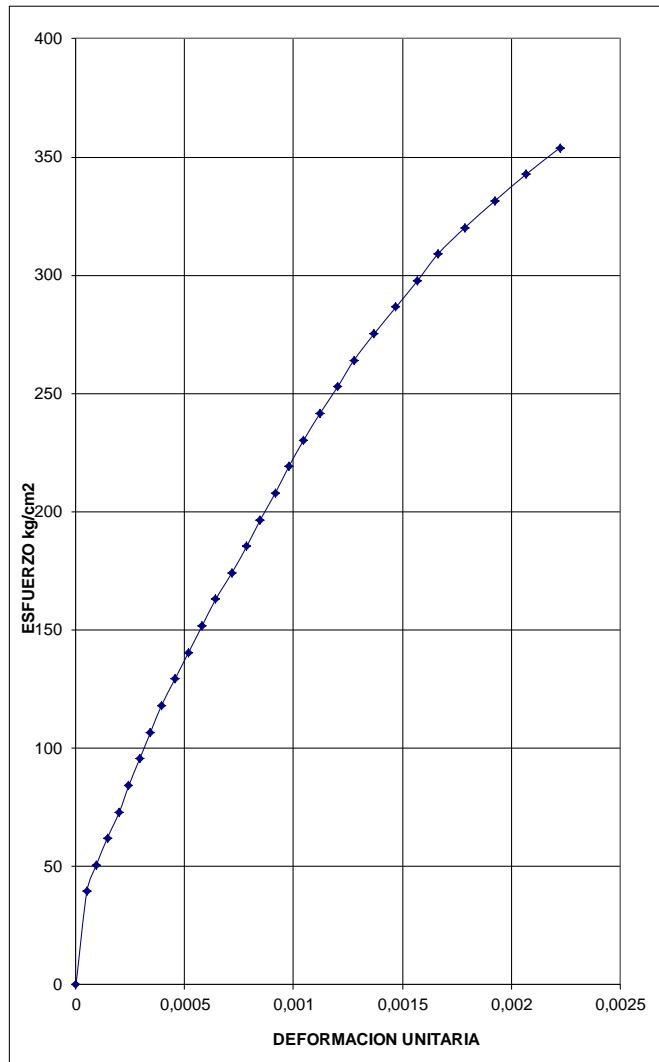


MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,22% Fibra/Cemento

Eg=	128	mm	CILINDRO:	1	Carga máx,	635	KN	
Er=	127	mm	DIAMETRO:	15,2	cm	f' c diseño=	320	kg/cm ²
			ALTURA:	30,7	cm	f' c max =	356,4	kg/cm ²
			Lo :	203	mm	0.4 f' c max =	142,5	kg/cm ²
			Área:	181,5	cm ²	Masa =	12,14	kg
						Peso unit.=	2179	Kg/m ³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	39,32	0,0000499
90	15	0,019	50,56	0,0000935
110	23	0,029	61,79	0,0001433
130	32	0,040	73,03	0,0001994
150	39	0,049	84,26	0,0002430
170	47	0,059	95,50	0,0002929
190	55	0,070	106,73	0,0003427
210	63	0,080	117,97	0,0003926
230	73	0,092	129,21	0,0004549
250	83	0,105	140,44	0,0005172
270	93	0,118	151,68	0,0005795
290	103	0,130	162,91	0,0006419
310	115	0,145	174,15	0,0007166
330	126	0,159	185,38	0,0007852
350	136	0,172	196,62	0,0008475
370	147	0,186	207,85	0,0009160
390	157	0,199	219,09	0,0009784
410	168	0,213	230,32	0,0010469
430	180	0,228	241,56	0,0011217
450	193	0,244	252,79	0,0012027
470	205	0,259	264,03	0,0012775
490	220	0,278	275,26	0,0013710
510	236	0,299	286,50	0,0014707
530	252	0,319	297,73	0,0015704
550	267	0,338	308,97	0,0016638
570	287	0,363	320,20	0,0017885
590	309	0,391	331,44	0,0019256
610	332	0,420	342,68	0,0020689
630	357	0,452	353,91	0,0022247

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000447
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 $0,4 * f'c = 142,5$
 Esfuerzo al 0,00005 = 34,21
 $E_c = 272877,66$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,400 0,22% Fibra/Cemento

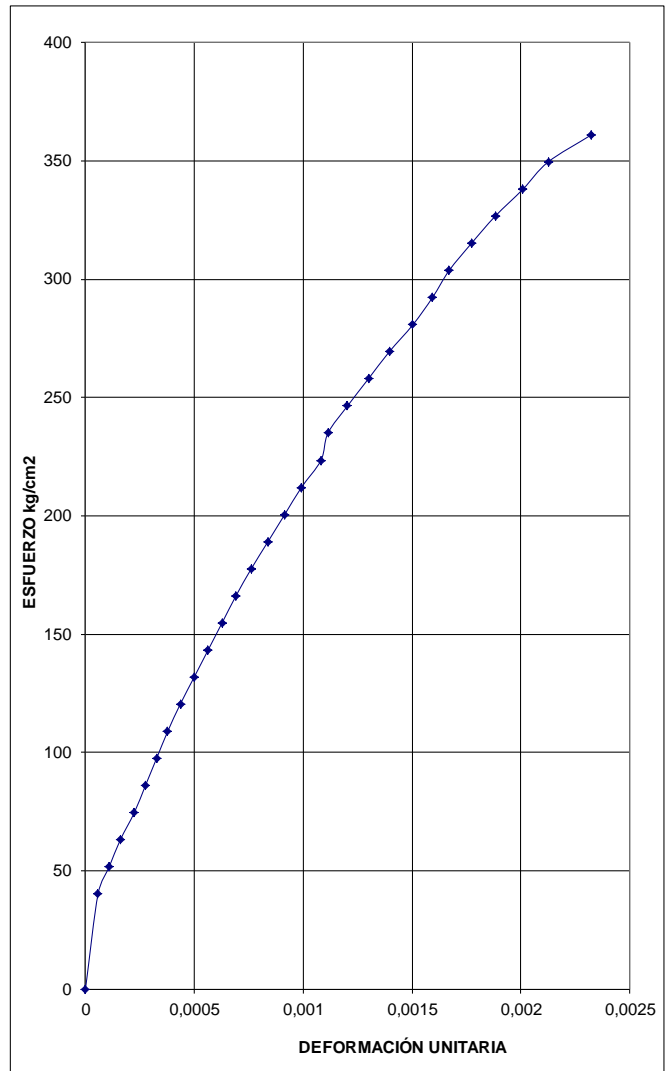
CILINDRO: 3
 DIAMETRO: 15,05 cm
 ALTURA: 30,2 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 177,9 cm²

