



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE  
COCO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autora:**

Bach. Nelva Elizabeth Villanueva Monteza

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú  
2016

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Nelva Elizabeth Villanueva Monteza**, denominada:

### **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE COCO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO”**

---

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno  
**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
**JURADO**  
**PRESIDENTE**

---

Mg. Ing. Jhonny Alejandro Ignacio Malca  
**JURADO**

---

Ing. José Miguel Ángel Vásquez Sevillano  
**JURADO**

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi querido padre Segundo Villanueva, quien confió en mí, me brindó todo el amor que un padre le puede dar a sus hijos, por los consejos y buenos valores que siempre me inculcó, ya que gracias a él he logrado todo lo que me he propuesto y nunca me he dado por vencida.

A mi hermanito menor, Iván Villanueva, por su amor, su aliento cuando sentía que ya no podía avanzar, por creer en que podía alcanzar mis sueños.

A mi compañero, Marco Barrantes, por su apoyo incondicional, amor y confianza.

A la Sra. Elia Quispe y al Sr: Flavio Barrantes, por amarme y tratarme como a su propia hija.

A ellos este proyecto que sin el apoyo y el amor que me brindaron siempre, este proyecto no se hubiese dado.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradecerle a mi padre celestial, por estar siempre ahí cuando lo he necesitado, por protegerme del enemigo y llevarme siempre por el buen camino.

A mi profesor de tesis, Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por su exigencia, su motivación, su apoyo, por creer en sus alumnos, por ser un amigo.

A mi asesor de la tesis, Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno, por su amabilidad, disponibilidad para compartir su experiencia y amplio conocimiento, por su orientación, el seguimiento y la supervisión continúa de esta investigación.

A todos mis amigos, compañeros y maestros de la Universidad Privada del Norte, que formaron parte de esta etapa de mi vida y siempre se quedarán en mis recuerdos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |            |
|--|------------|
| <b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>               | <b>ii</b>  |
| <b>DEDICATORIA.....</b>                          | <b>iii</b> |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                      | <b>iv</b>  |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>                | <b>v</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                     | <b>vii</b> |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                   | <b>xiv</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>                              | <b>xv</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                            | <b>xvi</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>             | <b>17</b>  |
| 1.1. Realidad problemática .....                 | 17         |
| 1.2. Formulación del problema.....               | 18         |
| 1.3. Justificación.....                          | 18         |
| 1.4. Limitaciones .....                          | 18         |
| 1.5. Objetivos .....                             | 18         |
| 1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....             | 18         |
| 1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....        | 18         |
| <b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>            | <b>19</b>  |
| 2.1. Antecedentes .....                          | 19         |
| 2.2. Bases Teóricas .....                        | 21         |
| 2.2.1. <i>Concreto</i> .....                     | 21         |
| 2.2.2. <i>La palma de coco</i> .....             | 39         |
| 2.2.3. <i>El coco</i> .....                      | 42         |
| 2.2.4. <i>Fibras</i> .....                       | 43         |
| 2.3. Definición de términos básicos .....        | 46         |
| 2.3.1. <i>Concreto</i> .....                     | 46         |
| 2.3.2. <i>Agregados</i> .....                    | 47         |
| 2.3.3. <i>Asentamiento</i> .....                 | 47         |
| 2.3.4. <i>Contenido de aire</i> .....            | 47         |
| 2.3.5. <i>Curado</i> .....                       | 47         |
| 2.3.6. <i>Fibras</i> .....                       | 48         |
| 2.3.7. <i>Fibra de coco</i> .....                | 48         |
| 2.3.8. <i>Tamaño máximo nominal</i> .....        | 48         |
| 2.3.9. <i>Tiempo de fraguado</i> .....           | 48         |
| 2.3.10. <i>Resistencia a la compresión</i> ..... | 48         |
| 2.3.11. <i>Resistencia a la flexión</i> .....    | 48         |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>  | <b>50</b> |
| 3.1. Formulación de la hipótesis .....                                   | 50        |
| 3.2. Operacionalización de variables .....                               | 50        |
| <b>CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>                              | <b>51</b> |
| 4.1. Tipo de diseño de investigación.....                                | 51        |
| 4.2. Material. ....  | 51        |
| 4.2.1. <i>Unidad de estudio.</i> .....                                   | 51        |
| 4.2.2. <i>Población.</i> .....   | 51        |
| 4.2.3. <i>Muestra.</i> .....   | 51        |
| 4.3. Métodos. ....   | 52        |
| 4.3.1. <i>Técnicas de recolección de datos y análisis de datos</i> ..... | 52        |
| 4.3.2. <i>Procedimientos</i> .....                                       | 52        |
| <b>CAPÍTULO 5. DESARROLLO.....</b>                                       | <b>74</b> |
| <b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS .....</b>                                      | <b>76</b> |
| <b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN.....</b>  | <b>86</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>89</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>90</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>  | <b>91</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>96</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla N° | Descripción   | N° de Página |
|----------|---|--------------|
| 1.0      | Características y aspectos del concreto   | 22           |
| 2.0      | Abreviaturas de los óxidos del cemento  | 27           |
| 3.0      | Compuestos principales del cemento  | 27           |
| 4.0      | Formación de la pasta de cemento  | 29           |
| 5.0      | Secuencia de las reacciones básicas de hidratación del cemento Portland               | 30           |
| 6.0      | Límites granulométricos para el agregado fino   | 33           |
| 7.0      | Límites granulométricos para el agregado grueso                                       | 34           |
| 8.0      | Requisitos que debe cumplir el agua   | 38           |
| 9.0      | Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales                                 | 44           |
| 10.0     | Operacionalización de variables   | 50           |
| 11.0     | Tamices para agregado grueso  | 52           |
| 12.0     | Tamices para agregado fino  | 52           |
| 13.0     | Límites de gradación de agregado fino   | 53           |
| 14.0     | Límites de gradación de agregado grueso   | 54           |
| 15.0     | Graduaciones de la muestra de ensayo  | 61           |
| 16.0     | Carga dependiendo de la graduación de la muestra                                      | 62           |
| 17.0     | Propiedades físicas de los agregados obtenidas de laboratorio                         | 76           |
| 18.0     | Resumen de resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días de edad  | 77           |
| 19.0     | Resumen de resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días de edad | 78           |
| 20.0     | Resumen de resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de edad | 79           |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 21.0 | Resumen de la resistencia a flexión a los 7 días                                   | 80  |
| 22.0 | Resumen de la resistencia a flexión a los 14 días                                  | 82  |
| 23.0 | Resumen de la resistencia a flexión a los 28 días                                  | 83  |
| 24.0 | Resumen de resistencia a compresión y resistencia a flexión                        | 84  |
| 25.0 | Matriz de consistencia   | 98  |
| 26.0 | Ensayo granulométrico de agregado grueso   | 100 |
| 27.0 | Ensayo granulométrico de agregado fino   | 101 |
| 28.0 | Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso                                  | 102 |
| 29.0 | Ensayo de contenido de humedad de agregado fino                                    | 102 |
| 30.0 | Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso                           | 103 |
| 31.0 | Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino                             | 103 |
| 32.0 | Ensayo de peso unitario de agregado grueso   | 104 |
| 33.0 | Ensayo de peso unitario de agregado fino   | 105 |
| 34.0 | Ensayo por lavado de agregado grueso   | 106 |
| 35.0 | Ensayo por lavado de agregado fino   | 106 |
| 36.0 | Ensayo de abrasión del agregado grueso   | 106 |
| 37.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-01, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 120 |
| 38.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-02, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 122 |
| 39.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-03, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 124 |
| 40.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-01, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 126 |
| 41.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-02, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 128 |
| 42.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-03, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 130 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 43.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-01, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 132 |
| 44.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-02, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 134 |
| 45.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-03, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 136 |
| 46.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-01, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 138 |
| 47.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-02, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 140 |
| 48.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-03, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 142 |
| 49.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-01, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 144 |
| 50.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-02, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 146 |
| 51.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-03, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 148 |
| 52.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-04, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 150 |
| 53.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-05, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 152 |
| 54.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-06, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 154 |
| 55.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-04, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 156 |
| 56.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-05, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 158 |
| 57.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-06, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 160 |
| 58.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-04, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 162 |
| 59.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-05, para un diseño de                        | 164 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
|      | 210 kg/cm <sup>2</sup>   |     |
| 60.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-06, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 166 |
| 61.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-04, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 168 |
| 62.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-05, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 170 |
| 63.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-06, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 172 |
| 64.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-04, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 174 |
| 65.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-05, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 176 |
| 66.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-06, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 178 |
| 67.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-07, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 180 |
| 68.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-08, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 182 |
| 69.0 | Ensayo resistencia a compresión de PC-09, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 184 |
| 70.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-07, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 186 |
| 71.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-08, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 188 |
| 72.0 | Ensayo resistencia a compresión de SF-09, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 190 |
| 73.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-07, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 192 |
| 74.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-08, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 194 |
| 75.0 | Ensayo resistencia a compresión de RF-09, para un diseño de                        | 196 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
|      | 210 kg/cm <sup>2</sup>   |     |
| 76.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-07, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 198 |
| 77.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-08, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 200 |
| 78.0 | Ensayo resistencia a compresión de MF-09, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 202 |
| 79.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-07, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 204 |
| 80.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-08, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 206 |
| 81.0 | Ensayo resistencia a compresión de NF-09, para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> | 208 |
| 82.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-01  | 211 |
| 83.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-02  | 213 |
| 84.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-03  | 215 |
| 85.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-01  | 217 |
| 86.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-02  | 219 |
| 87.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-03  | 221 |
| 88.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-01  | 223 |
| 89.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-02  | 225 |
| 90.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-03  | 227 |
| 91.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-01  | 229 |
| 92.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-02  | 231 |
| 93.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-03  | 233 |
| 94.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-01  | 235 |
| 95.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-02  | 237 |

|       |                                       |     |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 96.0  | Ensayo resistencia a flexión de GF-03 | 239 |
| 97.0  | Ensayo resistencia a flexión de VC-04 | 241 |
| 98.0  | Ensayo resistencia a flexión de VC-05 | 243 |
| 99.0  | Ensayo resistencia a flexión de VC-06 | 245 |
| 100.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-04 | 247 |
| 101.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-05 | 249 |
| 102.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-06 | 251 |
| 103.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-04 | 253 |
| 104.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-05 | 255 |
| 105.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-06 | 257 |
| 106.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-04 | 259 |
| 107.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-05 | 261 |
| 108.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-06 | 263 |
| 109.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-04 | 265 |
| 110.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-05 | 267 |
| 111.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-06 | 269 |
| 112.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-07 | 271 |
| 113.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-08 | 273 |
| 114.0 | Ensayo resistencia a flexión de VC-09 | 275 |
| 115.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-07 | 277 |
| 116.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-08 | 279 |
| 117.0 | Ensayo resistencia a flexión de BF-09 | 281 |
| 118.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-07 | 283 |
| 119.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-08 | 285 |

|       |                                       |     |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 120.0 | Ensayo resistencia a flexión de CF-09 | 287 |
| 121.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-07 | 289 |
| 122.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-08 | 291 |
| 123.0 | Ensayo resistencia a flexión de DF-09 | 293 |
| 124.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-07 | 295 |
| 125.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-08 | 297 |
| 126.0 | Ensayo resistencia a flexión de GF-09 | 299 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>Figura N°</b> | <b>Descripción</b>                          | <b>N° de Página</b> |
|------------------|---|---------------------|
| 1.0              | Cristales de cemento hidratado              | 28                  |
| 2.0              | Planta de coco (Cocos nucífera)             | 39                  |
| 3.0              | Partes del coco                             | 42                  |
| 4.0              | Clasificación de las fibras según su origen | 43                  |
| 5.0              | Cono de Abrams par ensayo de revenimiento   | 66                  |

## RESUMEN

La tesis estudia la influencia que presenta el concreto con respecto a la resistencia mecánica, al adicionarle diferentes porcentajes de fibra, para dicho estudio se realizó diferentes ensayos a los agregados, tanto al agregado grueso como al fino, dichos agregados fueron extraídos del río Mashcón, los ensayos que se realizaron fueron: ensayo granulométrico, ensayo de contenido de humedad, ensayo de peso específico y absorción, peso unitario, ensayo de material más fino que pasa por la malla N° 200, ensayo de abrasión; dichos ensayos fueron realizados para determinar las propiedades de los agregados para así poder realizar el diseño de mezcla por el método del ACI-211 y el método del módulo de finura de la combinación de agregados, eligiendo como nuestro diseño a utilizar el segundo método mencionado. La fibra de coco fue traída de la provincia de Jaén, ya que en esta ciudad el fruto es comercializado pelado, por ende la fibra de coco utilizada para esta investigación fue extraída manualmente. Los porcentajes de fibra utilizados fueron del 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% con una longitud de 2.5 cm, los porcentajes se incorporaron a la mezcla en relación del agregado fino. Se elaboraron 45 probetas cilíndricas y 45 especímenes de concreto para ser ensayadas a compresión y a flexión respectivamente. Finalmente se concluyó que al adicionar fibra de coco en 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% a las probetas de concreto, los valores de resistencia a compresión en porcentaje a los 28 días de edad son de 95.60%, 98.39%, 76.37% y 65.73%, reportándose así una disminución en la resistencia al adicionarle fibra de coco, en cambio al utilizar los mismos porcentajes en los especímenes de concreto los valores obtenidos en porcentaje a los 28 días de edad son de 127.53%, 129.85%, 132.84% y 140.88% aumentando así la resistencia a la flexión en un 30%.

## ABSTRACT

This thesis researches into the mechanical resistance that concrete can perform when added different percentages of fiber. Granulometric trials, levels of humidity, specific weight, levels of absorption, unit weight and finest material, to go through wire mesh # 200, and abrasion testing were performed to coarse and fine aggregates to determine their properties and to be able to determine the final mix design by using the “ACI -211” and the fineness modulus methods. This latest method was the one selected for our final design. All aggregates were extracted from “Mashcon” river. Hand - peeled coconut fiber was brought from the province of Jaen in Peru. It is important to remark that this fiber was peeled out by hand. Fiber percentages used were of five tenths per hundred (0.50%), one per hundred (1.00%), one and a five tenths per hundred (1.50%), and two per hundred (2.00%) with a length of 2.5 centimeters. Every percentage of fiber was incorporated to the mixture in relation to fine aggregates. Forty-five (45) measuring cylinders and forty-five (45) samples of concrete were elaborated to carry out both compression and bending tests. It was concluded that a reduction in resistance is obtained by adding coconut fiber in fifty tenths per hundred (0.50%), one per hundred (1.00%), one and five tenths per hundred (1.50%) and two per hundred (2.00%) to the measuring cylinders, resistance values are of: ninety-five and six tenths parts per hundred (95.60%), ninety-eight and thirty-nine hundredths parts per hundred (98.39%), seventy-six and thirty-seven hundredths per hundred (76.37%) and sixty-five and seventy-three hundredths per hundred (65.73%). By contrast, when the same percentages are used in twenty-eight (28) days-concrete samples, the resultant values are of: one hundred twenty-three and fifty-three hundredths per hundred (123.53%), one hundred twenty-nine and eighty-five hundredths per hundred (129.85%), one hundred thirty-two and eighty-four hundredths per hundred (132.84%), and one hundred forty and eighty-eight hundredths per hundred (140.88%) evidencing an increase in bending resistance up to thirty per hundred (30%).

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En diferentes países y universidades se realizan estudios e investigaciones científicas y/o tecnológicas acerca del aprovechamiento de materiales de residuos agrícolas y urbanos, pues la preocupación del mejoramiento del medio en que vivimos, ha inclinado a especialistas en el área a encontrar soluciones del material de desecho (Navarro, 2005).

Existen diferentes estudios realizados por investigadores de Colombia, Cuba y México (Colima, Guadalajara, Tampico, Michoacán, Yucatán), sobre el uso de nuevos materiales compuestos de fibras naturales como bagazo de caña, coco y maguey. Las investigaciones se han dirigido a la fabricación de aglomerados de fibras con plásticos, tabiques de arcilla con fibra de coco, concreto reforzado con fibra de coco, paneles de concreto con bagazo de caña y fibra de coco y otros materiales compuestos para ser usados como materiales estructurales en las construcciones (Molinar, Jordán y Munive, 2010).

Los resultados encontrados hasta ahora sugieren que los concretos reforzados con fibras naturales pueden ser una alternativa en la construcción de infraestructura y vivienda de bajo costo. Su utilidad se ha comprobado en varios países y su aplicación ha sido continua. Actualmente, el interés proviene de los países pobres y en vías de desarrollo ya que son éstos los que poseen los recursos naturales, y son también, los países con mayores problemas para satisfacer la demanda de vivienda que requiere su población (Juárez, 2002).

El uso de la fibra de coco en el Perú no es muy significativa, porque se desconoce de las propiedades físico – mecánicas de ésta, ya que después del consumo del fruto éste es simplemente desechado; en cambio en muchos países es muy estudiado porque su uso es una gran ventaja para la población de bajos recursos y reduce la contaminación del medio ambiente; por tratarse de un material compuesto por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto a las bacterias y al agua, su resistencia y durabilidad lo hace un material adecuado para la construcción.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>?

## 1.3. Justificación

En la actualidad, en el Perú, las fibras de coco no son muy utilizadas en construcción ya que se desconoce sus propiedades, y la gran ventaja que se puede tener al utilizarlas. Los resultados encontrados con las investigaciones realizadas con la fibra de coco hasta ahora sugieren que los concretos reforzados con fibras naturales (fibra de coco) pueden ser una alternativa en la construcción de infraestructura y vivienda de un costo muy bajo y accesible para la mayoría de las poblaciones, pues la población necesita construcciones que sean económicas, resistentes y durables, por lo cual se realizará el estudio de probetas y especímenes de concreto usando fibras de coco.

## 1.4. Limitaciones

La limitación más notoria para la elaboración del proyecto de investigación es:

No se evaluará la durabilidad.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar ensayos para la determinación de las propiedades de los agregados.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de coco del 0.00%, 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00%.
- Determinar la resistencia a la flexión del concreto con adición de fibra de coco del 0.00%, 0.50%, 1.50%, 1.00% y 2.00%.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

El Universal (2012), expertos de la Unidad de Reciclaje y Procesamiento de Materiales del Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) trabajan en un proyecto para obtener materiales de construcción y polímeros de uso industrial, a partir de la fibra de coco. Miguel Ángel Rivero Ayala, uno de los responsables del proyecto, informó que desarrollaron la tecnología necesaria para fabricar materiales innovadores que puedan ser empleados como los que son utilizados en la industria de la construcción. Explicó que estos materiales tendrían un costo similar o incluso menor a los materiales tradicionales, con la ventaja de que su elaboración genera mayor utilidad que los materiales de uso común.

Quintero y González (2006), realizaron en Colombia un estudio sobre el uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Se elaboraron cinco tipos de mezcla de concreto (M1: L0 y V0%, M2: L2 y V0.5%, M3: L2 y V1.5%, M4: L5 y V1.5% Y M5: L5 y V1.5%). Se elaboraron 16 probetas cilíndricas de 6" x 12", 63 probetas cilíndricas de 3" x 6" y 17 vigas de 3" x 12" x 3. Se curaron las probetas de 3" x 6" durante 06, 10, 14 y 28 días para luego ser ensayadas a compresión, los cilindros de 6" x 12" para ensayos a tracción directa y las vigas para ensayos de flexión se curaron hasta los 28 días. Las muestras fueron evaluadas y se realizaron los siguientes ensayos: Determinación del peso unitario, pruebas de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. Se reportó que no se presentan diferencias significativas en cuanto al peso unitario entre los diferentes tipos de mezclas, así como también se obtuvo un ascenso de resistencia a compresión hasta los 14 días y disminuyó considerablemente a los 28 días. Los resultados para el ensayo de resistencia a la tracción presentaron valores muy bajos con respecto a los valores de resistencia a la compresión. La adición de fibra afectó positivamente la resistencia a la flexión.

Hussín y Zakaria (1990), realizaron en Malasia pruebas para utilizar en la construcción la fibra de coco como refuerzo de placas delgadas de cemento. Se ensayaron a flexión placas planas y acanaladas con un espesor de 10 mm, con relación A/C = 0.35 y contenidos de fibra de 1 a 6% por peso. Algunas placas se mantuvieron en el ambiente natural durante 3, 6 y 12 meses. Se reportó que la resistencia a flexión se incrementa conforme aumenta la

cantidad de fibra hasta un 5%, después de este porcentaje la resistencia disminuye ligeramente, siendo el 4% el que presentó mayor resistencia. El comportamiento a flexión resultó ser dúctil con las mayores cantidades de fibra y en la superficie de falla se observó la ruptura de la fibra. Las placas expuestas al ambiente natural redujeron su resistencia post agrietamiento en un 30%.

Savastano Jr. (1990), estudió el uso de fibras de coco como refuerzo en morteros base cemento portland en Brasil. Se probaron dos longitudes promedio de fibra de 38.2 y 9.7 mm, otras variables fueron la condición inicial de humedad en la fibra saturada y seca, la fracción de volumen de la fibra y la relación A/C de la mezcla. Se realizaron ensayos de impacto, flexión y compresión. De los cuales los resultados obtenidos indicaron que la resistencia al impacto aumentaba con la fracción de volumen, pero disminuía la resistencia a compresión. Así también, con una fracción de volumen de 3.2% se llegó a lograr un valor máximo a flexión y tensión, y para impacto la fracción de volumen fue de 4.4%. En comparación con el mortero sin fibra se obtuvieron incrementos a tensión e impacto en un 165 y 400% respectivamente. En lo concerniente a la condición inicial de humedad de la fibra los resultados no señalan una clara diferencia. Finalmente, el investigador encontró que las fibras más largas de 38.2 mm originaron especímenes con mayor resistencia a flexión y compresión, mientras que por impacto, no parece influir el uso de fibras de 38.2 o 9.7 mm.

Singh (1986), investigó en la India la durabilidad de algunas fibras naturales, exponiéndolas a medios alcalinos y a ciclos de humedecimiento y secado. Además, estudió el efecto de la exposición a la intemperie en la resistencia a tensión, en fibras de coco extraídas de láminas de concreto con 10 años de edad. Se estudiaron fibras de plátano, coco, cáñamo, yute y sisal, el porcentaje de absorción de agua que se reporta fue de 301, 40, 145.5, 135.7 y 119.3% respectivamente. Posteriormente, se obtuvo la resistencia a tensión en las fibras después de exponerlas a 60 ciclos de humedecimiento y secado, en una solución saturada de hidróxido de calcio y en una solución de hidróxido de sodio. Los resultados encontrados señalan que todas las fibras disminuyen cerca del 90% su resistencia inicial, además, su flexibilidad se afecta considerablemente ya que a excepción del coco, sisal y plátano las otras fibras se fragmentan en pequeñas piezas. Así también, se reporta que las fibras de

coco extraído de las láminas de concreto mantuvieron su resistencia después de 10 años a la intemperie.

Paramasivan et al (1984), trataron de sustituir total o parcialmente las fibras de asbesto por fibras de coco en Singapur, con la finalidad de producir láminas acanaladas de concreto. Se fabricaron en el laboratorio láminas acanaladas de 10 mm de espesor y se ensayaron a flexión, así también, se fabricaron especímenes para evaluar sus propiedades térmicas y acústicas. En los ensayos de resistencia a flexión se encontró que una fracción de volumen de 3% y longitud de fibra de 25 mm resultan en mayores módulos de ruptura, comparados con otras combinaciones de cantidad y longitud de fibra. Se observó que la fibra falla por extracción. En lo que respecta a la conductividad térmica, el compuesto presenta valores entre 0.61 a 0.68 W°K/m, lo que es comparable con resultados encontrados en placas de asbesto cemento 0.65 W°K/m. Además, se encontró que para altas frecuencias la propiedad de absorción del sonido es mejor en este tipo de compuestos que en el asbesto cemento.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1 Concreto

#### 2.2.1.1 Definición

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia (Roque, 2012).

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO} + \text{AGREGADOS} + \text{AIRE} + \text{AGUA} \dots \dots \dots (1)$$

#### 2.2.1.2 Características del concreto

A manera de síntesis, en la tabla N° 1 se relacionen las principales características de los agregados y los correspondientes aspectos del comportamiento del concreto en que ejercen mayor influencia, tanto para el caso del concreto recién mezclado como ya en estado endurecido (Roque, 2012).

**TABLA N° 1: Características y aspectos del concreto**

| CARACTERÍSTICAS DE<br>LOS AGREGADOS  | ASPECTOS INFLUIDOS EN EL CONCRETO                     |  |
|--|---|--|
|  | CONCRETO FRESCO                                       | CONCRETO ENDURECIDO  |
| Granulometría  | Manejabilidad<br>Requerimiento de agua<br>Sangrado    | Resistencia mecánica<br>Cambios volumétricos<br>Economía                       |
| Limpieza (materia orgánica,<br>limo, arcilla y otros finos<br>indeseables) | Requerimientos de agua<br>Contracción plástica        | Durabilidad<br>Resistencia mecánica<br>Cambios volumétricos                    |
| Densidad (gravedad<br>específica)  | Peso unitario   | Peso unitario  |
| Sanidad  | Requerimiento de agua                                 | Durabilidad  |
| Absorción y porosidad  | Pérdida de revenimiento<br>Contracción plástica       | Durabilidad<br>permeabilidad   |
| Forma de partículas  | Manejabilidad<br>Requerimiento de agua<br>sangrado    | Resistencia mecánica<br>Cambios volumétricos<br>Economía                       |
| Textura superficial  | Manejabilidad<br>Requerimiento de agua                | Durabilidad<br>Resistencia al desgaste   |
| Tamaño máximo  | Segregación<br>Peso unitario<br>Requerimiento de agua | Resistencia mecánica<br>Cambios volumétricos<br>Peso unitario<br>permeabilidad |
| Reactividad con los álcalis  |   | Durabilidad  |
| Módulo de elasticidad  |   | Módulo de elasticidad<br>Cambios volumétricos                                  |
| Resistencia a la abrasión  |   | Resistencia a la abrasión<br>Durabilidad                                       |

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
| Resistencia mecánica (por aplastamiento)   |                      | Resistencia mecánica                     |
| Partículas friables y terrones de arcillas | Contracción plástica | Resistencia a la abrasión<br>Durabilidad |
| Coeficiente de expansión                   |                      | Propiedades térmicas                     |

Fuente: Roque, 2012

### 2.2.1.3 Propiedades del concreto

#### 2.2.1.3.1 Propiedades del concreto fresco

Según Reyes y Rodríguez, 2010, se tiene:

a) Trabajabilidad o manejabilidad

Es el trabajo interno utilizado en vencer la fricción interna o componentes del concreto para conseguir una compactación adecuada, es decir, la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin producir deficiencias de sus propiedades en estado fresco.

b) Ensayo de asentamiento

Este ensayo es el más utilizado para medir la manejabilidad del concreto fresco durante la realización de los especímenes testigo, ya que es muy sencillo de realizar y ayuda a controlar el asentamiento y trabajabilidad de la mezcla a realizar con respecto a lo estipulado en el diseño de mezcla.

c) Segregación

Es considerada una propiedad del concreto fresco, empero, se puede considerar también como un aspecto importante de la trabajabilidad al ser definida como una tendencia de separación de las partículas gruesas del mortero del concreto, esto se debe en gran parte a la diferencia de densidades, el tamaño y forma de las partículas, el mal mezclado, el exceso de vibración en la compactación, el arrojar el concreto desde alturas mayores a 1m, para evitar la segregación la ACI – 304 recomienda realizar lo inverso a lo anteriormente descrito.

d) Exudación o sangrado

Es un tipo de segregación donde el agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto fresco. Este fenómeno es normal en tasas bajas, ya que al ser alta produce debilitamiento en la parte superior del concreto, mayor porosidad, fisuras de retracción, menor resistencia a la abrasión y al ataque de agentes agresivos del ambiente, y como consecuencia genera una disminución en la resistencia de la mezcla.

e) Masa unitaria

Consiste en llenar tres capas de igual altura las cuales se compactan con una varilla compactadora 25 veces cada una de éstas y a la vez se vibra entre 10 a 15 veces con un martillo de goma para eliminar al máximo las burbujas atrapadas de aire.

f) Contenido de aire

El aire es atrapado de manera natural durante el proceso de mezclado y en algunos casos el contenido de aire aumenta en consecuencia de una mala colocación o compactación. El alto grado de vacíos puede ocasionar en las mezclas de concreto una reducción en su resistencia, secciones efectivas de los elementos y mal aspecto visual término arquitectónico.

g) Contenido de agua y de cemento

Esta propiedad es determinante para el desempeño del concreto, ya que cuando el concreto está en estado endurecido y presenta variaciones desfavorables en sus propiedades, estas se deban principalmente a un cambio en el contenido de agua, por ello, es importante asegurar la cantidad estipulada en el diseño de mezcla.

### 2.2.1.3.2 Propiedades del concreto Endurecido

Según Reyes y Rodríguez, 2010, se tiene:

a) Relación agua – cemento

Se describe como la cantidad de agua en masa, sin incluir el agua absorbida por los agregados sobre la cantidad de cemento en masa, es de vital importancia mantener una buena relación, ya que al haber una mayor cantidad de agua que generan poros en la pasta cementante del concreto, este se ve afectado al disminuir su resistencia.

b) Curado del concreto

La prevención del secado prematuro del concreto es crucial para evitar las fisuras internas y extremas debido al aumento de la temperatura interna del concreto, y así impedir disminuciones de la resistencia del concreto como tal.

El curado debe ser por lo menos 7 días donde el concreto se debe mantener en un ambiente totalmente húmedo que conlleve a un secado paulatino y óptimo.

c) Edad del concreto

Para los concretos convencionales la máxima resistencia se alcanza a los 28 días, después de este tiempo el aumento de la resistencia es muy mínimo. Los concretos considerados de alta y ultra alta resistencia alcanzan su máxima resistencia entre los 56 y 90 días porque el aumento después de los 28 días es considerable, aunque estos son de gran densidad, impermeabilidad y resistencia, son más propensos al agrietamiento debido a la mayor contracción por fraguado y menor extensibilidad.

d) Resistencia a la tracción

Esta propiedad no se tiene en cuenta en la mayoría de los casos de estructuras normales, ya que la tracción es una propiedad donde el concreto tiene una resistencia bastante débil. Esta tiene que ver con el agrietamiento a causa de la contracción inducida por el fraguado o por cambios de temperatura que generan esfuerzos internos de tracción.

e) Resistencia a la flexión

Este factor es importante en estructuras de concreto simple, donde estos elementos sometidos a flexión tienen una zona sometida a compresión y otra región donde predomina el esfuerzo a tracción. Este se refiere al módulo de rotura, donde se realizan ensayos en vigas de concreto para determinar el mayor esfuerzo a flexión.

f) Resistencia a cortante

Esta resistencia es tomada en cuenta por los códigos de diseño estructural, aunque el concreto presente baja resistencia frente al mismo; este tipo de esfuerzos son importantes al diseñar vigas y zapatas donde se presentan valores superiores a la resistencia del concreto.

## **2.2.1.4 Componentes del concreto**

### **2.2.1.4.1 Cemento**

Es un material con propiedades adhesivas y cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto (Novoa, 2005).

Su uso se remonta a la antigüedad, desde la época de los egipcios, griegos y romanos, ellos iniciaron por mezclar arena, agua y piedra triturada, por lo que se puede decir que este fue el primer concreto de la historia (Novoa, 2005).

El cemento se obtiene a partir de la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos, así como de otros que contengan sílice, aluminio y óxido de hierro. Es un mineral finamente molido, usualmente de color grisáceo extraído de rocas calizas, que se tritura hasta convertirse en polvo y ser mezclado con agua, tiene la propiedad de endurecer (Novoa, 2005).

#### *Cemen Portland tipo I*

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Su uso se aplica a obras de concreto y de concreto armado en general, estructuras que requieren un rápido desencofrado, concreto en clima frío, productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones. (Pacasmayo, 2016).

#### 2.2.1.4.1.1 Propiedades del cemento

El estudio de las propiedades del cemento, permite conocer algunos aspectos de su bondad como material cementante. Estas propiedades son de carácter químico, físico y mecánico y dependen del estado en el cual se encuentren (Niño, 2010).

##### a) Propiedades Químicas

El proceso de clinkerización del cemento involucra la transformación de las materias primas a productos más complejos, por medio de reacciones en estado sólido. Razón por la cual, la química del cemento frecuentemente emplea un modelo basado en abreviaturas para las fórmulas químicas de los óxidos más frecuentes, tal como se ilustra en la tabla N° 2. Los cuatro compuestos principales del cemento se forman a partir de estos óxidos, son los que se enumeran en la tabla N° 3 (Niño, 2010).

**TABLA N° 2: Abreviaturas de los Óxidos del cemento**

| FÓRMULA                        | NOMBRE                        | ABREVIATURA |
|--------------------------------|-------------------------------|-------------|
| CaO                            | Óxido de Calcio "Cal"         | A           |
| SiO <sub>2</sub>               | Dióxido de Sílice "Silicato"  | S           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido de Aluminio "Aluminato" | A           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Óxido de Hierro "Hierro"      | F           |

Fuente: Niño, 2010

**TABLA N° 3: Compuestos principales del cemento**

| NOMBRE               | ABREVIATURA      |
|----------------------|------------------|
| Silicato tricálcico  | C <sub>3</sub> S |
| Silicato dicálcico   | C <sub>2</sub> S |
| Aluminato tricálcico | C <sub>3</sub> A |

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| Ferroaluminato<br>tetracálcico | $C_4A_f$ |
|--------------------------------|----------|

Fuente: Niño, 2010

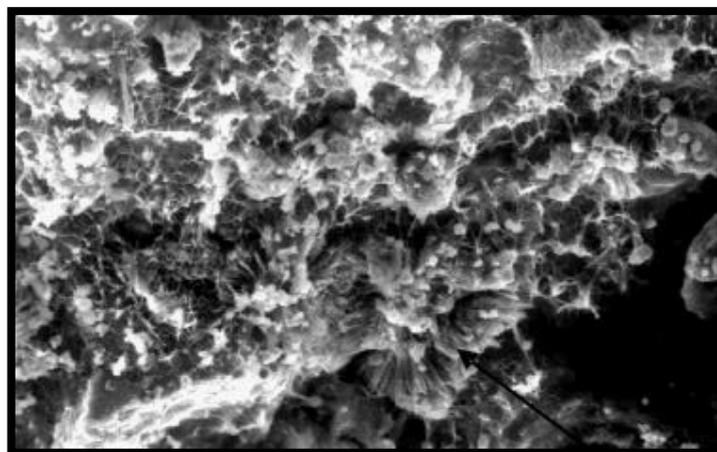
Estas composiciones, llamadas potenciales, no se presentan aisladas. Se puede hablar de "fases", que las contienen en una gran proporción junto con algunas impurezas, por lo cual no son verdaderos compuestos en el cemento químico, pero las proporciones calculadas de ellos revelan valiosa información, en cuanto a las propiedades del cemento (Niño, 2010).

De esta forma se habla de las fases: alita, con alto contenido de  $C_3S$ , la belita, a base de  $C_2S$ , el aluminato, rica en  $C_3A$  y la ferrito, solución sólida compuesta por ferritos y aluminatos de calcio. (Niño, 2010).

#### a.1. Hidratación del Cemento

La reacción mediante la cual el cemento Portland se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. El cemento al entrar en contacto con agua forma una pasta y se establece un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes (figura N° 1) (Niño, 2010).

**Figura N° 1: Cristales de Cemento Hidratado**



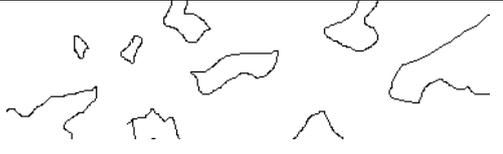
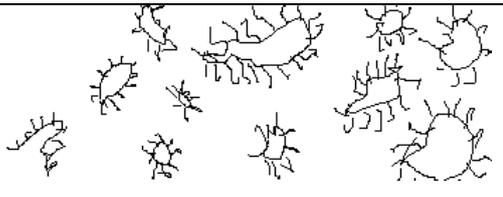
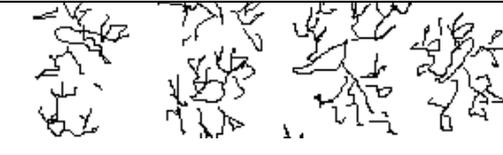
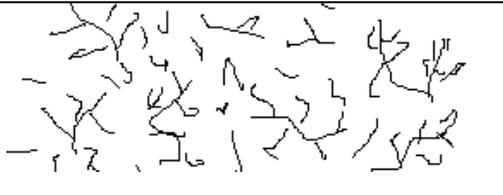
Fuente: Gómez y Escalante, 2009.

**a.2. Formación de la pasta de cemento**

En términos generales, puede decirse que se realiza como consecuencia de las reacciones químicas del cemento con el agua. Dependiendo de la composición del cemento y de las condiciones de hidratación (temperatura, humedad, etc.), lo cual hace que la pasta sea un sistema dinámico que cambia con el tiempo, formando un conjunto complejo de productos de hidratación (Niño, 2010).

En la tabla N° 4 se presenta una descripción simplificada de los procesos de formación de pasta de cemento (Niño, 2010).

**Tabla N° 4: Formación de la pasta de cemento**

|   |  |
|---|--|
| <p>1. INICIO<br/>Dispersión fina del cemento en el agua.</p>            |   |
| <p>2. DOS MINUTOS DESPUÉS<br/>Gel inestable.</p>                        |  |
| <p>3. DOS HORAS DESPUÉS<br/>Gel estable.</p>                            |  |
| <p>4. DOS DÍAS DESPUÉS<br/>Desarrollo de las propiedades mecánicas.</p> |  |

Fuente: Niño, 2010

La tabla N° 5 muestra simplificada los fenómenos que ocurren durante el proceso (Niño, 2010).

**Tabla N° 5: Secuencia de las reacciones básicas de hidratación del cemento  
Portland**

| ETAPAS DE LA REACCIÓN                    | PROCESOS QUÍMICOS  | PROCESOS FÍSICOS  | INFLUENCIA DE LA REACCIÓN   |
|--|--|---|---|
| Primeros minutos                         | Rápida disolución inicial de sulfatos y aluminatos de álcali; hidratación inicial.   | Alta velocidad de evolución de calor. Pueden influir en el fraguado.  | Los cambios en la composición de la fase líquida inicial de $C_3S$ ; formación de estringita.   |
| De 1 a 4 horas (periodo de inducción)    | Disminución del silicato pero aumento en la concentración de iones de Ca; se inicia la formación de núcleos de CH y C-S-H            | Formación de los primeros productos de hidratación; baja velocidad de evolución de calor. El sulfato puede influir en el fraguado y la trabajabilidad. La hidratación de los silicatos de calcio termina el fraguado inicial. | La formación de cristales con forma de placa o barra por balance inadecuado de iones de aluminatos y la concentración de Ca alcanza un nivel superior de la saturación de Ca. |
| De 3 a 12 horas (periodo de aceleración) | Rápida reacción química de los silicatos de Ca para formar C-H-S y CH; disminución de la supersaturación de Ca.                      | La rápida formación de los hidratos provoca una disminución en la porosidad, alta velocidad de la evolución del calor.  | Fraguado inicia; cambio de consistencia plástica a rígida; desarrollo de la resistencia temprana; fraguado final.   |
| Etapas de post aceleración               | Formación de CH y C-S-H controlada por difusión; recristalización de etrinnita a monosulfato y polimerización de posibles silicatos. | Disminución de la evolución del calor; continua disminución de la porosidad.  | Continuo desarrollo de la resistencia a velocidad decreciente. La porosidad y la morfología del sistema hidratado determina la adherencia entre la pasta y el agregado.       |

Fuente: Niño, 2010.

b) Propiedades Físicas

Las propiedades físicas más importantes del cemento son: densidad, finura.

b.1. Densidad del Cemento

Es la relación entre la masa de una cantidad dada y el volumen absoluto de esa masa. Su valor varía muy poco, y en un cemento portland normal, suele estar muy cercano a 3.15 g/cm<sup>3</sup>.

En realidad la densidad del cemento no indica directamente la calidad del mismo, pero a partir de ella se pueden deducir otras características cuando se analiza en conjunto con otras propiedades.

Esta medida es indispensable en el diseño y control de mezclas de concreto, en donde se requiere conocer cuánto espacio ocupa determinada masa de cemento. Esto se hace aplicando la ecuación que establece que la densidad de un material es igual a su masa dividida por su volumen (Niño, 2010).

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen} \dots \dots \dots (2)$$

b.2. Finura del Cemento

El proceso de molienda del Clinker y yeso determina la finura del cemento que es el tamaño de las partículas de cemento. La finura es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está íntimamente ligada con la velocidad de hidratación, desarrollo de calor, retracción y aumento de la resistencia.

Puesto que la hidratación de los granos de cemento se inicia desde la superficie hacia el interior, el área superficial total de las partículas de cemento constituye un parámetro determinante para regular la velocidad de hidratación. Así, un cemento con partículas de mucha área específica, o sea, de alta finura, endurece con mayor velocidad y tiene un desarrollo rápido de resistencia (Niño, 2010).

Por otro lado, los cementos con partículas muy gruesas se hidratan y endurecen muy lentamente, lo que puede producir exudación de agua por su escasa capacidad para retenerla (Niño, 2010).

#### **2.2.1.4.2 Agregados**

##### **2.2.1.4.2.1 Definición**

Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto. Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento (Abanto, 2009)

##### **2.2.1.4.2.2 Agregado Fino**

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finalmente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 (Abanto, 2009).

Las arenas provienen de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados (Abanto, 2009).

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites indicados en la Norma NTP 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- a) La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.
- b) El agregado no deberá retener más del 45 % en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- c) En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

**Tabla N° 6: Límites granulométricos para el agregado fino.**

| MALLA | % QUE PASA |
|-------|------------|
| 3/8"  | 100        |
| N°4   | 95-100     |
| N°8   | 80-100     |
| N°16  | 50-85      |
| N°30  | 25-60      |
| N°50  | 5-30       |
| N°100 | 0-10       |

Fuente: NTP 400.037, 2002

#### 2.2.1.4.2.3 Agregado Grueso

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto, 2009).

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Abanto, 2009).

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la Norma NTP 400.037 o en la Norma ASTM C33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

**Tabla N° 7: Límites Granulométricos para el agregado grueso.**

| Huso | Tamaño<br>máximo<br>nominal | Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso   |         |          |         |          |             |         |         |          |          |            |            |            |           |       |
|------|-----------------------------|--|---------|----------|---------|----------|-------------|---------|---------|----------|----------|------------|------------|------------|-----------|-------|
|      |                             | Porcentaje que Pasa por los tamices Normalizados |         |          |         |          |             |         |         |          |          |            |            |            |           |       |
|      |                             | 100mm  | 90 mm   | 75 mm    | 63 mm   | 50 mm    | 37.5 mm     | 25.0 mm | 19.0 mm | 12.5 mm  | 9.0 mm   | 4.75<br>mm | 2.36<br>mm | 1.18<br>mm | 300<br>um |       |
|      |                             | 4 pulg   | 3½ pulg | 3 pulg   | 2½ pulg | 2 pulg   | 1 ½ pug     | 1 pulg  | ¾ pulg  | 1/2 pulg | 3/8 pulg | N°4        | N°8        | N°16       | N°50      |       |
| 1    | 90 mm a<br>37.5 mm          | 3 ½<br>pulg a<br>1 ½<br>pug                      | 100     | 90 a 100 | -----   | 25 a 60  | -----       | 0 a 15  | -----   | 0 a 15   | -----    | -----      | -----      | -----      | -----     | ----- |
| 2    | 63 mm a<br>37.5 mm          | 3 ½<br>pulg a<br>1 ½<br>pulg                     | -----   | -----    | 100     | 90 a 100 | 35 a 70     | 0 a 15  | -----   | 0 a 5    | -----    | -----      | -----      | -----      | -----     | ----- |
| 3    | 50 mm a<br>25.0 mm          | 2 pulg<br>a 1<br>pulg                            | -----   | -----    | -----   | 100      | 90 a<br>100 | 35 a 70 | 0 a 15  | -----    | 0 a 15   | -----      | -----      | -----      | -----     | ----- |

|     |                         |                         |       |       |       |       |             |          |          |         |         |         |           |       |       |       |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------|----------|---------|---------|---------|-----------|-------|-------|-------|
| 357 | 50 mm a<br>4.75 mm      | 2 pug a<br>N°4          | ----- | ----- | ----- | 100   | 95 a<br>100 | -----    | 35 a 70  | -----   | 10 a 30 | -----   | 0 a 5     | ----- | ----- | ----- |
| 4   | 37.5 mm<br>a 19.0<br>mm | 1 ½<br>pulg a<br>¼ pulg | ----- | ----- | ----- | ----- | 100         | 90 a 100 | 20 a 55  | 0 a 5   | -----   | 0 a 5   | -----     | ----- | ----- | ----- |
| 467 | 37.5 mm<br>a 4.75<br>mm | 1 ½<br>pulg a<br>N°4    | ----- | ----- | ----- | ----- | 100         | 95 a 100 | -----    | 35 a 70 | -----   | 10 a 30 | 0 a 5     | ----- | ----- | ----- |
| 5   | 25 mm a<br>9.5 mm       | 1 pulg<br>a ½<br>pulg   | ----- | ----- | ----- | ----- | -----       | 100      | 90 a 100 | 20 a 55 | 0 a 10  | 0 a 5   | -----     | ----- | ----- | ----- |
| 56  | 25 mm a<br>9.5 mm       | 1 pulg<br>a 3/8<br>pulg | ----- | ----- | ----- | ----- | -----       | 100      | 90 a 100 | 40 a 85 | 10 a 40 | 0 a 15  | 0 a 5     | ----- | ----- | ----- |
| 57  | 25 mm a<br>4.75 mm      | 1 pug a<br>N°4          | ----- | ----- | ----- | ----- | -----       | 100      | 95 a 100 | -----   | 25 a 60 | -----   | 0 a<br>10 | 0 a 5 | ----- | ----- |

|    |                         |                         |       |       |       |       |       |       |       |          |          |             |             |         |        |       |
|----|-------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------------|-------------|---------|--------|-------|
| 6  | 19 mm a<br>9.5 mm       | ¾ pulg<br>a 3/8<br>pulg | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 100   | 90 a 100 | 20 a 55  | 0 a 15      | 0 a 5       | -----   | -----  | ----- |
| 67 | 19 mm<br>4.75 mm        | ¾ pulg<br>a N°4         | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 100   | 90 a 100 | -----    | 20 a 55     | 0 a<br>10   | 0 a 5   | -----  | ----- |
| 7  | 12.5 mm<br>a 4.75<br>mm | ½ pulg<br>a N°4         | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 100      | 90 a 100 | 40 a 70     | 0 a<br>15   | 0 a 15  | -----  | ----- |
| 8  | 9.5 mm a<br>2.36 mm     | 3/8<br>pulg a<br>N°8    | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | -----    | 100      | 85 a<br>100 | 10 a<br>30  | 0 a 10  | 0 a 5  | ----- |
| 89 | 9.5 mm a<br>1.18 mm     | 3/8<br>pulg a<br>N°16   | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | -----    | 100      | 90 a<br>100 | 25 a<br>55  | 5 a 30  | 0 a 10 | 0 a 5 |
| 9  | 4.75 mm<br>a 1.18<br>mm | N°4 a<br>N°16           | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | -----    | -----    | 100         | 85 a<br>100 | 10 a 40 | 0 a 10 | 0 a 5 |

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037, 2002

#### **2.2.1.4.2.4 Propiedades de los agregados**

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación detallamos alguna de ellas (Carrillo, 2003):

- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia.
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

#### **2.2.1.4.3 Agua**

##### **2.2.1.4.3.1 Definición**

El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Esta agua debe cumplir ciertos requisitos para que no sea perjudicial al concreto. Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. Pero en cualquier caso el agua a usar en la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 (Carrillo, 2003).