Eg= 126 mm
 Er= 132 mm

Carga máx, 706 KN
 f'c diseño= 320 kg/cm²
 f'c max = 404,1 kg/cm²
 0.4 f'c max = 161,7 kg/cm² 282,89636
 Masa = 11,78 kg
 Peso unit.= 2193 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	9	0,012	40,11	0,000576
90	17	0,022	51,57	0,001088
110	25	0,032	63,03	0,001600
130	35	0,045	74,49	0,002241
150	43	0,056	85,95	0,002753
170	51	0,066	97,41	0,003265
190	59	0,077	108,87	0,003777
210	68	0,088	120,33	0,004353
230	78	0,101	131,79	0,004993
250	88	0,114	143,25	0,005633
270	98	0,127	154,71	0,006274
290	108	0,140	166,17	0,006914
310	119	0,155	177,64	0,007618
330	131	0,170	189,10	0,008386
350	143	0,186	200,56	0,009154
370	155	0,201	212,02	0,009923
390	169	0,220	223,48	0,010819
410	174	0,226	234,94	0,011139
430	188	0,244	246,40	0,012035
450	203	0,264	257,86	0,012995
470	218	0,283	269,32	0,013956
490	235	0,305	280,78	0,015044
510	249	0,324	292,24	0,015940
530	261	0,339	303,70	0,016708
550	277	0,360	315,16	0,017733
570	294	0,382	326,62	0,018821
590	314	0,408	338,08	0,020101
610	332	0,431	349,54	0,021253
630	363	0,472	361,00	0,023238

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000550
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 161,7
 Esfuerzo al 0,00005 = 24,3
 Ec = 274710,123



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0% Fibra/Cemento

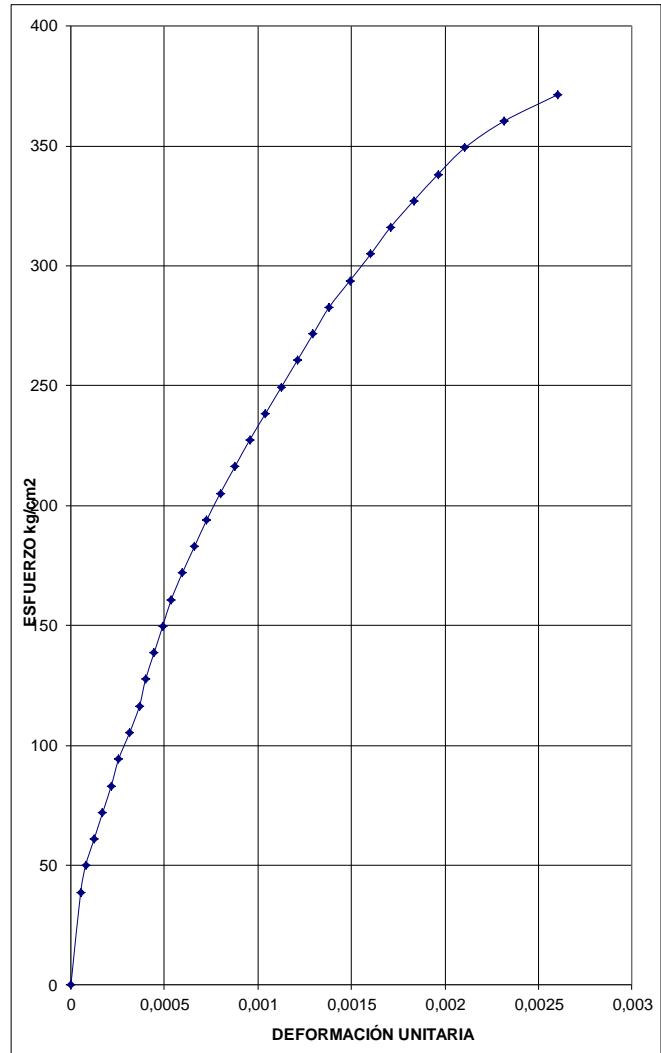
CILINDRO: 1
 DIAMETRO: 15,3 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 183,9 cm²

Eg= 115 mm
 Er= 126 mm

Carga máx. = 695 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 384,9 kg/cm²
 0.4 f'c max = 154,0 kg/cm²
 Masa = 12,63 kg
 Peso unit.= 2245 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,011	38,81	0,000523
90	12	0,016	49,90	0,000785
110	19	0,025	60,99	0,001243
130	26	0,035	72,08	0,001701
150	33	0,044	83,17	0,002159
170	39	0,052	94,26	0,002551
190	48	0,064	105,34	0,003140
210	56	0,074	116,43	0,003663
230	61	0,081	127,52	0,003990
250	68	0,090	138,61	0,004448
270	75	0,100	149,70	0,004906
290	82	0,109	160,79	0,005364
310	91	0,121	171,88	0,005953
330	101	0,134	182,97	0,006607
350	111	0,147	194,06	0,007261
370	122	0,162	205,14	0,007981
390	134	0,178	216,23	0,008766
410	146	0,194	227,32	0,009551
430	159	0,211	238,41	0,010401
450	172	0,228	249,50	0,011252
470	185	0,246	260,59	0,012102
490	198	0,263	271,68	0,012953
510	211	0,280	282,77	0,013803
530	228	0,303	293,86	0,014915
550	245	0,325	304,94	0,016027
570	261	0,347	316,03	0,017074
590	280	0,372	327,12	0,018317
610	300	0,398	338,21	0,019625
630	322	0,428	349,30	0,021064
650	354	0,470	360,39	0,023158
670	398	0,529	371,48	0,026036

$\epsilon_2 = 0,000589$
 $\epsilon_1 = 0,00005$
 $0,4 \cdot f'c$ (nueva grafica) = 154,0
 Esfuerzo al 0,00005 = 20,34
 $E_c = 247937,5$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0% Fibra/Cemento

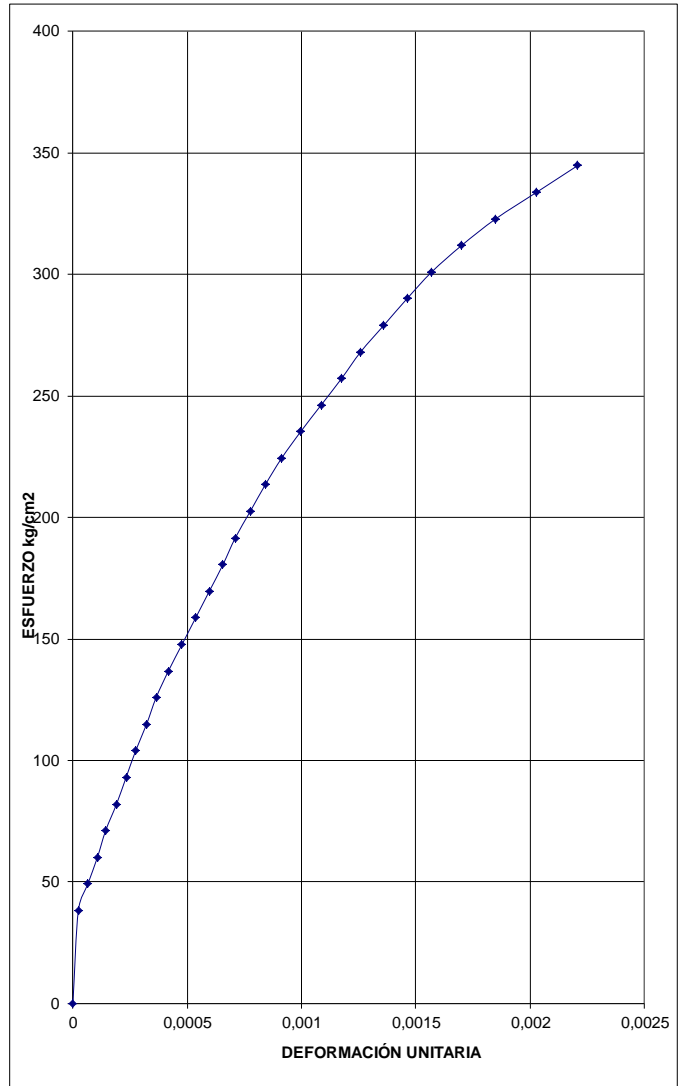
CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,4 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 186,3 cm²

Eg= 124 mm
 Er= 113 mm

Carga máx, 667 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 364,7 kg/cm²
 0.4 f'c max = 145,9 kg/cm²
 Masa = 12,46 kg
 Peso unit.= 2186 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	4	0,005	38,31	0,0000239
90	11	0,013	49,25	0,0000656
110	18	0,022	60,20	0,0001074
130	24	0,029	71,14	0,0001432
150	32	0,039	82,09	0,0001909
170	39	0,047	93,04	0,0002327
190	46	0,056	103,98	0,0002744
210	54	0,065	114,93	0,0003222
230	61	0,074	125,87	0,0003639
250	70	0,085	136,82	0,0004176
270	80	0,097	147,76	0,0004773
290	90	0,109	158,71	0,0005369
310	100	0,121	169,65	0,0005966
330	110	0,133	180,60	0,0006562
350	119	0,144	191,54	0,0007099
370	130	0,157	202,49	0,0007756
390	141	0,171	213,43	0,0008412
410	153	0,185	224,38	0,0009128
430	167	0,202	235,32	0,0009963
450	182	0,220	246,27	0,0010858
470	197	0,239	257,22	0,0011753
490	211	0,256	268,16	0,0012588
510	228	0,276	279,11	0,0013602
530	245	0,297	290,05	0,0014616
550	263	0,319	301,00	0,0015690
570	285	0,345	311,94	0,0017002
590	310	0,375	322,89	0,0018494
610	340	0,412	333,83	0,0020284
630	370	0,448	344,78	0,0022073

$\epsilon_2 = 0,000621$
 $\epsilon_1 = 0,00005$
 0,4*f'c (nueva grafica) = 145,9
 Esfuerzo al 0,00005 = 18,34
 $E_c = 223330,9$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0% Fibra/Cemento

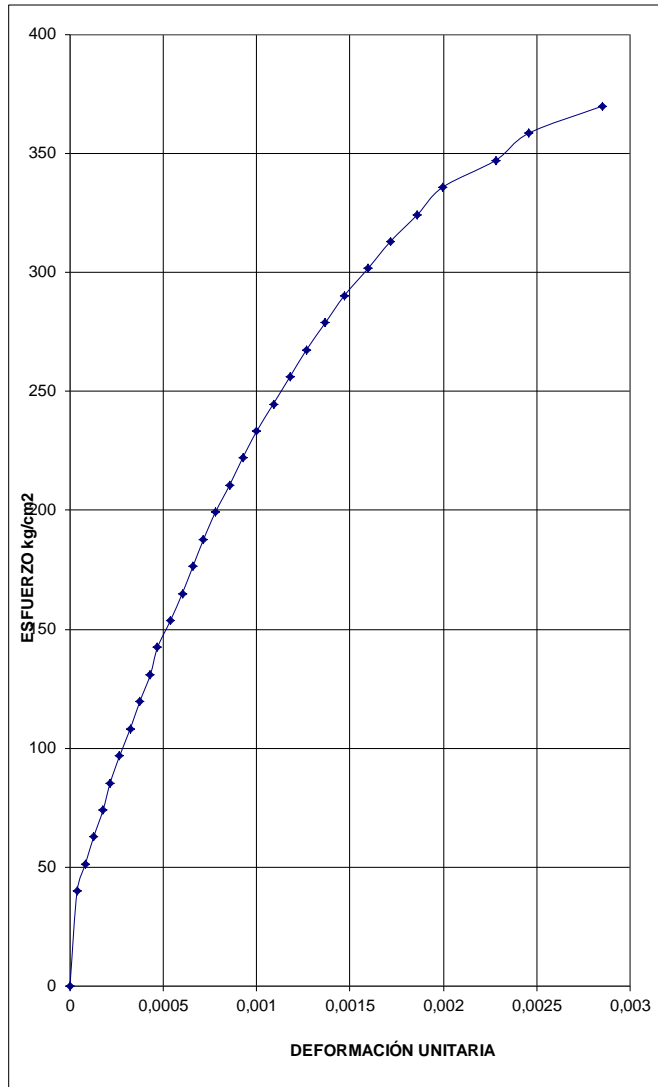
CILINDRO: 3
 DIAMETRO: 15,1 cm
 ALTURA: 30,1 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 179,1 cm²