##### **2.2.1.4.3.2 Agua de amasado**

Según Manzano, 2011 dice:

- Participa en las reacciones de hidratación del cemento
- Confiere al mortero la trabajabilidad necesaria.
- La cantidad de agua de amasado debe limitarse al mínimo estrictamente necesario.
- El agua en exceso se evapora y crea una serie de huecos en el mortero, disminuyendo su resistencia.
- Un déficit de agua de amasado origina masas pocos trabajables y de difícil colocación.
- Cada litro de agua de amasado añadido de más a un hormigón equivale a una disminución de 2 kg de cemento.

### 2.2.1.4.3.3 Agua de curado

Durante el proceso de fraguado y primer endurecimiento del mortero, tiene por objeto:

- Evitar la desecación
- Mejorar la hidratación del cemento
- Impedir una retracción prematura

### 2.2.1.4.3.4 Requisitos que debe cumplir el agua

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia u estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero (Abanto, 2009).

Si se tuviera dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos (Abanto, 2009):

**Tabla N° 8: Requisitos que debe cumplir el agua**

| SUSTANCIAS DISUELTAS  | VALOR MÁXIMO ADMISIBLE |
|-----------------------|------------------------|
| Cloruros              | 300 ppm                |
| Sulfatos              | 300 ppm                |
| Sales de magnesio     | 150 ppm                |
| Sales solubles        | 1500 ppm               |
| PH                    | Mayor de 7             |
| Sólidos en suspensión | 1500 ppm               |
| Materia orgánica      | 10 ppm                 |

Fuente: Abanto, 2009

## 2.2.2 La palma de coco

### 2.2.2.1 Definición

*Cocos nucífera L.*, conocida comúnmente como coco, palma de coco, tal vez uno de los árboles de los trópicos mejor reconocido. Es una palma alta y erecta, usualmente de 10 a 20 m de altura, posee un tronco delgado, ya sea curvo o recto, a menudo ensanchado e inclinado en la base, con una corteza parda o gris ligeramente rajada (Novoa, 2005).

**Figura N° 2: Planta de coco (Cocos nucífera).**



Fuente: Novoa, 2005

### 2.2.2.2 Clasificación botánica

Según Novoa, 2005 el cocotero (*Cocos nucífera L.*) se clasifica botánicamente como:

- Clase: Monocotyledoneae.
- Orden: Palmales.
- Familia: Palmacea.
- Subfamilia: Cocovsideae.
- Género: Cocos.
- Especie: nucífera.

### 2.2.2.3 Partes de la palma de coco

- a) **Raíz:** El sistema radicular del cocotero es fasciculado. Las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua. Las terciarias (que se derivan de las secundarias) son las verdaderas extractoras de nutrientes. Las raíces activas se localizan en un radio de 2 metros del tronco, a una profundidad entre los 0.2 a 0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva del suelo y de la profundidad del nivel freático (Novoa, 2005).
- b) **Tallo:** El tronco del cocotero es un espite no ramificado. En su extremo superior o ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta (Novoa, 2005).

La inflorescencia es la única ramificación del tallo. En ocasiones se presentan anomalías como las ramificaciones múltiples. Debido a que el tronco no posee tejido meristemático no engruesa, sin embargo, las variaciones en la disponibilidad de agua inducen cambios en el diámetro del tronco. El crecimiento en altura, depende de las condiciones ecológicas y de la edad de la planta. También varía entre los diferentes tipos de cocoteros (Novoa, 2005).

- c) **Hojas:** La hoja de cocotero es de tipo pinnada y está formada por un peciolo que casi circunda el tronco, continua un raquis del cual se desprenden de 200 a 300 folíolos. El largo de la hoja puede alcanzar los 6 metros y es menor al aumentar la edad de la planta (Novoa, 2005).
- d) **Inflorescencia:** Posee inflorescencias paniculadas, axilares, protegidas por una bráctea llamada espada. La espada se desarrolla en 3 ó 4 meses, después se abre y libera las espigas. Cada espiga posee flores masculinas en los dos tercios terminales y femeninas en el tercio basal.

En los cocoteros gigantes las flores masculinas se abren antes que las femeninas estén receptivas, induciendo así la polinización cruzada. En el caso de los enanos la apertura es simultánea, por tanto hay un porcentaje alto de autofecundación (Novoa, 2005).

- e) **Fruto:** El fruto es una drupa, formado por una epidermis lisa, un mesocarpio fibroso (también conocido como estopa) del cual se extrae fibra. Más al interior se encuentra el endocarpio pétreo que es una capa fina y dura de color marrón llamada hueso o concha, envuelto por él se encuentra el albumen sólido o copra que forma una cavidad grande donde se aloja el albumen líquido, también conocido como agua de coco.

El embrión se encuentra próximo a dos orificios del endocarpio, envuelto por el albumen sólido.

Según la variedad, el color, la forma y el grosor del fruto cambian cuando el fruto está maduro, su color puede ser amarillo, verde, castaño. La forma puede ser redonda, ovoide-globoso u ovoide triangular. El diámetro varía de 10 a 40 cm., el endocarpio tiene tres ojos basales. El peso del fruto puede variar de 0.50 a 1.50 kg (Novoa, 2005).

Composición del fruto:

- Mesocarpio 35%(incluyendo pericarpio)
- Endocarpio 12%
- Endospermo 28%
- Agua 25%

#### 2.2.2.4 Usos de la palma de coco

Aun no se ha llegado al aprovechamiento del 100% de todas las partes de la palmera de coco (cocos nucífera), estudiándolo desde el punto de vista residual, sin derrumbarlas para la producción de algún producto.

La copra es altamente aprovechada para la elaboración de aceites, jabones, etc.

La cáscara de coco, o endocarpio, se puede usar para hacer varios utensilios tales como tazones, tazas, cucharas y cucharones, pipas para fumar, ceniceros, cajas, juguetes, carbón, carbón activado, botones.

La parte más utilizada de la palmera de coco es sin duda alguna su madera, los usos dentro de la construcción son limitados, aunque esto genere un daño a las plantaciones y es una causa de la disminución de los plantíos (Novoa, 2005).

## 2.2.3 El coco

### 2.2.3.1 Definición

El coco está constituido por una parte blanda interior y un líquido, a los cuales se les realizan procesos industriales para la obtención de grasas, aceites comestibles, confites y copra; sin embargo, también está constituido por la estopa o mesocarpio, que se encuentra entre el exocarpio duro o cubierta externa, y el endocarpio o envoltura dura, que encierra la semilla; el valor de ésta estriba en su contenido de fibra (fibra bonote), de la cual se pueden distinguir tres tipos principales: una larga y fina, una tosca y una más corta, material que se puede convertir en una alternativa de utilización de materia prima fibrosa como agregado liviano, en la industria del concreto aligerado, con un doble fin: disminuir el peso de las estructuras y proporcionar un grado aceptable de resistencia (Quintero y González, 2006).

El coco es una fruta comestible obtenida del cocotero, la palmera más cultivada a nivel mundial. Tiene dos cáscaras: una externa que es fibrosa y verde (estopa), y otra interna que es dura, vellosa y marrón que tiene adherida la pulpa, que es blanca y aromática, la que almacena el contenido de agua (hueso) (Quintanilla, 2010).

**Figura N° 3: Partes del coco**



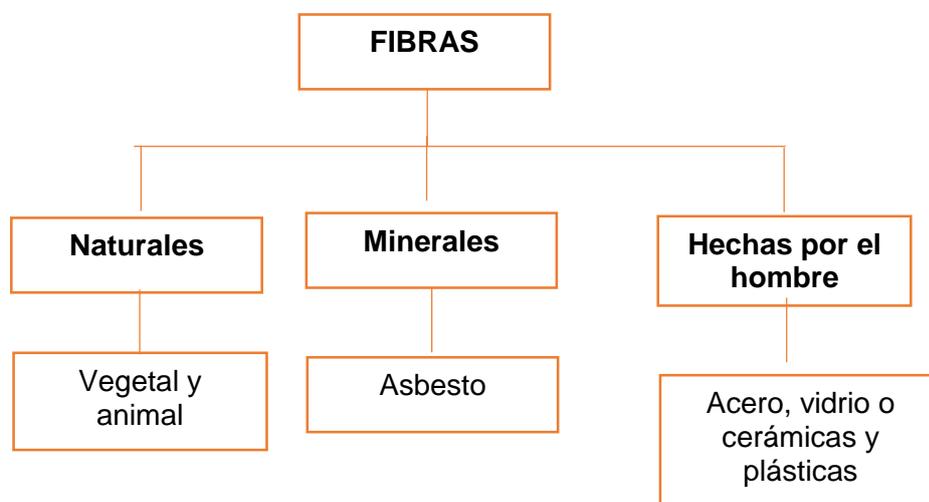
Fuente: Quintanilla, 2010

## 2.2.4 Fibras

### 2.2.4.1 Clasificación de las Fibras

Las fibras pueden ser clasificadas de acuerdo a su origen. Esta clasificación no pretende ser exhaustiva, sin embargo, es la utilizada por la mayoría de los investigadores en el tema, ver la figura N° 4 (Juárez, 2002).

**Figura N° 4: Clasificación de las fibras según su origen**



Fuente: Juárez, 2002

Las fibras minerales y las hechas por el hombre señaladas en esta figura son las que tienen mayor aplicación como refuerzo en el concreto.

### 2.2.4.2 Fibras naturales vegetales

Históricamente, las fibras naturales vegetales o simplemente fibras naturales eran usadas empíricamente para reforzar varios materiales de construcción, o bien para la producción de material textil. Sin embargo, es hasta años recientes que los científicos se han dedicado a estudiar el uso de este tipo de fibras como refuerzo en el concreto. Las fibras naturales se pueden obtener a un bajo costo usando la mano de obra disponible en la localidad y las técnicas adecuadas para su obtención, estas fibras son llamadas generalmente fibras naturales no procesadas. Sin embargo, las fibras naturales pueden ser procesadas química o mecánicamente para mejorar sus propiedades, estas fibras son generalmente de

celulosa derivada de la madera. Los países desarrollados utilizan estos procesos químicos o mecánicos para su aplicación industrial, desafortunadamente su alto costo impide que sean usados en los países pobres y en desarrollo, a tales fibras se les conoce como fibras naturales procesadas (Juárez, 2002).

### 2.2.4.3 Propiedades mecánicas de las fibras naturales

Las fibras naturales necesitan tener adecuadas propiedades mecánicas para ser consideradas como posible refuerzo en matrices de cemento. En los últimos 30 años los investigadores interesados en este tema realizaron un gran número de trabajos para obtener esta información.

A continuación se presenta en la tabla 1 un resumen de las propiedades físico mecánicas de fibras naturales con mayor uso como refuerzo de concreto base cemento portland (Juárez, 2002).

**TABLA N° 09: Propiedades mecánicas típicas de las fibras naturales**

| Propiedades Mecánicas Típicas de la Fibras Naturales |             |             |                                      |                           |                                  |                           |                     |
|--|-------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Tipo de Fibra  | Longitud mm | Diámetro mm | Densidad Absoluta Gr/cm <sup>3</sup> | Módulo de Elasticidad Gpa | Resistencia última a Tensión Mpa | Elongación a la Ruptura % | Absorción de Agua % |
| Yute   | 1800-3000   | 0.10-0.20   | 1.02-1.04                            | 26-32                     | 250-350                          | 1.5-1.9                   | 62                  |
| Lino   | 500         | -----       | -----                                | 100                       | 1000                             | 1.8-2.2                   | -----               |
| Bambú  | 2500-3500   | 0.05-0.4    | 1.52                                 | 33-40                     | 350-500                          | -----                     | 40-45               |
| Caña de azúcar                                       | 50-300      | 0.20-0.40   | 1.20-1.30                            | 15-19                     | 170-290                          | -----                     | 70-75               |
| Sisal  | -----       | 0.10-0.50   | -----                                | 13-26                     | 280-568                          | 3-5                       | 60-70               |
| Henequén   | -----       | 0.36        | 1.40                                 | -----                     | 91-307                           | 2.3-7.6                   | 163.10              |
| Pasto de Elefante                                    | -----       | 0.45        | -----                                | 5                         | 178                              | 3.6                       | -----               |
| Plátano  | -----       | 0.43        | 0.298                                | 1.4                       | 92                               | 5.9                       | 276                 |

|         |        |           |           |       |         |       |         |
|---------|--------|-----------|-----------|-------|---------|-------|---------|
| Musamba | -----  | 0.82      | -----     | 0.9   | 83      | 9.7   | -----   |
| Coco    | 50-350 | 0.10-0.40 | 1.12-1.15 | 19-26 | 120-200 | 10-25 | 130-180 |

Fuente: Juárez, 2002

### 2.2.5 La fibra de coco y sus características

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua. Su resistencia y durabilidad lo hace un material adecuado para el mercado de la construcción para usarlo como material de aislamiento térmico y acústico, explica Jaime Piña, experto en el estudio del cocotero en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Novoa, 2005).

La fibra de coco se puede definir de forma cilíndrica, pared delgada, extremos redondos; tiene pequeños vasos sementados y largos, vasos anulares en espiral. Presenta un alto contenido de lignina, bajo porcentaje de celulosa y pentosanos y un elevado porcentaje de cenizas (Novoa, 2005).

La composición química promedio de la estopa de coco (fibra de coco), resultados del estudio elaborado en el valle de Tecoman, por el Departamento de Madera, Celulosa y papel, Universidad de Guadalajara (Novoa, 2005).

- Lignina.....42.5%
  - Celulosa.....32.3%
  - Pentanosa.....14.7%
  - Grasas saponificables.....5.1%
  - Grasa insaponificables.....0.7%
  - Cenizas.....3.5%
  - Proteínas.....1.2%
- 100.00%

Elementos naturales en las cenizas: (Referidos al % total)

- MnO.....0.195
- K<sub>2</sub>O.....0.059
- Na<sub>2</sub>O.....0.003
- SiO<sub>2</sub>.....0.701

Debido a que no se dispone del dato sobre el rendimiento neto de la fibra de coco, sólo es posible hacer una estimación de la cantidad total de fibra disponible, en base a la suposición aproximada de que el 10% del peso del coco corresponda a fibra disponible.

## 2.2.6 Uso de la fibra de coco en construcción

### a) Concreto con fibra de coco

Este estudio fue realizado por la Universidad del norte de Barranquilla Colombia en el 2006. Para tal estudio se fabricaron 5 tipos de mezclas con 2 longitudes de fibra distintos uno de 2 cm y otra de 5 cm con porcentajes de 0.5 y 1.5 de fibra incluida en cada una, se elaboraron para cada una dos tipos distintos de especímenes (cilindros y vigas).

El estudio comparó la deformación, resistencia a la compresión, a la tensión y la flexión.

Las conclusiones a las que se llegaron son:

- Las deformaciones menores se registraron en los especímenes elaborados con 1.5% de fibra con longitud de 5 cm.
- La resistencia a la compresión más elevada se registró en los especímenes elaborados con 1.5% de fibra con longitud de 2 cm
- La única mezcla que registro un aumento en la resistencia a la tensión fue la que se elaboró con 0.5% de fibra con longitud de 5cm.
- La adición de fibra afectó positivamente la resistencia a la flexión, siendo la mezcla más beneficiada la que se elaboró con 0.5% de fibra.

## 2.3. Definición de términos básicos

### 2.3.1 Concreto

Un material compuesto que consiste esencialmente de un medio conglomerante dentro del cual están embebidas las partículas o fragmentos del agregado; en el concreto de cemento hidráulico, el conglomerante está formado por una mezcla de cemento hidráulico y agua (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

El concreto es básicamente una mezcla de agregados y pasta. La pasta está compuesta de cemento Portland y agua, la cual une los agregados fino y grueso para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua (Carrillo, 2003).

### **2.3.2 Agregados**

Material granular tal como arena, grava, piedra triturada, o escoria de alto horno usada con un medio cementante para formar el concreto de cemento hidráulico o mortero (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

Los agregados son la parte inerte del concreto, sin embargo al constituir entre 65% y 75% aproximadamente del total del concreto, debemos tener muy clara su importancia, la cual antiguamente y durante muchos años fue poco considerada (Carrillo, 2003).

### **2.3.3 Asentamiento**

Este ensayo se realiza para medir la consistencia de la mezcla. La variación de los valores de la consistencia obtenida indica la variación del contenido de agua o de las proporciones de la mezcla, por lo que es útil para comprobar la calidad del mortero producido. El aparato utilizado para el ensayo consiste en un molde de acero de 100 mm de diámetro en la parte superior, 200 mm en la inferior y 300 mm de altura, y se utiliza en combinación con un atacador de acero de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud redondeado en un extremo (estas dimensiones variarán según las normas locales) (Norma Técnica Peruana NTP 339.035, 1999).

### **2.3.4 Contenido de aire**

El volumen de los poros o vacíos de aire o de otro gas en la pasta de cemento, mortero o concreto, excluyendo los poros impermeables contenidos en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero o concreto (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

### **2.3.5 Curado**

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada (Sánchez y Tapia, 2015)

### **2.3.6 Fibras**

Filamentos delgados de materiales naturales o manufacturados, que pueden ser distribuidos uniformemente a través de una mezcla cementicia fresca en forma de tiras aisladas, en manojos, mallas, o cables (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

### **2.3.7 Fibra de coco**

El sustrato fibroso es un sustrato de textura gruesa, elaborado a partir del mesocarpo de coco, incorporando toda la porción fibrosa del mismo. Se encuentra compuesto principalmente por partículas mayores a 2 cm (Muñoz, 2007).

### **2.3.8 Tamaño Máximo Nominal**

Para uso en las especificaciones o para la descripción del agregado, es el que corresponde a la menor abertura de tamiz a través de la cual puede permitirse que pase la muestra completa de agregado (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

### **2.3.9 Tiempo de fraguado**

El tiempo transcurrido desde la adición del agua de mezcla a una mezcla cementicia, hasta que la mezcla alcanza el grado de rigidez especificado, medido por un procedimiento especificado (Norma Técnica Peruana NTP 339.047, 2006).

### **2.3.10 Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a la carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) a una edad de 28 días, se le designa con el símbolo  $f'_c$  la resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de estructuras (Aguilar et al, 2009).

### **2.3.11 Resistencia a la flexión**

Se define como los esfuerzos que tienden a doblar el elemento alrededor de cualquiera de los ejes perpendiculares a su eje longitudinal. La flexión es causada por la acción de momentos sobre la estructura, creando tracciones y compresiones diferenciadas en los

diferentes puntos de la pieza, dependiendo su distancia del eje neutro y de la distribución del momento aplicado (Terreros, 2014).

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

A mayor adición de fibra de coco mayor resistencia a compresión y flexión del concreto.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Variable dependiente:** Resistencia a compresión y flexión del concreto.

**Variable independiente:** La fibra de coco.

**Tabla N° 10: Operacionalización de variables**

| VARIABLE DEPENDIENTE                            | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | INDICADORES  | UNIDAD             |
|---|---|--|--------------------|
| Resistencia a compresión y flexión del concreto | La resistencia es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo (Osorio, 2013).   | Valor de la resistencia a compresión ( $f'c$ ) del concreto para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> .                                 | kg/cm <sup>2</sup> |
|   |   | Valor de la resistencia a flexión del concreto, el cual viene a ser el Módulo de Rotura (R) para un diseño de 210 kg/cm <sup>2</sup> . | kg/cm <sup>2</sup> |
| VARIABLE INDEPENDIENTE                          | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | INDICADORES  | UNIDAD             |
| La Fibra de coco                                | La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua (Novoa, 2005). | Dosificación de la fibra de coco.  | %                  |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Tipo de diseño de investigación.

El tipo de diseño de investigación es experimental aplicada.

### 4.2. Material.

#### 4.2.1. Unidad de estudio.

La probeta de concreto.

#### 4.2.2. Población.

Todas las probetas diseñadas.

#### 4.2.3. Muestra.

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia. Se utilizó:

##### Probetas de concreto:

- 9 probetas de concreto convencional.
- 9 probetas con adición de 0.5% de fibra de coco.
- 9 probetas con adición de 1.0% de fibra de coco.
- 9 probetas con adición de 1.5% de fibra de coco.
- 9 probetas con adición de 2.0% de fibra de coco.

##### Especímenes de concreto:

- 9 especímenes de concreto convencional.
- 9 especímenes con adición de 0.5% de fibra de coco.
- 9 especímenes con adición de 1.0% de fibra de coco.
- 9 especímenes con adición de 1.5% de fibra de coco.
- 9 especímenes con adición de 2.0% de fibra de coco.

Por lo tanto se tiene una muestra de 90 probetas.

### 4.3. Métodos.

#### 4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

##### 4.3.1.1 Para recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizó fichas, en donde se anotaron los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados.

#### 4.3.2. Procedimientos.

### I. ENSAYOS DE AGREGADOS

#### 1. Ensayo Granulométrico (NTP 400.012, 2001):

Este método se usa principalmente para determinar la granulometría de los materiales propuestos que serán utilizados como agregados. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones que son aplicables y para suministrar los datos necesarios para la producción de diferentes agregados y mezclas que contengan agregados.

**Tabla N° 11: Tamices para A.G**

| TAMIZ O MALLA |        |
|---------------|--------|
| Abertura (mm) | N°     |
| 50.00         | 2"     |
| 37.5          | 1 1/2" |
| 25.00         | 1"     |
| 19.00         | 3/4"   |
| 12.50         | 1/2"   |
| 9.50          | 3/8"   |
| CAZOLETA      |        |

Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

**Tabla N° 12: Tamices para A.F**

| TAMIZ O MALLA |     |
|---------------|-----|
| Abertura (mm) | N°  |
| 4.75          | 4   |
| 2.36          | 8   |
| 1.18          | 16  |
| 0.6           | 30  |
| 0.3           | 50  |
| 0.15          | 100 |
| 0.007         | 200 |
| CAZOLETA      |     |

Fuente: Norma NTP 400.012, 2015

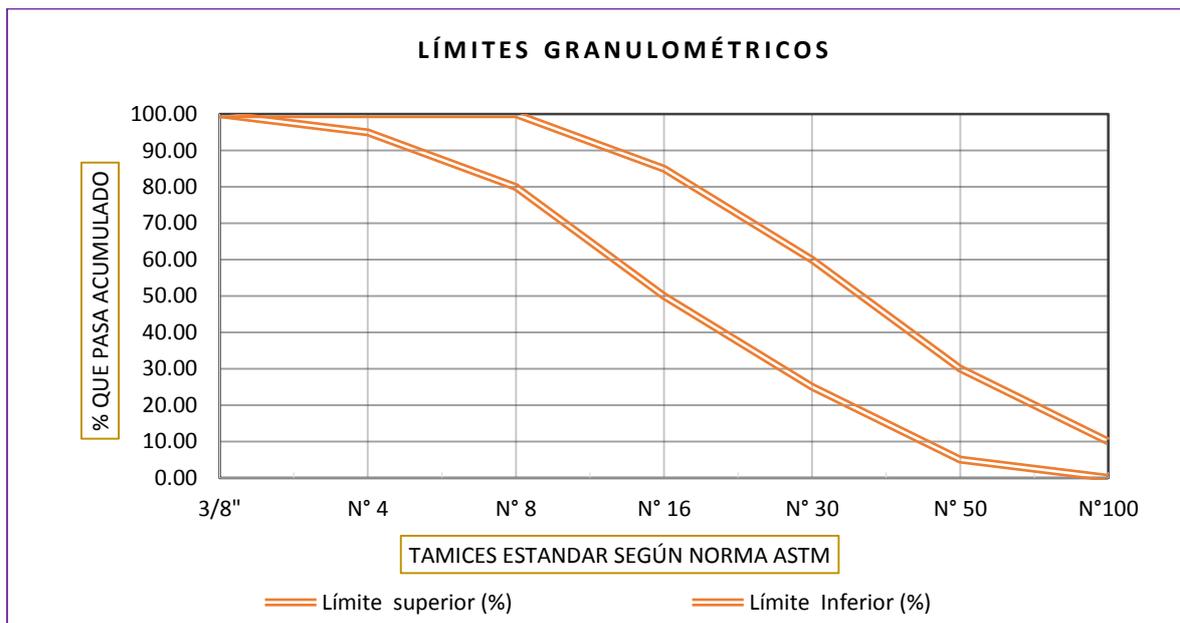
Para determinar si el material es bien gradado o no, se utiliza los siguientes usos granulométricos:

**Tabla N° 13: Límites de gradación de agregado fino**

| Tamiz | Abertura del tamiz | Límite superior (%) | Límite Inferior (%) |
|-------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 3/8"  | 9.5                | 100.00              | 100.00              |
| N° 4  | 4.750              | 100.00              | 95.00               |
| N° 8  | 2.360              | 100.00              | 80.00               |
| N° 16 | 1.180              | 85.00               | 50.00               |
| N° 30 | 0.600              | 60.00               | 25.00               |
| N° 50 | 0.300              | 30.00               | 5.00                |
| N°100 | 0.150              | 10.00               | 0.00                |

Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

**Gráfico N° 01: Uso granulométrico de agregado fino**



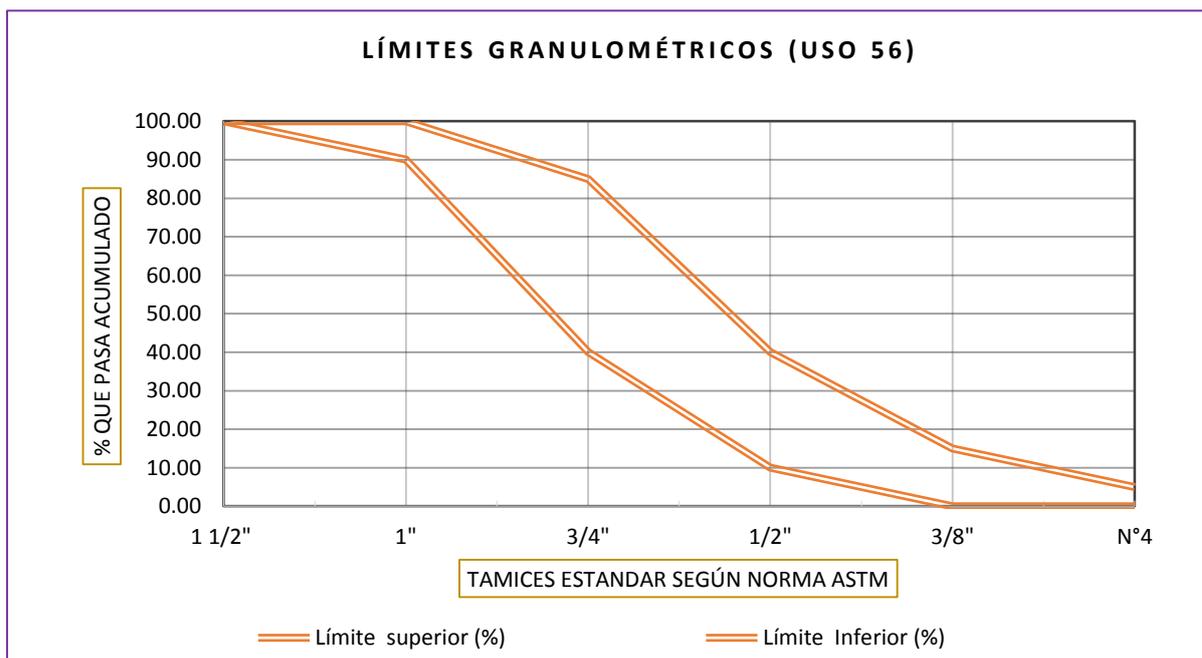
Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

**Tabla N° 14: Límites de gradación de agregado grueso**

| Tamiz  | Abertura del tamiz | Límite superior (%) | Límite Inferior (%) |
|--------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1 1/2" | 37.50              | 100.00              | 100.00              |
| 1"     | 25.00              | 100.00              | 90.00               |
| 3/4"   | 19.00              | 85.00               | 40.00               |
| 1/2"   | 12.50              | 40.00               | 10.00               |
| 3/8"   | 9.50               | 15.00               | 0.00                |
| N°4    | 4.75               | 5.00                | 0.00                |

Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

**Gráfico N° 02: Uso granulométrico de agregado grueso**



Fuente: Norma NTP 400.012, 2001

### **a) Materiales y equipos**

- Agregado grueso.
- Agregado fino.
- Juego de mallas de 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 Y N° 200.
- Balanza.
- Horno a 110°C±5°C.
- Taras
- Cucharón metálico.

### **b) Procedimiento**

#### **b.1) Agregado Fino**

- Tomamos una muestra de agregado de la cantera seleccionada.
- Se procede a cuartear.
- Luego pesamos la muestra obtenida por el cuarteo (1500 gr).
- Luego introducimos el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012.
- Se comienza a agitar, para que sólo quede el material que en verdad es retenido.
- Una vez concluido el tamizado se procede a pesar lo que ha sido retenido en cada malla y en la cazoleta.

#### **b.1) Agregado Grueso**

- Tomamos una muestra de agregado de la cantera seleccionada.
- Se procede a cuartear.
- Luego pesamos la muestra obtenida por el cuarteo (8000 gr).
- Luego introducimos el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma NTP 400.012.
- Se comienza a agitar, para que sólo quede el material que en verdad es retenido.
- Una vez concluido el tamizado se procede a pesar lo que ha sido retenido en cada malla.

Luego de realizar dicho ensayo tanto en el agregado grueso y fino se pasa a la elaboración de los cálculos.

## 2. Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.185, 2002):

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas, o sea:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

Dónde:

- w = contenido de humedad expresado en %.
- Ww = peso del agua existente en la masa de suelo.
- Ws = peso de las partículas sólidas.

### a) Materiales y equipos

- Agregado grueso con humedad natural.
- Agregado fino con humedad natural.
- Horno a 110°C±5°C.
- Balanza.
- Taras
- Cucharón metálico

### b) Procedimiento

#### b.1) Agregado Fino

- Peso de taras.
- Cálculo aproximado de material.
- Se colocó el agregado fino húmedo en las taras y se pesó.
- Se introdujo en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C.

- Luego del tiempo transcurrido se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca).
- Después se realizó el cálculo del Contenido de Humedad (%).

#### **b.1) Agregado Grueso**

- Peso de taras.
- Cálculo aproximado de material.
- Se colocó el agregado grueso húmedo en las taras y se pesó.
- Se introdujo en el horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C.
- Luego del tiempo transcurrido se dejó enfriar la muestra de agregado a la temperatura ambiente para luego ser pesada (tara + muestra seca).
- Después se realizó el cálculo del Contenido de Humedad (%).

### **3. Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017, 1999):**

Se denomina peso unitario suelto (PUS) cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela al ras con una varilla.

Se denomina peso unitario compactado (PUC) cuando el agregado ha sido sometido a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria.

#### **a) Materiales y equipos**

- Agregado grueso y/o fino en cantidad suficiente que exceda la capacidad del molde.
- Balanza con precisión de 0.1%.
- Varilla compactadora: Una varilla lisa redonda de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo, teniendo un extremo o ambos redondeados a una punta semiesférica de 5/8" de diámetro.
- Recipiente volumétrico (molde).

- Cucharón metálico de tamaño conveniente para llenar el molde.

## **b) Procedimiento**

### **b.1) Peso Unitario Suelto para el Agregado Fino y Grueso**

- Determinar el peso del molde.
- Colocar el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica.
- Luego con la ayuda del cucharón metálico colocamos el agregado en el molde desde una altura que no exceda de 2”.
- Después pasamos a nivelar con la varilla.
- Luego se pesó el molde con el agregado anotando así el valor obtenido en kg.
- Este procedimiento se realizó 2 veces más (agregado grueso y fino).

### **b.1) Peso Unitario Compactado para el Agregado Fino y Grueso**

- Determinar el peso del molde.
- Colocar el molde en un sitio nivelado sobre una bandeja metálica.
- Introducimos el material en el molde hasta un tercio de su altura.
- Luego compactamos con la varilla con 25 golpes uniformemente.
- Después llenamos el molde hasta dos tercios su altura, para nuevamente compactar con la varilla con 25 golpes.
- Luego se llena el molde con una última capa hasta rebosarlo, aplicando así 25 golpes más con la varilla.
- Pasamos a enrasar con la misma varilla y luego pesamos en la balanza, obteniendo así el peso del material compactado más el molde.
- El procedimiento se realizó dos veces más, para así obtener un promedio de los tres valores obtenidos.

#### **4. Peso específico y absorción:**

Peso específico es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas.

Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en agua.

##### **4.1 Agregado grueso (NTP 400.021, 2002).**

###### **a) Materiales y equipos**

- Muestra de agregado grueso.
- Balanza.
- Franela.
- Taras.
- Canastilla metálica.
- Tanque con agua.

###### **b) Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra de agregado grueso.
- Se remojó el agregado durante 24 horas en agua.
- Luego de 24 horas se secó el agregado con una franela, para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Después se pesó una tara en donde se colocó el agregado.
- Luego pesamos la muestra en estado de las SSS con la tara.
- Se depositó la muestra en una canastilla metálica, la cual fue sumergida en el tanque con agua, sujeta a un gancho la cual conectaba con una balanza, obteniendo así el peso sumergido del agregado.
- Luego se colocó la muestra en una tara, la cual fue pesada y después colocada en el horno durante 24 horas.
- Después de las 24 horas se pasó a retirar la muestra del horno, la cual fue pesada.

#### **4.2 Agregado fino (NTP 400.022, 2002).**

##### **a) Materiales y equipos**

- Muestra de agregado fino.
- Molde de cono truncado
- Apisonador.
- Balanza.
- Taras.
- 1 Fiola de 1000 ml.
- Agua.

##### **b) Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra de agregado grueso.
- Se remojó el agregado durante 24 horas en agua.
- Luego de 24 horas se dejó secar a intemperie a temperatura ambiente para que éste se encuentre en estado saturado superficialmente seco (SSS).
- Después se comprobó si la muestra estaba en estado de las SSS, realizando así un ensayo en un pequeño cono metálico truncado con un apisonador, el cono metálico es colocado con su diámetro mayor debajo, luego se introduce el agregado hasta rebasar el cono luego se compactada con 25 golpes, luego se enrasa y finalmente el conito es levantado para así comprobar si el agregado está o no en estado saturado superficialmente seco.
- Después se pesó una tara en donde se colocó el agregado.
- Luego pesamos la muestra en estado de las SSS (500 gr) con la tara.
- Luego pasamos a pesar la fiola, para después llenar de agua hasta los 1000 ml y pesamos, obteniendo así el peso de la fiola más el agua.
- Después vaciamos un poco del agua que se encuentra en la fiola para así introducir el agregado fino (500 gr).
- Luego agitamos la fiola que contiene al agregado aproximadamente durante 20 minutos.

- Después del tiempo transcurrido se llena la fiola con agua hasta los 1000 ml y pesamos.
- Colocamos el material que se encuentra en la fiola en una tara y lo colocamos en el horno durante 24 horas.
- Luego de 24 horas sacamos el material seco y lo pesamos.

### 5. Ensayo de Abrasión (NTP 400.019, 2002)

En los agregados gruesos una de las propiedades físicas en los cuales su importancia y su conocimiento son indispensables en el diseño de mezclas es la RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE de los agregados, la cual se realiza en la Máquina de los Ángeles.

Esta es importante porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto para la fabricación de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas.

**Tabla N° 15: Graduaciones de la muestra de ensayo**

| Tamaño del tamiz, mm (pug)<br>(apertura cuadrada) |             | Masa de los tamaños indicados, gr |           |           |           |
|---|-------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|   |             | Graduaciones                      |           |           |           |
| Pasa  | Retenido    | A                                 | B         | C         | D         |
| 37.5 (1 ½")                                       | 25.0 (1")   | 1250 ± 25                         |           |           |           |
| 25.0 (1")   | 19.0 (¾")   | 1250 ± 25                         |           |           |           |
| 19.0 (¾")   | 12.5 (½")   | 1250 ± 10                         | 2500 ± 10 |           |           |
| 12.5 (½")   | 9.5 (¾")    | 1250 ± 10                         | 2500 ± 10 |           |           |
| 9.5 (¾")  | 6.3 (¼")    |                                   |           | 2500 ± 10 |           |
| 6.3 (¼")  | 4.75 (N° 4) |                                   |           | 2500 ± 10 |           |
| 4.75 (N° 4)                                       | 2.36 (N° 8) |                                   |           |           | 5000 ± 10 |
|   | TOTAL       | 5000 ± 10                         | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |

Fuente: NTP 400.019, 2002

**Tabla N° 16: Carga dependiendo de la graduación de la muestra**

| <b>Graduación</b> | <b>Número de esferas</b> | <b>Masa de carga, gr</b> |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| A                 | 12                       | 5000 ± 25                |
| B                 | 11                       | 4584 ± 25                |
| C                 | 8                        | 3330 ± 20                |
| D                 | 6                        | 2500 ± 15                |

Fuente: NTP 400.019, 2002

**a) Materiales y equipos**

- Muestra de agregado grueso.
- Mallas de 1", ¾", ½", 3/8" y N° 12.
- Máquina de los Ángeles.
- Carga de esferas de acero.
- Balanza.

**b) Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra de agregado grueso.
- Se tamizó la muestra por las mallas 1", ¾", ½", 3/8".
- Después de tamizar en cada una de las mallas se pesó 1250 gr de material, los cuales han sido retenidos en las mallas. (utilizando método A).
- Luego se pasó a colocar en la máquina de los Ángeles 12 esferas, de acuerdo al método A.
- Se introdujo el agregado q ha sido pesado en la máquina de los Ángeles.
- Después de 500 revoluciones se pasó a retirar el agregado de la máquina de los Ángeles para que luego dicho material sea tamizado por la malla N° 12.
- El material que es retenido en la malla N° 12 es pesado, para luego realizar los cálculos respectivos del porcentaje de abrasión.

**6. Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) en agregados (NTP 400.018, 2002)**

Una muestra de agregado es lavado de la manera prescrita, utilizando agua libre de impurezas corriente o agua que contenga un agente humectante, cuando se especifique. El agua de lavado decantada, la cual contiene material suspendido y disuelto, se pasa a través de un tamiz de 0,075 mm (N° 200). La pérdida en masa que resulta del tratamiento de lavado se calcula como un porcentaje de masa del espécimen original y se informa como el porcentaje de material más fino que el tamiz de 0,075 mm (N° 200) por lavado.

**a) Materiales y equipos**

- Muestra de agregado.
- Tamiz N° 200.
- Contenedor plástico.
- Horno.
- Taras.

**b) Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra de agregados.
- El método a utilizarse es el lavado con agua corriente.
- Colocar la muestra de ensayo en un contenedor y lo cubrimos con agua.
- Agitamos la muestra de ensayo para así obtener una completa separación de todas las partículas más finas.
- Luego vertemos el agua de lavado en el tamiz N° 200.
- Después agregamos una segunda carga de agua, agitamos y vertemos nuevamente el agua de lavado en el tamiz.
- Seguimos este procedimiento cuantas veces sea necesario hasta que el agua esté completamente clara.
- Después colocamos el material completamente limpio en una tara, lo pesamos y luego colocamos en un horno a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

- Después del tiempo estipulado se pesa el material y se obtiene los resultados.

## II. OBTENCIÓN DE LA FIBRA DE COCO

En la ciudad de Cajamarca, el coco se comercializa sin la fibra, por ese motivo el coco fue traído de la provincia de Jaén, para así obtener la fibra de coco manualmente.

### a) Materiales y equipos

- Cocos.
- 2 tinas grandes.
- Cal.
- Cuchillos.
- Agua.

### b) Procedimiento

- Se seleccionó 40 cocos.
- Los cocos son lavados, para luego proceder a cortar la cáscara que cubre al fruto, llamada fibra de coco.
- Los retazos cortados son colocados en agua, con el fin de que la fibra se vuelva más suave a la hora de desmenuzarla.
- Luego desmenuzamos las cáscaras, obteniendo así la fibra de coco.
- Después colocamos la fibra obtenida en agua con cal (10 Gr/L) durante 48 horas, esto se realiza para limpiar la fibra tanto de impurezas durante su pelado y confinamiento. Además protege a la fibra del deterioro debido a la alta alcalinidad de la pasta.
- Luego del tiempo transcurrido enjuagamos repetidas veces con agua.
- Luego secamos a temperatura ambiente, manteniendo cierta humedad para que no absorba el agua de la mezcla del concreto.
- Cortamos la fibra de acuerdo a la longitud requerida, en este caso es de 2.50 cm.

- La fibra de coco obtenida será adicionada en la mezcla de concreto en un 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% en relación al peso del agregado fino.

### III. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

#### 1) Medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams (NTP 339.035, 1999)

Procedimiento para determinar la docilidad del concreto fresco por el método del asentamiento del cono de Abrams, ya sea en laboratorio o en obra.

##### a) Materiales y equipos

- Muestra de concreto fresco.
- Cono de Abrams.
- Varilla compactadora.
- Bandeja metálica.
- Cucharón metálico.
- Wincha metálica de 5 mts.

##### b) Procedimiento

- Humedecemos el interior del molde cónico.
- Colocamos el molde sobre una bandeja metálica, ésta debe estar en una superficie plana.
- Sujetamos firmemente el molde por las aletas con los pies.
- Se llena el molde con concreto en tres capas, cada capa de un tercio del volumen del molde cónico.
- Cada capa es compactada con la varilla con 25 golpes cada una.
- Después de compactar la última capa con los 25 golpes, enrasamos con la varilla, para luego limpiar los bordes del cono de concreto sobrante esparcido.
- Luego separamos los pies a ambos lados de las aletas del cono y levantamos cuidadosamente de forma vertical.

- Colocamos el cono de forma invertida (diámetro menor debajo), seguidamente se coloca la varilla encima del cono para así medir el asentamiento del concreto en pulgadas.

**Figura N° 5: Cono de Abrams para ensayo de revenimiento**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**2) Contenido de aire en mezcla de concreto fresco por el método de presión (NTP 339.083, 2003)**

El método que se describe para determinar el contenido de aire del hormigón fresco, se basa en la medición del cambio de volumen del hormigón sometido a un cambio de presión.

**a) Materiales y equipos**

- Muestra de concreto fresco.
- Equipo de medidores de aire (Olla de Washington): El equipo consta de un recipiente con tapa de acero cuya capacidad mínima es de 6 litros. La tapa está provista de un ajuste de goma o caucho para cierre hermético con el recipiente y lleva además los aditamentos siguientes:
  - a) Un par de llaves para agua, de entrada y purga.
  - b) Llaves para apretar herméticamente la tapa al recipiente.

- c) Cámara de presión con dial, bomba manual (o bombín externo), válvula para traspasar el aire al recipiente y válvula de purga para ajustar la presión inicial en el dial.
- d) Accesorios: probeta de calibración y tubos de bronce atornillables a una de las llaves de agua.
  - Varilla metálica.
  - Mazo de goma.
  - Regla metálica
  - Jeringa de goma.

#### **b) Procedimiento**

- Colocamos el concreto fresco en tres capas diferentes, cada una de las capas es compactada con la varilla por 25 golpes.
- Después de compactar, golpear los costados del recipiente de 10 a 15 golpes con el mazo de goma.
- Se enrasa con la regla metálica, luego se limpia los bordes con un trapo.
- Luego se coloca la tapa y se ajusta herméticamente con las llaves de apreté.
- Cerramos las válvulas para aire y se abren las llaves para agua.
- Con una jeringa de goma introducimos agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave.
- Golpeamos lateralmente con un mazo para expulsar las burbujas de aire atrapados en el agua que ha sido introducida.
- Bombeamos aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial.
- Cerramos las dos llaves de agua y abrimos la válvula de entrada de aire.
- Leemos con aproximación de 0.1% el contenido de aire registrado en el dial.

### **3) Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046, 2008)**

#### **a) Materiales y equipos**

- Muestra de concreto fresco.
- Molde.
- Varilla metálica.
- Balanza.
- Mazo de goma.
- Plancha metálica.

#### **b) Procedimiento**

- Pesamos el molde.
- Humedecemos el molde cilíndrico.
- Colocamos el concreto en tres capas, a cada capa se compacta con 25 golpes y se lo golpea con una mazo de goma de 10 a 15 golpes.
- Luego se enraza con la varilla metálica, pulimos con una plancha metálica.
- Limpiamos los residuos de concreto alrededor del molde y luego pesamos, obteniendo así el peso del molde más el concreto fresco.

### **4) Temperatura de mezclas frescas del concreto (NTP 339.184, 2002)**

Este método de ensayo permite medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado, la temperatura medida representa la temperatura al tiempo del ensayo y puede no ser indicativa de la temperatura del concreto recién mezclado a un tiempo posterior. Puede ser usado para verificar que el concreto satisfaga un requisito específico de temperatura.

#### **a) Materiales y equipos**

- Muestra de concreto fresco.
- Termómetro para concreto.

### **b) Procedimiento**

- Colocamos el termómetro en el concreto, obteniendo así la temperatura del mismo.

## **IV. ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO**

### **1) Esfuerzo a compresión en muestras cilíndricas de concreto (NTP 330.034, 2008)**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen.

#### **a) Materiales y equipos**

- Máquina de Ensayo a Compresión.
- Deformímetro.
- Probetas cilíndricas de concreto.
- Vernier.
- Wincha.
- Cronómetro.

#### **b) Procedimiento**

- Primero se mide el diámetro de las probetas a ser ensayadas dos veces de forma perpendicular con un vernier.
- Se mide la altura de las probetas dos veces con la ayuda de una wincha.
- Se coloca la probeta de concreto en la máquina de ensayo a compresión.
- Se coloca el deformímetro en 0.
- Se anota la deformación cada 1000 kg de carga axial, hasta la rotura de la probeta.

- Cronometramos el tiempo desde el inicio hasta el término del ensayo a compresión.

## 2) Resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo (NTP 339.079, 2001)

Este método de ensayo cubre la determinación del esfuerzo de flexión en el concreto, usando especímenes de concreto ensayados como viga simplemente soportada con carga al centro de la luz.

Este método de ensayo se usa para la determinación del módulo de ruptura de especímenes elaborados. La determinación de la resistencia a la flexión tendrá variaciones cuando se tengan diferencias en el tamaño del espécimen, su elaboración, su condición de humedad o su curado.

Se calcula el módulo de rotura (R) como sigue:

$$R = \frac{3WL}{2bh^2} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- ✓ R = Módulo de Rotura en kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ W = Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo en kg.
- ✓ L = Luz (longitud) entre soportes en cm.
- ✓ b = ancho promedio del espécimen en cm
- ✓ h = espesor promedio de espécimen en cm

### a) **Materiales y equipos**

- Máquina de Ensayo a Flexión.
- Trípode.
- Nivel.
- Especímenes de concreto.
- Vernier.
- Wincha.

- Cronómetro.