Eg= 117 mm
 Er= 120 mm

Carga máx, 673 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 382,7 kg/cm²
 0.4 f'c max = 153,1 kg/cm² 267,890199
 Masa = 12,09 kg
 Peso unit.= 2243 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	6	0,008	39,85	0,0000380
90	13	0,017	51,23	0,0000824
110	20	0,026	62,62	0,0001267
130	28	0,036	74,00	0,0001774
150	34	0,044	85,38	0,0002154
170	42	0,054	96,77	0,0002661
190	51	0,066	108,15	0,0003231
210	59	0,076	119,54	0,0003738
230	68	0,087	130,92	0,0004308
250	74	0,095	142,31	0,0004688
270	85	0,109	153,69	0,0005385
290	95	0,122	165,08	0,0006019
310	104	0,134	176,46	0,0006589
330	113	0,145	187,85	0,0007159
350	123	0,158	199,23	0,0007792
370	135	0,174	210,61	0,0008553
390	146	0,188	222,00	0,0009250
410	158	0,203	233,38	0,0010010
430	172	0,221	244,77	0,0010897
450	186	0,239	256,15	0,0011784
470	200	0,257	267,54	0,0012671
490	216	0,278	278,92	0,0013684
510	232	0,298	290,31	0,0014698
530	252	0,324	301,69	0,0015965
550	271	0,349	313,08	0,0017169
570	294	0,378	324,46	0,0018626
590	315	0,405	335,84	0,0019956
610	360	0,463	347,23	0,0022807
630	388	0,499	358,61	0,0024581
650	450	0,579	370,00	0,0028509

$\epsilon_2 =$ 0,000600
 $\epsilon_1 =$ 0,000005
 0,4*f'c (nueva grafica) = 153,1
 Esfuerzo al 0,00005 = 24,3
 $E_c =$ 234145,66



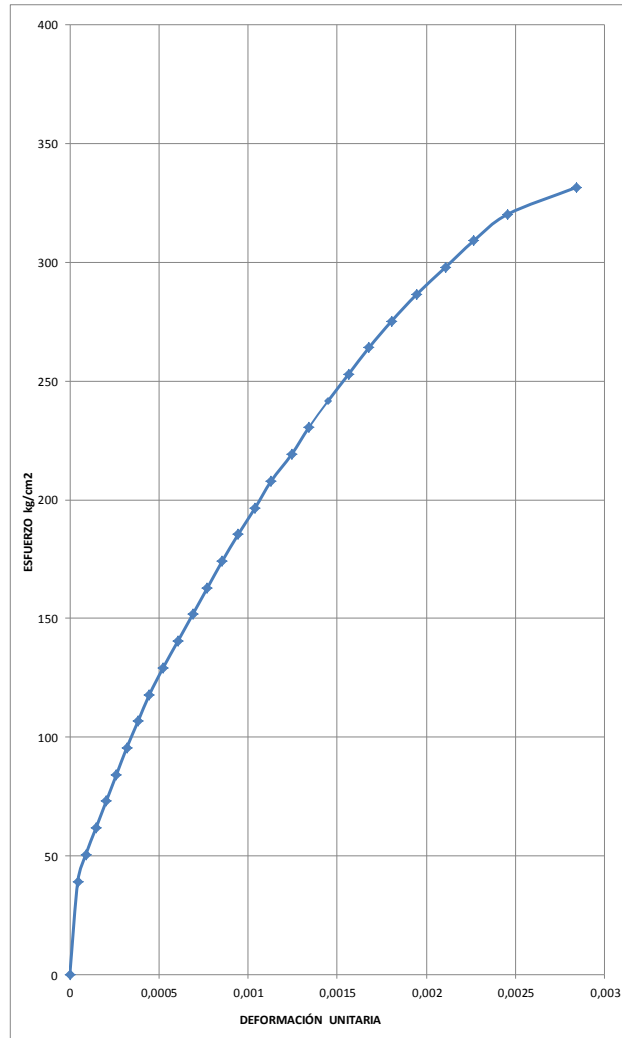
MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,17% Fibra/Cemento

Eg= 124 mm
 Er= 129 mm
 CILINDRO: 1
 DIAMETRO: 15,2 cm
 ALTURA: 30,5 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 181,5

Carga máx, 627 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 351,9 kg/cm²
 0.4 f'c max = 140,7 kg/cm²
 Masa= 12,30 kg
 Peso unit.= 2222 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	7	0,009	39,32	0,000447
90	14	0,018	50,56	0,000893
110	23	0,030	61,79	0,001467
130	32	0,041	73,03	0,002042
150	41	0,053	84,26	0,002616
170	50	0,065	95,50	0,003190
190	60	0,078	106,73	0,003828
210	70	0,091	117,97	0,004466
230	82	0,106	129,21	0,005231
250	95	0,123	140,44	0,006061
270	108	0,140	151,68	0,006890
290	121	0,157	162,91	0,007720
310	134	0,174	174,15	0,008549
330	148	0,192	185,38	0,009442
350	163	0,211	196,62	0,010399
370	177	0,229	207,85	0,011292
390	195	0,253	219,09	0,012441
410	210	0,272	230,32	0,013398
430	227	0,294	241,56	0,014482
450	245	0,317	252,79	0,015631
470	263	0,341	264,03	0,016779
490	283	0,367	275,26	0,018055
510	305	0,395	286,50	0,019458
530	330	0,427	297,73	0,021053
550	355	0,460	308,97	0,022648
570	385	0,499	320,20	0,024562
590	445	0,576	331,44	0,028390

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000510
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,000005
 0,4*f'c = 140,7
 Esfuerzo al 0,00005 = 33
 Ec = 234231,78