#### **b) Procedimiento**

- Primero se miden tres veces el largo, el ancho y el espesor de los especímenes.
- Luego se coloca en la máquina para ser ensayadas.
- Se nivela el nivel de ingeniero que se encuentra sobre trípode.
- Luego con el nivel de ingeniero ubicamos el 0 en la wincha que se encuentra ubicada en la máquina de ensayo a flexión.
- Una vez ubicado el cero empezamos a ver la deformación con la ayuda del nivel de ingeniero.
- Con la ayuda del cronómetro se toma el tiempo desde el inicio hasta el final del ensayo.

#### **4.3.3. Procedimientos**

Primero se obtendrá el agregado de la Chancadora Bazán, la cual se encuentra a unos 400 m del colegio Hno. Miguel Carducci Ripiani, en la Av. Miguel Carducci 696 – 712 proveniente de una cantera de río (VER ANEXO N° 7), para luego realizar los respectivos ensayos en laboratorio. Los ensayos a realizarse son el ensayo granulométrico (NTP 400.012), ensayo de contenido de humedad (NTP 339.185), ensayo del peso unitario (NTP 400.017), ensayo de peso específico de agregado fino (NTP 400.022), ensayo de peso específico de agregado grueso (NTP 400.021), ensayo de abrasión con máquina de los ángeles (NTP 400.019), ensayo por lavado del material que pasa por el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) en agregados (NTP 400.018); luego de realizar cada uno de los ensayos y con los datos obtenidos, pasamos a elaborar el diseño de mezcla por el Método del ACI y Módulo de Finura. Eligiendo así el segundo método ya que permite tener una proporción más homogénea del agregado grueso y fino.

La fibra de coco ha sido obtenida de forma manual del fruto, dicho fruto ha sido traído desde la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, para lo cual se realizó diferentes procedimientos para su obtención, así como el corte de la cáscara con cuchillos, remojo de las mismas en agua para facilitar así el desmenuzamiento, para luego remojarlas por 48 horas en agua con cal (10 g/l Quintero

y González, 2006) y finalmente ser secadas a temperatura ambiente pero no en su totalidad (fibras húmedas).

#### **a) Elaboración de probetas cilíndricas de concreto**

Luego de tener todos nuestros materiales a nuestro alcance (agregado grueso, agregado fino, cemento Portland tipo I, fibra de coco, agua) se pasó a cubrir el interior de nuestros moldes cilíndricos de petróleo, después se elaboró la mezcla en una mezcladora de 9 pie<sup>3</sup> de capacidad.

Primero se humedeció la mezcladora de concreto, para que así no absorba el agua de la mezcla, luego se pasó a introducir el agregado grueso seguidamente del agregado fino y del cemento dejando mezclar en seco, luego se introdujo el agua y dejamos mezclar hasta que la mezcla sea homogénea, teniendo así como resultado el concreto para la elaboración de probetas convencionales.

Después de tener lista nuestra mezcla, pasamos a realizar el ensayo de asentamiento (NTP 339.035), para así conocer la consistencia del concreto elaborado. Luego de realizar dicho ensayo se pasó a elaborar el ensayo de contenido de aire con la olla de Washington (NTP 330.083), así mismo se realizó el ensayo de Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046) y finalmente se realizó el ensayo de la temperatura del concreto (NTP 339.184).

Realizados los ensayos mencionados anteriormente se pasa a elaborar las probetas de concreto convencional, añadiendo así al molde cilíndrico de 15\*30 cm el concreto en tres capas, añadiéndole a cada una 25 golpes con una varilla de acero. A cada capa se lo golpea con un mazo de goma de 10 a 15 golpes, se enraza y se pule la superficie con una plancha de metal.

Luego para la elaboración de las probetas con fibra de coco, solamente añadiremos a la mezcla un porcentaje de fibra, la cual será del 0.5%, 1.00%, 1.50% y 2.00% con una longitud de 2.5 cm, en relación al agregado fino, dicha fibra será añadida a la mezcla cuando ésta esté seca y no se haya agregado el agua para que así tenga una mejor dispersión en la mezcla. A continuación se

realiza el mismo procedimiento indicado para la elaboración de concreto convencional.

Finalmente obtendremos 45 probetas cilíndricas, 09 probetas de concreto convencional, 09 probetas con 0.50% de fibra de coco, 09 probetas con 1.00% de fibra de coco, 09 probetas con 1.50% de fibra de coco y finalmente 09 probetas con 2.00% de fibra de coco; para así después de 24 horas desmoldarlas y pasar a colocarlas en una poza llena de agua para ser curadas, las probetas elaboradas se ensayan en una prensa de compresión a los 07 días, 14 días y 28 días de edad; para obtener resultados y poder compararlos para el fin de nuestra investigación.

#### **b) Elaboración de especímenes de concreto**

Primero se mandó a construir los moldes para la elaboración de los especímenes, dichos moldes son de triplay de 53.00 cm de largo, 15.00 cm de espesor y 15.00 cm de ancho.

Luego de tener todos nuestros materiales a nuestro alcance (agregado grueso, agregado fino, cemento Portland tipo I, fibra de coco, agua) se pasó a cubrir el interior de nuestros moldes con petróleo, después se elaboró la mezcla en una mezcladora de 9 pie<sup>3</sup> de capacidad.

Para la obtención de la mezcla se siguen los pasos mencionados en la elaboración de las probetas cilíndricas.

Finalmente obtendremos 45 especímenes de concreto, 09 especímenes de concreto convencional, 09 especímenes con 0.5% de fibra de coco, 09 especímenes con 1.00% de fibra de coco, 09 especímenes con 1.50% de fibra de coco y finalmente 09 especímenes con 2.00% de fibra de coco; para así después de 24 horas, desmoldarlas con ayuda de un cincel y comba. Hecho esto se pasa a colocarlas en una poza llena de agua para ser curadas, los especímenes elaborados se ensayan en una máquina de Ensayo a flexión a los 07 días, 14 días y 28 días de edad; para obtener resultados y poder compararlos para el fin de nuestra investigación.

## CAPÍTULO 5. DESARROLLO

Primero se obtuvo la muestra de agregado para la determinación de las propiedades físico mecánicas de los mismos, para ello se tuvo que realizar los ensayos de:

- ✓ Ensayo de Granulometría siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.012.
- ✓ Ensayo de contenido de humedad siguiendo el procedimiento según norma NTP 339.185.
- ✓ Ensayo del peso unitario siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.017.
- ✓ Ensayo de peso específico de agregado fino siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.022.
- ✓ Ensayo de peso específico de agregado grueso siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.021.
- ✓ Ensayo de abrasión con máquina de los ángeles siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.019.
- ✓ Ensayo por lavado del material que pasa por el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) en agregados siguiendo el procedimiento según norma NTP 400.018.

Para la obtención de la fibra de coco se trajo cocos de la provincia de Jaén, la cual se encuentra a una altitud de 753 msnm, con una latitud de 05°42'38" Sur y una longitud de 78°48'42" Oeste. En dicha provincia el coco es muy accesible por lo cual se optó por traer el fruto de este lugar. Una vez traídos los cocos se cortó la cáscara, la cual es remojada en agua, ya que esto facilita el desmenuzamiento de la fibra. Luego de obtener la fibra se colocó en agua con cal durante 48 horas, esto debido a que elimina las impurezas de la fibra obtenidas durante el proceso de obtención y almacenamiento de la misma.

Luego de obtener la fibra, se pasa a realizar el diseño de mezcla por el método de ACI y el método módulo de finura de la combinación de agregados, optando por el segundo método; ya que nos permite tener una proporción más homogénea del agregado grueso y fino.

Teniendo establecido el método de diseño de mezcla a utilizar pasamos a la elaboración de las probetas de concreto cilíndricas (moldes cilíndricos de 15.00\*30.00 cm) y los especímenes de concreto (moldes de triplay de  $a = 15.00$  cm,  $d = 15.00$  cm y  $L = 53.00$  cm).

Después de tener lista nuestra mezcla, pasamos a realizar el ensayo de asentamiento (NTP 339.035), para así conocer la consistencia del concreto elaborado. Luego de realizar dicho ensayo se pasó a elaborar el ensayo de contenido de aire con la olla de Washington (NTP 330.083), así mismo se realizó el ensayo de Peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046) y finalmente se realizó el ensayo de la temperatura del concreto (NTP 339.184).

Primero se elaboran las probetas de concreto convencionales, para luego elaborar las probetas con adición de fibra de coco en un 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% en relación del agregado fino.

Para la elaboración de la mezcla se utilizó una mezcladora de concreto de 9 pie<sup>3</sup>.

En total se obtiene 45 probetas cilíndricas de concreto y 45 especímenes de concreto las cuales serán ensayadas a compresión y flexión respectivamente a una edad de 7 días, 14 días y 28 días.

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS

### 1. Ensayos de los agregados

#### 1.1 Resumen de los ensayos de los agregados

TABLA N° 17: Propiedades físicas de los agregados obtenidas de laboratorio

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA ARENA         |           |   |             |
|---|-----------|---|-------------|
| ENSAYO                                      | VALOR     | ESPECIFICACIONES<br>(NTP 400.037/ASTM<br>C33) | OBSERVACIÓN |
| PESO ESPECÍFICO MASA                        | 2.37      | -----   | -----       |
| PESO ESPECÍFICO SSS                         | 2.47      | -----   | -----       |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE                    | 2.62      | -----   | -----       |
| PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)            | 1582.14   | -----   | -----       |
| PESO UNITARIO SUELTO(KG/M3)                 | 1417.56   | -----   | -----       |
| PORCENTAJE DE VACÍOS                        | 40.09     | 40% - 50%                                     | OK          |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)                 | 4.04      | -----   | -----       |
| PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200 (%)      | 3.98      | 5 (máx.)                                      | OK          |
| MÓDULO DE FINURA                            | 2.95      | 2.3 - 3.1                                     | OK          |
| PORCENTAJE DE HUMEDAD                       | 9.64      | -----   | -----       |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO |           |   |             |
| ENSAYO                                      | RESULTADO | ESPECIFICACIONES<br>(NTP 400.037/ASTM<br>C33) | OBSERVACIÓN |
| PESO ESPECÍFICO MASA                        | 2.41      | -----   | -----       |
| PESO ESPECÍFICO SSS                         | 2.49      | -----   | -----       |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE                    | 2.62      | -----   | -----       |
| PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)            | 1515.48   | -----   | -----       |
| PESO UNITARIO SUELTO(KG/M3)                 | 1425.77   | -----   | -----       |
| PORCENTAJE DE VACÍOS                        | 40.780    | 30% - 45%                                     | OK          |
| PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)                 | 3.27      | -----   | -----       |
| PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200          | 0.76      | 1 (máx.)                                      | OK          |
| PORCENTAJE DE HUMEDAD                       | 3.25      | -----   | -----       |
| PORCENTAJE DE ABRASIÓN                      | 27.61     | 50 (máx.)                                     | OK          |
| MÓDULO DE FINURA                            | 7.45      | -----   | -----       |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## 2. Diseño de Mezclas

El diseño de mezclas se hizo por el método del ACI y por el método módulo de finura de la combinación de agregados, eligiendo así el segundo método; ya que este método permite obtener una mezcla más óptima.

### Proporcionamiento de la mezcla por el método módulo de finura de la combinación de agregados

$$\frac{345}{345}; \frac{788}{345}; \frac{944}{345} / \frac{153}{8.5}$$

1 ; 2.28 ; 2.74 / 18 lts/bolsa

## 3. Ensayos de probetas cilíndricas a compresión

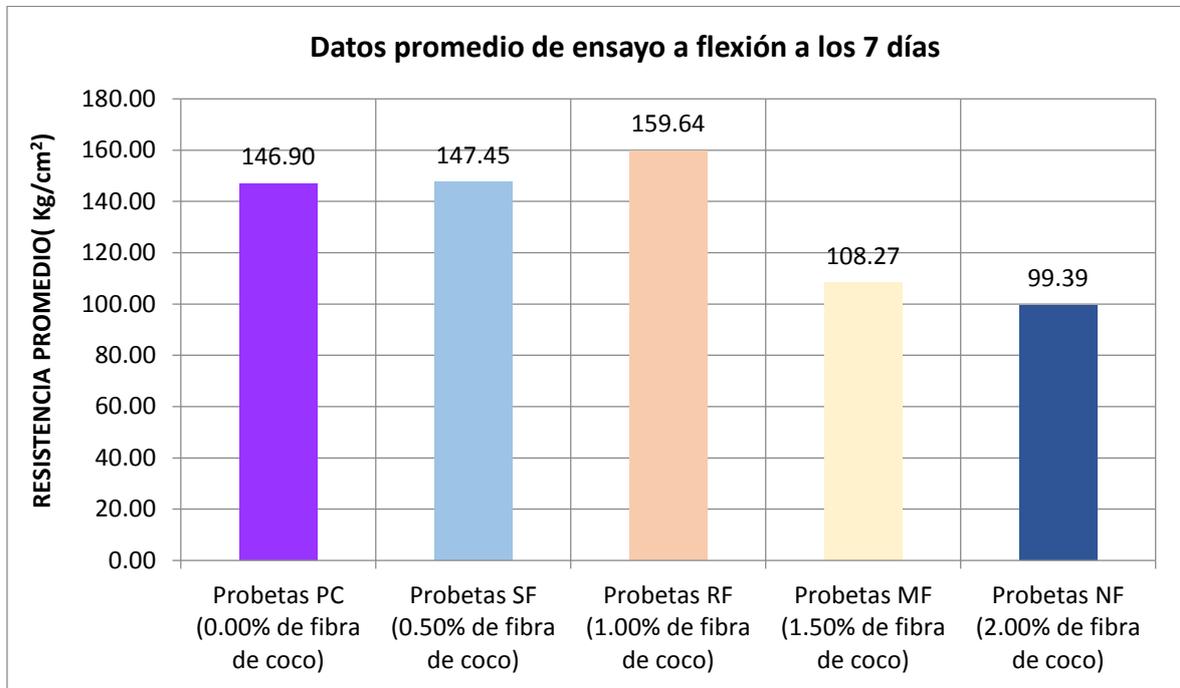
Los resultados obtenidos luego de someter las probetas al ensayo a compresión se obtienen los siguientes datos:

**TABLA N° 18: Resumen de resistencia a  
compresión f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de edad**

| DESCRIPCIÓN | F'c 7 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | % DE FIBRA | % DE RESISTENCIA |
|-------------|----------------------------------|------------------------------------|------------|------------------|
| PC-01       | 146.87                           | 146.90                             | 0.00%      | 69.95%           |
| PC-02       | 146.72                           |                                    |            |                  |
| PC-03       | 147.10                           |                                    |            |                  |
| SF-01       | 146.09                           | 147.45                             | 0.50%      | 70.21%           |
| SF-02       | 133.92                           |                                    |            |                  |
| SF-03       | 162.34                           |                                    |            |                  |
| RF-01       | 159.50                           | 159.64                             | 1.00%      | 76.02%           |
| RF-02       | 157.34                           |                                    |            |                  |
| RF-03       | 162.08                           |                                    |            |                  |
| MF-01       | 107.92                           | 108.27                             | 1.50%      | 51.56%           |
| MF-02       | 103.13                           |                                    |            |                  |
| MF-03       | 113.75                           |                                    |            |                  |
| NF-01       | 93.46                            | 99.39                              | 2.00%      | 47.33%           |
| NF-02       | 103.42                           |                                    |            |                  |
| NF-03       | 101.28                           |                                    |            |                  |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 03: Comparación de resistencia a compresión a los 7 días de probetas convencionales y probetas con adición de fibra de coco**



Fuente: Elaboración propia, 2015

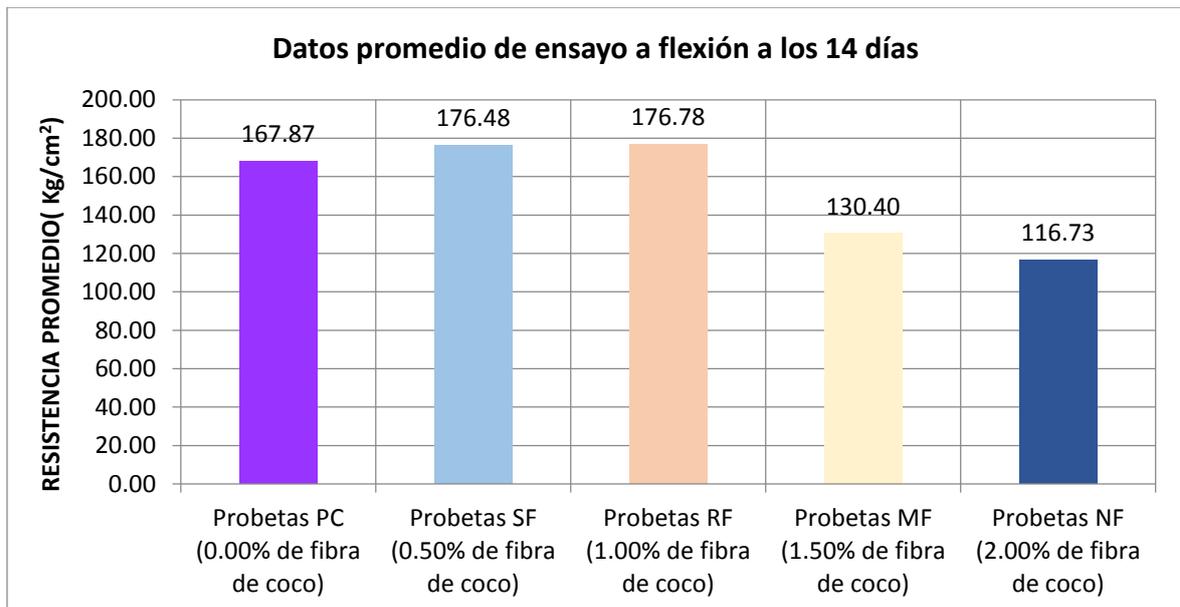
**TABLA N° 19: Resumen de resistencia a compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 14 días de edad**

| DESCRIPCIÓN | F'c 14 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | % DE FIBRA | % DE RESISTENCIA |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------|------------------|
| PC-04       | 167.72                            | 167.87                             | 0.00%      | 79.94%           |
| PC-05       | 168.11                            |                                    |            |                  |
| PC-06       | 167.78                            |                                    |            |                  |
| SF-04       | 187.98                            | 176.48                             | 0.50%      | 84.04%           |
| SF-05       | 168.64                            |                                    |            |                  |
| SF-06       | 172.83                            |                                    |            |                  |
| RF-04       | 175.86                            | 176.78                             | 1.00%      | 84.18%           |
| RF-05       | 173.19                            |                                    |            |                  |
| RF-06       | 181.30                            |                                    |            |                  |
| MF-04       | 132.72                            | 130.40                             | 1.50%      | 62.10%           |
| MF-05       | 126.23                            |                                    |            |                  |
| MF-06       | 132.26                            |                                    |            |                  |
| NF-04       | 119.82                            | 112.91                             | 2.00%      | 53.77%           |
| NF-05       | 109.31                            |                                    |            |                  |

|       |        |  |  |  |
|-------|--------|--|--|--|
| NF-06 | 109.60 |  |  |  |
|-------|--------|--|--|--|

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 04: Comparación de resistencia a compresión a los 14 días de probetas convencionales y probetas con adición de fibra de coco**



Fuente: Elaboración propia, 2015

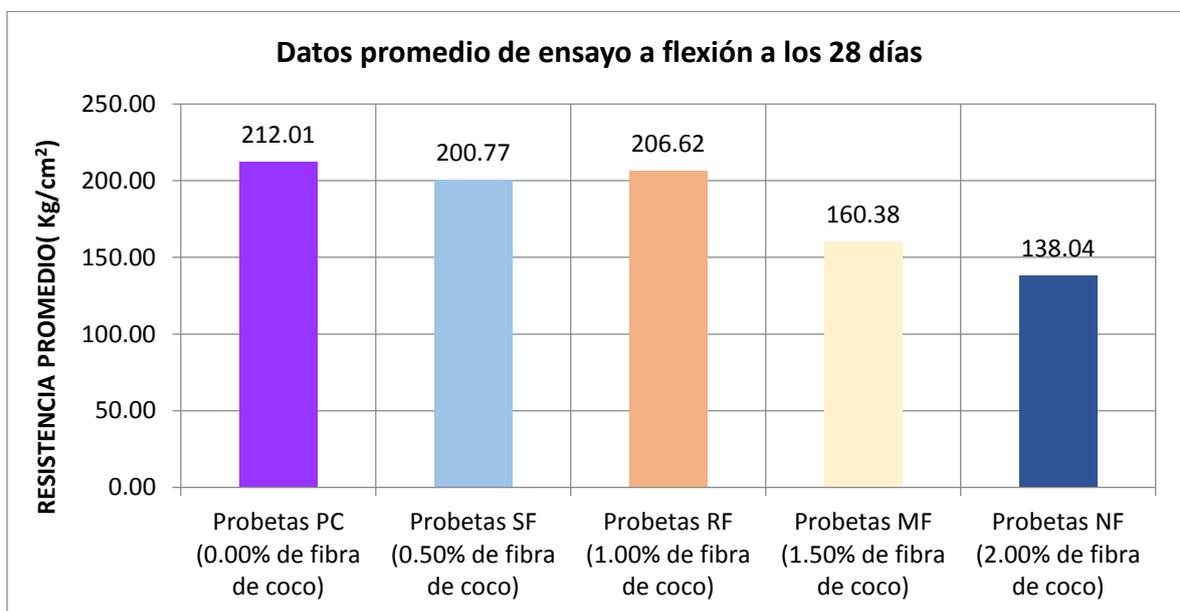
**TABLA N° 20: Resumen de resistencia a compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de edad**

| DESCRIPCIÓN | F'c 28 DÍAS (kg/cm²) | PROMEDIO f'c (kg/cm²) | % DE FIBRA | % DE RESISTENCIA |
|-------------|----------------------|-----------------------|------------|------------------|
| PC-07       | 212.54               | 212.01                | 0.00%      | 100.96%          |
| PC-08       | 213.50               |                       |            |                  |
| PC-09       | 210.00               |                       |            |                  |
| SF-07       | 207.29               | 200.77                | 0.50%      | 95.60%           |
| SF-08       | 199.60               |                       |            |                  |
| SF-09       | 195.44               |                       |            |                  |
| RF-07       | 198.58               | 206.62                | 1.00%      | 98.39%           |
| RF-08       | 208.09               |                       |            |                  |
| RF-09       | 213.19               |                       |            |                  |
| MF-07       | 166.06               | 160.38                | 1.50%      | 76.37%           |
| MF-08       | 163.22               |                       |            |                  |

|              |        |        |       |        |
|--------------|--------|--------|-------|--------|
| <b>MF-09</b> | 151.87 |        |       |        |
| <b>NF-07</b> | 135.84 |        |       |        |
| <b>NF-08</b> | 128.24 | 138.04 | 2.00% | 65.73% |
| <b>NF-09</b> | 150.06 |        |       |        |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 05: Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de probetas convencionales y probetas con adición de fibra de coco**



Fuente: Elaboración propia, 2015

#### 4. Ensayos de especímenes a flexión

Los resultados obtenidos luego de someter los especímenes al ensayo a flexión se obtienen los siguientes datos:

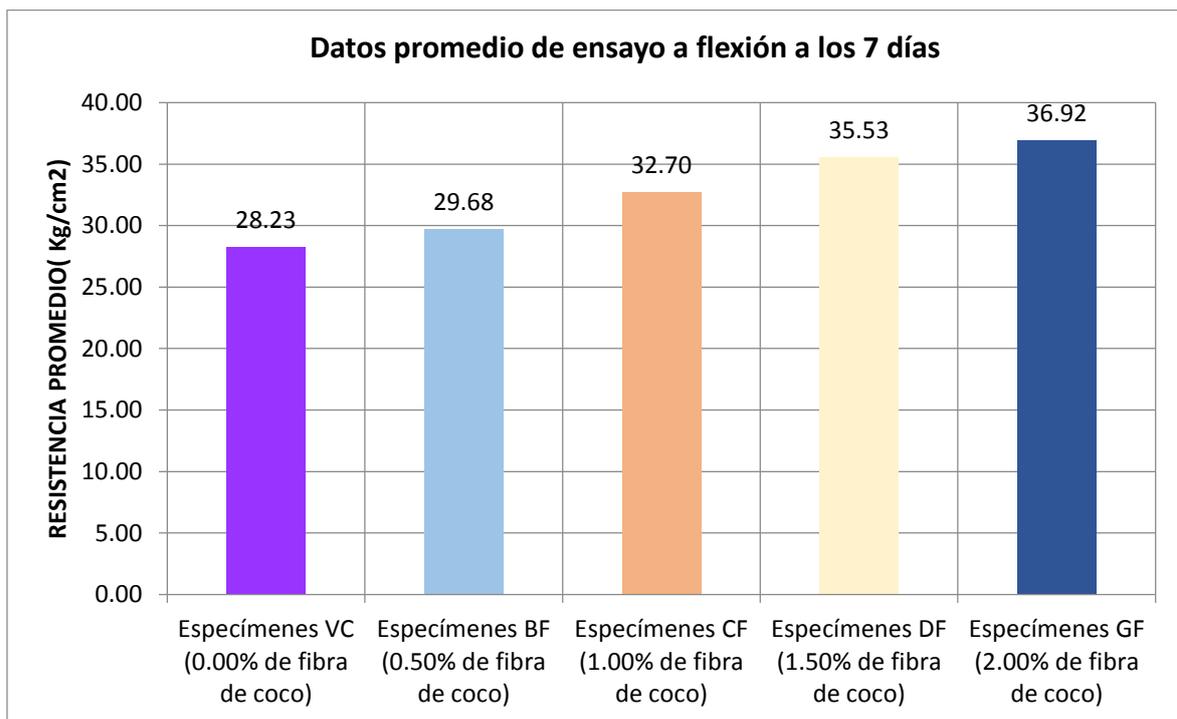
**TABLA N° 21: Resumen de la resistencia a flexión a los 7 días**

| DESCRIPCIÓN  | MÓDULO DE ROTURA A 7 DÍAS (kg/cm²) | PROMEDIO R (kg/cm²) | % DE FIBRA | % DE RESISTENCIA |
|--------------|------------------------------------|---------------------|------------|------------------|
| <b>VC-01</b> | 28.44                              | 28.23               | 0.00%      | 97.88%           |
| <b>VC-02</b> | 29.20                              |                     |            |                  |
| <b>VC-03</b> | 27.05                              |                     |            |                  |
| <b>BF-01</b> | 28.76                              | 29.68               | 0.50%      | 102.91%          |
| <b>BF-02</b> | 29.21                              |                     |            |                  |

|              |       |       |       |         |
|--------------|-------|-------|-------|---------|
| <b>BF-03</b> | 31.08 |       |       |         |
| <b>CF-01</b> | 33.81 | 32.70 | 1.00% | 113.38% |
| <b>CF-02</b> | 31.18 |       |       |         |
| <b>CF-03</b> | 33.10 |       |       |         |
| <b>DF-01</b> | 35.36 | 35.53 | 1.50% | 123.20% |
| <b>DF-02</b> | 35.09 |       |       |         |
| <b>DF-03</b> | 36.13 |       |       |         |
| <b>GF-01</b> | 37.56 | 36.92 | 2.00% | 128.02% |
| <b>GF-02</b> | 36.73 |       |       |         |
| <b>GF-03</b> | 36.49 |       |       |         |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 06: Comparación de resistencia a flexión a los 7 días de especímenes convencionales y especímenes con adición de fibra de coco**



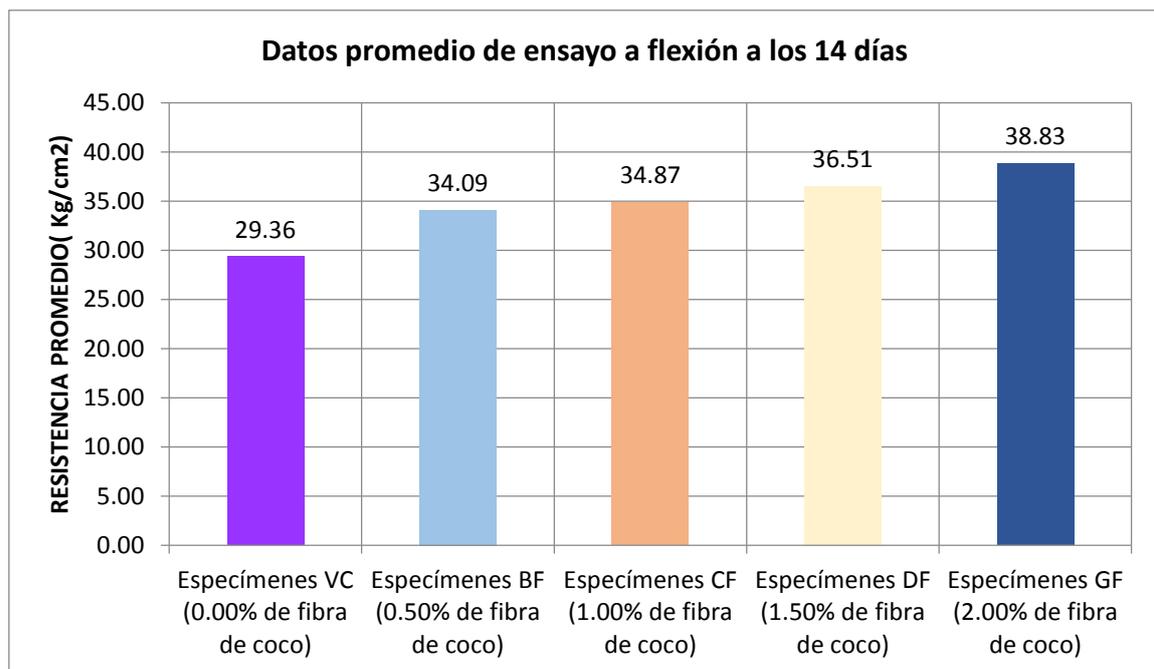
Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 22: Resumen de la resistencia a flexión a los 14 días**

| DESCRIPCIÓN | MÓDULO DE ROTURA<br>A 14 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO<br>R (kg/cm <sup>2</sup> ) | % DE<br>FIBRA | % DE<br>RESISTENCIA |
|-------------|---|-------------------------------------|---------------|---------------------|
| VC-04       | 30.38   | 29.36                               | 0.00%         | 101.80%             |
| VC-05       | 31.22   |                                     |               |                     |
| VC-06       | 26.48   |                                     |               |                     |
| BF-04       | 32.58   | 34.09                               | 0.50%         | 118.20%             |
| BF-05       | 36.16   |                                     |               |                     |
| BF-06       | 33.53   |                                     |               |                     |
| CF-04       | 34.90   | 34.87                               | 1.00%         | 120.91%             |
| CF-05       | 34.94   |                                     |               |                     |
| CF-06       | 34.78   |                                     |               |                     |
| DF-04       | 36.91   | 36.51                               | 1.50%         | 126.60%             |
| DF-05       | 35.90   |                                     |               |                     |
| DF-06       | 36.71   |                                     |               |                     |
| GF-04       | 38.54   | 38.83                               | 2.00%         | 134.64%             |
| GF-05       | 40.04   |                                     |               |                     |
| GF-06       | 37.90   |                                     |               |                     |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 07: Comparación de resistencia a flexión a los 14 días de especímenes convencionales y especímenes con adición de fibra de coco**



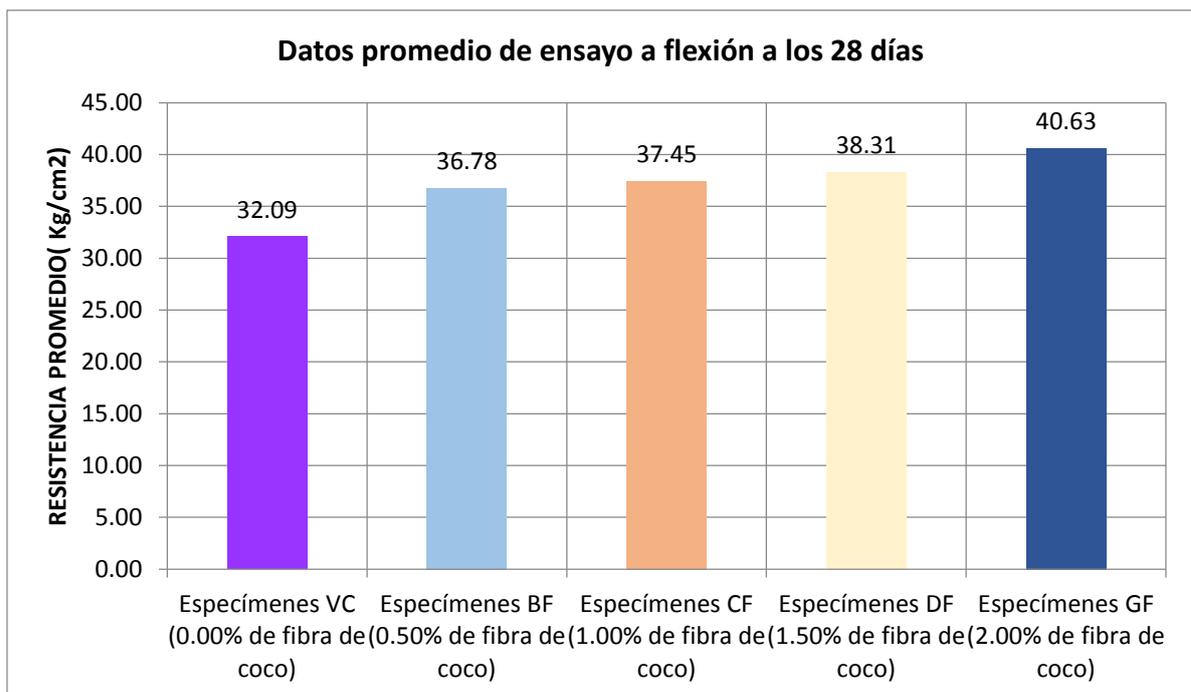
Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 23: Resumen de la resistencia a flexión a los 28 días**

| DESCRIPCIÓN | MÓDULO DE ROTURA<br>A 28 DÍAS (kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO<br>R (kg/cm <sup>2</sup> ) | % DE<br>FIBRA | % DE<br>RESISTENCIA |
|-------------|---|-------------------------------------|---------------|---------------------|
| VC-07       | 28.24   | 32.09                               | 0.00%         | 111.27%             |
| VC-08       | 35.11   |                                     |               |                     |
| VC-09       | 32.94   |                                     |               |                     |
| BF-07       | 34.98   | 36.78                               | 0.50%         | 127.53%             |
| BF-08       | 37.80   |                                     |               |                     |
| BF-09       | 37.55   |                                     |               |                     |
| CF-07       | 36.72   | 37.45                               | 1.00%         | 129.85%             |
| CF-08       | 37.98   |                                     |               |                     |
| CF-09       | 37.64   |                                     |               |                     |
| DF-07       | 38.66   | 38.31                               | 1.50%         | 132.84%             |
| DF-08       | 38.47   |                                     |               |                     |
| DF-09       | 37.81   |                                     |               |                     |
| GF-07       | 41.15   | 40.63                               | 2.00%         | 140.88%             |
| GF-08       | 40.09   |                                     |               |                     |
| GF-09       | 40.64   |                                     |               |                     |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 08: Comparación de resistencia a flexión a los 28 días de especímenes convencionales y especímenes con adición de fibra de coco**



Fuente: Elaboración propia, 2015

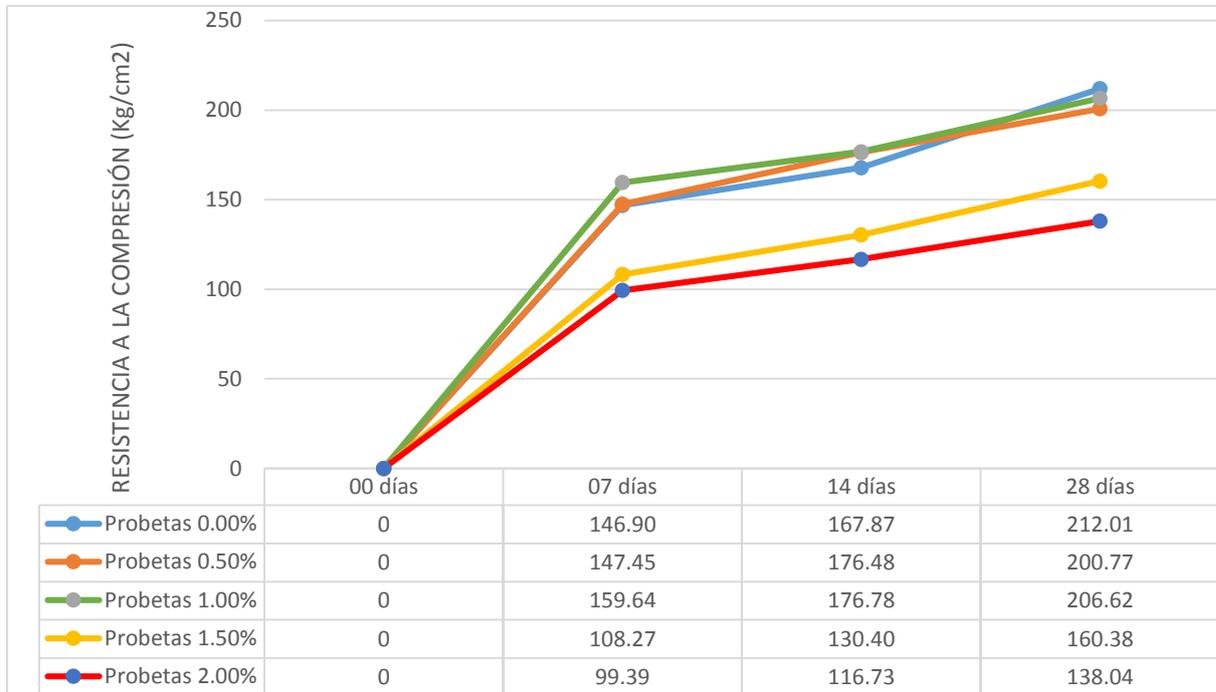
## 5. Resumen de resistencia a compresión y resistencia a flexión

TABLA N° 24: Resumen de la resistencia a compresión y flexión a los 07, 14 y 28 días con diferentes porcentajes de fibra de coco

| % Fibra<br>coco | Resistencia promedio a<br>compresión (Kg/cm <sup>2</sup> ) |         |         | % de Resistencia a la<br>compresión |         |         | Resistencia promedio a<br>flexión (Kg/cm <sup>2</sup> ) |         |         | % de Resistencia a la flexión |         |         |
|-----------------|--|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|---|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
|                 | 07 días  | 14 días | 28 días | 07 días                             | 14 días | 28 días | 07 días   | 14 días | 28 días | 07 días                       | 14 días | 28 días |
| 0.00%           | 146.90   | 167.87  | 212.01  | 69.95                               | 79.94   | 100.96  | 28.23   | 29.36   | 32.09   | 97.88                         | 101.80  | 111.27  |
| 0.50%           | 147.45   | 176.48  | 200.77  | 70.21                               | 84.04   | 95.60   | 29.68   | 34.09   | 36.78   | 102.91                        | 118.20  | 127.53  |
| 1.00%           | 159.64   | 176.78  | 206.62  | 76.02                               | 84.18   | 98.39   | 32.70   | 34.87   | 37.45   | 113.38                        | 120.91  | 129.85  |
| 1.50%           | 108.27   | 130.40  | 160.38  | 51.56                               | 62.10   | 76.37   | 35.53   | 36.51   | 38.31   | 123.20                        | 126.60  | 132.84  |
| 2.00%           | 99.39  | 116.73  | 138.04  | 47.33                               | 53.77   | 65.73   | 36.92   | 38.83   | 40.63   | 128.02                        | 134.64  | 140.88  |

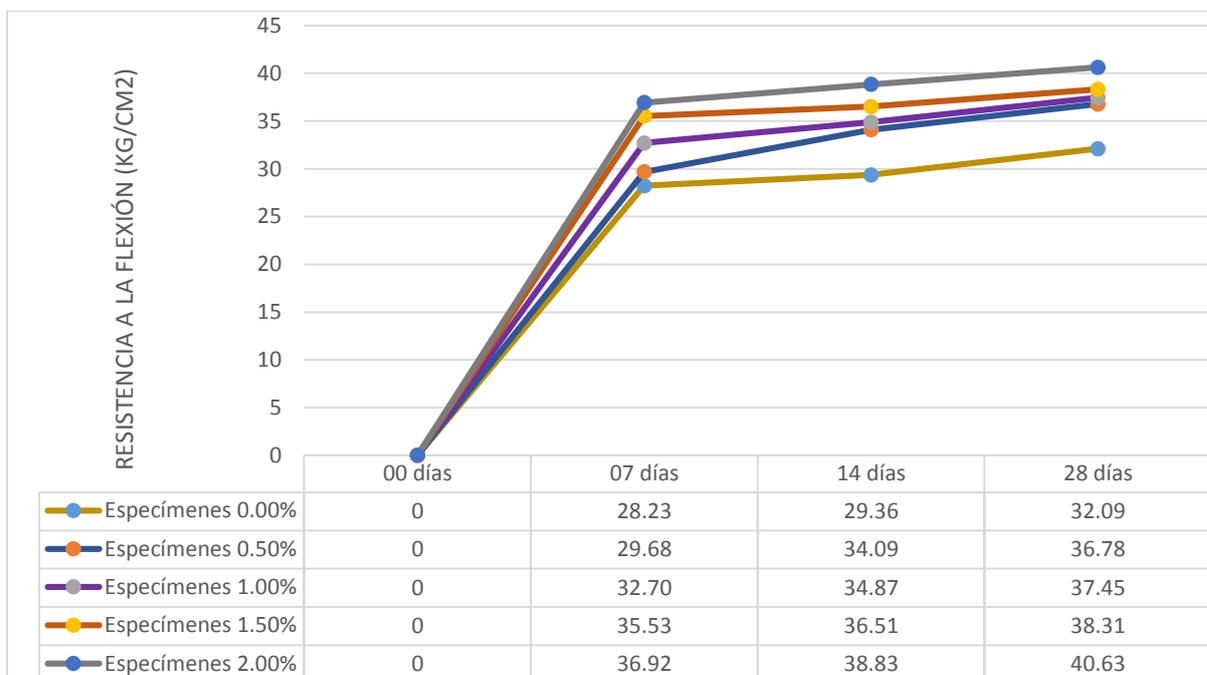
Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 09: Comparación de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días.**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**Gráfico N° 10: Comparación de resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días.**



Fuente: Elaboración propia, 2015

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Se analizó los resultados de los ensayos realizados tanto al agregado fino como del grueso, se evaluó la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas y la resistencia a flexión de los especímenes.

### **Módulo de finura**

De acuerdo con el ensayo de granulometría, tenemos que el módulo de finura del agregado fino es de 2.95, dicho valor cumple con las especificaciones de la norma NTP 400.012 la cual nos indica que el módulo de finura del agregado fino debe estar entre  $2.3 < MF < 3.1$ .

### **Contenido de humedad**

La norma NTP 339.185 nos dice que el contenido de humedad para el agregado fino debe ser de 8% a más y para el agregado grueso de 4%, tenemos que el porcentaje de humedad del agregado fino es de 9.64% y del agregado grueso 3.25%.

### **Porcentaje de vacíos**

La norma NTP 400.021 y NTP 400.022, nos indica que el porcentaje de vacíos del agregado fino debe variar entre 40%-50% y para el agregado grueso tiene que estar entre 30%-45%, de los resultados obtenidos del ensayo tenemos que el agregado fino presenta un 40.09% de vacíos mientras que el agregado grueso un 40.78%, de lo cual se puede decir que cumple con dicha especificación.

### **Porcentaje que pasa el tamiz N°200**

Según la norma NTP 400.018 dice que el porcentaje que debe pasar la malla N° 200 para el agregado fino no debe exceder el 5% y el 1% en caso del agregado grueso, de los ensayos realizados a los agregados tenemos que 3,98% y 0.76% pasan el tamiz N°200 tanto del agregado fino y grueso respectivamente, cumpliendo así con la especificación que nos indica la norma.

## **Abrasión**

La norma NTP 400.019 nos indica que el porcentaje de abrasión del agregado grueso debe ser de 50% máximo, el valor obtenido de nuestro ensayo es de 27.61%, lo cual dicho valor cumple con la especificación de la norma mencionada.

## **Resistencia a la compresión**

La resistencia promedio a compresión a los 07 días de edad de las probetas de concreto sin adición de fibra de coco es de 146.90 kg/cm<sup>2</sup>, las probetas con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a compresión promedio de 147.45 kg/cm<sup>2</sup>, 159.64 kg/cm<sup>2</sup>, 108.27 kg/cm<sup>2</sup> y 99.39 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco de 0.5% y 1.00% la resistencia a compresión promedio es mayor a la de las probetas sin adición de fibra de coco, ya que para los porcentajes de 1.50% y 2.00% su resistencia promedio es menor que la de las probetas sin adición de fibra de coco.

La resistencia promedio a compresión a los 14 días de edad de las probetas de concreto sin adición de fibra de coco es de 167.87 kg/cm<sup>2</sup>, las probetas con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a compresión promedio de 176.48 kg/cm<sup>2</sup>, 176.78 kg/cm<sup>2</sup>, 130.40 kg/cm<sup>2</sup> y 116.73 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco de 0.5% y 1.00% la resistencia a compresión promedio es mayor a la de las probetas sin adición de fibra de coco, ya que para los porcentajes de 1.50% y 2.00% su resistencia promedio es menor que la de las probetas sin adición de fibra de coco.

La resistencia promedio a compresión a los 28 días de edad de las probetas de concreto sin adición de fibra de coco es de 212.01 kg/cm<sup>2</sup> con este valor promedio cumple la resistencia para un concreto con un  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, las probetas con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a compresión promedio de 200.77 kg/cm<sup>2</sup>, 206.62.78 kg/cm<sup>2</sup>, 160.38 kg/cm<sup>2</sup> y 138.04 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco de 0.5%, 1.00%, 1.50% y 2.00% su resistencia promedio es menor que la de las probetas sin adición de fibra de coco.

### **Resistencia a la flexión**

La resistencia promedio a flexión a los 07 días de edad de los especímenes de concreto simple sin adición de fibra de coco es de 28.23 kg/cm<sup>2</sup>, los especímenes de concreto simple con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a flexión promedio de 29.68 kg/cm<sup>2</sup>, 32.70 kg/cm<sup>2</sup>, 35.53 kg/cm<sup>2</sup> y 36.92 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco en los diferentes porcentajes tiene una mayor resistencia a flexión en comparación con los especímenes sin adición de fibra de coco.

La resistencia promedio a flexión a los 14 días de edad de los especímenes de concreto simple sin adición de fibra de coco es de 29.36 kg/cm<sup>2</sup>, los especímenes de concreto simple con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a flexión promedio de 34.09 kg/cm<sup>2</sup>, 34.87 kg/cm<sup>2</sup>, 36.51 kg/cm<sup>2</sup> y 38.83 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco en los diferentes porcentajes tiene una mayor resistencia a flexión en comparación con los especímenes sin adición de fibra de coco.

La resistencia promedio a flexión a los 28 días de edad de los especímenes de concreto simple sin adición de fibra de coco es de 32.09 kg/cm<sup>2</sup>, los especímenes de concreto simple con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentan una resistencia a flexión promedio de 36.78 kg/cm<sup>2</sup>, 37.45 kg/cm<sup>2</sup>, 38.31 kg/cm<sup>2</sup> y 40.63 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco en los diferentes porcentajes tiene una mayor resistencia a flexión en comparación con los especímenes sin adición de fibra de coco.

## CONCLUSIONES

1. La hipótesis se cumple parcialmente, ya que las probetas de concreto con adición de fibra de coco no presentan un aumento de resistencia a la compresión considerable, en cambio los especímenes de concreto simple con adición de fibra de coco ensayadas a flexión presentan resistencias mayores que los especímenes sin adición de fibra de coco en un 30%.
2. Las probetas de concreto con 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% de fibra de coco ensayadas a compresión a los 28 días de edad, presentan valores de resistencia del 95.60%, 98.39%, 76.37% y 65.73% respectivamente con relación a las probetas de concreto convencional que tienen un valor de 100. 96%.
3. Los especímenes de concreto con 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% de fibra de coco ensayadas a flexión a los 28 días de edad, presentan valores de 127. 53%, 129.85%, 132.84%, 140.88% respectivamente con relación a los especímenes de concreto convencional que tienen un valor del 111.27%.
4. Se comparó la resistencia a compresión y flexión a los 07, 14 y 28 días de edad, para así entender mejor que es lo que pasa con las resistencias del concreto al adicionarle diferentes porcentajes de fibra de coco, por lo cual se logró concluir que el concreto no presenta un aumento en la resistencia a la compresión sin embargo la resistencia a flexión aumenta al adicionarle más porcentaje de fibra de coco.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar más estudios variando los porcentajes de fibra de coco, así como también empleando distintas longitudes de fibra.
2. Realizar investigaciones analizando la durabilidad de la fibra de coco.
3. Realizar estudios haciendo uso de fibras en el concreto, ya que pueden sustituir parcialmente o reducir los aceros o mallas metálicas que cumplan la función de evitar fisuras.
4. Estudiar el concreto fibroreforzado en la construcción de losas, pavimentos para controlar el fisuramiento pero sin llegar a prescindir del refuerzo principal.
5. Realizar investigaciones para mejorar la durabilidad de la fibra de coco al ser tratadas con parafina e hidróxido de calcio.
6. Investigar la influencia que tendría la adición de fibra de coco en un concreto de alta resistencia.
7. Se recomienda realizar más investigaciones sobre el uso de nuevos materiales compuestos por fibras naturales.
8. Para futuras investigaciones se recomienda realizar un ajuste de mezclas, para que así el concreto cuando es sometido al ensayo a compresión llegue a la resistencia requerida.
9. Se recomienda implementar el laboratorio de instrumentos para la investigación de concreto modificado con fibra de coco para las futuras investigaciones.

## REFERENCIAS

1. Abanto, C. F. (2009). Tecnología del concreto: Teoría y problemas. Recuperado el 10 de Mayo del 2015, de <https://es.scribd.com/doc/306087568/Tecnologia-Del-Concreto-Flavio-Abanto>.
2. Aguilar, B. O., Rodríguez, M. E., Sermeño, M.M. (2009). Determinación de la resistencia del concreto a edades tempranas bajo la norma ASTM C1074, en viviendas de concreto coladas en el sitio. (Tesis de titulación). Universidad de el Salvador, El Salvador.
3. Carrillo, S. S. (2003). Estudio comparativo entre tecnologías de producción de concreto: Mixer y Dispensador. (Tesis de titulación). Universidad de Piura, Perú.
4. Gómez, Z., Escalante, J. (2009). Hidratación y microestructura de cemento Portland sustituido parcialmente con sílice ultrafina. Recuperado el 12 de Mayo del 2015, de <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/154/194>
5. Hussin, M. W., Zakaira, F. (1990). Prospects for Coconut-Fibre-Reinforced Thin Cement Sheets in the Malaysian Construction Industry. Salvador Bahía Brazil.
6. Juárez, C.A. (2002). Concretos base Cemento Pórtland Reforzados con Fibras Naturales (Agave, Lechuguilla), como materiales para construcción en México. (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
7. Manzano, G. F. (2011). Ejecución de fábricas de cara vista. Recuperado el 12 de Mayo del 2015, de <https://books.google.com.pe/books?id=TMFWi6RqkcEC&pg=PT132&lpg=PT132&dq=Agua+de+amasado+++%09Participa+en+las+reacciones+de+hidratación+del+cemento++%09Confiere>
8. Molinar, S., Jordán, R., Munive, T., (2010). Evaluación Térmica De Un Material Natural Atípico Para Uso Como Aislante Térmico En Construcciones Civiles.

Recuperado el 02 de mayo de 2015, de  
[http://intec.mx1.uabc.mx/index.php/intec/article/view/11/pdf\\_8](http://intec.mx1.uabc.mx/index.php/intec/article/view/11/pdf_8)

9. Muñoz, J. Z. (2007). Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eupalyptus globulus* (Labill). (Tesis de titulación). Universidad Austral de Chile.
10. Navarro, A. J., (2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de plástico de alta densidad y fibra de estopa de coco. (Tesis de titulación). Universidad de Colima, México.
11. Novoa, C. M., (2005). Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento. (Tesis de Máster). Universidad de Colima, México.
12. Niño, H. J. (2010). Tecnología de concreto: Materiales, propiedades y Diseño de mezclas. Recuperado el 03 de Mayo del 2015, de <https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-Tomo-1>
13. Norma NTP 400.037. (2002). AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2a. ed
14. Norma NTP 339.047. (2006). HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados para concreto. 2a. ed
15. Norma NTP 339.035. (1999). HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. 2a. ed
16. Norma NTP 339.034. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed
17. Norma NTP 339.079. (2001). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo. 2a. ed

18. Norma NTP 400.012. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed
19. Norma NTP 339.185. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
20. Norma NTP 400.017. (1999). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed
21. Norma NTP 400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed
22. Norma NTP 400.022. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed
23. Norma NTP 400.019. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. 2a. ed
24. Norma NTP 400.018. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 75 um (N°200) por lavado en agregados. 2a. ed
25. Norma NTP 339. 083. (2003). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por el método de presión.
26. Norma NTP 339.184. (2002). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).
27. Norma NTP 339.046. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto.

28. Osorio, J., (2013). Resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión. [En línea] Recuperado el 19 de mayo de 2015, de <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
29. Pacasmayo. Productos y servicios. [En línea] Recuperado el 20 de mayo de 2015, de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/productos/>
30. Paramasivan, P., Nathan, G. K., Das Gupta, N. C. (1984). Coconut Fiber Reinforced Corrugated Slabs.
31. Quintero, S. y González, L. (2006). Uso de la fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. [En línea] Recuperado el 21 de mayo de 2015, de [http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria\\_desarrollo/20/uso\\_de\\_la\\_fibra\\_de\\_coco.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/20/uso_de_la_fibra_de_coco.pdf).
32. Quintanilla, A. M. (2010). Industrialización de la fibra de estopa de coco. (Tesis de titulación). Universidad de el Salvador, San Salvador.
33. Reyes, B. J y Rodríguez P. Y. (2010). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de mezcla. (Tesis de titulación). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bolivia.
34. Roque, C. G. (2012). Tecnología del concreto. Recuperado el 03 de Mayo del 2015, de <https://es.scribd.com/doc/219291936/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-MONOGRAFIA#scribd>
35. Savastro Jr., H. (1990). The Use of Coir Fibres as Reinforcement to Portland Cement Mortars. Salvador Bahía Brazil.
36. Singh, S. M. (1986). Studies on the Durability of Plant Fibres Reinforced Concrete Products. Baghdad, Iraq.

37. Terreros, B. A. (2014). Estudio de la interacción flector cortante en vigas híbridas de acero. (Tesis de Máster). Universitat Politècnica de Catalunya, España.
  
38. Torres, K. (2012, 20 de marzo). Yucatán fabricará material de construcción con fibra de coco [en línea]. El Universal sección Estados. Recuperado el 03 de mayo del 2015, de <http://archivo.eluniversal.com.mx/notas/837026.html>

## ANEXOS

## **ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TABLA N° 25: Matriz de consistencia**

| OBJETIVO   | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA   | HIPÓTESIS   | VARIABLES  |
|--|--|---|--|
| Determinar la influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto de 210 Kg/cm <sup>2</sup> . | ¿Cómo influye la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto de 210 kg/cm <sup>2</sup> ? | A mayor adición de fibra de coco mayor resistencia a compresión y flexión del concreto. | <p><b>Variable dependiente:</b><br/>Resistencia a compresión y flexión del concreto.</p> <p><b>Variable independiente:</b><br/>La fibra de coco.</p> |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## **ANEXO N° 2:**

## **ENSAYOS DE LOS AGREGADOS**

## 2.1. Análisis Granulométrico (ASTM C136; NTP 400.012)

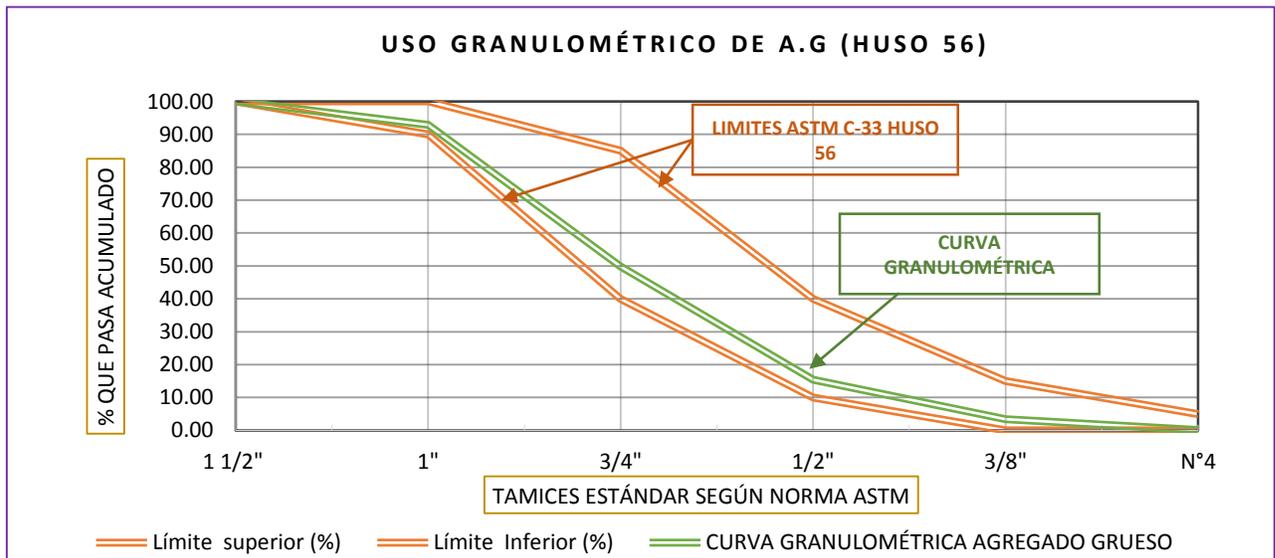
**TABLA N° 26: Ensayo granulométrico de agregado grueso**

### Agregado Grueso

| MASA INICIAL DE LA MUESTRA: |              | 8000    | GR                |            |           |                         |        |
|-----------------------------|--------------|---------|-------------------|------------|-----------|-------------------------|--------|
| MALLA N°                    | ABERTURA(mm) | P.R(gr) | Ret. Comp<br>(gr) | % RETENIDO |           | % ACUMULADO<br>QUE PASA | ERROR  |
|                             |              |         |                   | PARCIAL    | ACUMULADO |                         |        |
| 2"                          | 50.00        | 0.00    | 0.00              | 0.00       | 0.00      | 100.00                  | 0.0000 |
| 1 1/2"                      | 37.50        | 0.00    | 0.00              | 0.00       | 0.00      | 100.00                  |        |
| 1"                          | 25.00        | 569.80  | 570.92            | 7.14       | 7.14      | 92.86                   |        |
| 3/4"                        | 19.00        | 3444.20 | 3445.32           | 43.07      | 50.20     | 49.80                   |        |
| 1/2"                        | 12.50        | 2751.50 | 2752.62           | 34.41      | 84.61     | 15.39                   |        |
| 3/8"                        | 9.50         | 960.30  | 961.42            | 12.02      | 96.63     | 3.37                    |        |
| N°4                         | 4.75         | 259.10  | 260.22            | 3.25       | 99.88     | 0.12                    |        |
| CAZOLETA                    |              | 9.50    | 9.50              | 0.12       | 100.00    | 0.00                    |        |
| TOTAL                       |              | 7994.4  | 8000              | 100.00     |           |                         |        |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 11: Curva granulométrica de agregado grueso**



Fuente: Elaboración propia, 2015

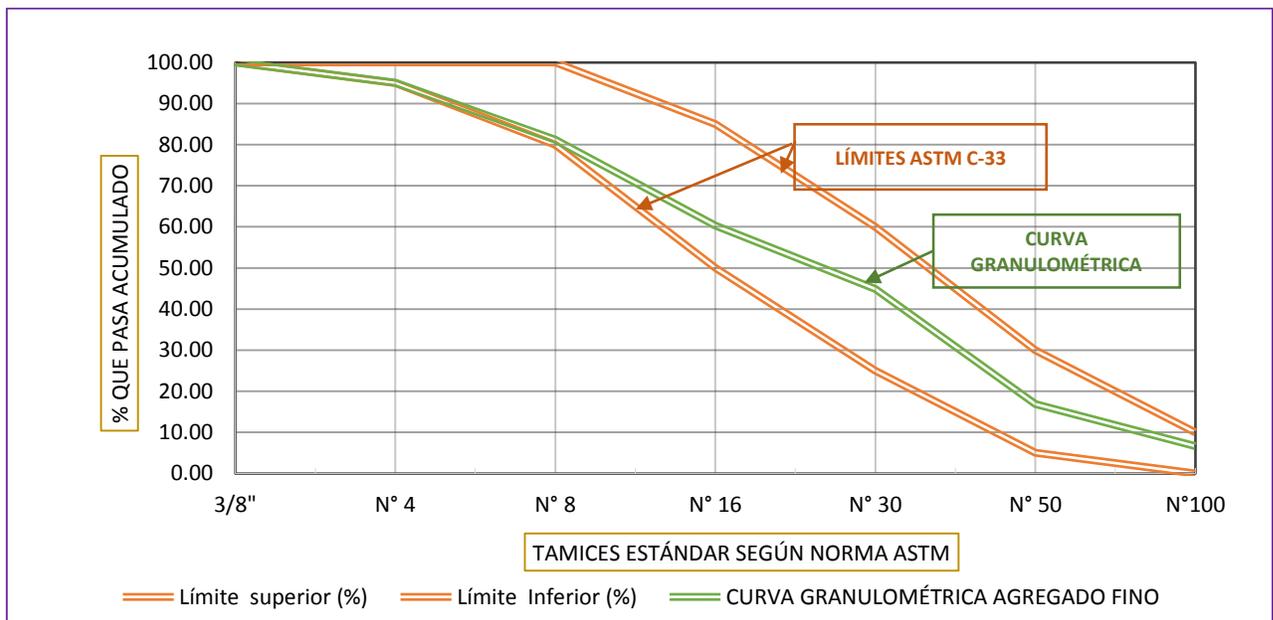
**TABLA N° 27: Ensayo granulométrico de agregado fino**

**Agregado Fino**

| MASA INICIAL DE LA MUESTRA: 1500 |              |         | GR             |            |           |                      |       |
|----------------------------------|--------------|---------|----------------|------------|-----------|----------------------|-------|
| MALLA N°                         | ABERTURA(mm) | P.R(gr) | Ret. Comp (gr) | % RETENIDO |           | % ACUMULADO QUE PASA | ERROR |
|                                  |              |         |                | PARCIAL    | ACUMULADO |                      |       |
| 3/8"                             | 9.5          | 0.00    | 0.00           | 0.00       | 0.00      | 100.00               | 0.000 |
| 4                                | 4.750        | 73.50   | 75.51          | 4.95       | 4.95      | 95.05                |       |
| 8                                | 2.360        | 205.80  | 207.81         | 13.85      | 18.80     | 81.20                |       |
| 16                               | 1.180        | 310.00  | 312.01         | 20.86      | 39.66     | 60.34                |       |
| 30                               | 0.600        | 229.30  | 231.31         | 15.43      | 55.09     | 44.91                |       |
| 50                               | 0.300        | 416.00  | 418.01         | 28.00      | 83.09     | 16.91                |       |
| 100                              | 0.150        | 152.70  | 154.71         | 10.28      | 93.36     | 6.64                 |       |
| 200                              | 0.007        | 70.10   | 72.11          | 4.72       | 98.08     | 1.92                 |       |
| CAZOLETA                         |              | 28.50   | 28.50          | 1.90       | 99.98     | 0.02                 |       |
| TOTAL                            |              | 1485.90 | 1500.00        | 99.98      |           |                      |       |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 12: Curva granulométrica de agregado fino**



Fuente: Elaboración propia, 2015

## 2.2. Contenido de Humedad (ASTM C566; NTP 339.185)

**TABLA N° 28: Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso**

|                                      | ENSAYO N° 1 | ENSAYO N° 2 | ENSAYO N° 3 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| N° DE TARA                           | 1           | 2           | 3           |
| PESO DE TARA (GR)                    | 162.8       | 162.8       | 161.5       |
| PESO DE LA TARA + MUESTRA HÚMEDA(GR) | 1049        | 1052.8      | 1050.6      |
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)       | 886.2       | 890         | 889.1       |
| PESO DE LA TARA + MUESTRA SECA(GR)   | 1021.7      | 1027.3      | 1019.6      |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (GR)         | 858.9       | 864.5       | 858.1       |
| CONTENIDO DE HUMEDAD(%9              | 3.18        | 2.95        | 3.61        |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 3.25        |             |             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 29: Ensayo de contenido de humedad de agregado fino**

|                                      | ENSAYO N° 1 | ENSAYO N° 2 | ENSAYO N° 3 |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| N° DE TARA                           | 1           | 2           | 3           |
| PESO DE TARA (GR)                    | 87.6        | 77          | 77          |
| PESO DE LA TARA + MUESTRA HÚMEDA(GR) | 430.6       | 430.3       | 430.5       |
| PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (GR)       | 343         | 353.3       | 353.5       |
| PESO DE LA TARA + MUESTRA SECA(GR)   | 400.8       | 398.1       | 400.2       |
| PESO DE LA MUESTRA SECA (GR)         | 313.2       | 321.1       | 323.2       |
| CONTENIDO DE HUMEDAD(%9              | 9.51        | 10.03       | 9.38        |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 9.64        |             |             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

### 2.3. Peso Específico y Absorción

#### 2.3.1 Para el Agregado Grueso (ASTM C127; NTP 400.021)

**TABLA N° 30: Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso**

|  |        |
|--|--------|
| Agregado saturado superficialmente seco + tara(gr)   | 5231.2 |
| Agregado seco + tara (gr)                            | 5072.8 |
| Peso de la tara (gr)                                 | 231.7  |
| Agregado saturado Superficialmene seco (gr) <b>B</b> | 4999.5 |
| Agregado seco (gr) <b>A</b>                          | 4841.1 |
| Agregado + canastilla sumergida (gr)                 | 4547.2 |
| Peso canastilla Sumergida (gr)                       | 1554.4 |
| Agregado saturado sumergido (gr) <b>C</b>            | 2992.8 |

|   | M3   | %    |
|---|------|------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA (Pem)                               | 2.41 |      |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA(PeSSS) | 2.49 |      |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pea)                              | 2.62 |      |
| ABSORCIÓN (Ab)  |      | 3.27 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

#### 2.3.1 Para el Agregado Fino (ASTM C128; NTP 400.022)

**TABLA N° 31: Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino**

|  |         |
|--|---------|
| MUESTRA (GR)   | 500.00  |
| PESO DE FIOLA (GR)   | 297.20  |
| PESO DE FIOLA + AGUA (GR)                                      | 1294.64 |
| PESO DE FIOLA + AGUA + ARENA (GR)                              | 1594.50 |
| VOLUMEN DE AGUA (ML)   | 1000.00 |
| PESO DE LA TARA (GR)   | 163.20  |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARA (GR)                            | 643.80  |
| Wo = PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA EN EL HORNO (GR)     | 480.60  |
| V = VOLUMEN DEL FRASCO (CM3)                                   | 1000    |
| Va = PESO EN GRAMOS O VOLUMEN (CM3 DEL AGUA AÑADIDA AL FRASCO) | 797.30  |

|  | M3   | %    |
|--|------|------|
| PESO ESPECÍFICO DE MASA (Pem)                                | 2.37 |      |
| PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (PeSSS) | 2.47 |      |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pea)                               | 2.62 |      |
| ABSORCIÓN (Ab)   |      | 4.04 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

#### 2.4. Peso Unitario (ASTM C29; NTP 400.017)

**TABLA N° 32: Ensayo de peso unitario de agregado grueso**

| PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO                  |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| ENSAYO  | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| MOLDE   | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| VOLUMEN DEL MOLDE (M3)                        | 0.0138  | 0.0138  | 0.0138  |
| PESO DEL MOLDE (KG)                           | 5.818   | 5.818   | 5.818   |
| PESO DEL AGREGADO SUELTO + MOLDE (KG)         | 25.628  | 25.386  | 25.534  |
| PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (KG/M3)          | 1433.88 | 1416.36 | 1427.08 |
| PROMEDIO PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (KG/M3) | 1425.77 |         |         |

| PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO                  |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| ENSAYO  | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| MOLDE   | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| VOLUMEN DEL MOLDE (M3)                            | 0.0138  | 0.0138  | 0.0138  |
| PESO DEL MOLDE (KG)                               | 5.818   | 5.818   | 5.818   |
| PESO DEL AGREGADO COMPACTADO + MOLDE (KG)         | 26.526  | 26.848  | 26.892  |
| PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO (KG/M3)          | 1498.88 | 1522.19 | 1525.37 |
| PROMEDIO PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO (KG/M3) | 1515.48 |         |         |

| CONTENIDO DE VACÍOS                                 |         |         |
|---|---------|---------|
|   | PVSS    | PVSC    |
| M = PESO UNITARIO DEL AGREGADO EN KG/M3             | 1425.77 | 1515.48 |
| S = PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (BASE SECA) EN KG/M3 | 2.41    |         |
| W = DENSIDAD DEL AGUA EN KG/M3                      | 998     |         |
| PORCENTAJE DE VACÍOS (%)                            | 40.78   | 37.06   |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 33: Ensayo de peso unitario de agregado fino**

| <b>PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO</b>           |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| ENSAYO  | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| MOLDE   | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| VOLUMEN DEL MOLDE (M3)                        | 0.009   | 0.009   | 0.009   |
| PESO DEL MOLDE (KG)                           | 4.780   | 4.780   | 4.780   |
| PESO DEL AGREGADO SUELTO + MOLDE (KG)         | 17.901  | 17.918  | 17.908  |
| PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (KG/M3)          | 1416.69 | 1418.53 | 1417.45 |
| PROMEDIO PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (KG/M3) | 1417.56 |         |         |

| <b>PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO</b>           |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
| ENSAYO  | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| MOLDE   | N° 1    | N° 2    | N° 3    |
| VOLUMEN DEL MOLDE (M3)                            | 0.009   | 0.009   | 0.009   |
| PESO DEL MOLDE (KG)                               | 4.780   | 4.780   | 4.780   |
| PESO DEL AGREGADO COMPACTADO + MOLDE (KG)         | 19.414  | 19.45   | 19.436  |
| PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO (KG/M3)          | 1580.05 | 1583.94 | 1582.43 |
| PROMEDIO PESO VOLUMÉTRICO SECO COMPACTADO (KG/M3) | 1582.14 |         |         |

| <b>CONTENIDO DE VACÍOS</b>                          |         |         |
|---|---------|---------|
|   | PVSS    | PVSC    |
| M = PESO UNITARIO DEL AGREGADO EN KG/M3             | 1417.56 | 1582.14 |
| S = PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (BASE SECA) EN KG/M3 | 2.37    |         |
| W = DENSIDAD DEL AGUA EN KG/M3                      | 998     |         |
| PORCENTAJE DE VACÍOS (%)                            | 40.09   | 33.14   |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## 2.5. Ensayo por Lavado del material (ASTM C117; NTP 400.018)

**TABLA N° 34: Ensayo por lavado de agregado grueso**

|   |         |
|---|---------|
| PESO DE TARA  | 350.10  |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA   | 5312.30 |
| A = PORCENTAJE DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 (%) | 0.76    |
| B = MASA ORIGINAL SECA DE LA MUESTRA ENSAYADA (GR)                  | 5000.00 |
| C = MASA SECA DE LA MUESTRA DE ENSAYO DEL LAVADO(GR)                | 4962.20 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 35: Ensayo por lavado de agregado fino**

|   |        |
|---|--------|
| PESO DE TARA  | 74.10  |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA   | 554.20 |
| A = PORCENTAJE DE MATERIAL MÁS FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 (%) | 3.98   |
| B = MASA ORIGINAL SECA DE LA MUESTRA ENSAYADA (GR)                  | 500.00 |
| C = MASA SECA DE LA MUESTRA DE ENSAYO DEL LAVADO(GR)                | 480.10 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## 2.6. Ensayo de Abrasión (ASTM C131; NTP 400.019)

**TABLA N° 36: Ensayo de abrasión del agregado grueso**

|                 |         |    |
|-----------------|---------|----|
|                 | 5000.00 | gr |
| P.R MALLA 1"    | 1250.00 |    |
| P.R MALLA 3/4"  | 1250.00 |    |
| P.R MALLA 1/2"  | 1250.00 |    |
| P.R MALLA 3/8"  | 1250.00 |    |
| P.R MALLA N° 12 | 3619.60 |    |
| ABRASIÓN (%)    | 27.61   |    |

Fuente: Elaboración propia, 2015

## **ANEXO N° 3: DISEÑO DE MEZCLAS**

### 3.1 Diseño de Mezclas por el Método de ACI

#### 1.- DETERMINACIÓN DEL F'C

$$F'c = 210 \quad \text{kg/cm}^2 \quad (\text{A los 28 días})$$

#### 2.- DETERMINACIÓN EL F'CR

$$\begin{aligned} \Rightarrow F'cr &= F'c + 84 \\ F'cr &= 294 \quad \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow F'cr &= 1.2 * F'c \\ F'cr &= 252 \quad \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Se elige el de mayor valor:  $F'cr = 294 \quad \text{Kg/cm}^2$

#### 3.- TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

$$TMN = 1''$$

#### 4.- CONSISTENCIA

Consistencia plástica:  $SLUMP = 3''-4''$

#### 5.- VOLUMEN AGUA DE MEZCLA

Entrando a la tabla con:

- TMN AG.
- SLUMP

Entonces Volumen de Agua = 193 lts/m<sup>3</sup>

#### 6.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

% AIRE = 1.50%

## 7.- DETERMINACION DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO

**NOTA: Por ser un concreto NO expuesto a condiciones severas, sólo se determinará la relación a/c por resistencia, mas no por durabilidad**

Entrando a la tabla correspondiente con el valor  $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$  para un concreto sin aire incorporado y se encuentra la relación a/c

Como el valor del  $F'_{cr}$  no se encuentra en la tabla entonces se interpola.

|    |   |    |                          |      |   |      |
|----|---|----|--------------------------|------|---|------|
| 50 | { | 44 | 250 Kg/cm <sup>2</sup> - | 0.62 | } | 0.07 |
|    |   |    | 294 Kg/cm <sup>2</sup> - | x    |   |      |
|    |   |    | 300 Kg/cm <sup>2</sup> - | 0.55 |   |      |

$$\Rightarrow \frac{50}{0.07} = \frac{44}{x}$$

$$x = 0.0616$$

$$\frac{a}{c} = 0.62 - 0.0616 = 0.56$$

## 8.- DETERMINACIÓN FACTOR CEMENTO (FC)

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua}}{a/c}$$

$$FC = \frac{193 \text{ lts}}{0.56}$$

$$FC = 345 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{302}{42.5} = 8.11 \text{ bol/m}^3 = 8.5$$

### 9.- DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO

Utilizando Tabla:  
Entrando con:

- MF AF.= 2.95
- TMN AG.= 1"



$$\frac{0.2}{0.02} = \frac{0.15}{x} \quad x=0.015$$

$$\frac{b}{bo} = 0.655$$

⇒  $0.67 - 0.015 = 0.655$

Donde:

b= PUV del agregado grueso suelto

bo= PUV del agregado grueso compactado

⇒

|                      |               |                          |
|----------------------|---------------|--------------------------|
| PESO SUELTO SECO AG= | 0.655         | (Peso compactado de AG.) |
| PESO SUELTO SECO AG= | <b>992.64</b> | <b>Kg/m<sup>3</sup></b>  |

### 10.- CÁLCULOS DE VOLÚMENES ABSOLUTOS (CEMENTO, AGUA, AIRE)

|                          |              |              |                      |
|--------------------------|--------------|--------------|----------------------|
| AGUA                     | 193/1000=    | 0.193        | m <sup>3</sup>       |
| CEMENTO                  | 345/3150=    | 0.109        | m <sup>3</sup>       |
| AIRE                     | 1.5 %=       | 0.015        | m <sup>3</sup>       |
| AGREGADO GRUESO          | 992.64/2410= | 0.412        | m <sup>3</sup>       |
| <b>Σ Vol. Absoluto =</b> |              | <b>0.729</b> | <b>m<sup>3</sup></b> |

⇒ Volumen Absoluto AF =  $1 \text{ m}^3 - 0.716 \text{ m}^3$   
**Volumen Absoluto AF = 0.271 m<sup>3</sup>**

⇒ Peso del AF seco =  $0.271 \times P_{em}$   
**Peso del AF seco = 642 Kg/m<sup>3</sup>**

### 11.- VALORES DE DISEÑO EN EL LABORATORIO

- AGUA= 193 lts/m<sup>3</sup>
- AIRE= 1.5 %
- CEMENTO= 345 Kg/m<sup>3</sup>
- AF SECO= 642 Kg/m<sup>3</sup>
- AG SECO= 993 Kg/m<sup>3</sup>

### 12.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Peso Húmedo del:

⇒ AF=Peso seco (1+ w%)  
 AF=642\* (1+ (9.64/100))  
**AF= 703 Kg/m<sup>3</sup>**

⇒ AG=Peso seco (1+ w%)  
 AG=993\* (1+ (3.25/100))  
**AG= 1025 Kg/m<sup>3</sup>**

### 13.- CÁLCULO DE HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

Humedad superficial de:

⇒ AF= w %- % Abs  
 AF=9.64% - 4.04%  
**AF= 6 % APORTA AGUA A LA MEZCLA**

⇒ AG= w %- % Abs  
AG=3.25 % - 3.27%

**AG= -0.02 % NO APORTA AGUA A LA MEZCLA**

#### 14.- APORTE DE AGUA POR HUMEDAD

|                        |                 |                          |
|------------------------|-----------------|--------------------------|
| ○ AF= 642 x (+0.06)=   | 35.93           | lts/m <sup>3</sup>       |
| ○ AG= 993 x (-0.0002)= | -0.20           | lts/m <sup>3</sup>       |
|                        | <b>Σ= 35.73</b> | <b>lts/m<sup>3</sup></b> |

⇒ Agua Efectiva = H2O mezcla - Aporte H2O por humedad de los agregados  
 Agua Efectiva= 193 lts/m<sup>3</sup> - 35.73 lts/m<sup>3</sup>  
**Agua efectiva= 157 lts/m<sup>3</sup>**

#### 15.- VALORES DEL DISEÑO AL PIE DE OBRA

|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| ○ CEMENTO=       | 345 Kg/m <sup>3</sup>           |
| ○ AGUA EFECTIVA= | 157 Kg/m <sup>3</sup>           |
| ○ AF HUMEDO=     | 703 Kg/m <sup>3</sup>           |
| ○ AG HUMEDO=     | 1025 Kg/m <sup>3</sup>          |
|                  | <b>Σ= 2230 Kg/m<sup>3</sup></b> |

#### 16.- PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA

$$\frac{345}{345}; \frac{703}{345}; \frac{1025}{345} / \frac{157}{8.5}$$

1 ; 2.04 ; 2.97 / 18.47 lts/bolsa

### **3.2 Diseño de Mezclas por el Método de Módulo de finura de la Combinación de los Agregados**

#### **1.- DETERMINACIÓN DEL F'C**

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (A los 28 días)}$$

#### **2.- DETERMINACIÓN EL F'CR**

Cuando no se tiene registro de la resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores se emplea:

|              |          |
|--------------|----------|
| f'c          | f'cr     |
| menos de 210 | f'c + 70 |
| 210-350      | f'c + 84 |
| > 350        | f'c + 98 |

También podemos calcular el f'cr teniendo en cuenta el grado de control de calidad en obra:

|                  |               |
|------------------|---------------|
| Nivel de control | f'cr          |
| Regular o malo   | 1.3 a 1.5 f'c |
| Bueno            | 1.2 f'c       |
| Excelente        | 1.1 f'c       |

⇒  $F'_{cr} = F'_c + 84$   
 $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

⇒  $F'_{cr} = 1.2 * F'_c$   
 $F'_{cr} = 252 \text{ kg/cm}^2$

○ Se elige el de mayor valor:  $F'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$

### 3.- TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

PERFIL = ANGULAR  
TMN= 1"

### 4.- CONSISTENCIA

Consistencia plástica: SLUMP = 3" – 4"

### 5.- VOLUMEN AGUA DE MEZCLA

Entrando a la tabla con:

- TMN AG.
- SLUMP

Entonces Volumen de Agua = 193 lts/m<sup>3</sup>

### 6.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

% AIRE = 1.50%

## 7.- DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO

**NOTA: Por ser un concreto NO expuesto a condiciones severas, sólo se determinará la relación a/c por resistencia, mas no por durabilidad.**

Entrando a la tabla correspondiente con el valor  $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$  para un concreto sin aire incorporado y se encuentra la relación a/c

Como el valor del  $F'_{cr}$  no se encuentra en la tabla entonces se interpola:

$$\begin{array}{r}
 50 \left\{ \begin{array}{l} - 44 \left\{ \begin{array}{l} 250 \text{ Kg/cm}^2 - 0.62 \\ 294 \text{ Kg/cm}^2 - x \end{array} \right\} \\ \\ 300 \text{ Kg/cm}^2 - 0.55 \end{array} \right\} 0.07
 \end{array}$$

$$\frac{50}{0.07} = \frac{44}{x} \quad x=0.0616$$

$$\Rightarrow \frac{a}{c} = 0.62 - 0.0616 = 0.56$$

## 8.- DETERMINACIÓN FACTOR CEMENTO (FC)

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua}}{a/c}$$

$$FC = \frac{193 \text{ lts}}{0.56}$$

$$FC = 345 \text{ Kg/m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{302}{42.5} = 8.11 \text{ Bol/m}^3 = 8.5$$

### 9.- CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA

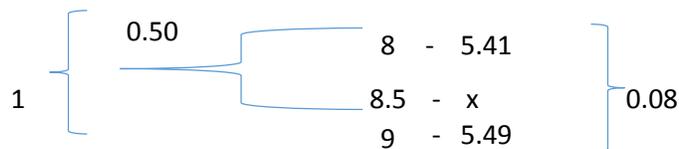
Volúmenes absolutos de:

|           |              |                |
|-----------|--------------|----------------|
| Cemento = | 0.1094       | m <sup>3</sup> |
| Agua =    | 0.193        | m <sup>3</sup> |
| Aire =    | <u>0.015</u> | m <sup>3</sup> |
|           | 0.317        | m <sup>3</sup> |

### 10.- VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO

Volumen absoluto del agregado = 0.683 m<sup>3</sup>

### 11.- CÁLCULO DEL MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS



$$\frac{1}{0.08} = \frac{0.5}{x}$$

$$X = 0.04$$

$$\Rightarrow 5.41 + 0.04 = 5.45$$

### 12.- CÁLCULO DEL VALOR DE $r_r$

Aplicando la ecuación:

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} * 100$$

Donde:

m = Módulo de finura de la combinación de agregados

rr = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

mg = Módulo de fineza del a.g

mr = Módulo de fineza del a.f

$$r_r = \frac{7.45 - 5.45}{7.45 - 2.95} * 100$$

$$r_r = 44.44\%$$

### 13.- CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS

Volumen absoluto del agregado fino=            0.683 \* 0.4444 =    0.303 m<sup>3</sup>  
 Volumen absoluto del agregado grueso=        0.683 \* 0.5556 =    0.379 m<sup>3</sup>

### 14.- PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino = 719 kg/m<sup>3</sup>  
 Agregado Grueso = 914 kg/m<sup>3</sup>

### 15.- VALORES DE DISEÑO

Cemento =                    345 kg/m<sup>3</sup>  
 Agua de Diseño =            193 lt/m<sup>3</sup>  
 Agregado Fino Seco =        719 kg/m<sup>3</sup>  
 Agregado Grueso Seco =    914 kg/m<sup>3</sup>

### 16.- CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Agregado Fino =        788     kg/m<sup>3</sup>  
 Agregado Grueso =    944     kg/m<sup>3</sup>

### 17.- CÁLCULO DE LA HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino = 5.60%  
 Agregado Grueso = -0.02%

### 18.- APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

|                             |        |                   |   |
|-----------------------------|--------|-------------------|---|
| Agregado Fino =             | 40.26  | lt/m <sup>3</sup> | + |
| Agregado Grueso =           | 0.18   | lt/m <sup>3</sup> | - |
|                             | 40.08  | lt/m <sup>3</sup> |   |
| Agua efectiva = 193-40.08 = | 152.92 | lt/m <sup>3</sup> |   |

### 19.- VALORES DE DISEÑO A PIE DE OBRA

$$\begin{aligned} \text{Cemento} &= 345 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua efectiva} &= 153 \text{ lt/m}^3 \\ \text{Agregado Fino Húmedo} &= 788 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} &= \frac{944 \text{ kg/m}^3}{2229} \end{aligned}$$

### 20.- PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA

$$\frac{345}{345}; \frac{788}{345}; \frac{944}{345} / \frac{153}{8.5}$$

$$1; 2.28; 2.74 / 18 \text{ lts/bolsa}$$

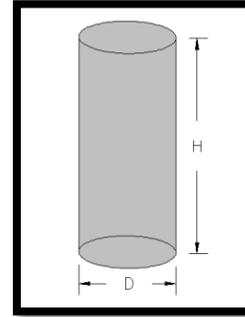
## **ANEXO N° 4:**

# **ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

**4.1 Ensayos de resistencia a compresión a los 7 días**

**TABLA N° 37: Ensayo resistencia a compresión de PC-01, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.9           | 29.98          | 29.94    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.84          | 14.87          | 14.855   |



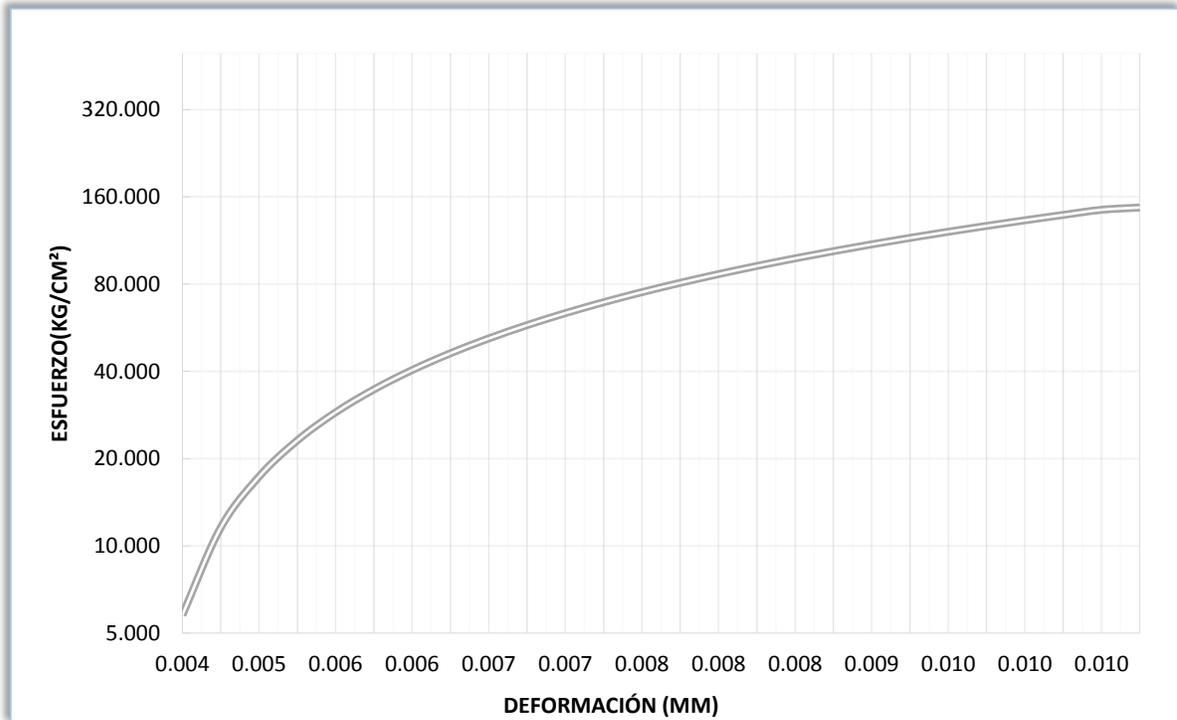
TIEMPO DE ROTURA = 00:02:35.04 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.32 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.21             | 5.770                          | 0.004             |
| 2000       | 1.39             | 11.540                         | 0.005             |
| 3000       | 1.52             | 17.310                         | 0.005             |
| 4000       | 1.63             | 23.079                         | 0.005             |
| 5000       | 1.72             | 28.849                         | 0.006             |
| 6000       | 1.78             | 34.619                         | 0.006             |
| 7000       | 1.87             | 40.389                         | 0.006             |
| 8000       | 1.93             | 46.159                         | 0.006             |
| 9000       | 1.99             | 51.929                         | 0.007             |
| 10000      | 2.03             | 57.698                         | 0.007             |
| 11000      | 2.12             | 63.468                         | 0.007             |
| 12000      | 2.19             | 69.238                         | 0.007             |
| 13000      | 2.28             | 75.008                         | 0.008             |
| 14000      | 2.31             | 80.778                         | 0.008             |
| 15000      | 2.37             | 86.548                         | 0.008             |
| 16000      | 2.44             | 92.317                         | 0.008             |
| 17000      | 2.51             | 98.087                         | 0.008             |
| 18000      | 2.56             | 103.857                        | 0.009             |
| 19000      | 2.64             | 109.627                        | 0.009             |
| 20000      | 2.79             | 115.397                        | 0.009             |
| 21000      | 2.86             | 121.167                        | 0.010             |
| 22000      | 2.91             | 126.936                        | 0.010             |
| 23000      | 2.98             | 132.706                        | 0.010             |
| 24000      | 3.04             | 138.476                        | 0.010             |
| 25000      | 3.11             | 144.246                        | 0.010             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 25454 | 3.18 | 146.866 | 0.011 |
|-------|------|---------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

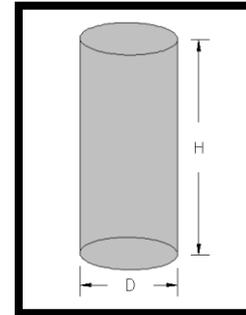
**GRÁFICO N° 13: Esfuerzo VS deformación de PC-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 38: Ensayo resistencia a compresión de PC-02, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.8           | 29.9           | 29.85    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.85          | 14.84          | 14.845   |

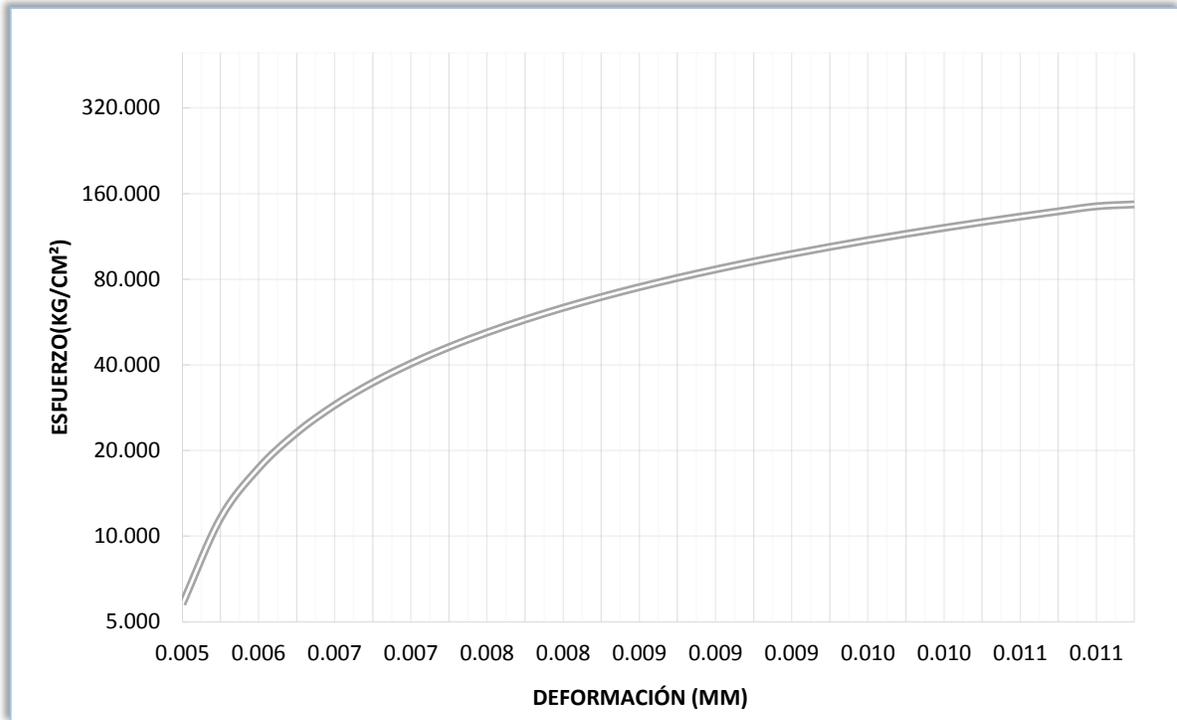


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:29.30 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.08 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.46             | 5.778                          | 0.005             |
| 2000       | 1.68             | 11.555                         | 0.006             |
| 3000       | 1.85             | 17.333                         | 0.006             |
| 4000       | 1.94             | 23.110                         | 0.006             |
| 5000       | 2.03             | 28.888                         | 0.007             |
| 6000       | 2.09             | 34.666                         | 0.007             |
| 7000       | 2.18             | 40.443                         | 0.007             |
| 8000       | 2.24             | 46.221                         | 0.008             |
| 9000       | 2.31             | 51.999                         | 0.008             |
| 10000      | 2.37             | 57.776                         | 0.008             |
| 11000      | 2.44             | 63.554                         | 0.008             |
| 12000      | 2.49             | 69.331                         | 0.008             |
| 13000      | 2.56             | 75.109                         | 0.009             |
| 14000      | 2.63             | 80.887                         | 0.009             |
| 15000      | 2.69             | 86.664                         | 0.009             |
| 16000      | 2.77             | 92.442                         | 0.009             |
| 17000      | 2.81             | 98.219                         | 0.009             |
| 18000      | 2.88             | 103.997                        | 0.010             |
| 19000      | 2.94             | 109.775                        | 0.010             |
| 20000      | 2.99             | 115.552                        | 0.010             |
| 21000      | 3.07             | 121.330                        | 0.010             |
| 22000      | 3.14             | 127.108                        | 0.011             |
| 23000      | 3.24             | 132.885                        | 0.011             |
| 24000      | 3.32             | 138.663                        | 0.011             |
| 25000      | 3.39             | 144.440                        | 0.011             |
| 25395      | 3.45             | 146.723                        | 0.012             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