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,17% Fibra/Cemento

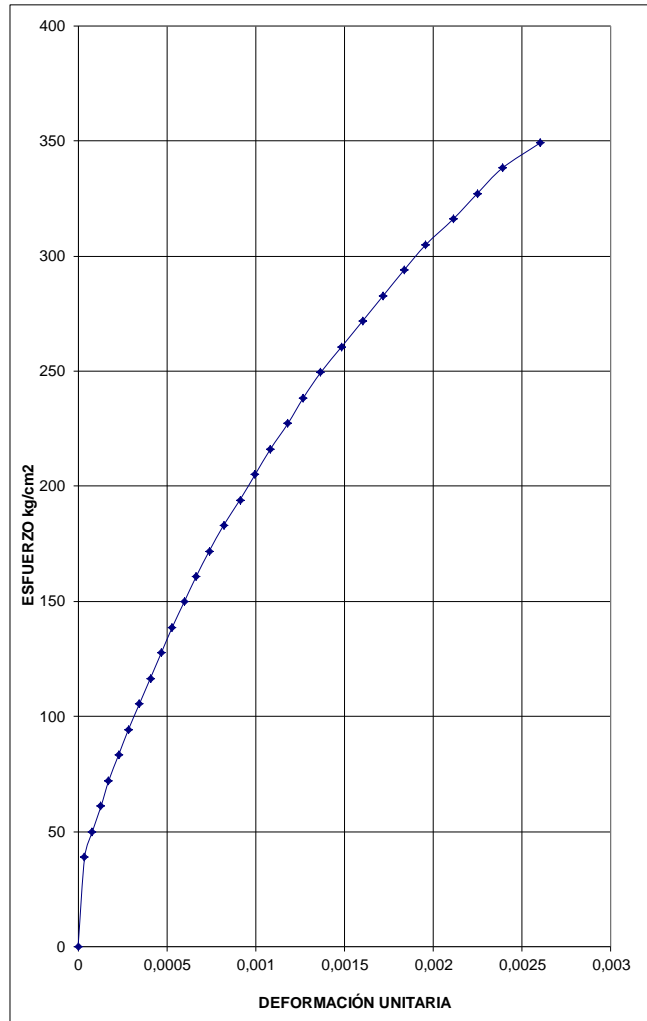
CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,3 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo : 203 mm
 Área: 183,9

Eg= 129 mm
 Er= 125 mm

Carga máx. 650 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 360,0 kg/cm²
 0.4 f'c max = 144,0 kg/cm²
 Masa= 12,35 kg
 Peso unit.= 2195 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	6	0,008	38,81	0,000369
90	13	0,016	49,90	0,000800
110	21	0,026	60,99	0,001293
130	28	0,035	72,08	0,001724
150	37	0,046	83,17	0,002278
170	46	0,058	94,26	0,002833
190	56	0,070	105,34	0,003448
210	66	0,083	116,43	0,004064
230	76	0,095	127,52	0,004680
250	86	0,108	138,61	0,005296
270	97	0,121	149,70	0,005973
290	108	0,135	160,79	0,006650
310	120	0,150	171,88	0,007389
330	133	0,166	182,97	0,008190
350	148	0,185	194,06	0,009113
370	162	0,203	205,14	0,009975
390	176	0,220	216,23	0,010837
410	192	0,240	227,32	0,011823
430	206	0,258	238,41	0,012685
450	222	0,278	249,50	0,013670
470	241	0,301	260,59	0,014840
490	260	0,325	271,68	0,016010
510	279	0,349	282,77	0,017180
530	298	0,373	293,86	0,018350
550	318	0,398	304,94	0,019581
570	343	0,429	316,03	0,021121
590	365	0,456	327,12	0,022475
610	388	0,485	338,21	0,023892
630	423	0,529	349,30	0,026047

ϵ_2 (Valor interpolado de 0.4 f'c) = 0,000500
 ϵ_1 (Valor de la curva al nuevo origen) = 0,00005
 0,4*f'c = 144,0
 Esfuerzo al 0,00005 = 31,35
 Ec = 250352,2



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,23% Fibra/Cemento

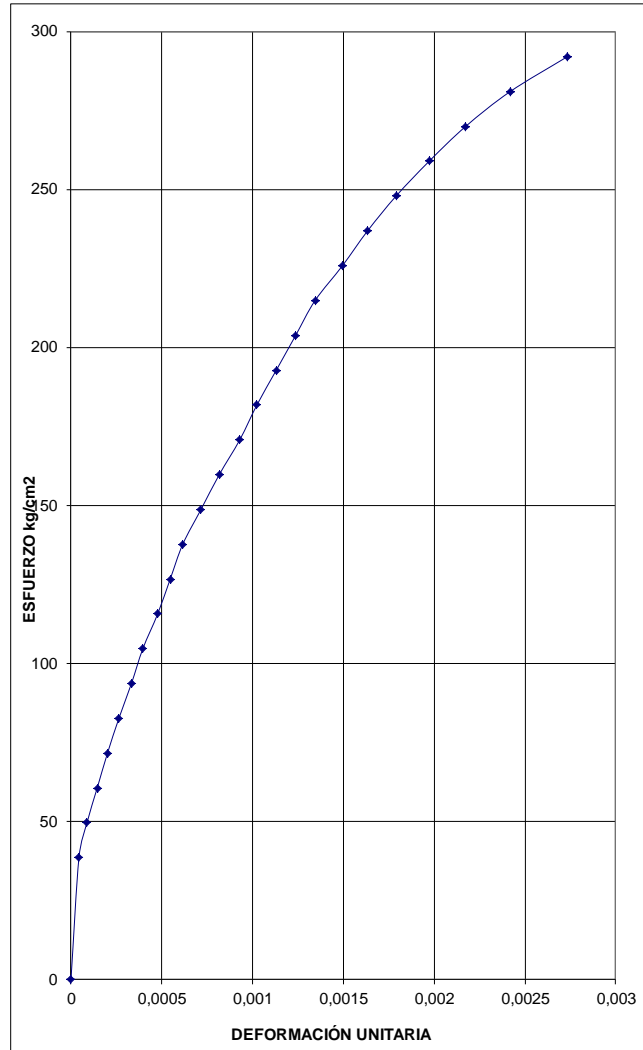
CILINDRO: 1
DIAMETRO: 15,35 cm
ALTURA: 30,5 cm
Lo: 203 mm
Área: 185,1 cm²

Eg= 127 mm
Er= 128 mm

Carga máx, 548 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 301,6 kg/cm²
 0.4 f'c max = 120,6 kg/cm²
 Masa = 12,30 kg
 Peso unit.= 2179 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	7	0,009	38,56	0,0000440
90	14	0,018	49,58	0,0000879
110	23	0,029	60,59	0,0001445
130	32	0,041	71,61	0,0002010
150	42	0,054	82,63	0,0002638
170	53	0,068	93,64	0,0003329
190	63	0,080	104,66	0,0003957
210	76	0,097	115,68	0,0004773
230	87	0,111	126,69	0,0005464
250	98	0,125	137,71	0,0006155
270	114	0,145	148,73	0,0007160
290	130	0,166	159,74	0,0008165
310	148	0,189	170,76	0,0009295
330	163	0,208	181,78	0,0010238
350	180	0,229	192,79	0,0011305
370	197	0,251	203,81	0,0012373
390	214	0,273	214,83	0,0013441
410	238	0,303	225,84	0,0014948
430	260	0,331	236,86	0,0016330
450	285	0,363	247,88	0,0017900
470	314	0,400	258,89	0,0019721
490	346	0,441	269,91	0,0021731
510	385	0,491	280,93	0,0024181
530	435	0,555	291,94	0,0027321

$\epsilon_2 =$ 0,000549
 $\epsilon_1 =$ 0,00005
0,4*f'c (nueva grafica) = 120,6
Esfuerzo al 0,00005 22



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,23% Fibra/Cemento

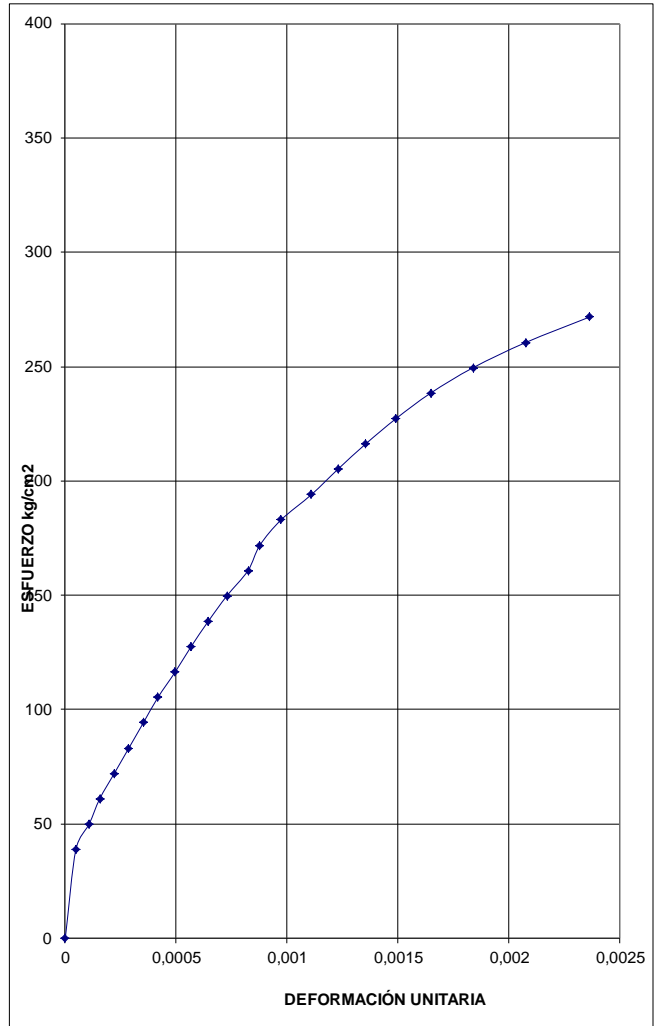
CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,3 cm
 ALTURA: 30,4 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 183,9 cm²

Eg= 124 mm
 Er= 113 mm

Carga máx, 510 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 282,5 kg/cm²
 0.4 f'c max = 113,0 kg/cm²
 Masa = 12,51 kg
 Peso unit.= 2238 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	8	0,010	38,81	0,0000477
90	18	0,022	49,90	0,0001074
110	26	0,031	60,99	0,0001551
130	37	0,045	72,08	0,0002207
150	48	0,058	83,17	0,0002864
170	59	0,071	94,26	0,0003520
190	70	0,085	105,34	0,0004176
210	83	0,101	116,43	0,0004952
230	95	0,115	127,52	0,0005667
250	108	0,131	138,61	0,0006443
270	122	0,148	149,70	0,0007278
290	138	0,167	160,79	0,0008233
310	147	0,178	171,88	0,0008770
330	163	0,197	182,97	0,0009724
350	186	0,225	194,06	0,0011096
370	206	0,249	205,14	0,0012290
390	227	0,275	216,23	0,0013542
410	250	0,303	227,32	0,0014914
430	276	0,334	238,41	0,0016466
450	308	0,373	249,50	0,0018375
470	348	0,421	260,59	0,0020761
490	396	0,480	271,68	0,0023625

$\epsilon_2 = 0,000530$
 $\epsilon_1 = 0,00005$
 $0,4 \cdot f'c$ (nueva grafica) = 113,0
 Esfuerzo al 0,00005 = 25
 $E_c = 183315,16$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,23% Fibra/Cemento

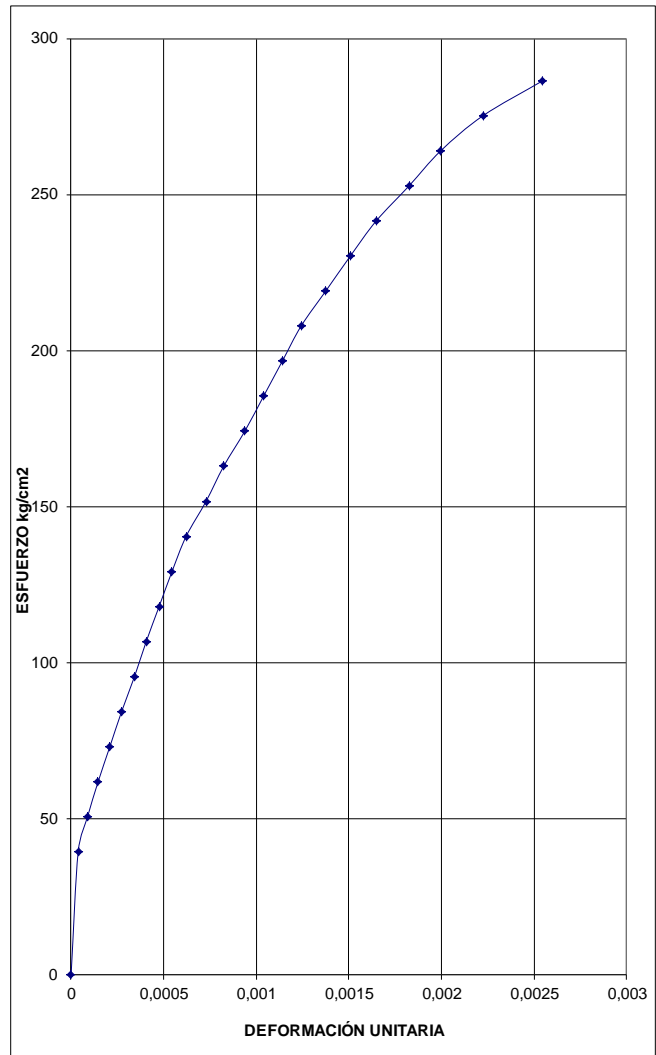
CILINDRO: 3
DIAMETRO: 15,2 cm
ALTURA: 30,6 cm
Lo: 203 mm
Área: 181,5 cm²