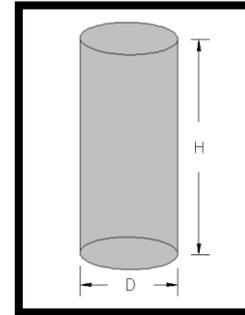
**GRÁFICO N° 14: Esfuerzo VS deformación de PC-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 39: Ensayo resistencia a compresión de PC-03, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.8           | 29.9           | 29.85    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.86          | 14.85          | 14.855   |

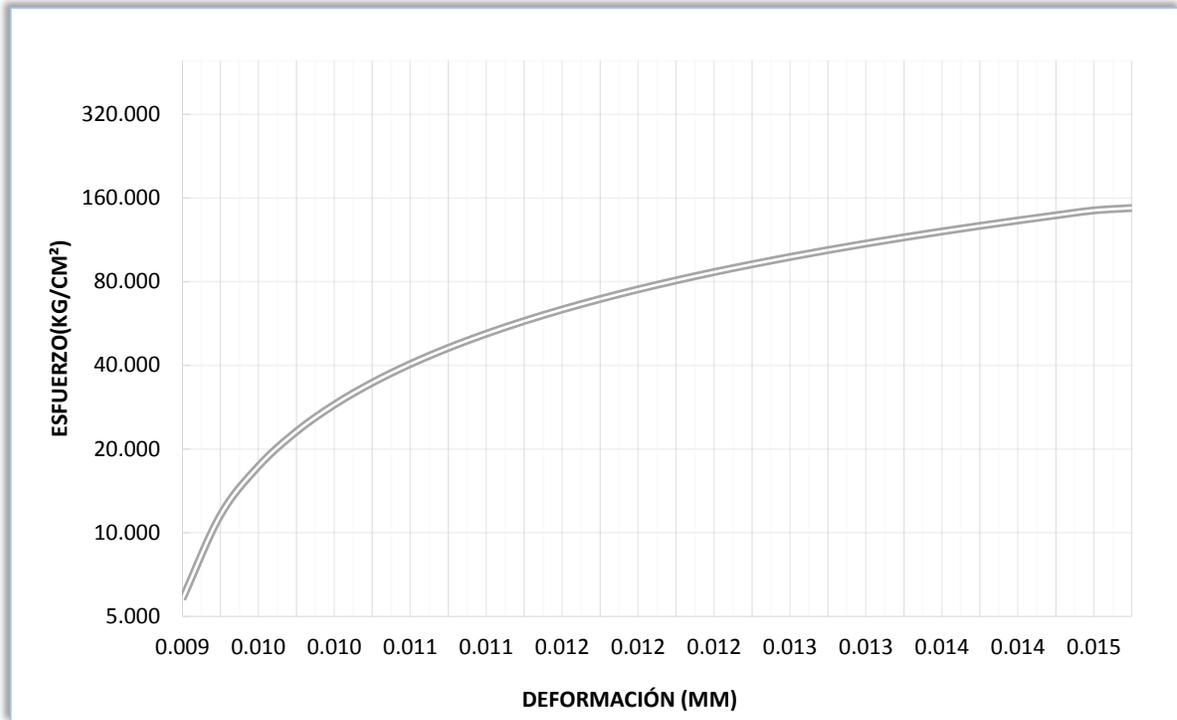


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:54.45 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.32 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN(mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.54            | 5.770                          | 0.009             |
| 2000       | 2.78            | 11.540                         | 0.009             |
| 3000       | 2.92            | 17.310                         | 0.010             |
| 4000       | 3.04            | 23.079                         | 0.010             |
| 5000       | 3.12            | 28.849                         | 0.010             |
| 6000       | 3.19            | 34.619                         | 0.011             |
| 7000       | 3.26            | 40.389                         | 0.011             |
| 8000       | 3.32            | 46.159                         | 0.011             |
| 9000       | 3.39            | 51.929                         | 0.011             |
| 10000      | 3.44            | 57.698                         | 0.012             |
| 11000      | 3.51            | 63.468                         | 0.012             |
| 12000      | 3.56            | 69.238                         | 0.012             |
| 13000      | 3.62            | 75.008                         | 0.012             |
| 14000      | 3.67            | 80.778                         | 0.012             |
| 15000      | 3.71            | 86.548                         | 0.012             |
| 16000      | 3.78            | 92.317                         | 0.013             |
| 17000      | 3.83            | 98.087                         | 0.013             |
| 18000      | 3.88            | 103.857                        | 0.013             |
| 19000      | 3.94            | 109.627                        | 0.013             |
| 20000      | 4.05            | 115.397                        | 0.014             |
| 21000      | 4.14            | 121.167                        | 0.014             |
| 22000      | 4.24            | 126.936                        | 0.014             |
| 23000      | 4.31            | 132.706                        | 0.014             |
| 24000      | 4.39            | 138.476                        | 0.015             |
| 25000      | 4.48            | 144.246                        | 0.015             |
| 25495      | 4.56            | 147.102                        | 0.015             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

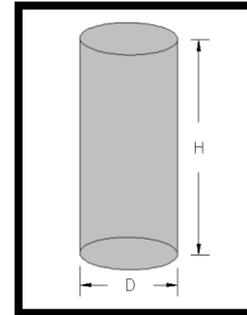
**GRÁFICO N° 15: Esfuerzo VS deformación de PC-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 40: Ensayo resistencia a compresión de SF-01, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.9           | 29.9           | 29.9     |
| <b>DIÁMETRO</b> | 15.02          | 15.04          | 15.03    |

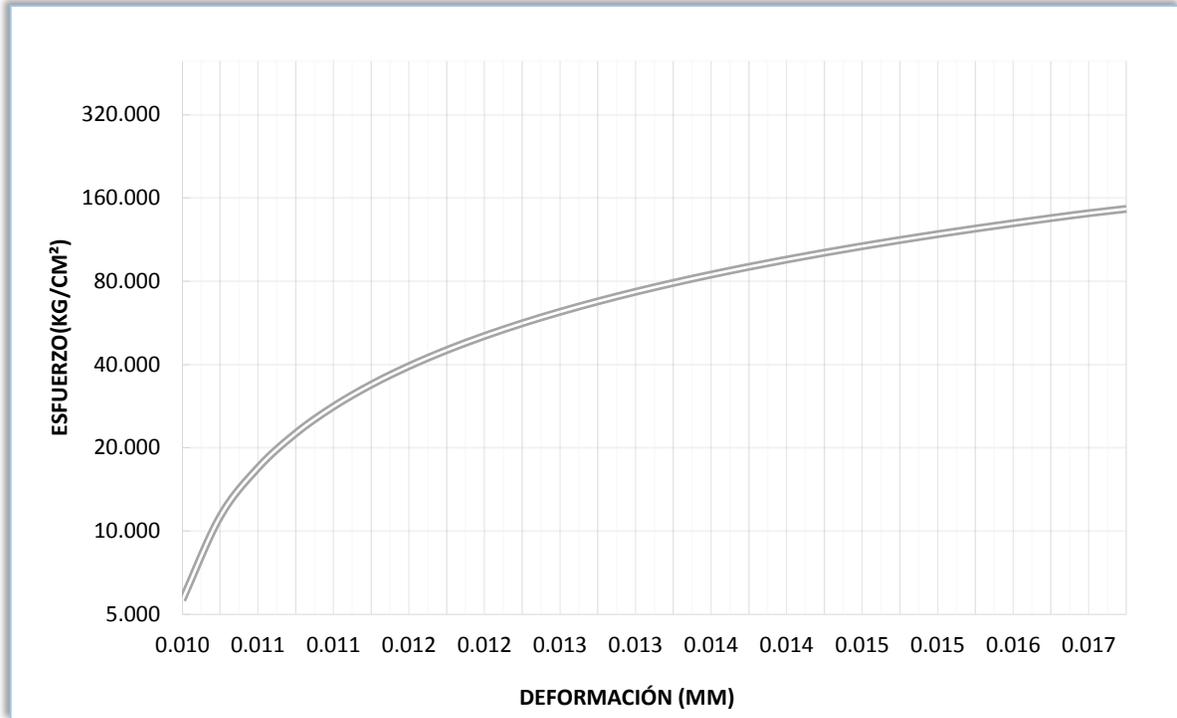


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:07.05 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 177.42 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.97             | 5.636                          | 0.010             |
| 2000       | 3.12             | 11.273                         | 0.010             |
| 3000       | 3.19             | 16.909                         | 0.011             |
| 4000       | 3.25             | 22.545                         | 0.011             |
| 5000       | 3.32             | 28.181                         | 0.011             |
| 6000       | 3.39             | 33.818                         | 0.011             |
| 7000       | 3.46             | 39.454                         | 0.012             |
| 8000       | 3.55             | 45.090                         | 0.012             |
| 9000       | 3.63             | 50.726                         | 0.012             |
| 10000      | 3.71             | 56.363                         | 0.012             |
| 11000      | 3.82             | 61.999                         | 0.013             |
| 12000      | 3.91             | 67.635                         | 0.013             |
| 13000      | 3.99             | 73.271                         | 0.013             |
| 14000      | 4.09             | 78.908                         | 0.014             |
| 15000      | 4.14             | 84.544                         | 0.014             |
| 16000      | 4.19             | 90.180                         | 0.014             |
| 17000      | 4.25             | 95.816                         | 0.014             |
| 18000      | 4.33             | 101.453                        | 0.014             |
| 19000      | 4.44             | 107.089                        | 0.015             |
| 20000      | 4.50             | 112.725                        | 0.015             |
| 21000      | 4.59             | 118.361                        | 0.015             |
| 22000      | 4.72             | 123.998                        | 0.016             |
| 23000      | 4.83             | 129.634                        | 0.016             |
| 24000      | 4.94             | 135.270                        | 0.017             |
| 25000      | 5.06             | 140.907                        | 0.017             |
| 25920      | 5.19             | 146.092                        | 0.017             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

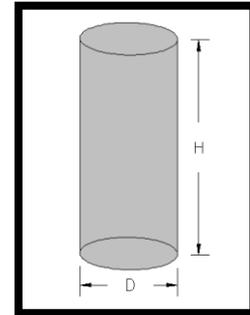
**GRÁFICO N° 16: Esfuerzo VS deformación de SF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 41: Ensayo resistencia a compresión de SF-02, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.9           | 29.91          | 29.905   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.99          | 14.985   |

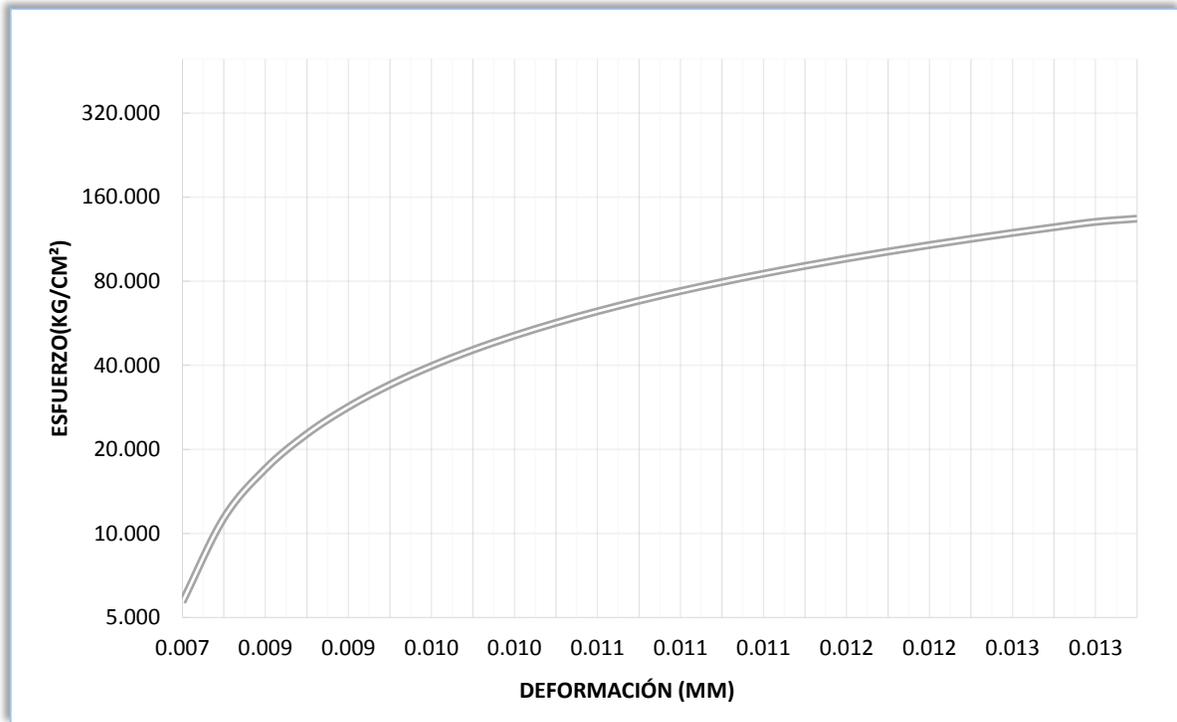


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:40.8 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.36 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.22             | 5.670                          | 0.007             |
| 2000       | 2.52             | 11.340                         | 0.008             |
| 3000       | 2.67             | 17.010                         | 0.009             |
| 4000       | 2.78             | 22.681                         | 0.009             |
| 5000       | 2.83             | 28.351                         | 0.009             |
| 6000       | 2.9              | 34.021                         | 0.010             |
| 7000       | 2.98             | 39.691                         | 0.010             |
| 8000       | 3.06             | 45.361                         | 0.010             |
| 9000       | 3.11             | 51.031                         | 0.010             |
| 10000      | 3.14             | 56.702                         | 0.010             |
| 11000      | 3.19             | 62.372                         | 0.011             |
| 12000      | 3.24             | 68.042                         | 0.011             |
| 13000      | 3.29             | 73.712                         | 0.011             |
| 14000      | 3.35             | 79.382                         | 0.011             |
| 15000      | 3.38             | 85.052                         | 0.011             |
| 16000      | 3.43             | 90.723                         | 0.011             |
| 17000      | 3.50             | 96.393                         | 0.012             |
| 18000      | 3.57             | 102.063                        | 0.012             |
| 19000      | 3.63             | 107.733                        | 0.012             |
| 20000      | 3.69             | 113.403                        | 0.012             |
| 21000      | 3.74             | 119.073                        | 0.013             |
| 22000      | 3.81             | 124.744                        | 0.013             |
| 23000      | 3.86             | 130.414                        | 0.013             |
| 23619      | 4.06             | 133.924                        | 0.014             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

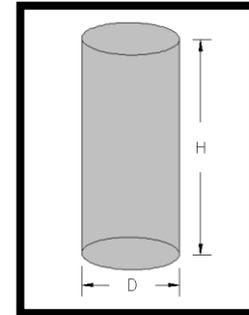
**GRÁFICO N° 17: Esfuerzo VS deformación de SF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 42: Ensayo resistencia a compresión de SF-03, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 30.03          | 30.05          | 30.04    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.99          | 14.98          | 14.985   |



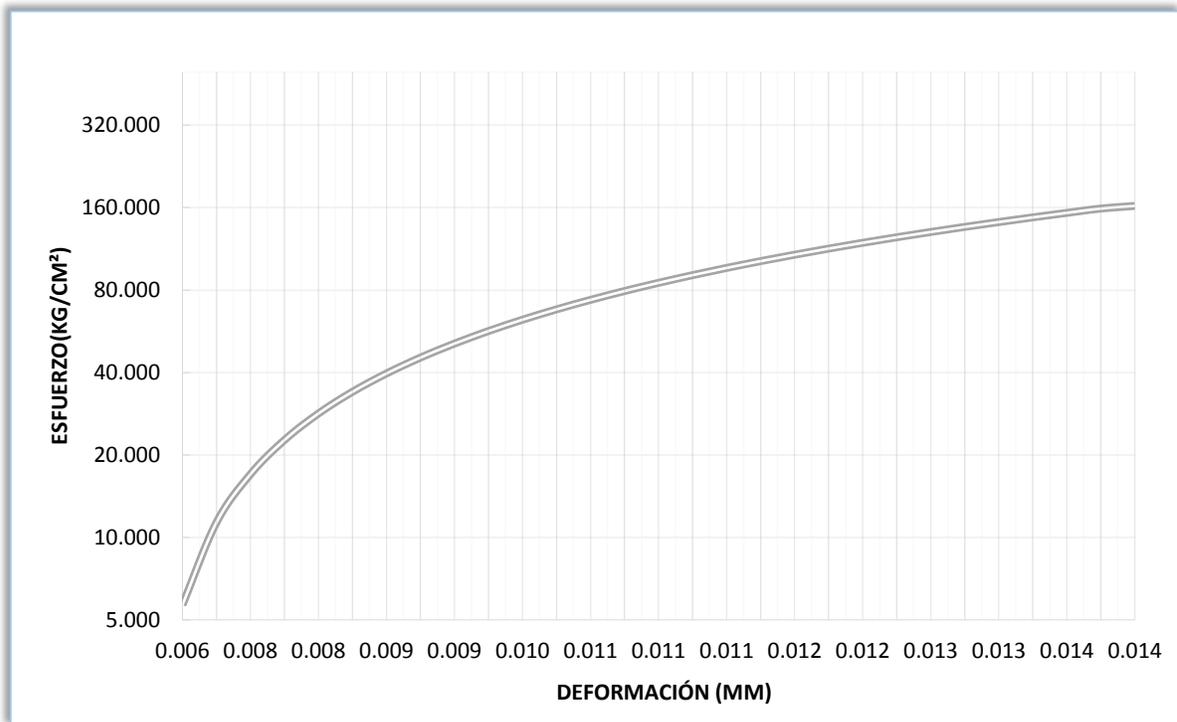
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:48.74 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.36 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 1.93             | 5.670                          | 0.006   |
| 2000       | 2.16             | 11.340                         | 0.007   |
| 3000       | 2.29             | 17.010                         | 0.008   |
| 4000       | 2.35             | 22.681                         | 0.008   |
| 5000       | 2.43             | 28.351                         | 0.008   |
| 6000       | 2.51             | 34.021                         | 0.008   |
| 7000       | 2.63             | 39.691                         | 0.009   |
| 8000       | 2.70             | 45.361                         | 0.009   |
| 9000       | 2.79             | 51.031                         | 0.009   |
| 10000      | 2.85             | 56.702                         | 0.009   |
| 11000      | 2.93             | 62.372                         | 0.010   |
| 12000      | 3.06             | 68.042                         | 0.010   |
| 13000      | 3.16             | 73.712                         | 0.011   |
| 14000      | 3.22             | 79.382                         | 0.011   |
| 15000      | 3.27             | 85.052                         | 0.011   |
| 16000      | 3.35             | 90.723                         | 0.011   |
| 17000      | 3.43             | 96.393                         | 0.011   |
| 18000      | 3.49             | 102.063                        | 0.012   |
| 19000      | 3.54             | 107.733                        | 0.012   |
| 20000      | 3.59             | 113.403                        | 0.012   |
| 21000      | 3.67             | 119.073                        | 0.012   |
| 22000      | 3.73             | 124.744                        | 0.012   |
| 23000      | 3.81             | 130.414                        | 0.013   |
| 24000      | 3.88             | 136.084                        | 0.013   |
| 25000      | 3.96             | 141.754                        | 0.013   |
| 26000      | 4.09             | 147.424                        | 0.014   |
| 27000      | 4.15             | 153.094                        | 0.014   |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.21 | 158.765 | 0.014 |
| 28630 | 4.28 | 162.337 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

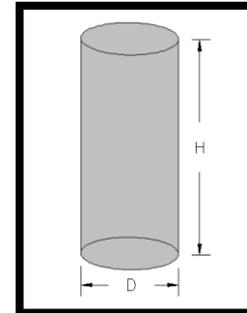
**GRÁFICO N° 18: Esfuerzo VS deformación de SF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 43: Ensayo resistencia a compresión de RF- 01, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 30.03          | 30.01          | 30.02    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.99          | 14.98          | 14.985   |



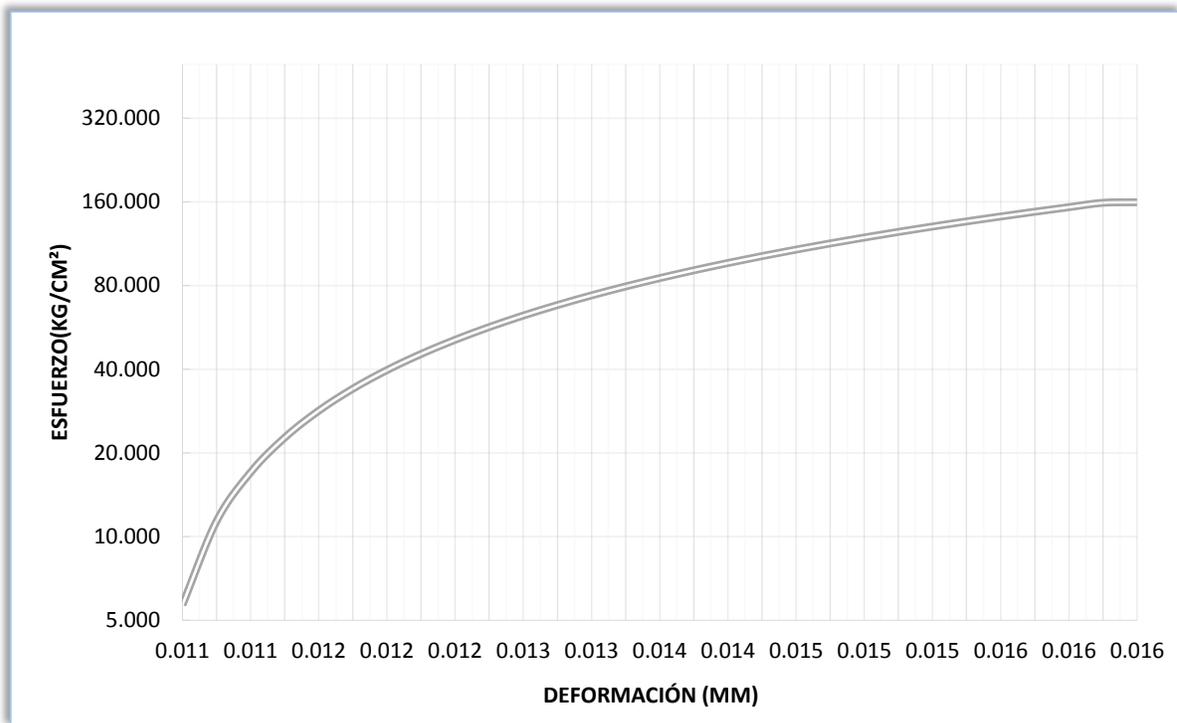
TIEMPO DE ROTURA = 00:02:01.14 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.36 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 3.23             | 5.670                          | 0.011             |
| 2000       | 3.31             | 11.340                         | 0.011             |
| 3000       | 3.41             | 17.010                         | 0.011             |
| 4000       | 3.49             | 22.681                         | 0.012             |
| 5000       | 3.52             | 28.351                         | 0.012             |
| 6000       | 3.56             | 34.021                         | 0.012             |
| 7000       | 3.59             | 39.691                         | 0.012             |
| 8000       | 3.62             | 45.361                         | 0.012             |
| 9000       | 3.67             | 51.031                         | 0.012             |
| 10000      | 3.73             | 56.702                         | 0.012             |
| 11000      | 3.79             | 62.372                         | 0.013             |
| 12000      | 3.86             | 68.042                         | 0.013             |
| 13000      | 3.94             | 73.712                         | 0.013             |
| 14000      | 4.04             | 79.382                         | 0.013             |
| 15000      | 4.12             | 85.052                         | 0.014             |
| 16000      | 4.17             | 90.723                         | 0.014             |
| 17000      | 4.23             | 96.393                         | 0.014             |
| 18000      | 4.28             | 102.063                        | 0.014             |
| 19000      | 4.36             | 107.733                        | 0.015             |
| 20000      | 4.4              | 113.403                        | 0.015             |
| 21000      | 4.49             | 119.073                        | 0.015             |
| 22000      | 4.54             | 124.744                        | 0.015             |
| 23000      | 4.6              | 130.414                        | 0.015             |
| 24000      | 4.63             | 136.084                        | 0.015             |
| 25000      | 4.69             | 141.754                        | 0.016             |
| 26000      | 4.73             | 147.424                        | 0.016             |
| 27000      | 4.78             | 153.094                        | 0.016             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.81 | 158.765 | 0.016 |
| 28130 | 4.84 | 159.502 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

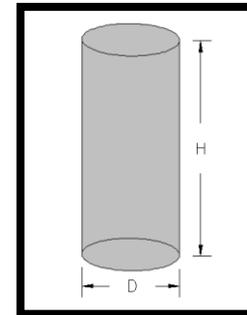
**GRÁFICO N° 19: Esfuerzo VS deformación de RF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 44: Ensayo resistencia a compresión de RF- 02, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 30.01          | 29.995   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.97          | 14.95          | 14.96    |



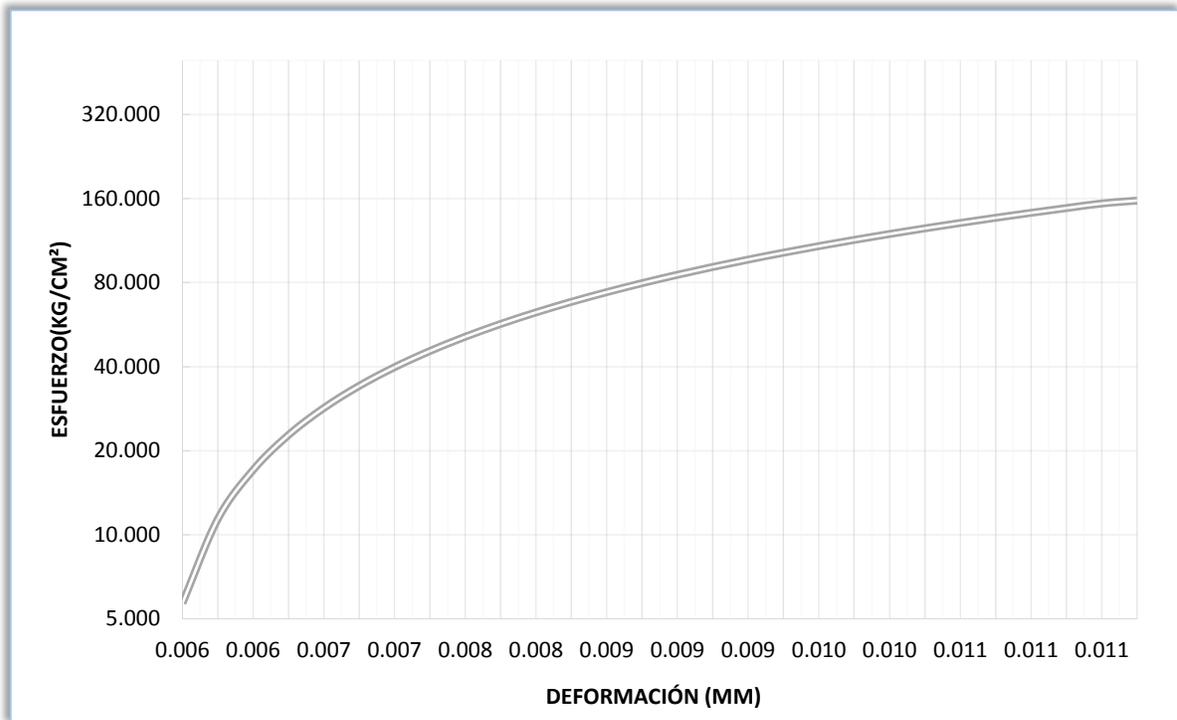
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:36.74 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.77 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.68             | 5.689                          | 0.006             |
| 2000       | 1.75             | 11.378                         | 0.006             |
| 3000       | 1.84             | 17.067                         | 0.006             |
| 4000       | 1.91             | 22.757                         | 0.006             |
| 5000       | 1.98             | 28.446                         | 0.007             |
| 6000       | 2.05             | 34.135                         | 0.007             |
| 7000       | 2.14             | 39.824                         | 0.007             |
| 8000       | 2.21             | 45.513                         | 0.007             |
| 9000       | 2.31             | 51.202                         | 0.008             |
| 10000      | 2.37             | 56.891                         | 0.008             |
| 11000      | 2.43             | 62.580                         | 0.008             |
| 12000      | 2.49             | 68.270                         | 0.008             |
| 13000      | 2.56             | 73.959                         | 0.009             |
| 14000      | 2.63             | 79.648                         | 0.009             |
| 15000      | 2.71             | 85.337                         | 0.009             |
| 16000      | 2.76             | 91.026                         | 0.009             |
| 17000      | 2.80             | 96.715                         | 0.009             |
| 18000      | 2.85             | 102.404                        | 0.010             |
| 19000      | 2.91             | 108.093                        | 0.010             |
| 20000      | 2.98             | 113.783                        | 0.010             |
| 21000      | 3.06             | 119.472                        | 0.010             |
| 22000      | 3.11             | 125.161                        | 0.010             |
| 23000      | 3.16             | 130.850                        | 0.011             |
| 24000      | 3.22             | 136.539                        | 0.011             |
| 25000      | 3.29             | 142.228                        | 0.011             |
| 26000      | 3.34             | 147.917                        | 0.011             |
| 27000      | 3.39             | 153.607                        | 0.011             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 27657 | 3.48 | 157.344 | 0.012 |
|-------|------|---------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

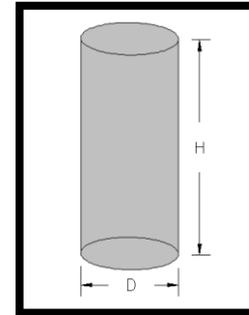
**GRÁFICO N° 20: Esfuerzo VS deformación de RF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 45: Ensayo resistencia a compresión de RF- 03, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.96          | 29.98          | 29.97    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.97          | 14.95          | 14.96    |



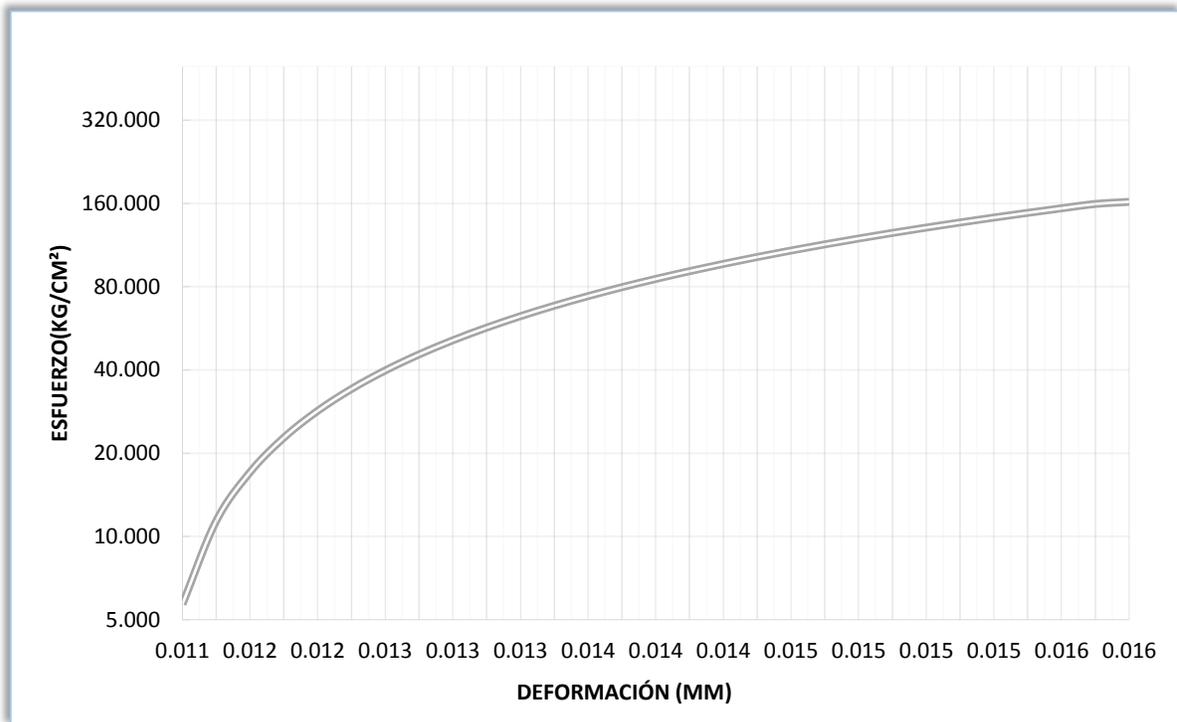
TIEMPO DE ROTURA = 00:02:05.36 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.77 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 3.33             | 5.689                          | 0.011             |
| 2000       | 3.41             | 11.378                         | 0.011             |
| 3000       | 3.53             | 17.067                         | 0.012             |
| 4000       | 3.60             | 22.757                         | 0.012             |
| 5000       | 3.66             | 28.446                         | 0.012             |
| 6000       | 3.72             | 34.135                         | 0.012             |
| 7000       | 3.81             | 39.824                         | 0.013             |
| 8000       | 3.88             | 45.513                         | 0.013             |
| 9000       | 3.92             | 51.202                         | 0.013             |
| 10000      | 3.98             | 56.891                         | 0.013             |
| 11000      | 4.02             | 62.580                         | 0.013             |
| 12000      | 4.07             | 68.270                         | 0.014             |
| 13000      | 4.13             | 73.959                         | 0.014             |
| 14000      | 4.18             | 79.648                         | 0.014             |
| 15000      | 4.21             | 85.337                         | 0.014             |
| 16000      | 4.25             | 91.026                         | 0.014             |
| 17000      | 4.29             | 96.715                         | 0.014             |
| 18000      | 4.33             | 102.404                        | 0.014             |
| 19000      | 4.39             | 108.093                        | 0.015             |
| 20000      | 4.44             | 113.783                        | 0.015             |
| 21000      | 4.48             | 119.472                        | 0.015             |
| 22000      | 4.52             | 125.161                        | 0.015             |
| 23000      | 4.56             | 130.850                        | 0.015             |
| 24000      | 4.59             | 136.539                        | 0.015             |
| 25000      | 4.61             | 142.228                        | 0.015             |
| 26000      | 4.69             | 147.917                        | 0.016             |
| 27000      | 4.71             | 153.607                        | 0.016             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.77 | 159.296 | 0.016 |
| 28490 | 4.84 | 162.083 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

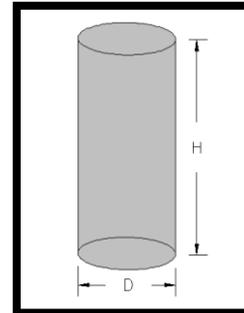
**GRÁFICO N° 21: Esfuerzo VS deformación de RF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 46: Ensayo resistencia a compresión de MF- 01, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.96          | 29.98          | 29.97    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.86          | 14.84          | 14.85    |

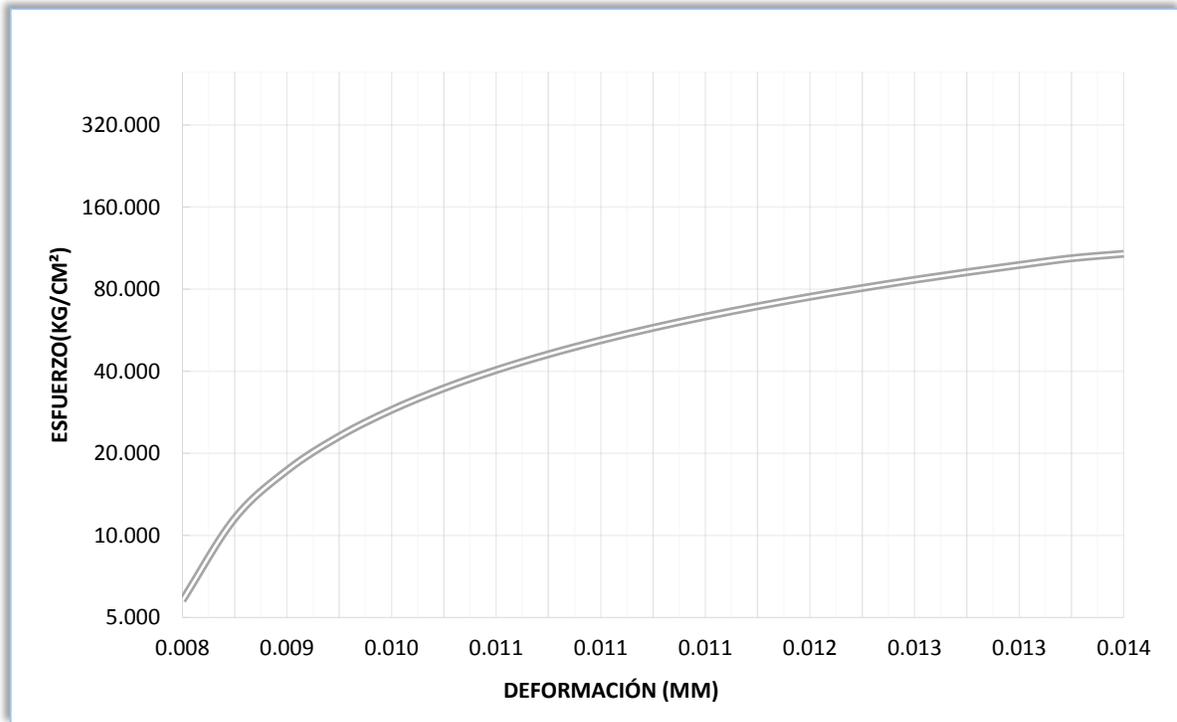


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:53.09 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.20 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.54             | 5.774                          | 0.008             |
| 2000       | 2.69             | 11.547                         | 0.009             |
| 3000       | 2.75             | 17.321                         | 0.009             |
| 4000       | 2.91             | 23.095                         | 0.010             |
| 5000       | 3.08             | 28.869                         | 0.010             |
| 6000       | 3.12             | 34.642                         | 0.010             |
| 7000       | 3.19             | 40.416                         | 0.011             |
| 8000       | 3.24             | 46.190                         | 0.011             |
| 9000       | 3.29             | 51.964                         | 0.011             |
| 10000      | 3.34             | 57.737                         | 0.011             |
| 11000      | 3.41             | 63.511                         | 0.011             |
| 12000      | 3.49             | 69.285                         | 0.012             |
| 13000      | 3.58             | 75.058                         | 0.012             |
| 14000      | 3.7              | 80.832                         | 0.012             |
| 15000      | 3.77             | 86.606                         | 0.013             |
| 16000      | 3.84             | 92.380                         | 0.013             |
| 17000      | 3.94             | 98.153                         | 0.013             |
| 18000      | 4.08             | 103.927                        | 0.014             |
| 18692      | 4.15             | 107.922                        | 0.014             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

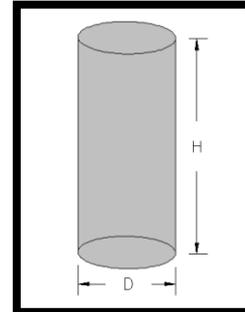
**GRÁFICO N° 22: Esfuerzo VS deformación de MF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 47: Ensayo resistencia a compresión de MF- 02, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.93          | 29.94    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.89          | 14.87          | 14.88    |

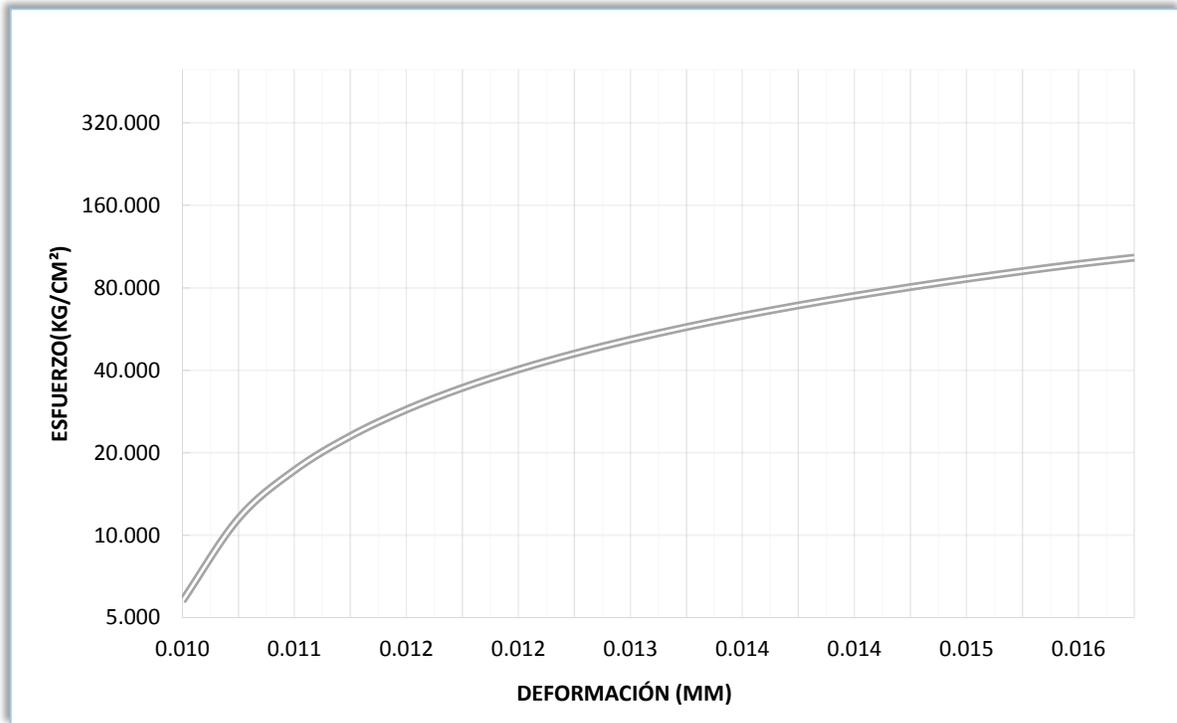


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:08.09 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.90 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.99             | 5.750                          | 0.010             |
| 2000       | 3.12             | 11.501                         | 0.010             |
| 3000       | 3.28             | 17.251                         | 0.011             |
| 4000       | 3.42             | 23.002                         | 0.011             |
| 5000       | 3.55             | 28.752                         | 0.012             |
| 6000       | 3.67             | 34.503                         | 0.012             |
| 7000       | 3.73             | 40.253                         | 0.012             |
| 8000       | 3.79             | 46.004                         | 0.013             |
| 9000       | 3.88             | 51.754                         | 0.013             |
| 10000      | 3.97             | 57.505                         | 0.013             |
| 11000      | 4.09             | 63.255                         | 0.014             |
| 12000      | 4.18             | 69.006                         | 0.014             |
| 13000      | 4.27             | 74.756                         | 0.014             |
| 14000      | 4.39             | 80.507                         | 0.015             |
| 15000      | 4.48             | 86.257                         | 0.015             |
| 16000      | 4.61             | 92.007                         | 0.015             |
| 17000      | 4.72             | 97.758                         | 0.016             |
| 17934      | 4.81             | 103.129                        | 0.016             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

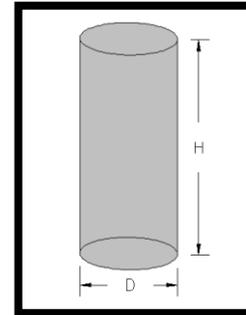
**GRÁFICO N° 23: Esfuerzo VS deformación de MF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 48: Ensayo resistencia a compresión de MF- 03, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.95          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.95          | 14.965   |

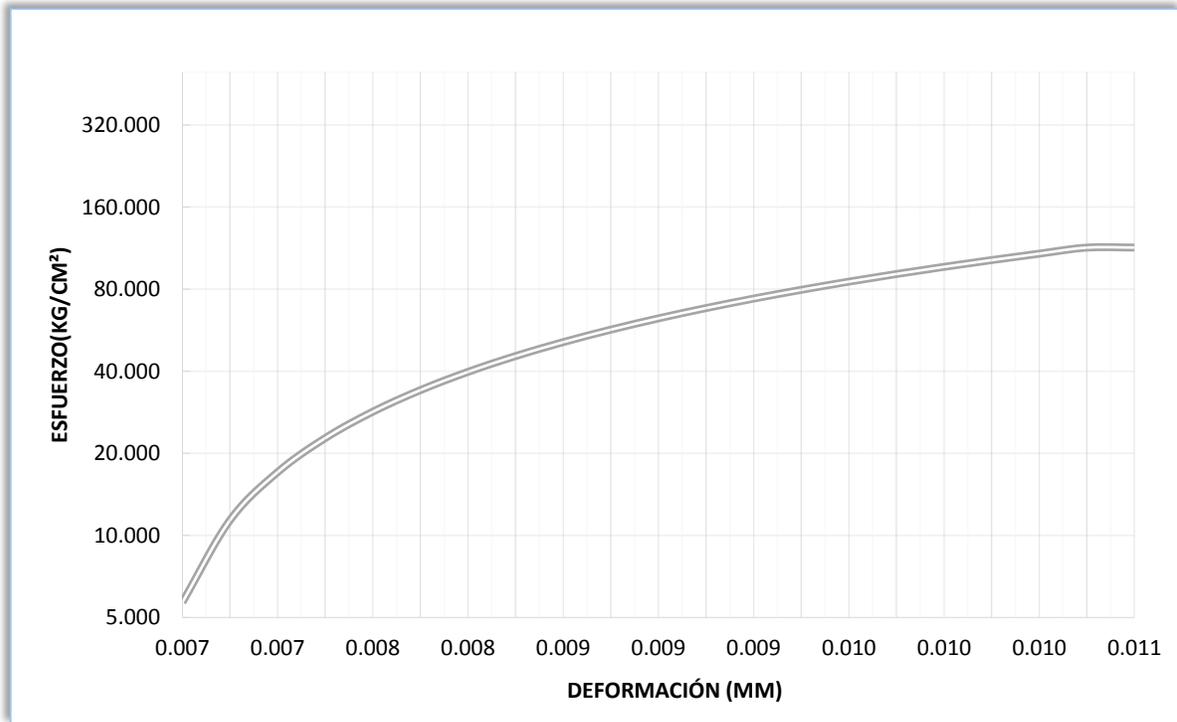


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:48.55 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.89 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.99             | 5.685                          | 0.007             |
| 2000       | 2.07             | 11.371                         | 0.007             |
| 3000       | 2.13             | 17.056                         | 0.007             |
| 4000       | 2.21             | 22.741                         | 0.007             |
| 5000       | 2.29             | 28.427                         | 0.008             |
| 6000       | 2.37             | 34.112                         | 0.008             |
| 7000       | 2.47             | 39.797                         | 0.008             |
| 8000       | 2.53             | 45.483                         | 0.008             |
| 9000       | 2.58             | 51.168                         | 0.009             |
| 10000      | 2.63             | 56.853                         | 0.009             |
| 11000      | 2.69             | 62.539                         | 0.009             |
| 12000      | 2.74             | 68.224                         | 0.009             |
| 13000      | 2.79             | 73.909                         | 0.009             |
| 14000      | 2.84             | 79.595                         | 0.009             |
| 15000      | 2.89             | 85.280                         | 0.010             |
| 16000      | 2.95             | 90.965                         | 0.010             |
| 17000      | 2.99             | 96.651                         | 0.010             |
| 18000      | 3.06             | 102.336                        | 0.010             |
| 19000      | 3.11             | 108.021                        | 0.010             |
| 20000      | 3.21             | 113.707                        | 0.011             |
| 20007      | 3.39             | 113.746                        | 0.011             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

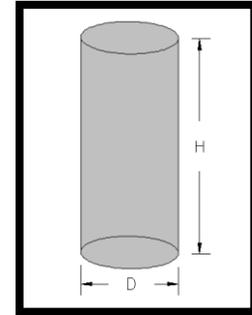
**GRÁFICO N° 24: Esfuerzo VS deformación de MF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 49: Ensayo resistencia a compresión de NF- 01, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.92          | 29.95          | 29.935   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.88          | 14.88          | 14.88    |

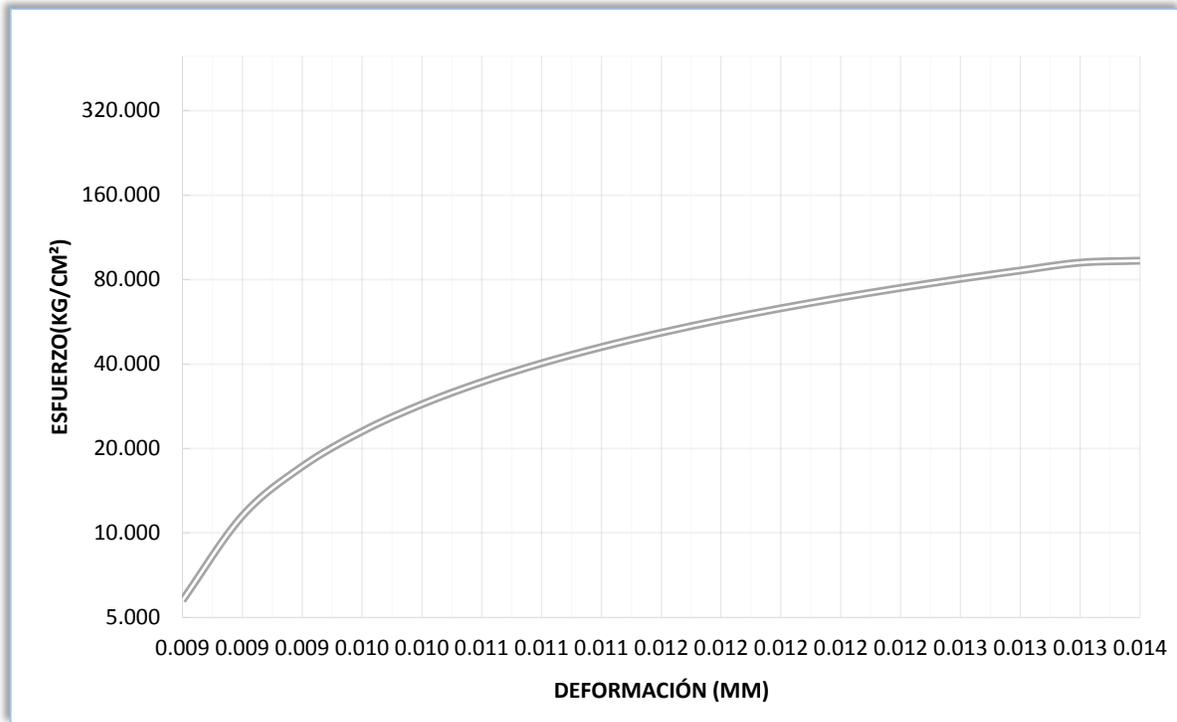


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:27.06 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.90 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.63             | 5.750                          | 0.009             |
| 2000       | 2.72             | 11.501                         | 0.009             |
| 3000       | 2.81             | 17.251                         | 0.009             |
| 4000       | 2.94             | 23.002                         | 0.010             |
| 5000       | 3.11             | 28.752                         | 0.010             |
| 6000       | 3.24             | 34.503                         | 0.011             |
| 7000       | 3.32             | 40.253                         | 0.011             |
| 8000       | 3.41             | 46.004                         | 0.011             |
| 9000       | 3.49             | 51.754                         | 0.012             |
| 10000      | 3.56             | 57.505                         | 0.012             |
| 11000      | 3.61             | 63.255                         | 0.012             |
| 12000      | 3.68             | 69.006                         | 0.012             |
| 13000      | 3.74             | 74.756                         | 0.012             |
| 14000      | 3.8              | 80.507                         | 0.013             |
| 15000      | 3.92             | 86.257                         | 0.013             |
| 16000      | 3.99             | 92.007                         | 0.013             |
| 16253      | 4.08             | 93.462                         | 0.014             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

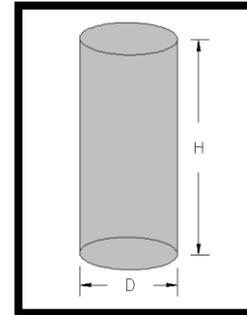
**GRÁFICO N° 25: Esfuerzo VS deformación de NF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 50: Ensayo resistencia a compresión de NF- 02, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.89          | 29.93          | 29.91    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.87          | 14.9           | 14.885   |

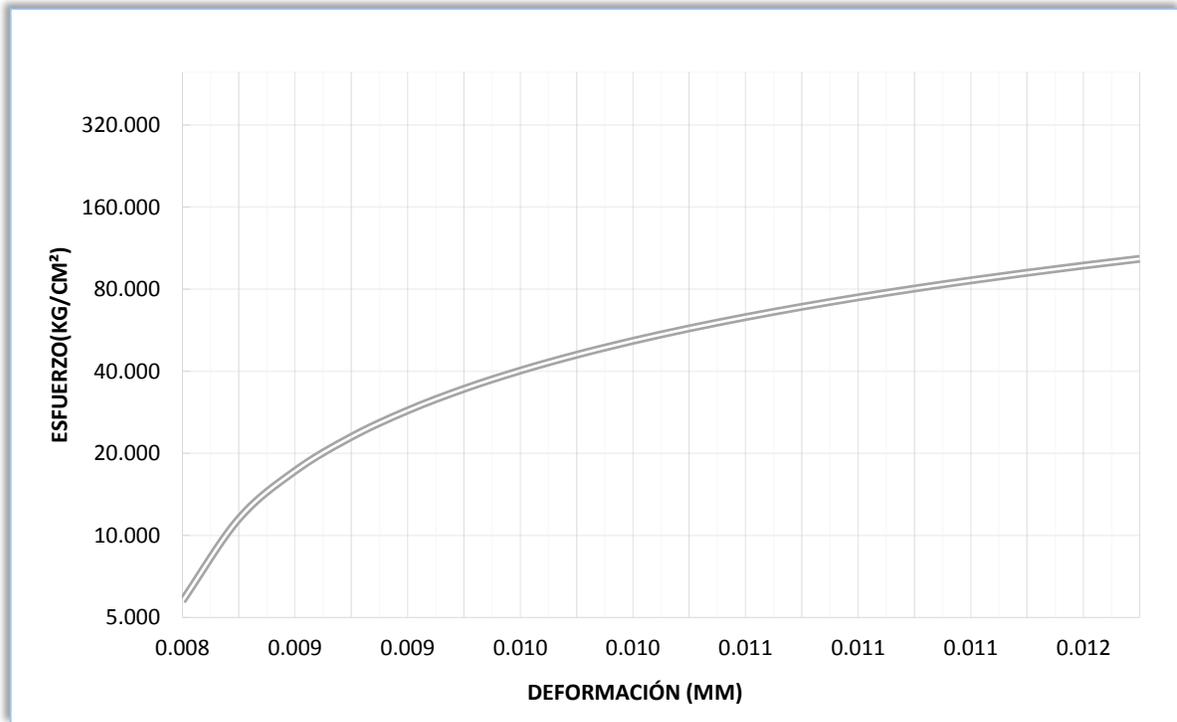


TIEMPO DE ROTURA = 00:02:10.09 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.02 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 2.32             | 5.747                          | 0.008   |
| 2000       | 2.45             | 11.493                         | 0.008   |
| 3000       | 2.57             | 17.240                         | 0.009   |
| 4000       | 2.65             | 22.986                         | 0.009   |
| 5000       | 2.74             | 28.733                         | 0.009   |
| 6000       | 2.81             | 34.480                         | 0.009   |
| 7000       | 2.96             | 40.226                         | 0.010   |
| 8000       | 2.99             | 45.973                         | 0.010   |
| 9000       | 3.07             | 51.719                         | 0.010   |
| 10000      | 3.11             | 57.466                         | 0.010   |
| 11000      | 3.19             | 63.213                         | 0.011   |
| 12000      | 3.21             | 68.959                         | 0.011   |
| 13000      | 3.29             | 74.706                         | 0.011   |
| 14000      | 3.33             | 80.452                         | 0.011   |
| 15000      | 3.40             | 86.199                         | 0.011   |
| 16000      | 3.49             | 91.946                         | 0.012   |
| 17000      | 3.58             | 97.692                         | 0.012   |
| 17997      | 3.69             | 103.422                        | 0.012   |

Fuente: Elaboración propia, 2015

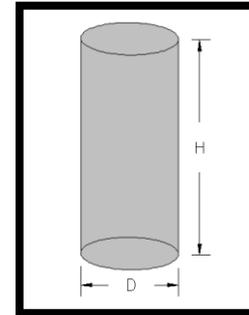
**GRÁFICO N° 26: Esfuerzo VS deformación de NF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 51: Ensayo resistencia a compresión de NF- 03, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.97          | 29.975   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.97          | 14.975   |

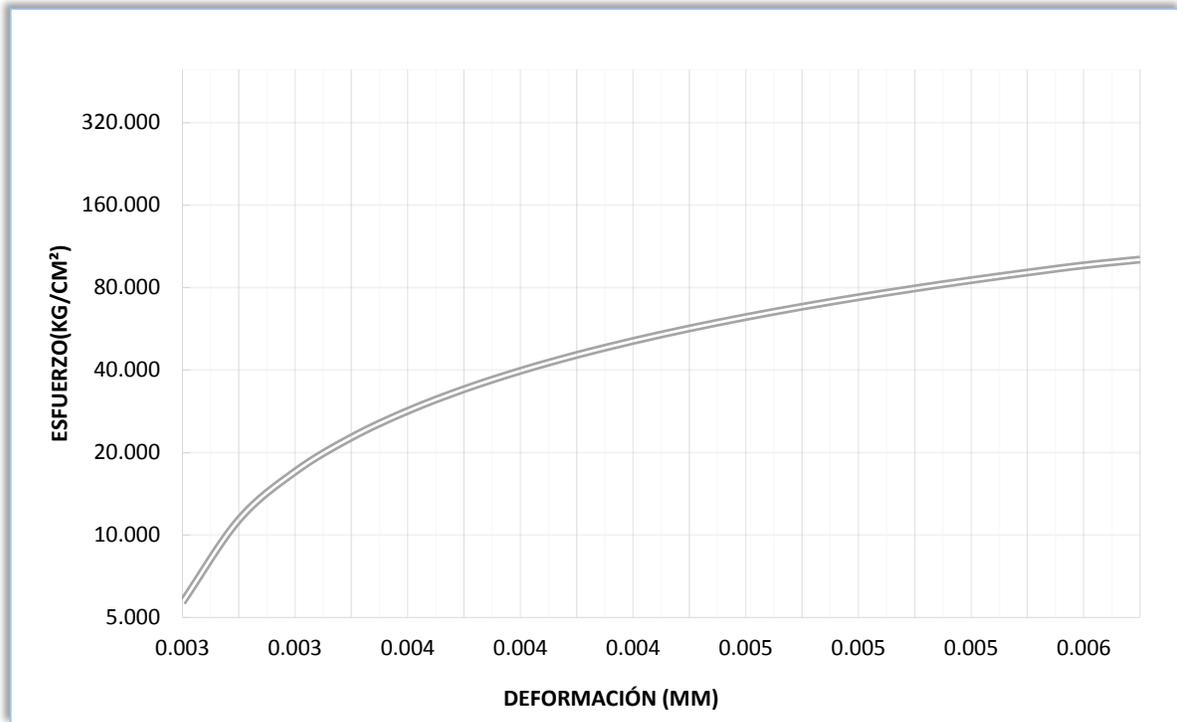


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:19.95 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.13 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 07 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 0.75             | 5.678                          | 0.003             |
| 2000       | 0.9              | 11.355                         | 0.003             |
| 3000       | 1.02             | 17.033                         | 0.003             |
| 4000       | 1.1              | 22.711                         | 0.004             |
| 5000       | 1.15             | 28.389                         | 0.004             |
| 6000       | 1.19             | 34.066                         | 0.004             |
| 7000       | 1.21             | 39.744                         | 0.004             |
| 8000       | 1.27             | 45.422                         | 0.004             |
| 9000       | 1.32             | 51.100                         | 0.004             |
| 10000      | 1.36             | 56.777                         | 0.005             |
| 11000      | 1.4              | 62.455                         | 0.005             |
| 12000      | 1.46             | 68.133                         | 0.005             |
| 13000      | 1.51             | 73.811                         | 0.005             |
| 14000      | 1.57             | 79.488                         | 0.005             |
| 15000      | 1.6              | 85.166                         | 0.005             |
| 16000      | 1.69             | 90.844                         | 0.006             |
| 17000      | 1.74             | 96.522                         | 0.006             |
| 17838      | 1.83             | 101.280                        | 0.006             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 27: Esfuerzo VS deformación de NF-03**

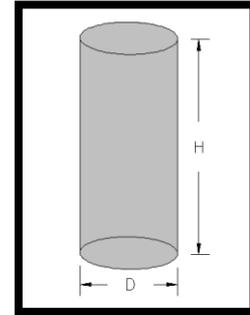


Fuente: Elaboración propia, 2015

#### 4.2 Ensayos de resistencia a compresión a los 14 días

**TABLA N° 52: Ensayo resistencia a compresión de PC - 04, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.99          | 29.985   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.92          | 14.94          | 14.93    |



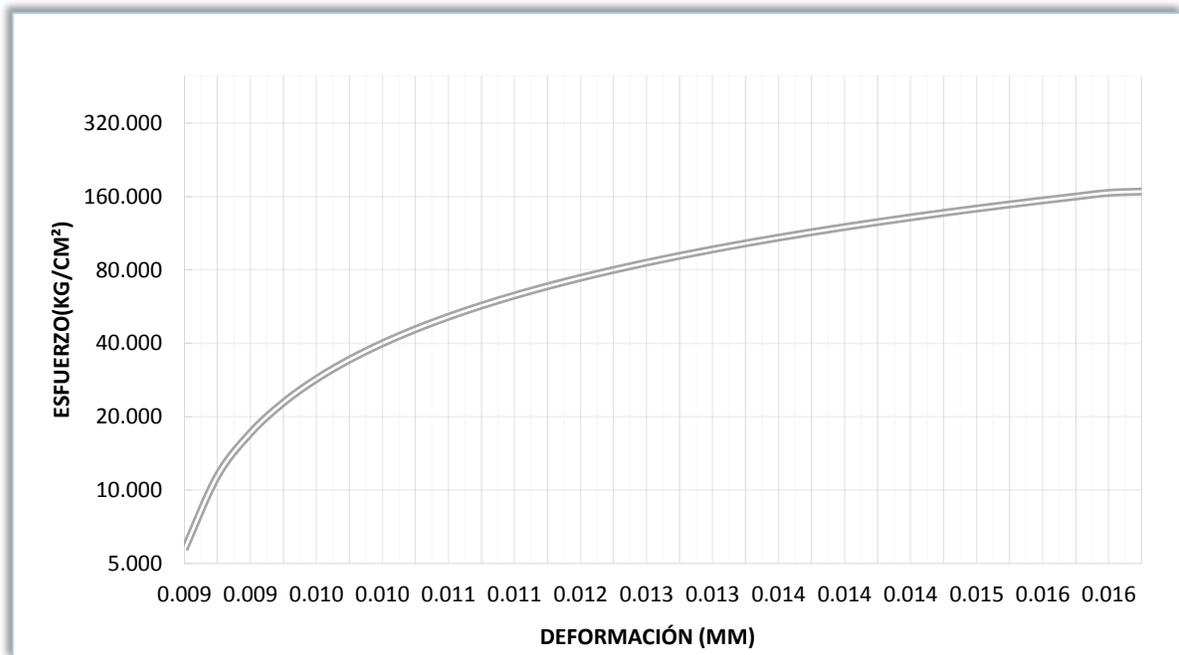
TIEMPO DE ROTURA = 00:03:18.26 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.07 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 2.63             | 5.712                          | 0.009   |
| 2000       | 2.71             | 11.424                         | 0.009   |
| 3000       | 2.80             | 17.136                         | 0.009   |
| 4000       | 2.85             | 22.848                         | 0.010   |
| 5000       | 2.89             | 28.560                         | 0.010   |
| 6000       | 2.99             | 34.272                         | 0.010   |
| 7000       | 3.10             | 39.984                         | 0.010   |
| 8000       | 3.19             | 45.696                         | 0.011   |
| 9000       | 3.28             | 51.408                         | 0.011   |
| 10000      | 3.37             | 57.120                         | 0.011   |
| 11000      | 3.44             | 62.832                         | 0.011   |
| 12000      | 3.53             | 68.544                         | 0.012   |
| 13000      | 3.60             | 74.256                         | 0.012   |
| 14000      | 3.68             | 79.968                         | 0.012   |
| 15000      | 3.75             | 85.680                         | 0.013   |
| 16000      | 3.83             | 91.392                         | 0.013   |
| 17000      | 3.91             | 97.104                         | 0.013   |
| 18000      | 3.97             | 102.816                        | 0.013   |
| 19000      | 4.05             | 108.528                        | 0.014   |
| 20000      | 4.12             | 114.240                        | 0.014   |
| 21000      | 4.20             | 119.952                        | 0.014   |
| 22000      | 4.26             | 125.664                        | 0.014   |
| 23000      | 4.33             | 131.376                        | 0.014   |
| 24000      | 4.41             | 137.088                        | 0.015   |
| 25000      | 4.49             | 142.800                        | 0.015   |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 26000 | 4.58 | 148.512 | 0.015 |
| 27000 | 4.65 | 154.224 | 0.016 |
| 28000 | 4.74 | 159.936 | 0.016 |
| 29000 | 4.80 | 165.648 | 0.016 |
| 29363 | 4.89 | 167.722 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

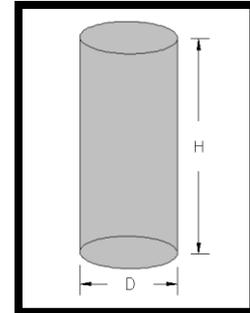
**GRÁFICO N° 28: Esfuerzo VS deformación de PC-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 53: Ensayo resistencia a compresión de PC - 05, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.98          | 29.975   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.95          | 14.93          | 14.94    |



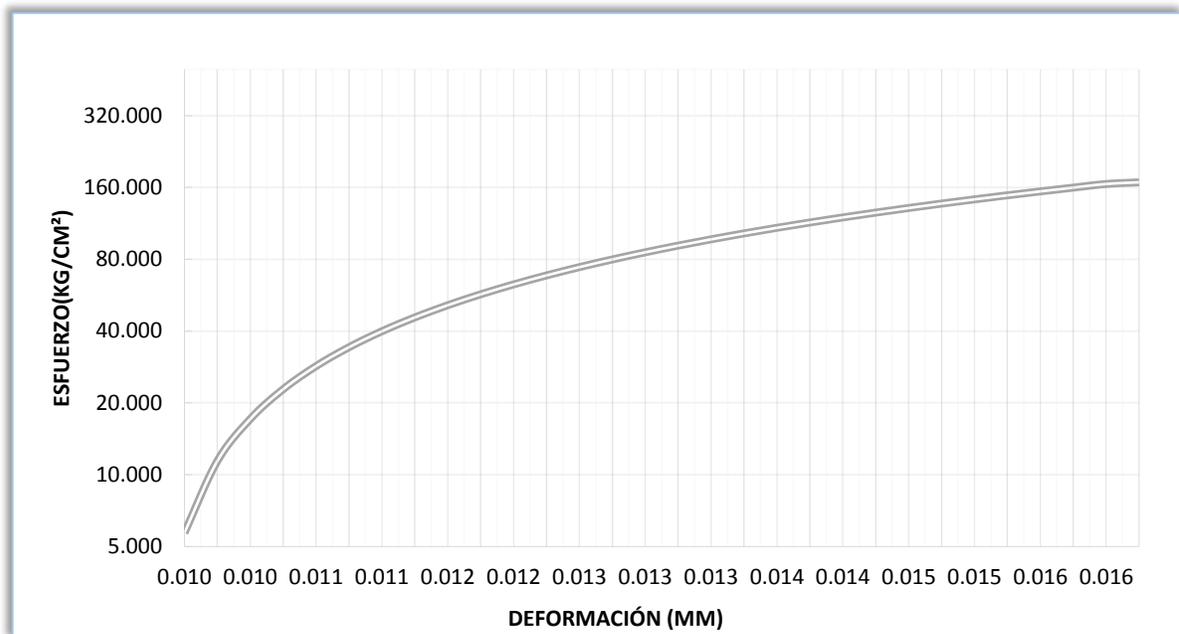
TIEMPO DE ROTURA = 00:03:25.73 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.30 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.93             | 5.704                          | 0.010             |
| 2000       | 3.04             | 11.409                         | 0.010             |
| 3000       | 3.12             | 17.113                         | 0.010             |
| 4000       | 3.19             | 22.817                         | 0.011             |
| 5000       | 3.24             | 28.522                         | 0.011             |
| 6000       | 3.29             | 34.226                         | 0.011             |
| 7000       | 3.39             | 39.931                         | 0.011             |
| 8000       | 3.44             | 45.635                         | 0.011             |
| 9000       | 3.51             | 51.339                         | 0.012             |
| 10000      | 3.59             | 57.044                         | 0.012             |
| 11000      | 3.64             | 62.748                         | 0.012             |
| 12000      | 3.70             | 68.452                         | 0.012             |
| 13000      | 3.76             | 74.157                         | 0.013             |
| 14000      | 3.83             | 79.861                         | 0.013             |
| 15000      | 3.91             | 85.566                         | 0.013             |
| 16000      | 3.96             | 91.270                         | 0.013             |
| 17000      | 4.01             | 96.974                         | 0.013             |
| 18000      | 4.06             | 102.679                        | 0.014             |
| 19000      | 4.12             | 108.383                        | 0.014             |
| 20000      | 4.18             | 114.087                        | 0.014             |
| 21000      | 4.25             | 119.792                        | 0.014             |
| 22000      | 4.33             | 125.496                        | 0.014             |
| 23000      | 4.39             | 131.201                        | 0.015             |
| 24000      | 4.46             | 136.905                        | 0.015             |
| 25000      | 4.53             | 142.609                        | 0.015             |
| 26000      | 4.60             | 148.314                        | 0.015             |
| 27000      | 4.66             | 154.018                        | 0.016             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.72 | 159.722 | 0.016 |
| 29000 | 4.83 | 165.427 | 0.016 |
| 29471 | 4.92 | 168.114 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

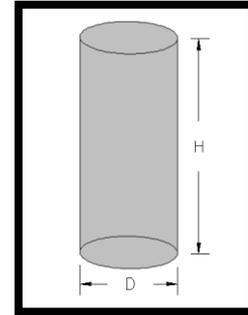
**GRÁFICO N° 29: Esfuerzo VS deformación de PC-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 54: Ensayo resistencia a compresión de PC - 06, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 29.98          | 29.985   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.95          | 14.96          | 14.955   |



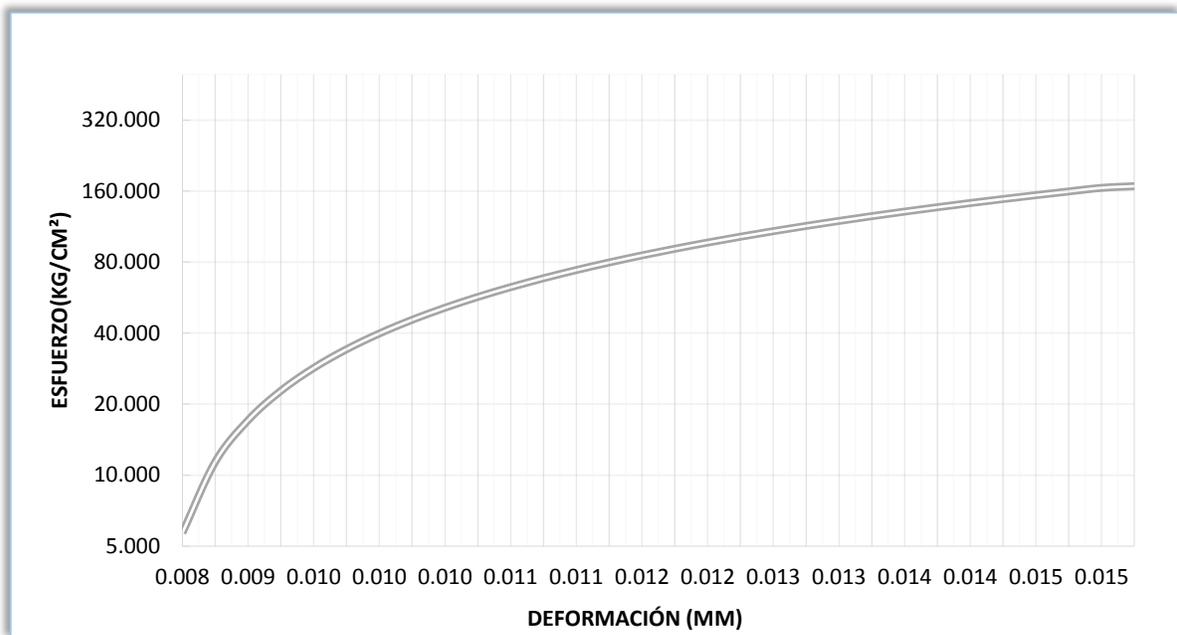
TIEMPO DE ROTURA = 00:03:08.88 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.66 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.49             | 5.693                          | 0.008             |
| 2000       | 2.64             | 11.386                         | 0.009             |
| 3000       | 2.75             | 17.079                         | 0.009             |
| 4000       | 2.85             | 22.772                         | 0.010             |
| 5000       | 2.9              | 28.465                         | 0.010             |
| 6000       | 2.97             | 34.158                         | 0.010             |
| 7000       | 3.04             | 39.851                         | 0.010             |
| 8000       | 3.08             | 45.543                         | 0.010             |
| 9000       | 3.14             | 51.236                         | 0.010             |
| 10000      | 3.19             | 56.929                         | 0.011             |
| 11000      | 3.29             | 62.622                         | 0.011             |
| 12000      | 3.34             | 68.315                         | 0.011             |
| 13000      | 3.40             | 74.008                         | 0.011             |
| 14000      | 3.46             | 79.701                         | 0.012             |
| 15000      | 3.50             | 85.394                         | 0.012             |
| 16000      | 3.57             | 91.087                         | 0.012             |
| 17000      | 3.60             | 96.780                         | 0.012             |
| 18000      | 3.70             | 102.473                        | 0.012             |
| 19000      | 3.77             | 108.166                        | 0.013             |
| 20000      | 3.80             | 113.859                        | 0.013             |
| 21000      | 3.95             | 119.552                        | 0.013             |
| 22000      | 4.05             | 125.245                        | 0.014             |
| 23000      | 4.12             | 130.938                        | 0.014             |
| 24000      | 4.19             | 136.630                        | 0.014             |
| 25000      | 4.26             | 142.323                        | 0.014             |
| 26000      | 4.34             | 148.016                        | 0.014             |
| 27000      | 4.36             | 153.709                        | 0.015             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.42 | 159.402 | 0.015 |
| 29000 | 4.51 | 165.095 | 0.015 |
| 29471 | 4.60 | 167.777 | 0.015 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

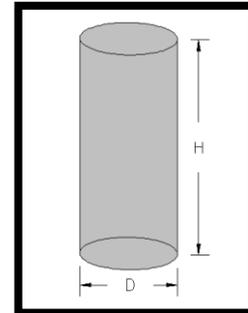
**GRÁFICO N° 30: Esfuerzo VS deformación de PC-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 55: Ensayo resistencia a compresión de SF - 04, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.91          | 29.93          | 29.92    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.96          | 14.98          | 14.97    |



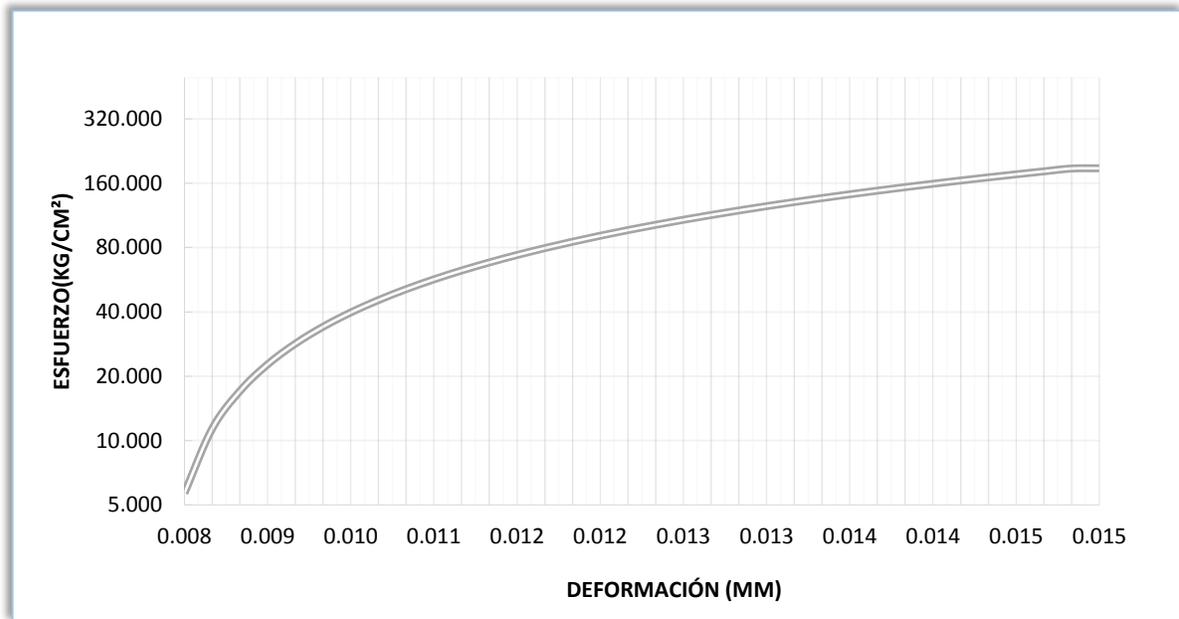
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:54.83 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.01 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.52             | 5.682                          | 0.008             |
| 2000       | 2.61             | 11.363                         | 0.009             |
| 3000       | 2.69             | 17.045                         | 0.009             |
| 4000       | 2.75             | 22.726                         | 0.009             |
| 5000       | 2.84             | 28.408                         | 0.009             |
| 6000       | 2.93             | 34.089                         | 0.010             |
| 7000       | 3.06             | 39.771                         | 0.010             |
| 8000       | 3.14             | 45.452                         | 0.010             |
| 9000       | 3.18             | 51.134                         | 0.011             |
| 10000      | 3.24             | 56.815                         | 0.011             |
| 11000      | 3.32             | 62.497                         | 0.011             |
| 12000      | 3.39             | 68.178                         | 0.011             |
| 13000      | 3.47             | 73.860                         | 0.012             |
| 14000      | 3.52             | 79.541                         | 0.012             |
| 15000      | 3.59             | 85.223                         | 0.012             |
| 16000      | 3.65             | 90.905                         | 0.012             |
| 17000      | 3.70             | 96.586                         | 0.012             |
| 18000      | 3.74             | 102.268                        | 0.013             |
| 19000      | 3.79             | 107.949                        | 0.013             |
| 20000      | 3.84             | 113.631                        | 0.013             |
| 21000      | 3.91             | 119.312                        | 0.013             |
| 22000      | 3.95             | 124.994                        | 0.013             |
| 23000      | 3.98             | 130.675                        | 0.013             |
| 24000      | 4.04             | 136.357                        | 0.014             |
| 25000      | 4.07             | 142.038                        | 0.014             |
| 26000      | 4.12             | 147.720                        | 0.014             |
| 27000      | 4.19             | 153.401                        | 0.014             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.25 | 159.083 | 0.014 |
| 29000 | 4.28 | 164.764 | 0.014 |
| 30000 | 4.33 | 170.446 | 0.014 |
| 31000 | 4.37 | 176.128 | 0.015 |
| 32000 | 4.42 | 181.809 | 0.015 |
| 33000 | 4.45 | 187.491 | 0.015 |
| 33086 | 4.50 | 187.979 | 0.015 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

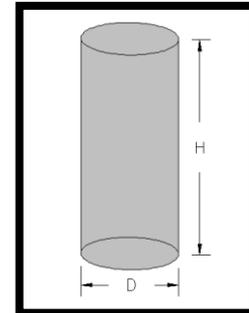
**GRÁFICO N° 31: Esfuerzo VS deformación de SF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 56: Ensayo resistencia a compresión de SF - 05, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.96          | 29.97          | 29.965   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.97          | 14.96          | 14.965   |



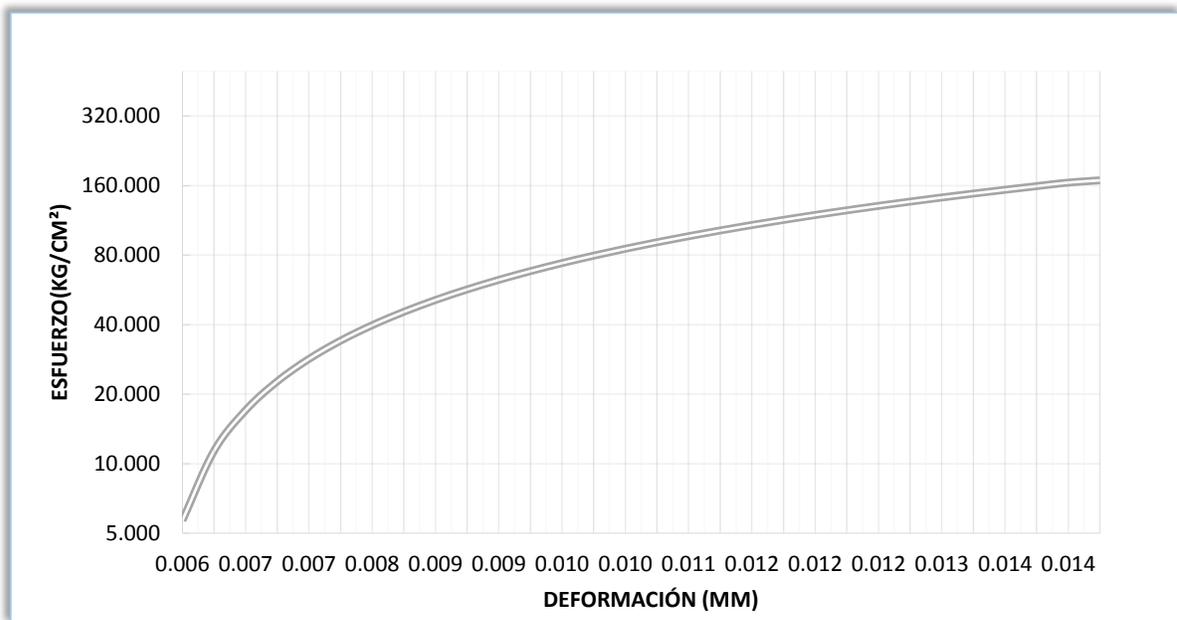
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:32.88 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.89 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.74             | 5.685                          | 0.006             |
| 2000       | 1.82             | 11.371                         | 0.006             |
| 3000       | 1.97             | 17.056                         | 0.007             |
| 4000       | 2.11             | 22.741                         | 0.007             |
| 5000       | 2.22             | 28.427                         | 0.007             |
| 6000       | 2.35             | 34.112                         | 0.008             |
| 7000       | 2.46             | 39.797                         | 0.008             |
| 8000       | 2.55             | 45.483                         | 0.009             |
| 9000       | 2.62             | 51.168                         | 0.009             |
| 10000      | 2.69             | 56.853                         | 0.009             |
| 11000      | 2.76             | 62.539                         | 0.009             |
| 12000      | 2.87             | 68.224                         | 0.010             |
| 13000      | 2.92             | 73.909                         | 0.010             |
| 14000      | 2.99             | 79.595                         | 0.010             |
| 15000      | 3.07             | 85.280                         | 0.010             |
| 16000      | 3.11             | 90.965                         | 0.010             |
| 17000      | 3.21             | 96.651                         | 0.011             |
| 18000      | 3.33             | 102.336                        | 0.011             |
| 19000      | 3.47             | 108.021                        | 0.012             |
| 20000      | 3.51             | 113.707                        | 0.012             |
| 21000      | 3.58             | 119.392                        | 0.012             |
| 22000      | 3.63             | 125.077                        | 0.012             |
| 23000      | 3.69             | 130.763                        | 0.012             |
| 24000      | 3.77             | 136.448                        | 0.013             |
| 25000      | 3.80             | 142.133                        | 0.013             |
| 26000      | 3.97             | 147.819                        | 0.013             |
| 27000      | 4.07             | 153.504                        | 0.014             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.25 | 159.189 | 0.014 |
| 29000 | 4.33 | 164.875 | 0.014 |
| 29662 | 4.44 | 168.638 | 0.015 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

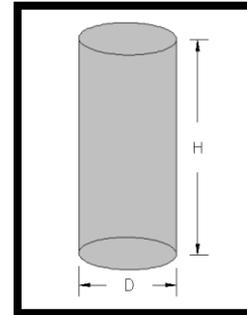
**GRÁFICO N° 32: Esfuerzo VS deformación de SF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 57: Ensayo resistencia a compresión de SF - 06, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.99          | 29.985   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.92          | 14.95          | 14.935   |



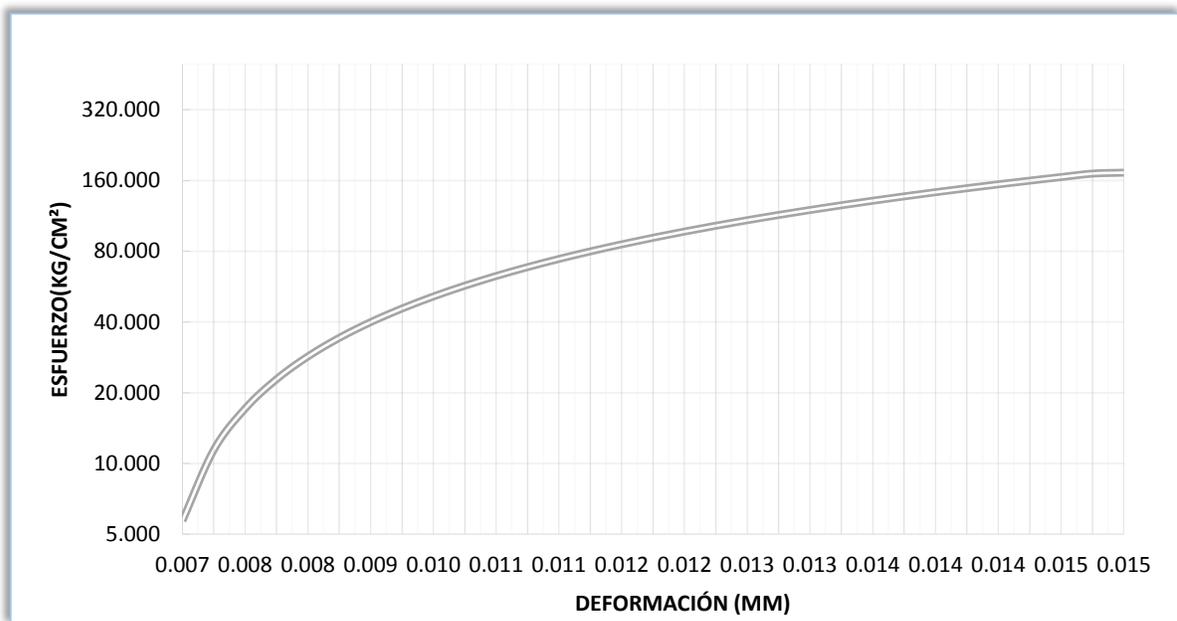
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:32.88 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.19 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.03             | 5.708                          | 0.007             |
| 2000       | 2.22             | 11.416                         | 0.007             |
| 3000       | 2.31             | 17.125                         | 0.008             |
| 4000       | 2.39             | 22.833                         | 0.008             |
| 5000       | 2.43             | 28.541                         | 0.008             |
| 6000       | 2.55             | 34.249                         | 0.009             |
| 7000       | 2.71             | 39.957                         | 0.009             |
| 8000       | 2.78             | 45.666                         | 0.009             |
| 9000       | 2.87             | 51.374                         | 0.010             |
| 10000      | 2.93             | 57.082                         | 0.010             |
| 11000      | 3.18             | 62.790                         | 0.011             |
| 12000      | 3.29             | 68.498                         | 0.011             |
| 13000      | 3.37             | 74.207                         | 0.011             |
| 14000      | 3.43             | 79.915                         | 0.011             |
| 15000      | 3.55             | 85.623                         | 0.012             |
| 16000      | 3.61             | 91.331                         | 0.012             |
| 17000      | 3.69             | 97.039                         | 0.012             |
| 18000      | 3.73             | 102.747                        | 0.012             |
| 19000      | 3.79             | 108.456                        | 0.013             |
| 20000      | 3.84             | 114.164                        | 0.013             |
| 21000      | 3.91             | 119.872                        | 0.013             |
| 22000      | 3.99             | 125.580                        | 0.013             |
| 23000      | 4.05             | 131.288                        | 0.014             |
| 24000      | 4.09             | 136.997                        | 0.014             |
| 25000      | 4.14             | 142.705                        | 0.014             |
| 26000      | 4.19             | 148.413                        | 0.014             |
| 27000      | 4.22             | 154.121                        | 0.014             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 4.31 | 159.829 | 0.014 |
| 29000 | 4.39 | 165.538 | 0.015 |
| 30000 | 4.45 | 171.246 | 0.015 |
| 30277 | 4.55 | 172.827 | 0.015 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

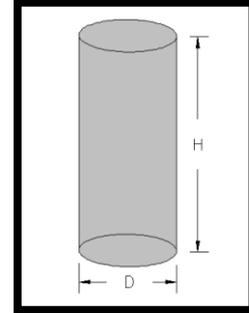
**GRÁFICO N° 33: Esfuerzo VS deformación de SF-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 58: Ensayo resistencia a compresión de RF - 04, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.98          | 29.975   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 15.03          | 15.05          | 15.04    |



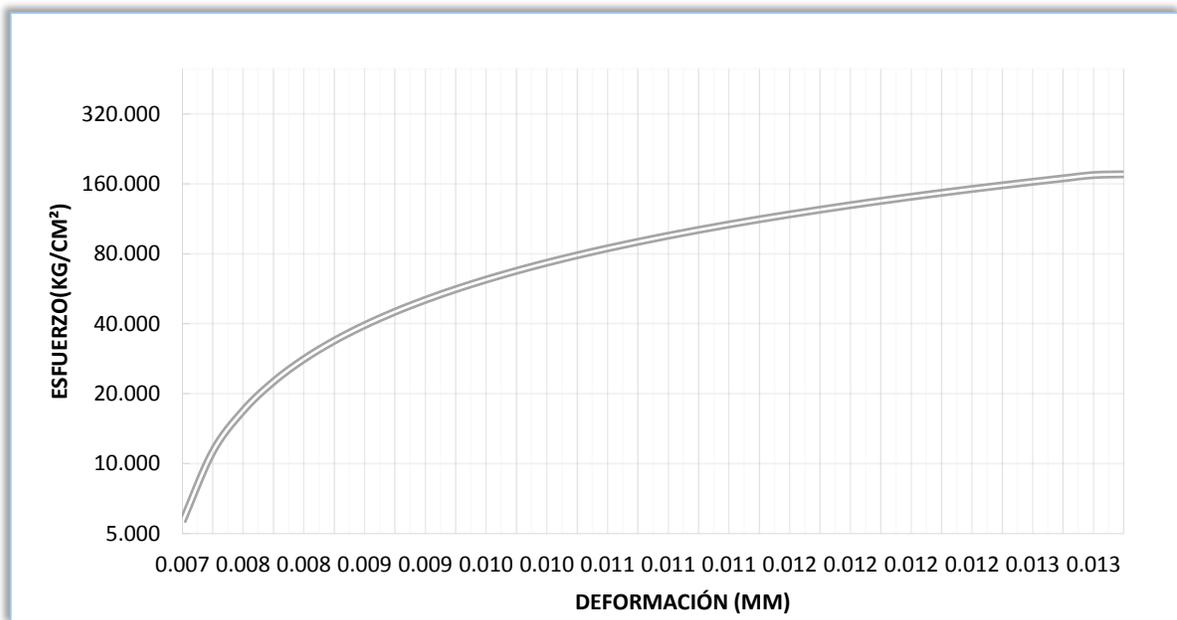
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:25.05 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 177.66 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.18             | 5.629                          | 0.007             |
| 2000       | 2.25             | 11.258                         | 0.008             |
| 3000       | 2.32             | 16.886                         | 0.008             |
| 4000       | 2.38             | 22.515                         | 0.008             |
| 5000       | 2.47             | 28.144                         | 0.008             |
| 6000       | 2.55             | 33.773                         | 0.009             |
| 7000       | 2.61             | 39.401                         | 0.009             |
| 8000       | 2.7              | 45.030                         | 0.009             |
| 9000       | 2.83             | 50.659                         | 0.009             |
| 10000      | 2.91             | 56.288                         | 0.010             |
| 11000      | 3.01             | 61.916                         | 0.010             |
| 12000      | 3.09             | 67.545                         | 0.010             |
| 13000      | 3.12             | 73.174                         | 0.010             |
| 14000      | 3.16             | 78.803                         | 0.011             |
| 15000      | 3.2              | 84.432                         | 0.011             |
| 16000      | 3.26             | 90.060                         | 0.011             |
| 17000      | 3.31             | 95.689                         | 0.011             |
| 18000      | 3.35             | 101.318                        | 0.011             |
| 19000      | 3.39             | 106.947                        | 0.011             |
| 20000      | 3.43             | 112.575                        | 0.011             |
| 21000      | 3.47             | 118.204                        | 0.012             |
| 22000      | 3.51             | 123.833                        | 0.012             |
| 23000      | 3.56             | 129.462                        | 0.012             |
| 24000      | 3.58             | 135.090                        | 0.012             |
| 25000      | 3.61             | 140.719                        | 0.012             |
| 26000      | 3.66             | 146.348                        | 0.012             |
| 27000      | 3.69             | 151.977                        | 0.012             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 3.73 | 157.606 | 0.012 |
| 29000 | 3.78 | 163.234 | 0.013 |
| 30000 | 3.81 | 168.863 | 0.013 |
| 31000 | 3.89 | 174.492 | 0.013 |
| 31243 | 3.94 | 175.860 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