Eg= 117 mm
Er= 120 mm

Carga máx, 517 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 290,1 kg/cm²
 0.4 f'c max = 116,1 kg/cm² 203,094902
 Masa = 12,35
 Peso unit.= 2224 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	6	0,008	39,32	0,000380
90	14	0,018	50,56	0,000887
110	23	0,030	61,79	0,001457
130	33	0,042	73,03	0,002091
150	43	0,055	84,26	0,002724
170	54	0,069	95,50	0,003421
190	64	0,082	106,73	0,004055
210	75	0,096	117,97	0,004752
230	86	0,111	129,21	0,005448
250	98	0,126	140,44	0,006209
270	115	0,148	151,68	0,007286
290	130	0,167	162,91	0,008236
310	148	0,190	174,15	0,009376
330	164	0,211	185,38	0,010390
350	180	0,231	196,62	0,011404
370	196	0,252	207,85	0,012417
390	217	0,279	219,09	0,013748
410	238	0,306	230,32	0,015078
430	260	0,334	241,56	0,016472
450	288	0,370	252,79	0,018246
470	315	0,405	264,03	0,019956
490	351	0,451	275,26	0,022237
510	402	0,517	286,50	0,025468

$\epsilon_2 =$ 0,000470
 $\epsilon_1 =$ 0,00005
0,4*f'c (nueva grafica) = 116,1
Esfuerzo al 0,00005 20,32
Ec = 227938,64



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,28% Fibra/Cemento

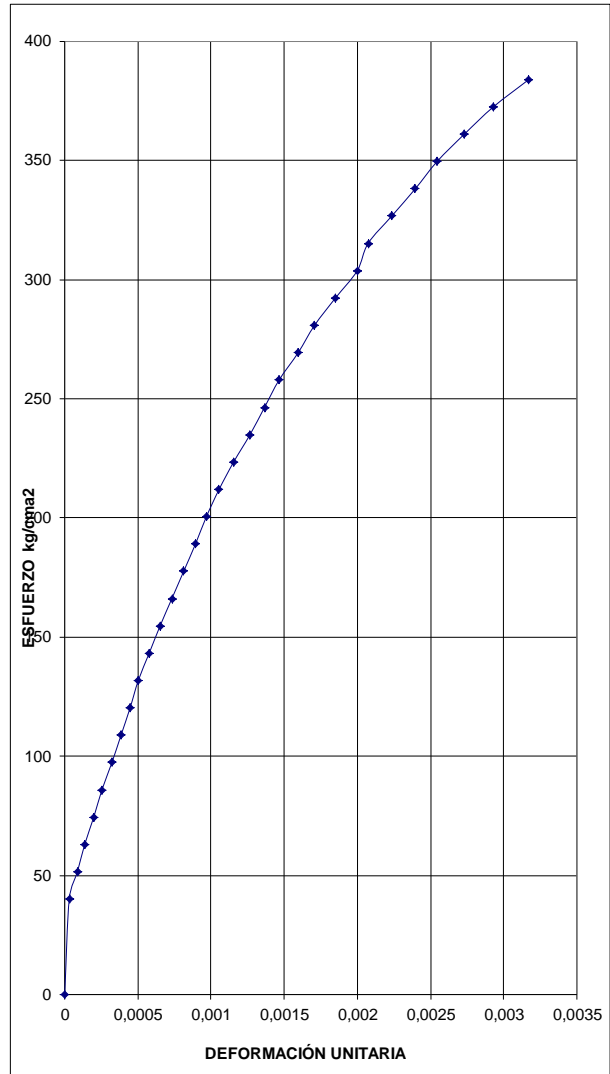
CILINDRO: 1
 DIAMETRO: 15,05 cm
 ALTURA: 30,1 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 177,9 cm²

Eg= 129 mm
 Er= 127 mm

Carga máx, 690 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 395,0 kg/cm²
 0.4 f'c max = 158,0 kg/cm²
 Masa = 12,01 kg
 Peso unit.= 2243 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	5	0,006	40,11	0,0000310
90	14	0,018	51,57	0,0000869
110	22	0,028	63,03	0,0001366
130	32	0,040	74,49	0,0001986
150	41	0,052	85,95	0,0002545
170	52	0,066	97,41	0,0003228
190	62	0,078	108,87	0,0003849
210	72	0,091	120,33	0,0004469
230	81	0,102	131,79	0,0005028
250	93	0,117	143,25	0,0005773
270	105	0,132	154,71	0,0006518
290	118	0,149	166,17	0,0007325
310	131	0,165	177,64	0,0008132
330	144	0,181	189,10	0,0008938
350	156	0,197	200,56	0,0009683
370	170	0,214	212,02	0,0010552
390	186	0,234	223,48	0,0011546
410	204	0,257	234,94	0,0012663
430	220	0,277	246,40	0,0013656
450	236	0,297	257,86	0,0014649
470	257	0,324	269,32	0,0015953
490	275	0,347	280,78	0,0017070
510	298	0,376	292,24	0,0018498
530	322	0,406	303,70	0,0019987
550	334	0,421	315,16	0,0020732
570	360	0,454	326,62	0,0022346
590	386	0,486	338,08	0,0023960
610	410	0,517	349,54	0,0025450
630	440	0,554	361,00	0,0027312
650	472	0,595	372,46	0,0029298
670	511	0,644	383,92	0,0031719

$\epsilon_2 =$ 0,000590
 $\epsilon_1 =$ 0,000005
 0,4*f'c (nueva grafica) = 158,0
 Esfuerzo al 0,000005 = 32,03
 $E_c =$ 233262,02



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,28% Fibra/Cemento

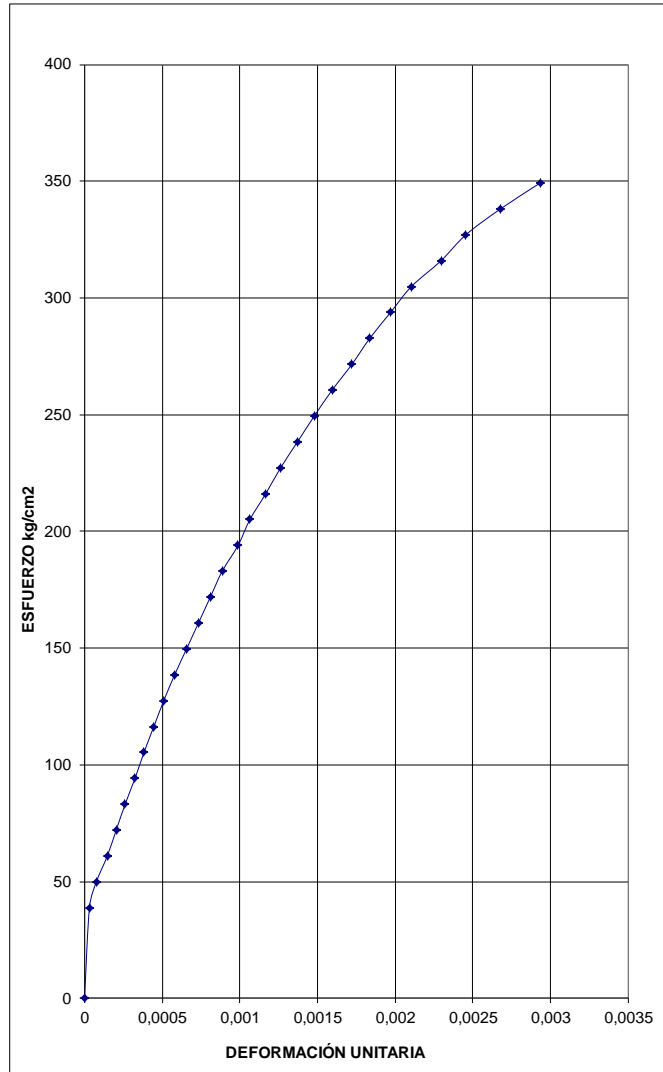
CILINDRO: 2
 DIAMETRO: 15,3 cm
 ALTURA: 30,5 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 183,9 cm²

Eg= 124 mm
 Er= 129 mm

Carga máx, 653 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 361,7 kg/cm²
 0.4 f'c max = 144,7 kg/cm²
 Masa = 12,46 kg
 Peso unit.= 2222 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	5	0,006	38,81	0,0000319
90	12	0,016	49,90	0,0000766
110	23	0,030	60,99	0,0001467
130	32	0,041	72,08	0,0002042
150	41	0,053	83,17	0,0002616
170	51	0,066	94,26	0,0003254
190	60	0,078	105,34	0,0003828
210	70	0,091	116,43	0,0004466
230	80	0,104	127,52	0,0005104
250	91	0,118	138,61	0,0005806
270	103	0,133	149,70	0,0006571
290	115	0,149	160,79	0,0007337
310	127	0,164	171,88	0,0008102
330	139	0,180	182,97	0,0008868
350	155	0,201	194,06	0,0009889
370	167	0,216	205,14	0,0010654
390	183	0,237	216,23	0,0011675
410	198	0,256	227,32	0,0012632
430	215	0,278	238,41	0,0013717
450	232	0,300	249,50	0,0014801
470	250	0,324	260,59	0,0015949
490	270	0,350	271,68	0,0017225
510	288	0,373	282,77	0,0018374
530	309	0,400	293,86	0,0019714
550	330	0,427	304,94	0,0021053
570	360	0,466	316,03	0,0022967
590	385	0,499	327,12	0,0024562
610	420	0,544	338,21	0,0026795
630	460	0,596	349,30	0,0029347

$\epsilon_2 = 0,000460$
 $\epsilon_1 = 0,000005$
 0,4*f'c (nueva grafica) = 144,7
 Esfuerzo al 0,00005 = 34,21
 $E_c = 269422,31$



MÓDULO DE ELASTICIDAD A/C de 0,339 0,28% Fibra/Cemento

CILINDRO: 3
 DIAMETRO: 15,35 cm
 ALTURA: 30,6 cm
 Lo: 203 mm
 Área: 185,1 cm²

Eg= 119 mm
 Er= 133 mm

Carga máx, 728 KN
 f'c diseño= 380 kg/cm²
 f'c max = 400,6 kg/cm²
 0.4 f'c max = 160,2 kg/cm²
 Masa = 12,49 kg
 Peso unit.= 2206 Kg/m³

Carga (KN)	LECTURA DEFORM.	Deformación (mm.)	Esfuerzo kg/cm ²	Deformación Unitaria
0	0	0	-	-
70	5	0,007	38,56	0,0000330
90	10	0,013	49,58	0,0000660
110	18	0,024	60,59	0,0001189
130	25	0,034	71,61	0,0001651
150	34	0,046	82,63	0,0002245
170	42	0,056	93,64	0,0002774
190	52	0,070	104,66	0,0003434
210	61	0,082	115,68	0,0004028
230	71	0,095	126,69	0,0004689
250	82	0,110	137,71	0,0005415
270	92	0,123	148,73	0,0006075
290	102	0,137	159,74	0,0006736
310	113	0,151	170,76	0,0007462
330	123	0,165	181,78	0,0008123
350	136	0,182	192,79	0,0008981
370	152	0,204	203,81	0,0010038
390	168	0,225	214,83	0,0011094
410	182	0,244	225,84	0,0012019
430	195	0,261	236,86	0,0012877
450	210	0,282	247,88	0,0013868
470	224	0,300	258,89	0,0014792
490	241	0,323	269,91	0,0015915
510	258	0,346	280,93	0,0017038
530	271	0,363	291,94	0,0017896
550	293	0,393	302,96	0,0019349
570	311	0,417	313,98	0,0020538
590	330	0,442	324,99	0,0021792
610	358	0,480	336,01	0,0023641
630	378	0,507	347,03	0,0024962
650	405	0,543	358,04	0,0026745
670	432	0,579	369,06	0,0028528
690	468	0,627	380,08	0,0030905
710	509	0,682	391,09	0,0033613

$\epsilon_2 =$ 0,000580
 $\epsilon_1 =$ 0,000005
 0,4*f'c (nueva grafica) = 160,2
 Esfuerzo al 0,00005 = 22,22
 Ec = 260415,99