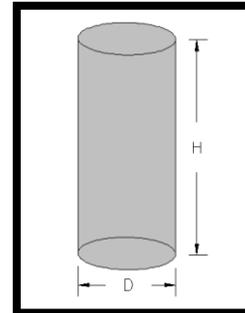
**GRÁFICO N° 34: Esfuerzo VS deformación de RF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 59: Ensayo resistencia a compresión de RF - 05, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 29.98          | 29.985   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 15.1           | 15.12          | 15.11    |



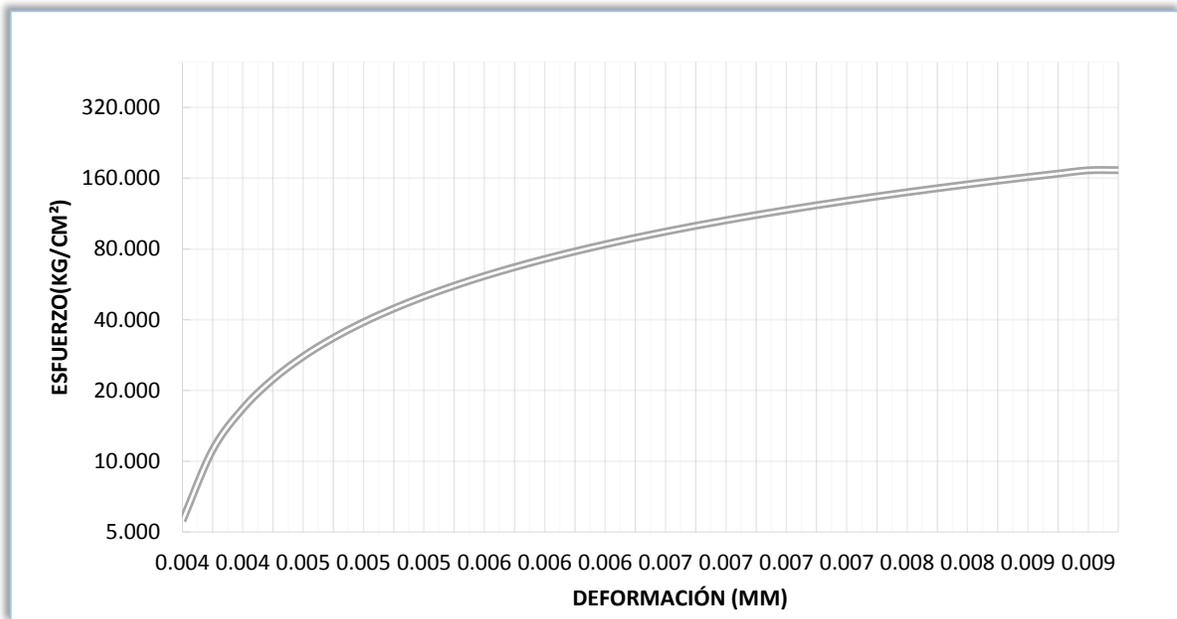
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:04.70 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 179.32 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.16             | 5.577                          | 0.004             |
| 2000       | 1.21             | 11.153                         | 0.004             |
| 3000       | 1.25             | 16.730                         | 0.004             |
| 4000       | 1.31             | 22.307                         | 0.004             |
| 5000       | 1.36             | 27.884                         | 0.005             |
| 6000       | 1.42             | 33.460                         | 0.005             |
| 7000       | 1.47             | 39.037                         | 0.005             |
| 8000       | 1.51             | 44.614                         | 0.005             |
| 9000       | 1.58             | 50.191                         | 0.005             |
| 10000      | 1.64             | 55.767                         | 0.005             |
| 11000      | 1.68             | 61.344                         | 0.006             |
| 12000      | 1.72             | 66.921                         | 0.006             |
| 13000      | 1.79             | 72.498                         | 0.006             |
| 14000      | 1.86             | 78.074                         | 0.006             |
| 15000      | 1.93             | 83.651                         | 0.006             |
| 16000      | 1.95             | 89.228                         | 0.007             |
| 17000      | 1.99             | 94.805                         | 0.007             |
| 18000      | 2.00             | 100.381                        | 0.007             |
| 19000      | 2.05             | 105.958                        | 0.007             |
| 20000      | 2.10             | 111.535                        | 0.007             |
| 21000      | 2.13             | 117.111                        | 0.007             |
| 22000      | 2.17             | 122.688                        | 0.007             |
| 23000      | 2.22             | 128.265                        | 0.007             |
| 24000      | 2.28             | 133.842                        | 0.008             |
| 25000      | 2.33             | 139.418                        | 0.008             |
| 26000      | 2.38             | 144.995                        | 0.008             |
| 27000      | 2.46             | 150.572                        | 0.008             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.54 | 156.149 | 0.008 |
| 29000 | 2.57 | 161.725 | 0.009 |
| 30000 | 2.61 | 167.302 | 0.009 |
| 31000 | 2.65 | 172.879 | 0.009 |
| 31055 | 2.71 | 173.186 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

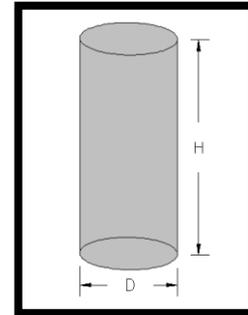
**GRÁFICO N° 35: Esfuerzo VS deformación de RF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 60: Ensayo resistencia a compresión de RF - 06, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 30.00          | 29.995   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 15.09          | 15.1           | 15.095   |



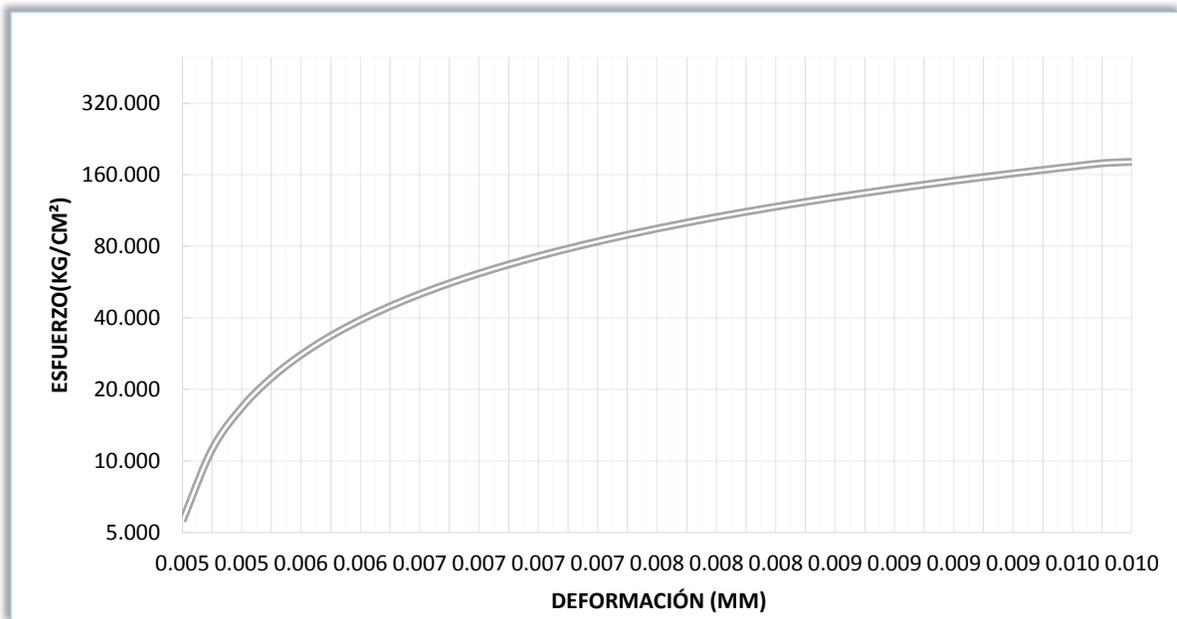
TIEMPO DE ROTURA = 00:01:17.11 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 178.96 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.39             | 5.588                          | 0.005             |
| 2000       | 1.47             | 11.176                         | 0.005             |
| 3000       | 1.55             | 16.763                         | 0.005             |
| 4000       | 1.61             | 22.351                         | 0.005             |
| 5000       | 1.67             | 27.939                         | 0.006             |
| 6000       | 1.75             | 33.527                         | 0.006             |
| 7000       | 1.83             | 39.115                         | 0.006             |
| 8000       | 1.89             | 44.703                         | 0.006             |
| 9000       | 1.96             | 50.290                         | 0.007             |
| 10000      | 2.00             | 55.878                         | 0.007             |
| 11000      | 2.08             | 61.466                         | 0.007             |
| 12000      | 2.11             | 67.054                         | 0.007             |
| 13000      | 2.13             | 72.642                         | 0.007             |
| 14000      | 2.17             | 78.230                         | 0.007             |
| 15000      | 2.2              | 83.817                         | 0.007             |
| 16000      | 2.25             | 89.405                         | 0.008             |
| 17000      | 2.29             | 94.993                         | 0.008             |
| 18000      | 2.34             | 100.581                        | 0.008             |
| 19000      | 2.37             | 106.169                        | 0.008             |
| 20000      | 2.4              | 111.757                        | 0.008             |
| 21000      | 2.44             | 117.344                        | 0.008             |
| 22000      | 2.48             | 122.932                        | 0.008             |
| 23000      | 2.56             | 128.520                        | 0.009             |
| 24000      | 2.60             | 134.108                        | 0.009             |
| 25000      | 2.65             | 139.696                        | 0.009             |
| 26000      | 2.68             | 145.283                        | 0.009             |
| 27000      | 2.71             | 150.871                        | 0.009             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.75 | 156.459 | 0.009 |
| 29000 | 2.78 | 162.047 | 0.009 |
| 30000 | 2.86 | 167.635 | 0.010 |
| 31000 | 2.9  | 173.223 | 0.010 |
| 32000 | 2.93 | 178.810 | 0.010 |
| 32445 | 3.08 | 181.297 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

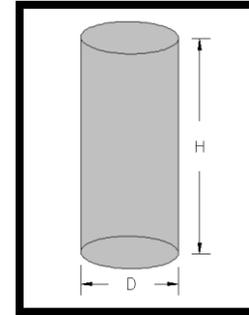
**GRÁFICO N° 36: Esfuerzo VS deformación de RF-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 61: Ensayo resistencia a compresión de MF - 04, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 29.98          | 29.985   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.97          | 14.975   |

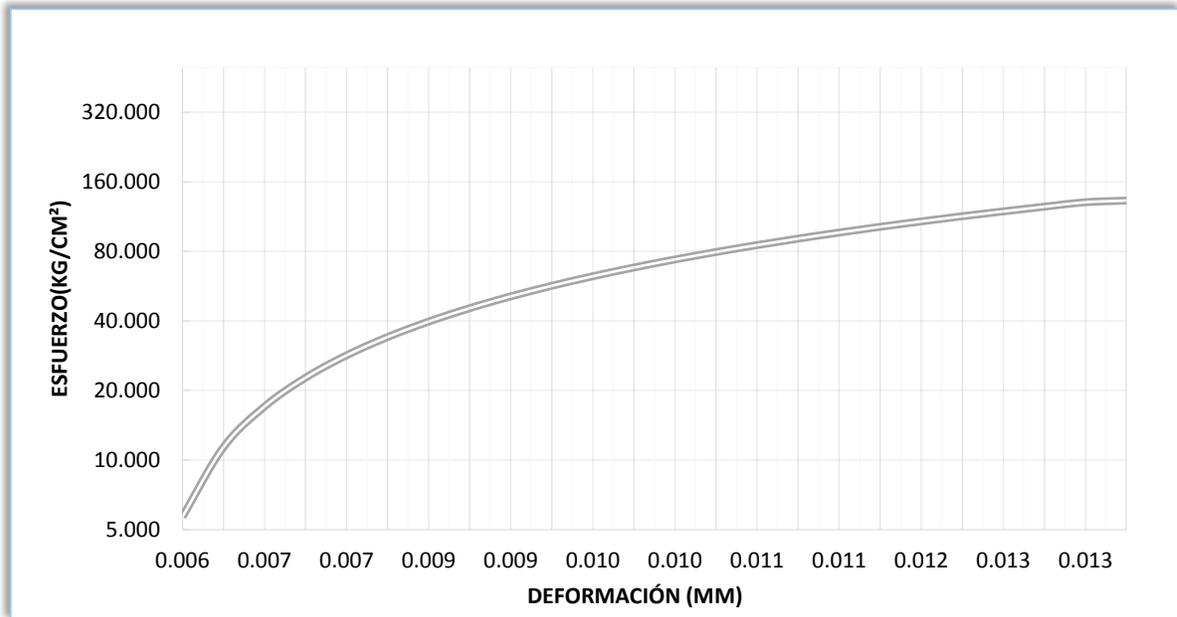


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:24.25 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.13 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 1.70             | 5.678                          | 0.006   |
| 2000       | 1.82             | 11.355                         | 0.006   |
| 3000       | 1.95             | 17.033                         | 0.007   |
| 4000       | 2.11             | 22.711                         | 0.007   |
| 5000       | 2.22             | 28.389                         | 0.007   |
| 6000       | 2.39             | 34.066                         | 0.008   |
| 7000       | 2.55             | 39.744                         | 0.009   |
| 8000       | 2.68             | 45.422                         | 0.009   |
| 9000       | 2.79             | 51.100                         | 0.009   |
| 10000      | 2.81             | 56.777                         | 0.009   |
| 11000      | 2.85             | 62.455                         | 0.010   |
| 12000      | 2.98             | 68.133                         | 0.010   |
| 13000      | 3.04             | 73.811                         | 0.010   |
| 14000      | 3.12             | 79.488                         | 0.010   |
| 15000      | 3.31             | 85.166                         | 0.011   |
| 16000      | 3.38             | 90.844                         | 0.011   |
| 17000      | 3.44             | 96.522                         | 0.011   |
| 18000      | 3.52             | 102.199                        | 0.012   |
| 19000      | 3.6              | 107.877                        | 0.012   |
| 20000      | 3.66             | 113.555                        | 0.012   |
| 21000      | 3.77             | 119.233                        | 0.013   |
| 22000      | 3.83             | 124.910                        | 0.013   |
| 23000      | 3.92             | 130.588                        | 0.013   |
| 23376      | 4.01             | 132.723                        | 0.013   |

Fuente: Elaboración propia, 2015

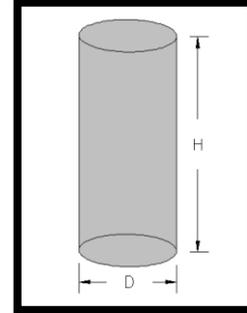
**GRÁFICO N° 37: Esfuerzo VS deformación de MF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 62: Ensayo resistencia a compresión de MF - 05, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.97          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.99          | 14.97          | 14.98    |

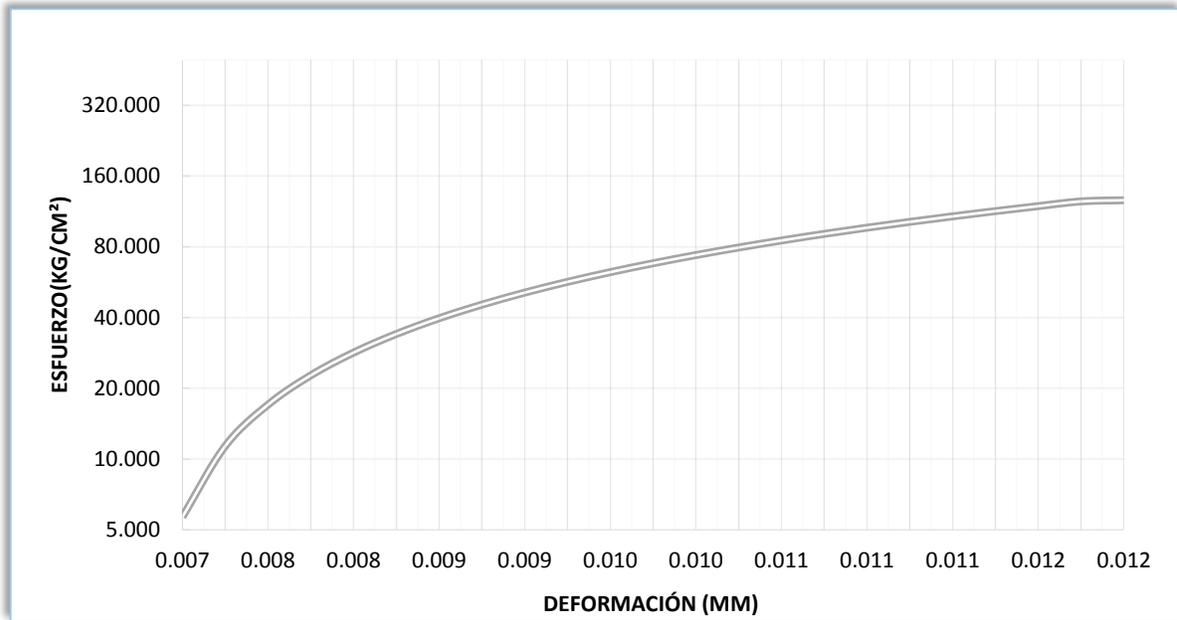


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:18.65 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.24 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 2.05             | 5.674                          | 0.007   |
| 2000       | 2.18             | 11.348                         | 0.007   |
| 3000       | 2.29             | 17.022                         | 0.008   |
| 4000       | 2.36             | 22.696                         | 0.008   |
| 5000       | 2.46             | 28.370                         | 0.008   |
| 6000       | 2.51             | 34.044                         | 0.008   |
| 7000       | 2.59             | 39.718                         | 0.009   |
| 8000       | 2.65             | 45.392                         | 0.009   |
| 9000       | 2.73             | 51.066                         | 0.009   |
| 10000      | 2.84             | 56.739                         | 0.009   |
| 11000      | 2.91             | 62.413                         | 0.010   |
| 12000      | 2.98             | 68.087                         | 0.010   |
| 13000      | 3.09             | 73.761                         | 0.010   |
| 14000      | 3.13             | 79.435                         | 0.010   |
| 15000      | 3.16             | 85.109                         | 0.011   |
| 16000      | 3.23             | 90.783                         | 0.011   |
| 17000      | 3.29             | 96.457                         | 0.011   |
| 18000      | 3.31             | 102.131                        | 0.011   |
| 19000      | 3.40             | 107.805                        | 0.011   |
| 20000      | 3.47             | 113.479                        | 0.012   |
| 21000      | 3.53             | 119.153                        | 0.012   |
| 22000      | 3.61             | 124.827                        | 0.012   |
| 22247      | 3.69             | 126.228                        | 0.012   |

Fuente: Elaboración propia, 2015

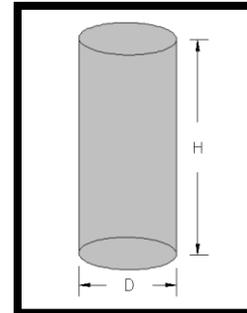
**GRÁFICO N° 38: Esfuerzo VS deformación de MF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 63: Ensayo resistencia a compresión de MF - 06, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.99          | 29.98    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.99          | 15.00          | 14.995   |

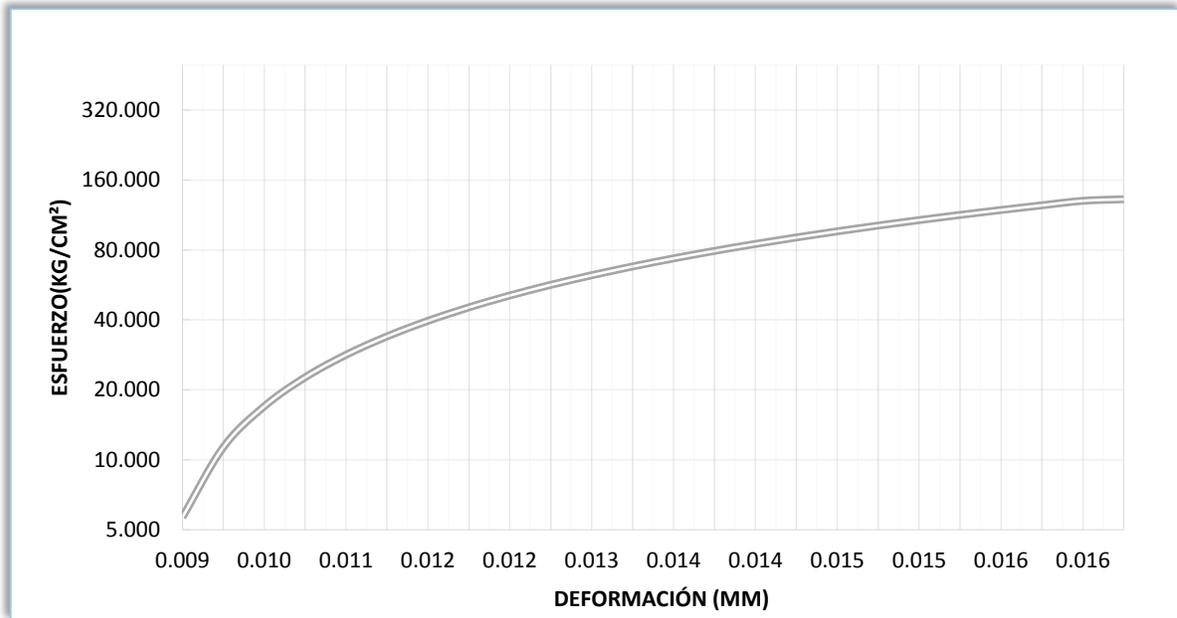


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:28.71 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.60 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.62             | 5.663                          | 0.009             |
| 2000       | 2.9              | 11.325                         | 0.010             |
| 3000       | 3.09             | 16.988                         | 0.010             |
| 4000       | 3.27             | 22.650                         | 0.011             |
| 5000       | 3.38             | 28.313                         | 0.011             |
| 6000       | 3.48             | 33.976                         | 0.012             |
| 7000       | 3.55             | 39.638                         | 0.012             |
| 8000       | 3.67             | 45.301                         | 0.012             |
| 9000       | 3.74             | 50.963                         | 0.012             |
| 10000      | 3.82             | 56.626                         | 0.013             |
| 11000      | 3.9              | 62.289                         | 0.013             |
| 12000      | 3.97             | 67.951                         | 0.013             |
| 13000      | 4.05             | 73.614                         | 0.014             |
| 14000      | 4.13             | 79.276                         | 0.014             |
| 15000      | 4.2              | 84.939                         | 0.014             |
| 16000      | 4.29             | 90.602                         | 0.014             |
| 17000      | 4.36             | 96.264                         | 0.015             |
| 18000      | 4.43             | 101.927                        | 0.015             |
| 19000      | 4.54             | 107.589                        | 0.015             |
| 20000      | 4.62             | 113.252                        | 0.015             |
| 21000      | 4.71             | 118.915                        | 0.016             |
| 22000      | 4.79             | 124.577                        | 0.016             |
| 23000      | 4.88             | 130.240                        | 0.016             |
| 23357      | 4.98             | 132.261                        | 0.017             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

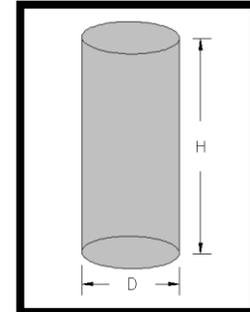
**GRÁFICO N° 39: Esfuerzo VS deformación de MF-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 64: Ensayo resistencia a compresión de NF - 04, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.93          | 29.95          | 29.94    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.94          | 14.93          | 14.935   |

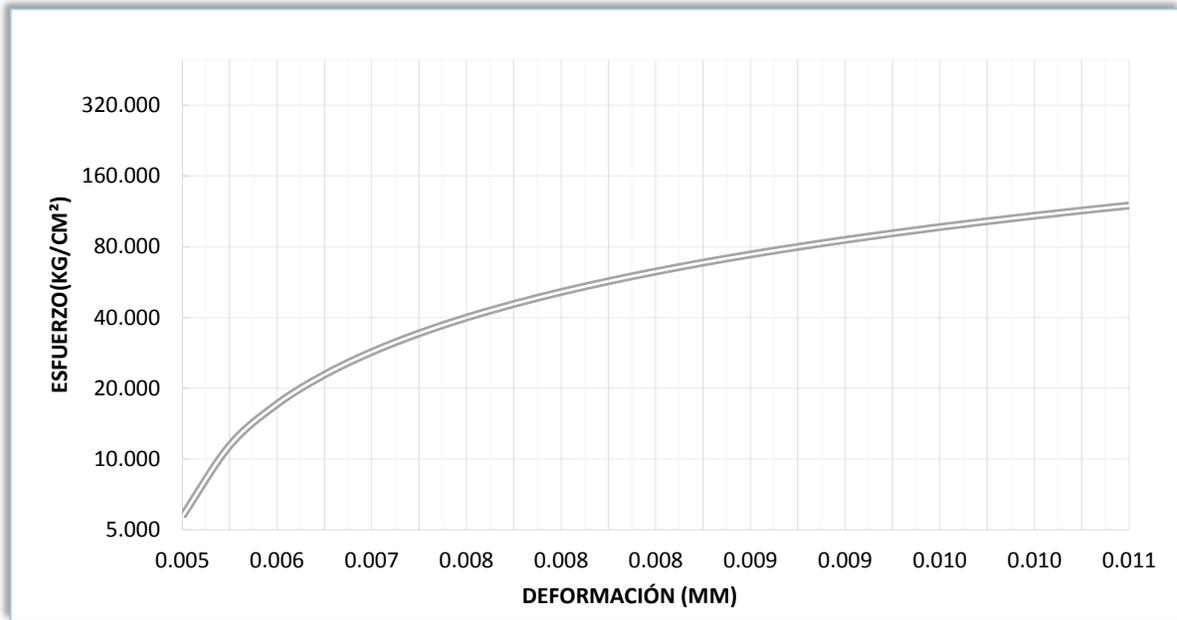


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:43.84 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.19 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.47             | 5.708                          | 0.005             |
| 2000       | 1.68             | 11.416                         | 0.006             |
| 3000       | 1.83             | 17.125                         | 0.006             |
| 4000       | 1.96             | 22.833                         | 0.007             |
| 5000       | 2.07             | 28.541                         | 0.007             |
| 6000       | 2.16             | 34.249                         | 0.007             |
| 7000       | 2.27             | 39.957                         | 0.008             |
| 8000       | 2.34             | 45.666                         | 0.008             |
| 9000       | 2.42             | 51.374                         | 0.008             |
| 10000      | 2.49             | 57.082                         | 0.008             |
| 11000      | 2.54             | 62.790                         | 0.008             |
| 12000      | 2.6              | 68.498                         | 0.009             |
| 13000      | 2.67             | 74.207                         | 0.009             |
| 14000      | 2.74             | 79.915                         | 0.009             |
| 15000      | 2.83             | 85.623                         | 0.009             |
| 16000      | 2.88             | 91.331                         | 0.010             |
| 17000      | 2.93             | 97.039                         | 0.010             |
| 18000      | 2.99             | 102.747                        | 0.010             |
| 19000      | 3.08             | 108.456                        | 0.010             |
| 20000      | 3.14             | 114.164                        | 0.010             |
| 20991      | 3.28             | 119.821                        | 0.011             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

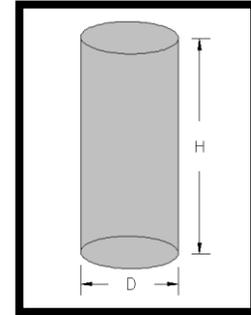
**GRÁFICO N° 40: Esfuerzo VS deformación de NF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 65: Ensayo resistencia a compresión de NF - 05, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 29.97          | 29.98    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.94          | 14.91          | 14.925   |

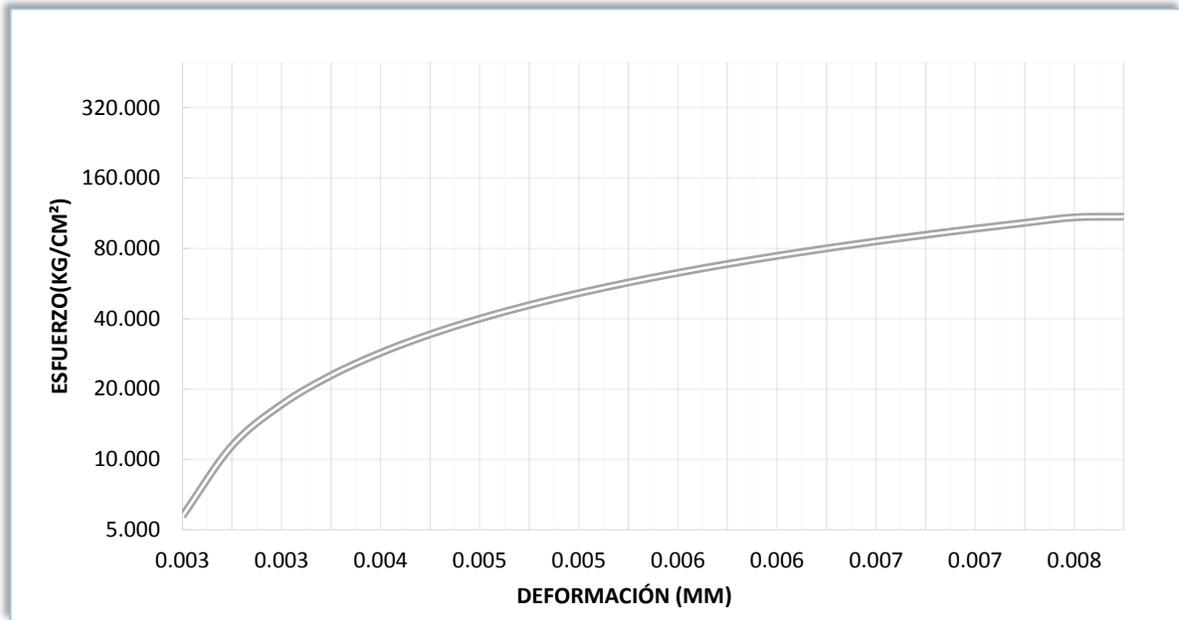


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:25.54 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.95 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 0.80             | 5.716                          | 0.003             |
| 2000       | 0.89             | 11.432                         | 0.003             |
| 3000       | 0.98             | 17.148                         | 0.003             |
| 4000       | 1.05             | 22.863                         | 0.004             |
| 5000       | 1.18             | 28.579                         | 0.004             |
| 6000       | 1.29             | 34.295                         | 0.004             |
| 7000       | 1.38             | 40.011                         | 0.005             |
| 8000       | 1.45             | 45.727                         | 0.005             |
| 9000       | 1.54             | 51.443                         | 0.005             |
| 10000      | 1.62             | 57.158                         | 0.005             |
| 11000      | 1.68             | 62.874                         | 0.006             |
| 12000      | 1.75             | 68.590                         | 0.006             |
| 13000      | 1.82             | 74.306                         | 0.006             |
| 14000      | 1.9              | 80.022                         | 0.006             |
| 15000      | 1.96             | 85.738                         | 0.007             |
| 16000      | 2.04             | 91.454                         | 0.007             |
| 17000      | 2.12             | 97.169                         | 0.007             |
| 18000      | 2.21             | 102.885                        | 0.007             |
| 19000      | 2.31             | 108.601                        | 0.008             |
| 19124      | 2.42             | 109.310                        | 0.008             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

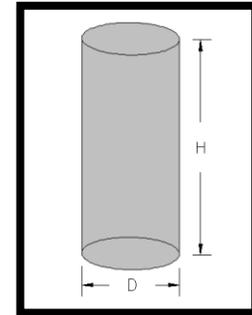
**GRÁFICO N° 41: Esfuerzo VS deformación de NF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 66: Ensayo resistencia a compresión de NF - 06, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.97          | 29.975   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.88          | 14.93          | 14.905   |

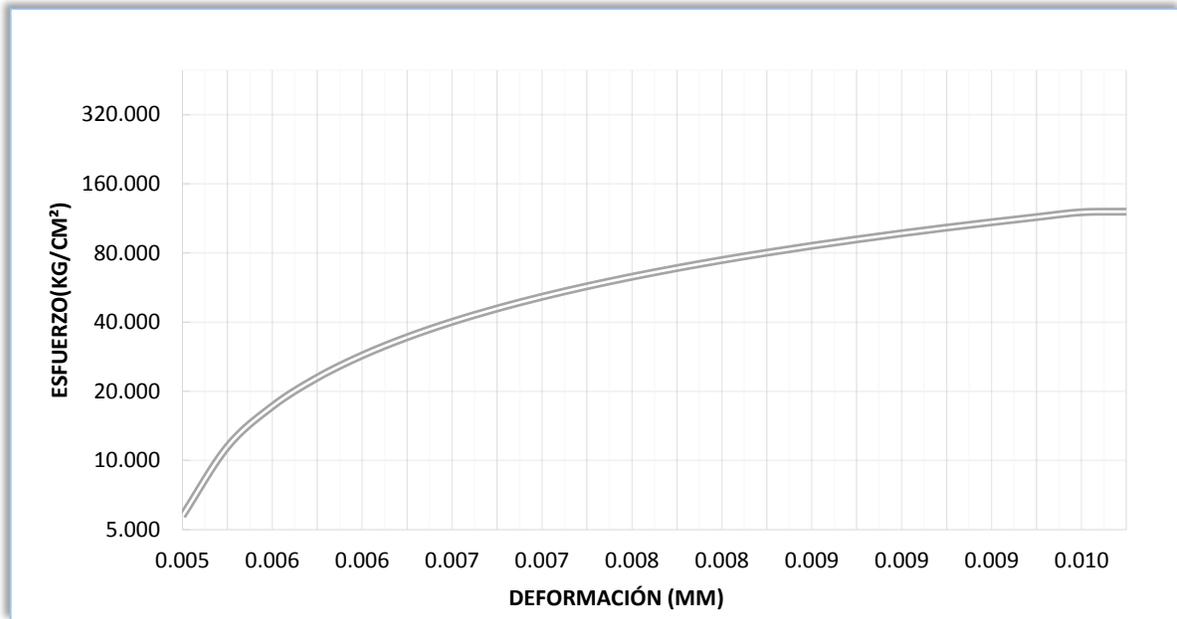


TIEMPO DE ROTURA = 00:01:45.52 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.48 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 14 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.50             | 5.731                          | 0.005             |
| 2000       | 1.62             | 11.462                         | 0.005             |
| 3000       | 1.73             | 17.194                         | 0.006             |
| 4000       | 1.81             | 22.925                         | 0.006             |
| 5000       | 1.88             | 28.656                         | 0.006             |
| 6000       | 1.97             | 34.387                         | 0.007             |
| 7000       | 2.08             | 40.118                         | 0.007             |
| 8000       | 2.15             | 45.850                         | 0.007             |
| 9000       | 2.21             | 51.581                         | 0.007             |
| 10000      | 2.29             | 57.312                         | 0.008             |
| 11000      | 2.38             | 63.043                         | 0.008             |
| 12000      | 2.44             | 68.774                         | 0.008             |
| 13000      | 2.49             | 74.506                         | 0.008             |
| 14000      | 2.53             | 80.237                         | 0.008             |
| 15000      | 2.59             | 85.968                         | 0.009             |
| 16000      | 2.63             | 91.699                         | 0.009             |
| 17000      | 2.66             | 97.430                         | 0.009             |
| 18000      | 2.71             | 103.161                        | 0.009             |
| 19000      | 2.82             | 108.893                        | 0.009             |
| 20000      | 2.89             | 114.624                        | 0.010             |
| 21000      | 2.95             | 120.355                        | 0.010             |
| 21124      | 3.04             | 121.066                        | 0.010             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 42: Esfuerzo VS deformación de NF-06**

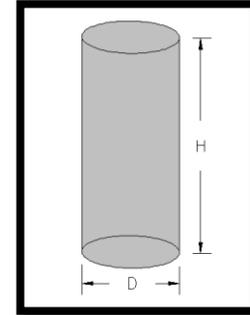


Fuente: Elaboración propia, 2015

**4.3 Ensayos de resistencia a compresión a los 28 días**

**TABLA N° 67: Ensayo resistencia a compresión de PC - 07, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.95          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.95          | 14.97          | 14.96    |



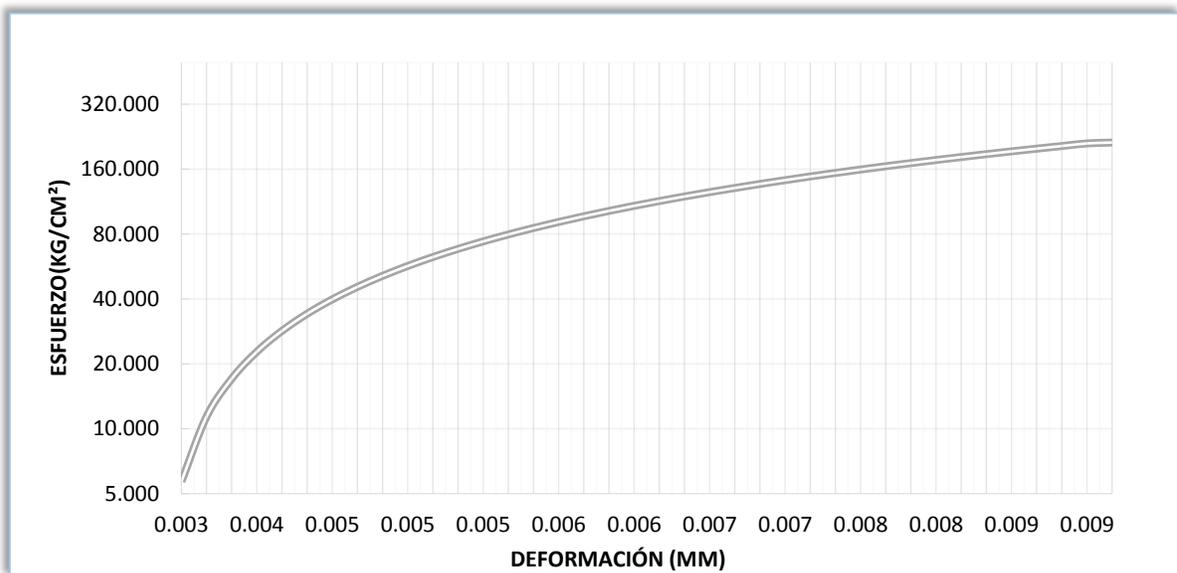
TIEMPO ROTURA = 00:03:08.16 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.77 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.01             | 5.689                          | 0.003             |
| 2000       | 1.12             | 11.378                         | 0.004             |
| 3000       | 1.19             | 17.067                         | 0.004             |
| 4000       | 1.23             | 22.757                         | 0.004             |
| 5000       | 1.27             | 28.446                         | 0.004             |
| 6000       | 1.34             | 34.135                         | 0.004             |
| 7000       | 1.4              | 39.824                         | 0.005             |
| 8000       | 1.43             | 45.513                         | 0.005             |
| 9000       | 1.48             | 51.202                         | 0.005             |
| 10000      | 1.51             | 56.891                         | 0.005             |
| 11000      | 1.56             | 62.580                         | 0.005             |
| 12000      | 1.59             | 68.270                         | 0.005             |
| 13000      | 1.63             | 73.959                         | 0.005             |
| 14000      | 1.7              | 79.648                         | 0.006             |
| 15000      | 1.74             | 85.337                         | 0.006             |
| 16000      | 1.79             | 91.026                         | 0.006             |
| 17000      | 1.83             | 96.715                         | 0.006             |
| 18000      | 1.87             | 102.404                        | 0.006             |
| 19000      | 1.9              | 108.093                        | 0.006             |
| 20000      | 1.93             | 113.783                        | 0.006             |
| 21000      | 1.99             | 119.472                        | 0.007             |
| 22000      | 2.05             | 125.161                        | 0.007             |
| 23000      | 2.08             | 130.850                        | 0.007             |
| 24000      | 2.13             | 136.539                        | 0.007             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 25000 | 2.16 | 142.228 | 0.007 |
| 26000 | 2.21 | 147.917 | 0.007 |
| 27000 | 2.27 | 153.607 | 0.008 |
| 28000 | 2.32 | 159.296 | 0.008 |
| 29000 | 2.37 | 164.985 | 0.008 |
| 30000 | 2.42 | 170.674 | 0.008 |
| 31000 | 2.48 | 176.363 | 0.008 |
| 32000 | 2.52 | 182.052 | 0.008 |
| 33000 | 2.55 | 187.741 | 0.009 |
| 34000 | 2.59 | 193.430 | 0.009 |
| 35000 | 2.63 | 199.120 | 0.009 |
| 36000 | 2.66 | 204.809 | 0.009 |
| 37000 | 2.69 | 210.498 | 0.009 |
| 37359 | 2.71 | 212.540 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

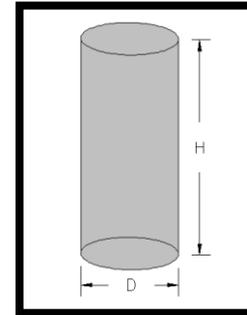
**GRÁFICO N° 43: Esfuerzo VS deformación de PC-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 68: Ensayo resistencia a compresión de PC - 08, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.99          | 29.97          | 29.98    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.89          | 14.91          | 14.9     |



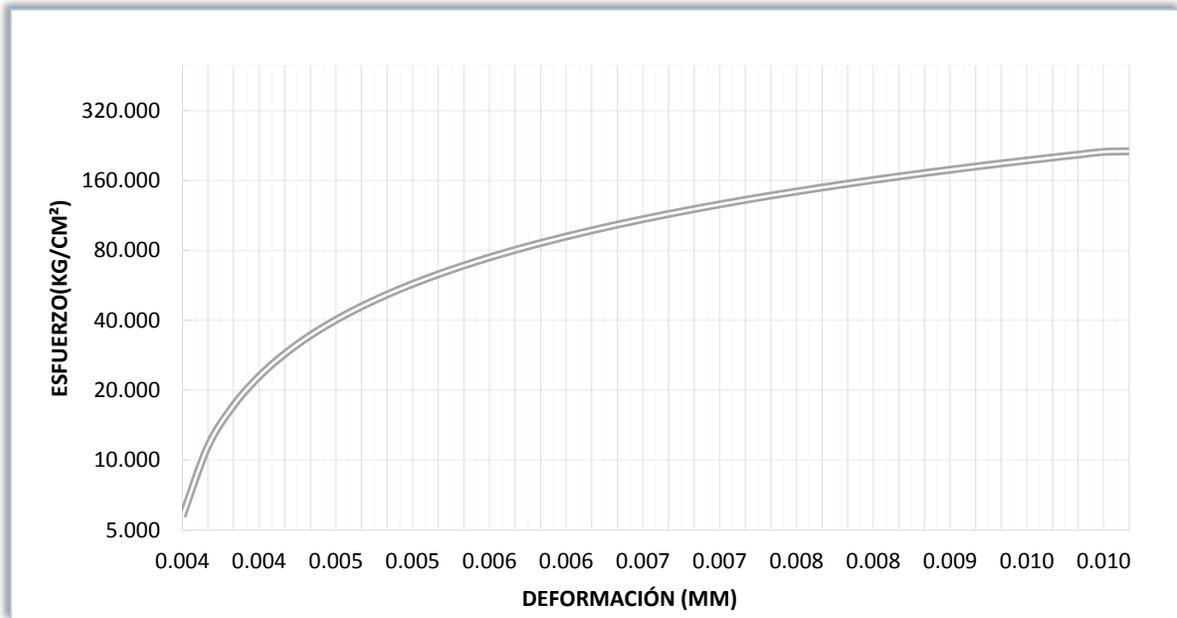
TIEMPO ROTURA = 00:03:2.06 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.37 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.13             | 5.735                          | 0.004             |
| 2000       | 1.21             | 11.470                         | 0.004             |
| 3000       | 1.23             | 17.205                         | 0.004             |
| 4000       | 1.28             | 22.940                         | 0.004             |
| 5000       | 1.34             | 28.675                         | 0.004             |
| 6000       | 1.4              | 34.410                         | 0.005             |
| 7000       | 1.43             | 40.145                         | 0.005             |
| 8000       | 1.47             | 45.880                         | 0.005             |
| 9000       | 1.51             | 51.615                         | 0.005             |
| 10000      | 1.54             | 57.350                         | 0.005             |
| 11000      | 1.59             | 63.085                         | 0.005             |
| 12000      | 1.64             | 68.820                         | 0.005             |
| 13000      | 1.71             | 74.556                         | 0.006             |
| 14000      | 1.73             | 80.291                         | 0.006             |
| 15000      | 1.76             | 86.026                         | 0.006             |
| 16000      | 1.82             | 91.761                         | 0.006             |
| 17000      | 1.9              | 97.496                         | 0.006             |
| 18000      | 1.93             | 103.231                        | 0.006             |
| 19000      | 1.97             | 108.966                        | 0.007             |
| 20000      | 2.04             | 114.701                        | 0.007             |
| 21000      | 2.09             | 120.436                        | 0.007             |
| 22000      | 2.13             | 126.171                        | 0.007             |
| 23000      | 2.17             | 131.906                        | 0.007             |
| 24000      | 2.21             | 137.641                        | 0.007             |
| 25000      | 2.32             | 143.376                        | 0.008             |
| 26000      | 2.35             | 149.111                        | 0.008             |
| 27000      | 2.42             | 154.846                        | 0.008             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.47 | 160.581 | 0.008 |
| 29000 | 2.53 | 166.316 | 0.008 |
| 30000 | 2.67 | 172.051 | 0.009 |
| 31000 | 2.72 | 177.786 | 0.009 |
| 32000 | 2.77 | 183.521 | 0.009 |
| 33000 | 2.83 | 189.256 | 0.009 |
| 34000 | 2.89 | 194.991 | 0.010 |
| 35000 | 2.95 | 200.726 | 0.010 |
| 36000 | 2.97 | 206.461 | 0.010 |
| 37000 | 2.99 | 212.197 | 0.010 |
| 37227 | 3.03 | 213.498 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

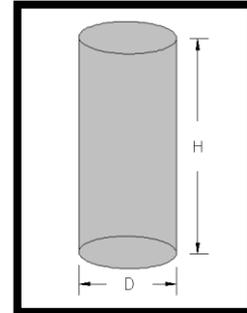
**GRÁFICO N° 44: Esfuerzo VS deformación de PC-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 69: Ensayo resistencia a compresión de PC - 09, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.97          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.95          | 14.97          | 14.96    |



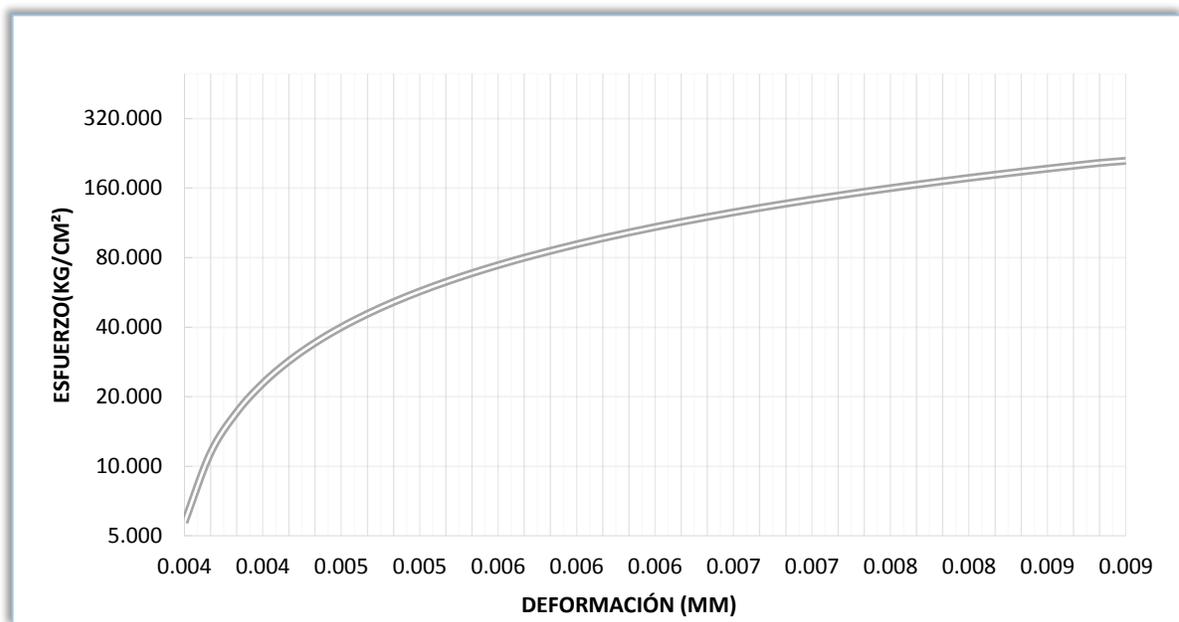
TIEMPO ROTURA = 00:03:05.06 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.77 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.08             | 5.712                          | 0.004             |
| 2000       | 1.12             | 11.424                         | 0.004             |
| 3000       | 1.19             | 17.136                         | 0.004             |
| 4000       | 1.23             | 22.848                         | 0.004             |
| 5000       | 1.27             | 28.560                         | 0.004             |
| 6000       | 1.32             | 34.272                         | 0.004             |
| 7000       | 1.37             | 39.984                         | 0.005             |
| 8000       | 1.43             | 45.696                         | 0.005             |
| 9000       | 1.47             | 51.408                         | 0.005             |
| 10000      | 1.53             | 57.120                         | 0.005             |
| 11000      | 1.60             | 62.832                         | 0.005             |
| 12000      | 1.63             | 68.544                         | 0.005             |
| 13000      | 1.66             | 74.256                         | 0.006             |
| 14000      | 1.72             | 79.968                         | 0.006             |
| 15000      | 1.75             | 85.680                         | 0.006             |
| 16000      | 1.78             | 91.392                         | 0.006             |
| 17000      | 1.81             | 97.104                         | 0.006             |
| 18000      | 1.88             | 102.816                        | 0.006             |
| 19000      | 1.94             | 108.528                        | 0.006             |
| 20000      | 2.01             | 114.240                        | 0.007             |
| 21000      | 2.05             | 119.952                        | 0.007             |
| 22000      | 2.10             | 125.664                        | 0.007             |
| 23000      | 2.13             | 131.376                        | 0.007             |
| 24000      | 2.16             | 137.088                        | 0.007             |
| 25000      | 2.19             | 142.800                        | 0.007             |
| 26000      | 2.21             | 148.512                        | 0.007             |
| 27000      | 2.26             | 154.224                        | 0.008             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.30 | 159.936 | 0.008 |
| 29000 | 2.35 | 165.648 | 0.008 |
| 30000 | 2.43 | 171.361 | 0.008 |
| 31000 | 2.47 | 177.073 | 0.008 |
| 32000 | 2.52 | 182.785 | 0.008 |
| 33000 | 2.58 | 188.497 | 0.009 |
| 34000 | 2.63 | 194.209 | 0.009 |
| 35000 | 2.69 | 199.921 | 0.009 |
| 36000 | 2.74 | 205.633 | 0.009 |
| 36764 | 2.78 | 209.997 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

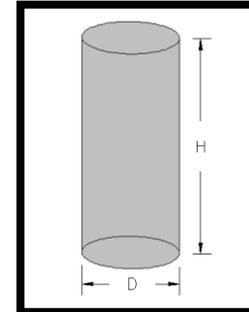
**GRÁFICO N° 45: Esfuerzo VS deformación de PC-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 70: Ensayo resistencia a compresión de SF - 07, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.95          | 29.965   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 15.09          | 14.85          | 14.97    |



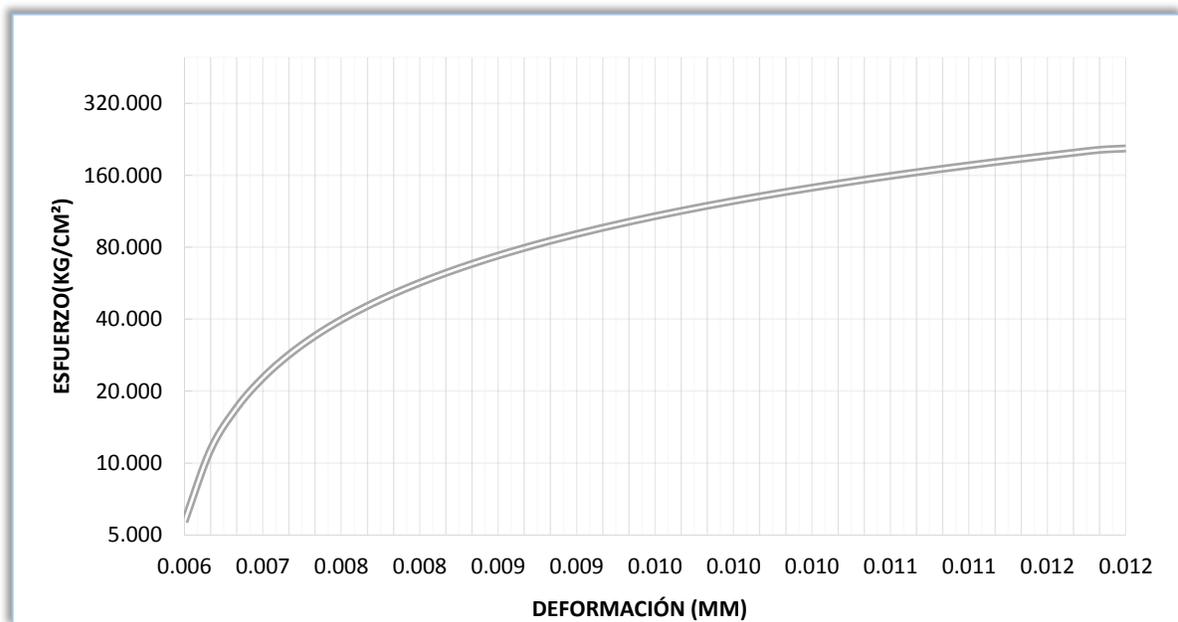
TIEMPO ROTURA = 00:01:45.49 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.01 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.77             | 5.682                          | 0.006             |
| 2000       | 1.96             | 11.363                         | 0.007             |
| 3000       | 2.05             | 17.045                         | 0.007             |
| 4000       | 2.09             | 22.726                         | 0.007             |
| 5000       | 2.2              | 28.408                         | 0.007             |
| 6000       | 2.26             | 34.089                         | 0.008             |
| 7000       | 2.29             | 39.771                         | 0.008             |
| 8000       | 2.37             | 45.452                         | 0.008             |
| 9000       | 2.43             | 51.134                         | 0.008             |
| 10000      | 2.49             | 56.815                         | 0.008             |
| 11000      | 2.51             | 62.497                         | 0.008             |
| 12000      | 2.55             | 68.178                         | 0.009             |
| 13000      | 2.61             | 73.860                         | 0.009             |
| 14000      | 2.67             | 79.541                         | 0.009             |
| 15000      | 2.71             | 85.223                         | 0.009             |
| 16000      | 2.76             | 90.905                         | 0.009             |
| 17000      | 2.80             | 96.586                         | 0.009             |
| 18000      | 2.85             | 102.268                        | 0.010             |
| 19000      | 2.89             | 107.949                        | 0.010             |
| 20000      | 2.92             | 113.631                        | 0.010             |
| 21000      | 2.96             | 119.312                        | 0.010             |
| 22000      | 3.01             | 124.994                        | 0.010             |
| 23000      | 3.05             | 130.675                        | 0.010             |
| 24000      | 3.08             | 136.357                        | 0.010             |
| 25000      | 3.11             | 142.038                        | 0.010             |
| 26000      | 3.16             | 147.720                        | 0.011             |
| 27000      | 3.20             | 153.401                        | 0.011             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 3.25 | 159.083 | 0.011 |
| 29000 | 3.30 | 164.764 | 0.011 |
| 30000 | 3.35 | 170.446 | 0.011 |
| 31000 | 3.39 | 176.128 | 0.011 |
| 32000 | 3.42 | 181.809 | 0.011 |
| 33000 | 3.45 | 187.491 | 0.012 |
| 34000 | 3.49 | 193.172 | 0.012 |
| 35000 | 3.54 | 198.854 | 0.012 |
| 36000 | 3.59 | 204.535 | 0.012 |
| 36484 | 3.65 | 207.285 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

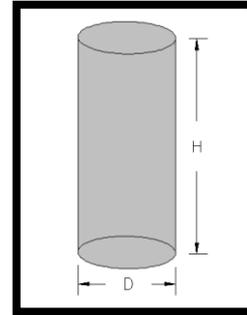
**GRÁFICO N° 46: Esfuerzo VS deformación de SF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 71: Ensayo resistencia a compresión de SF - 08, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.96          | 29.98          | 29.97    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.89          | 14.91          | 14.9     |



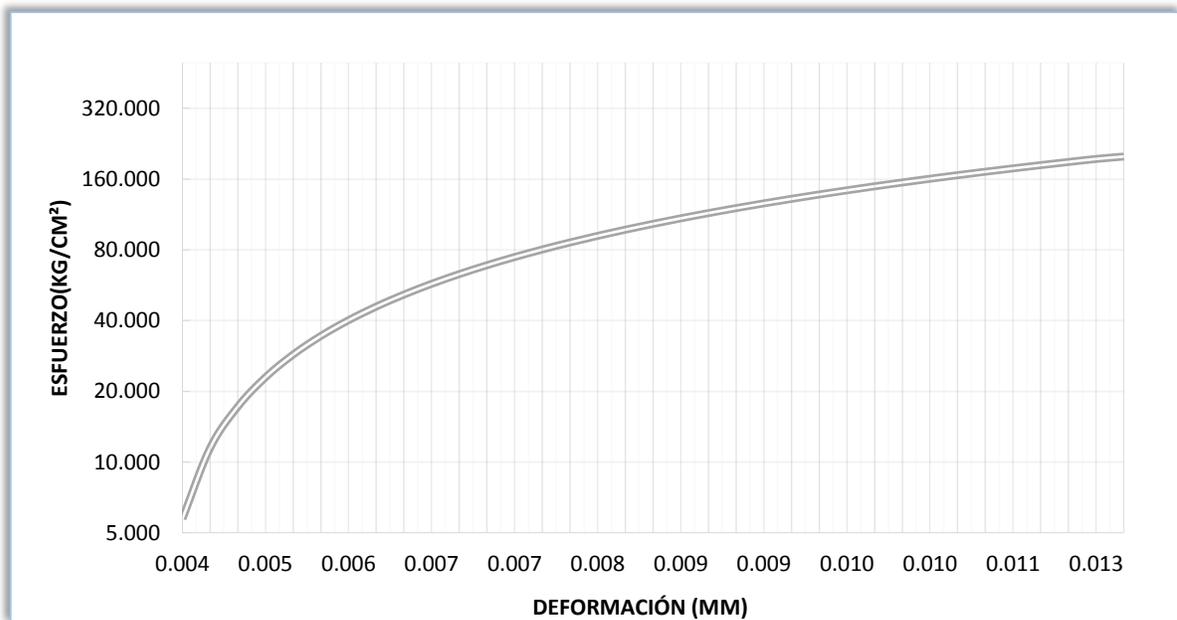
TIEMPO ROTURA = 00:01:33.54 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.37 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.34             | 5.735                          | 0.004             |
| 2000       | 1.41             | 11.470                         | 0.005             |
| 3000       | 1.48             | 17.205                         | 0.005             |
| 4000       | 1.55             | 22.940                         | 0.005             |
| 5000       | 1.64             | 28.675                         | 0.005             |
| 6000       | 1.72             | 34.410                         | 0.006             |
| 7000       | 1.84             | 40.145                         | 0.006             |
| 8000       | 1.91             | 45.880                         | 0.006             |
| 9000       | 1.96             | 51.615                         | 0.007             |
| 10000      | 2.03             | 57.350                         | 0.007             |
| 11000      | 2.11             | 63.085                         | 0.007             |
| 12000      | 2.18             | 68.820                         | 0.007             |
| 13000      | 2.24             | 74.556                         | 0.007             |
| 14000      | 2.30             | 80.291                         | 0.008             |
| 15000      | 2.35             | 86.026                         | 0.008             |
| 16000      | 2.42             | 91.761                         | 0.008             |
| 17000      | 2.48             | 97.496                         | 0.008             |
| 18000      | 2.53             | 103.231                        | 0.008             |
| 19000      | 2.58             | 108.966                        | 0.009             |
| 20000      | 2.62             | 114.701                        | 0.009             |
| 21000      | 2.69             | 120.436                        | 0.009             |
| 22000      | 2.75             | 126.171                        | 0.009             |
| 23000      | 2.83             | 131.906                        | 0.009             |
| 24000      | 2.90             | 137.641                        | 0.010             |
| 25000      | 2.97             | 143.376                        | 0.010             |
| 26000      | 3.02             | 149.111                        | 0.010             |
| 27000      | 3.08             | 154.846                        | 0.010             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 3.12 | 160.581 | 0.010 |
| 29000 | 3.16 | 166.316 | 0.011 |
| 30000 | 3.21 | 172.051 | 0.011 |
| 31000 | 3.28 | 177.786 | 0.011 |
| 32000 | 3.33 | 183.521 | 0.011 |
| 33000 | 3.55 | 189.256 | 0.012 |
| 34000 | 3.90 | 194.991 | 0.013 |
| 34803 | 4.03 | 199.597 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

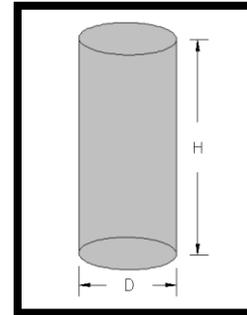
**GRÁFICO N° 47: Esfuerzo VS deformación de SF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 72: Ensayo resistencia a compresión de SF - 09, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.94          | 29.945   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.89          | 14.96          | 14.925   |



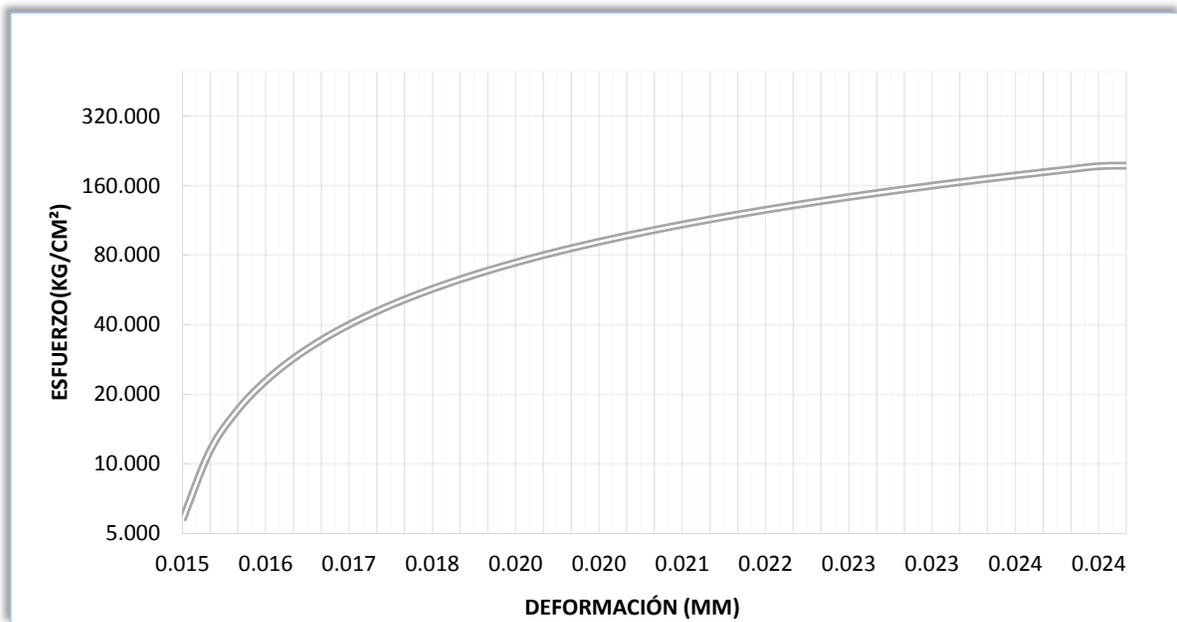
TIEMPO ROTURA = 00:03:09.44 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.95 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 4.50             | 5.716                          | 0.015   |
| 2000       | 4.61             | 11.432                         | 0.015   |
| 3000       | 4.72             | 17.148                         | 0.016   |
| 4000       | 4.84             | 22.863                         | 0.016   |
| 5000       | 4.96             | 28.579                         | 0.017   |
| 6000       | 5.09             | 34.295                         | 0.017   |
| 7000       | 5.2              | 40.011                         | 0.017   |
| 8000       | 5.29             | 45.727                         | 0.018   |
| 9000       | 5.38             | 51.443                         | 0.018   |
| 10000      | 5.44             | 57.158                         | 0.018   |
| 11000      | 5.51             | 62.874                         | 0.018   |
| 12000      | 5.62             | 68.590                         | 0.019   |
| 13000      | 5.85             | 74.306                         | 0.020   |
| 14000      | 5.99             | 80.022                         | 0.020   |
| 15000      | 6.07             | 85.738                         | 0.020   |
| 16000      | 6.13             | 91.454                         | 0.020   |
| 17000      | 6.2              | 97.169                         | 0.021   |
| 18000      | 6.25             | 102.885                        | 0.021   |
| 19000      | 6.31             | 108.601                        | 0.021   |
| 20000      | 6.40             | 114.317                        | 0.021   |
| 21000      | 6.45             | 120.033                        | 0.022   |
| 22000      | 6.56             | 125.749                        | 0.022   |
| 23000      | 6.61             | 131.464                        | 0.022   |
| 24000      | 6.69             | 137.180                        | 0.022   |
| 25000      | 6.76             | 142.896                        | 0.023   |
| 26000      | 6.82             | 148.612                        | 0.023   |
| 27000      | 6.89             | 154.328                        | 0.023   |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 6.94 | 160.044 | 0.023 |
| 29000 | 6.98 | 165.759 | 0.023 |
| 30000 | 7.07 | 171.475 | 0.024 |
| 31000 | 7.11 | 177.191 | 0.024 |
| 32000 | 7.20 | 182.907 | 0.024 |
| 33000 | 7.25 | 188.623 | 0.024 |
| 34000 | 7.33 | 194.339 | 0.024 |
| 34193 | 7.62 | 195.442 | 0.025 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

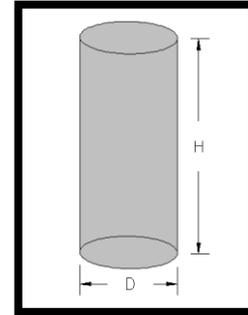
**GRÁFICO N° 48: Esfuerzo VS deformación de SF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 73: Ensayo resistencia a compresión de RF - 07, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 30.01          | 29.98          | 29.995   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.84          | 14.87          | 14.855   |



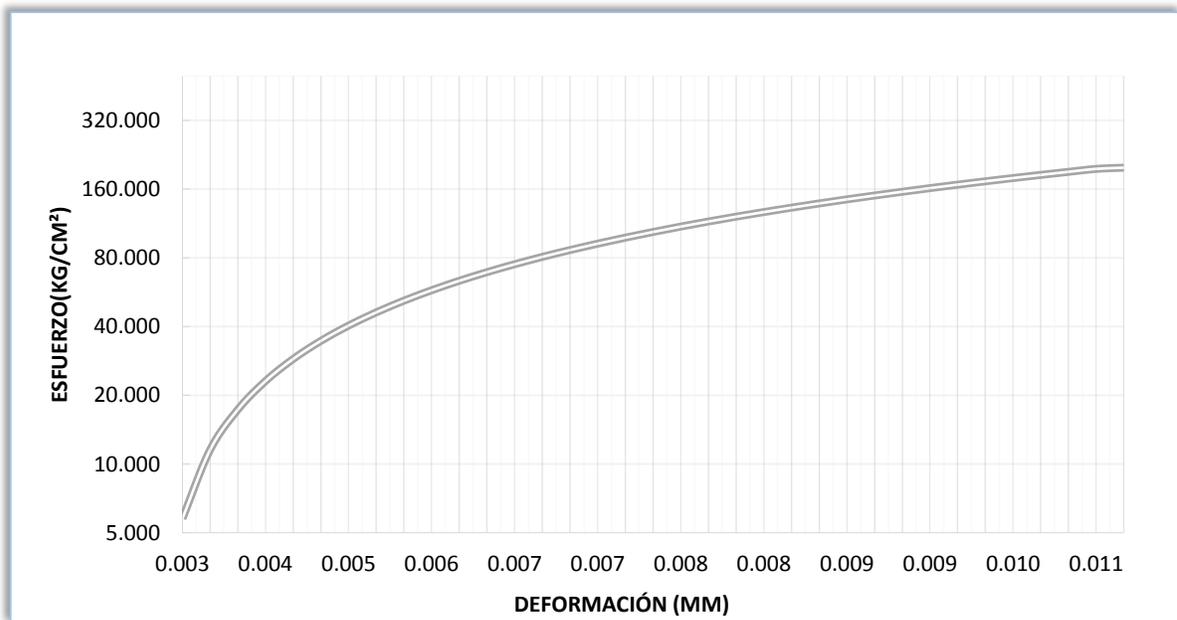
TIEMPO ROTURA = 00:02:19.44 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.32 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.02             | 5.770                          | 0.003             |
| 2000       | 1.15             | 11.540                         | 0.004             |
| 3000       | 1.21             | 17.310                         | 0.004             |
| 4000       | 1.29             | 23.079                         | 0.004             |
| 5000       | 1.35             | 28.849                         | 0.005             |
| 6000       | 1.44             | 34.619                         | 0.005             |
| 7000       | 1.49             | 40.389                         | 0.005             |
| 8000       | 1.54             | 46.159                         | 0.005             |
| 9000       | 1.63             | 51.929                         | 0.005             |
| 10000      | 1.74             | 57.698                         | 0.006             |
| 11000      | 1.82             | 63.468                         | 0.006             |
| 12000      | 1.93             | 69.238                         | 0.006             |
| 13000      | 2.04             | 75.008                         | 0.007             |
| 14000      | 2.09             | 80.778                         | 0.007             |
| 15000      | 2.11             | 86.548                         | 0.007             |
| 16000      | 2.18             | 92.317                         | 0.007             |
| 17000      | 2.22             | 98.087                         | 0.007             |
| 18000      | 2.26             | 103.857                        | 0.008             |
| 19000      | 2.33             | 109.627                        | 0.008             |
| 20000      | 2.4              | 115.397                        | 0.008             |
| 21000      | 2.46             | 121.167                        | 0.008             |
| 22000      | 2.5              | 126.936                        | 0.008             |
| 23000      | 2.57             | 132.706                        | 0.009             |
| 24000      | 2.65             | 138.476                        | 0.009             |
| 25000      | 2.69             | 144.246                        | 0.009             |
| 26000      | 2.72             | 150.016                        | 0.009             |
| 27000      | 2.76             | 155.786                        | 0.009             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.8  | 161.556 | 0.009 |
| 29000 | 2.85 | 167.325 | 0.010 |
| 30000 | 2.89 | 173.095 | 0.010 |
| 31000 | 2.94 | 178.865 | 0.010 |
| 32000 | 3.09 | 184.635 | 0.010 |
| 33000 | 3.16 | 190.405 | 0.011 |
| 34000 | 3.22 | 196.175 | 0.011 |
| 34417 | 3.31 | 198.581 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

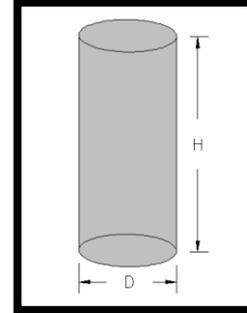
**GRÁFICO N° 49: Esfuerzo VS deformación de RF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 74: Ensayo resistencia a compresión de RF - 08, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.97          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.87          | 14.85          | 14.86    |



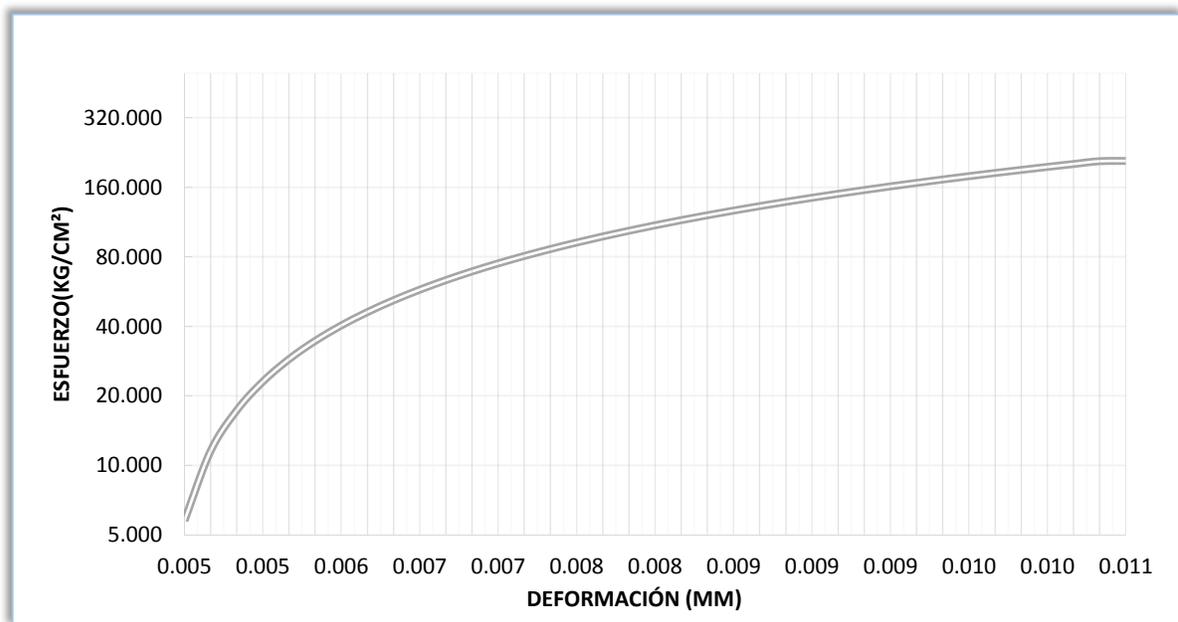
TIEMPO ROTURA = 00:01:33.60 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 173.43 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | εu (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|---------|
| 1000       | 1.39             | 5.766                          | 0.005   |
| 2000       | 1.45             | 11.532                         | 0.005   |
| 3000       | 1.51             | 17.298                         | 0.005   |
| 4000       | 1.56             | 23.064                         | 0.005   |
| 5000       | 1.59             | 28.830                         | 0.005   |
| 6000       | 1.65             | 34.596                         | 0.006   |
| 7000       | 1.7              | 40.362                         | 0.006   |
| 8000       | 1.85             | 46.128                         | 0.006   |
| 9000       | 1.92             | 51.894                         | 0.006   |
| 10000      | 1.96             | 57.660                         | 0.007   |
| 11000      | 2.04             | 63.426                         | 0.007   |
| 12000      | 2.06             | 69.191                         | 0.007   |
| 13000      | 2.11             | 74.957                         | 0.007   |
| 14000      | 2.15             | 80.723                         | 0.007   |
| 15000      | 2.20             | 86.489                         | 0.007   |
| 16000      | 2.25             | 92.255                         | 0.008   |
| 17000      | 2.29             | 98.021                         | 0.008   |
| 18000      | 2.34             | 103.787                        | 0.008   |
| 19000      | 2.39             | 109.553                        | 0.008   |
| 20000      | 2.43             | 115.319                        | 0.008   |
| 21000      | 2.49             | 121.085                        | 0.008   |
| 22000      | 2.55             | 126.851                        | 0.009   |
| 23000      | 2.61             | 132.617                        | 0.009   |
| 24000      | 2.63             | 138.383                        | 0.009   |
| 25000      | 2.67             | 144.149                        | 0.009   |
| 26000      | 2.73             | 149.915                        | 0.009   |
| 27000      | 2.78             | 155.681                        | 0.009   |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.81 | 161.447 | 0.009 |
| 29000 | 2.84 | 167.213 | 0.009 |
| 30000 | 2.88 | 172.979 | 0.010 |
| 31000 | 2.91 | 178.745 | 0.010 |
| 32000 | 2.94 | 184.511 | 0.010 |
| 33000 | 2.98 | 190.277 | 0.010 |
| 34000 | 3.04 | 196.043 | 0.010 |
| 35000 | 3.07 | 201.809 | 0.010 |
| 36000 | 3.10 | 207.574 | 0.010 |
| 36089 | 3.2  | 208.088 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

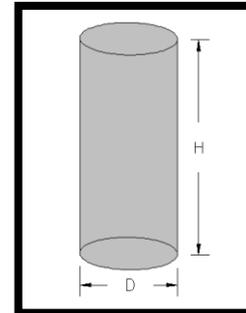
**GRÁFICO N° 50: Esfuerzo VS deformación de RF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 75: Ensayo resistencia a compresión de RF - 09, para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 30.01          | 29.98          | 29.995   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.97          | 14.84          | 14.905   |



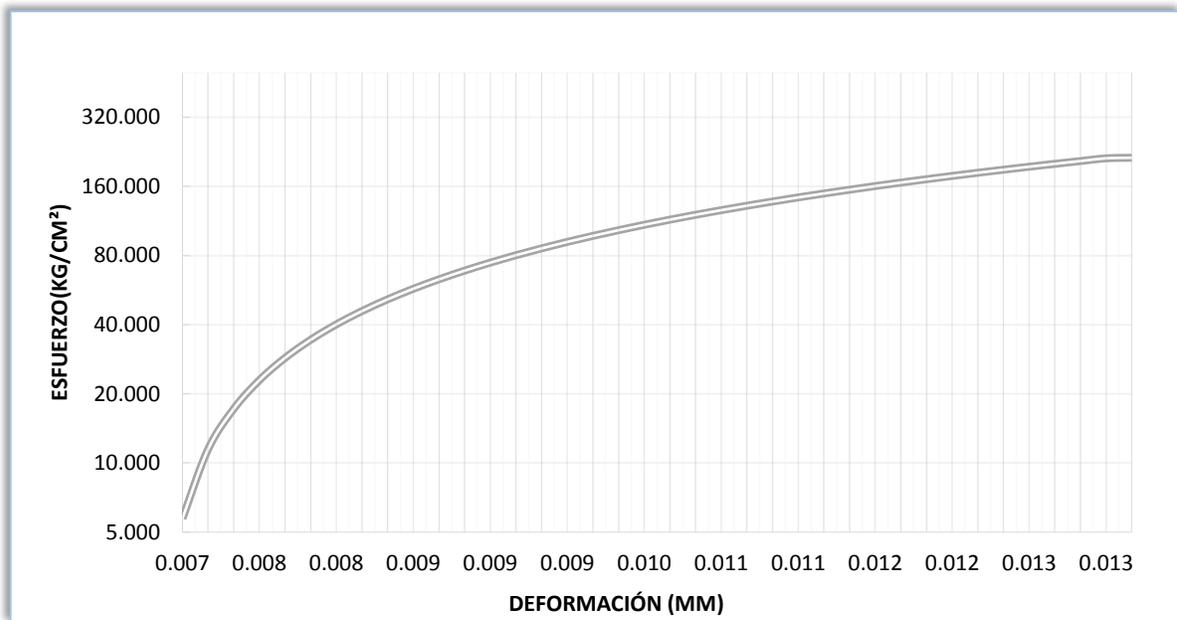
TIEMPO ROTURA = 00:01:42.29 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.48 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.06             | 5.731                          | 0.007             |
| 2000       | 2.13             | 11.462                         | 0.007             |
| 3000       | 2.19             | 17.194                         | 0.007             |
| 4000       | 2.25             | 22.925                         | 0.008             |
| 5000       | 2.32             | 28.656                         | 0.008             |
| 6000       | 2.39             | 34.387                         | 0.008             |
| 7000       | 2.43             | 40.118                         | 0.008             |
| 8000       | 2.46             | 45.850                         | 0.008             |
| 9000       | 2.53             | 51.581                         | 0.008             |
| 10000      | 2.59             | 57.312                         | 0.009             |
| 11000      | 2.62             | 63.043                         | 0.009             |
| 12000      | 2.66             | 68.774                         | 0.009             |
| 13000      | 2.7              | 74.506                         | 0.009             |
| 14000      | 2.75             | 80.237                         | 0.009             |
| 15000      | 2.78             | 85.968                         | 0.009             |
| 16000      | 2.84             | 91.699                         | 0.009             |
| 17000      | 2.88             | 97.430                         | 0.010             |
| 18000      | 2.92             | 103.161                        | 0.010             |
| 19000      | 2.99             | 108.893                        | 0.010             |
| 20000      | 3.08             | 114.624                        | 0.010             |
| 21000      | 3.13             | 120.355                        | 0.010             |
| 22000      | 3.16             | 126.086                        | 0.011             |
| 23000      | 3.21             | 131.817                        | 0.011             |
| 24000      | 3.24             | 137.549                        | 0.011             |
| 25000      | 3.29             | 143.280                        | 0.011             |
| 26000      | 3.36             | 149.011                        | 0.011             |
| 27000      | 3.43             | 154.742                        | 0.011             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 3.49 | 160.473 | 0.012 |
| 29000 | 3.54 | 166.205 | 0.012 |
| 30000 | 3.61 | 171.936 | 0.012 |
| 31000 | 3.65 | 177.667 | 0.012 |
| 32000 | 3.69 | 183.398 | 0.012 |
| 33000 | 3.72 | 189.129 | 0.012 |
| 34000 | 3.75 | 194.861 | 0.013 |
| 35000 | 3.78 | 200.592 | 0.013 |
| 36000 | 3.81 | 206.323 | 0.013 |
| 37000 | 3.84 | 212.054 | 0.013 |
| 37198 | 3.96 | 213.189 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

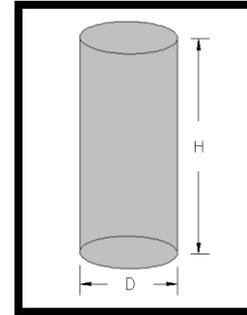
**GRÁFICO N° 51: Esfuerzo VS deformación de RF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 76: Ensayo resistencia a compresión de MF - 07, para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.99          | 29.98    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.96          | 14.94          | 14.95    |



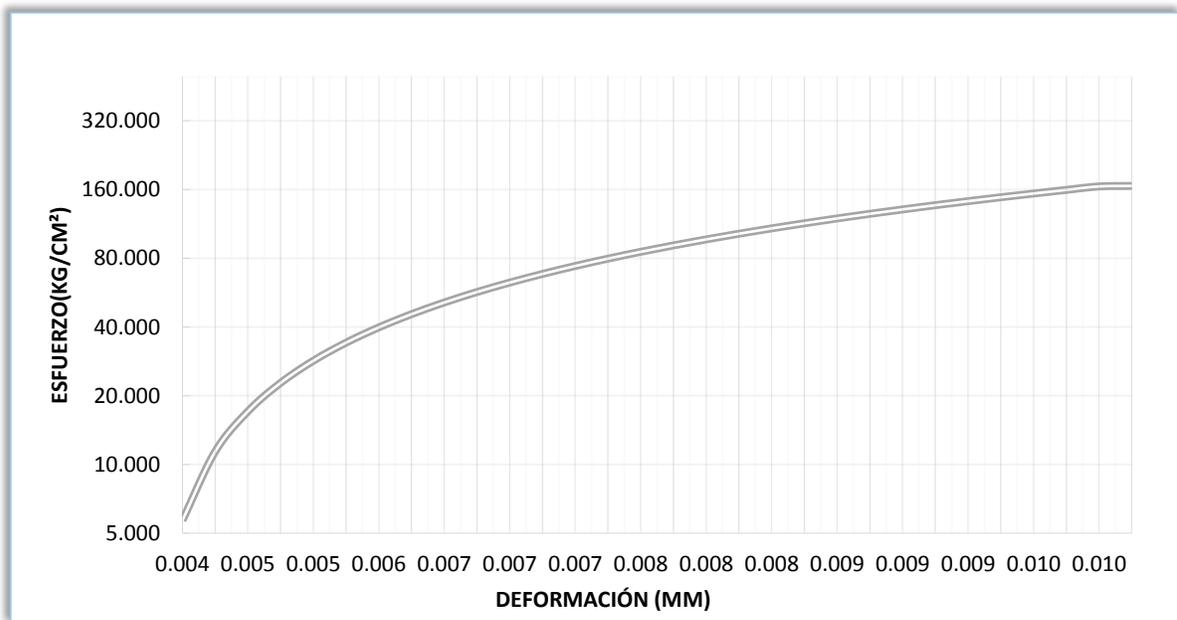
TIEMPO ROTURA = 00:01:23.99 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.54 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.34             | 5.697                          | 0.004             |
| 2000       | 1.41             | 11.393                         | 0.005             |
| 3000       | 1.49             | 17.090                         | 0.005             |
| 4000       | 1.58             | 22.787                         | 0.005             |
| 5000       | 1.62             | 28.484                         | 0.005             |
| 6000       | 1.78             | 34.180                         | 0.006             |
| 7000       | 1.87             | 39.877                         | 0.006             |
| 8000       | 1.92             | 45.574                         | 0.006             |
| 9000       | 1.97             | 51.271                         | 0.007             |
| 10000      | 2.08             | 56.967                         | 0.007             |
| 11000      | 2.10             | 62.664                         | 0.007             |
| 12000      | 2.14             | 68.361                         | 0.007             |
| 13000      | 2.19             | 74.058                         | 0.007             |
| 14000      | 2.22             | 79.754                         | 0.007             |
| 15000      | 2.29             | 85.451                         | 0.008             |
| 16000      | 2.35             | 91.148                         | 0.008             |
| 17000      | 2.4              | 96.845                         | 0.008             |
| 18000      | 2.47             | 102.541                        | 0.008             |
| 19000      | 2.51             | 108.238                        | 0.008             |
| 20000      | 2.53             | 113.935                        | 0.008             |
| 21000      | 2.57             | 119.632                        | 0.009             |
| 22000      | 2.6              | 125.328                        | 0.009             |
| 23000      | 2.67             | 131.025                        | 0.009             |
| 24000      | 2.73             | 136.722                        | 0.009             |
| 25000      | 2.83             | 142.419                        | 0.009             |
| 26000      | 2.87             | 148.115                        | 0.010             |
| 27000      | 2.89             | 153.812                        | 0.010             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 2.96 | 159.509 | 0.010 |
| 29000 | 3.01 | 165.206 | 0.010 |
| 29150 | 3.08 | 166.060 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

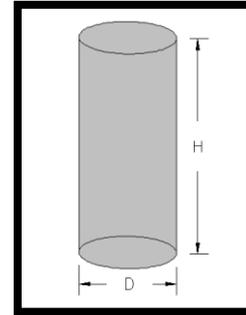
**GRÁFICO N° 52: Esfuerzo VS deformación de MF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 77: Ensayo resistencia a compresión de MF - 08 para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.95          | 29.965   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.96          | 14.97    |



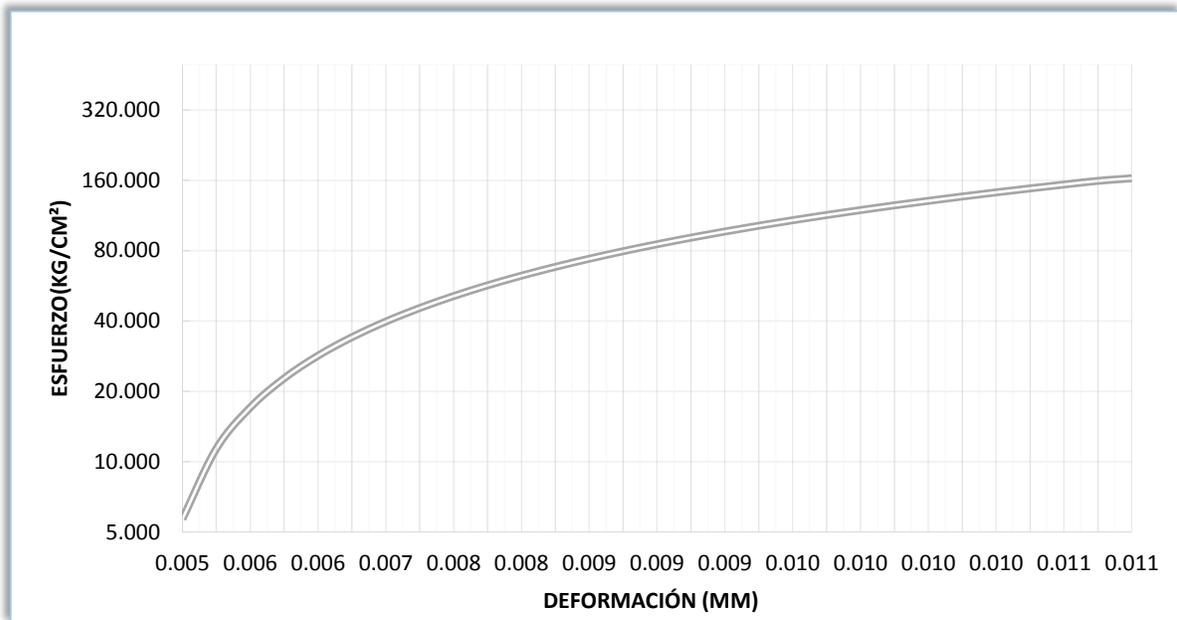
TIEMPO ROTURA = 00:01:40.13 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.01 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.54             | 5.682                          | 0.005             |
| 2000       | 1.61             | 11.363                         | 0.005             |
| 3000       | 1.78             | 17.045                         | 0.006             |
| 4000       | 1.88             | 22.726                         | 0.006             |
| 5000       | 1.93             | 28.408                         | 0.006             |
| 6000       | 2.08             | 34.089                         | 0.007             |
| 7000       | 2.19             | 39.771                         | 0.007             |
| 8000       | 2.24             | 45.452                         | 0.007             |
| 9000       | 2.34             | 51.134                         | 0.008             |
| 10000      | 2.39             | 56.815                         | 0.008             |
| 11000      | 2.45             | 62.497                         | 0.008             |
| 12000      | 2.51             | 68.178                         | 0.008             |
| 13000      | 2.58             | 73.860                         | 0.009             |
| 14000      | 2.63             | 79.541                         | 0.009             |
| 15000      | 2.67             | 85.223                         | 0.009             |
| 16000      | 2.72             | 90.905                         | 0.009             |
| 17000      | 2.78             | 96.586                         | 0.009             |
| 18000      | 2.81             | 102.268                        | 0.009             |
| 19000      | 2.86             | 107.949                        | 0.010             |
| 20000      | 2.91             | 113.631                        | 0.010             |
| 21000      | 2.95             | 119.312                        | 0.010             |
| 22000      | 2.97             | 124.994                        | 0.010             |
| 23000      | 3.04             | 130.675                        | 0.010             |
| 24000      | 3.09             | 136.357                        | 0.010             |
| 25000      | 3.13             | 142.038                        | 0.010             |
| 26000      | 3.19             | 147.720                        | 0.011             |
| 27000      | 3.24             | 153.401                        | 0.011             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 28000 | 3.32 | 159.083 | 0.011 |
| 28728 | 3.41 | 163.219 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

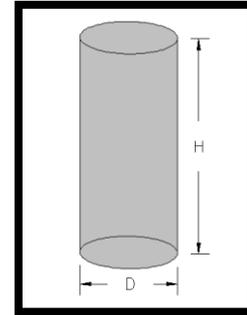
**GRÁFICO N° 53: Esfuerzo VS deformación de MF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 78: Ensayo resistencia a compresión de MF - 09 para un diseño de 210  
kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.87          | 29.84          | 29.855   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.99          | 14.94          | 14.965   |



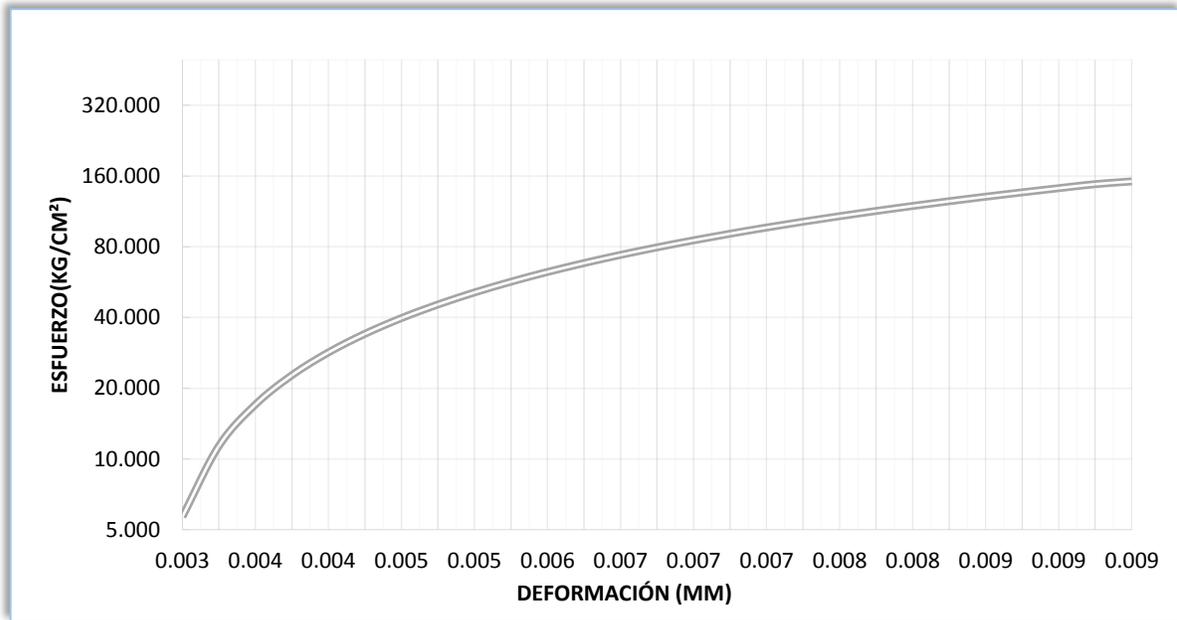
TIEMPO ROTURA = 00:01:12.48 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 175.89 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.04             | 5.685                          | 0.003             |
| 2000       | 1.11             | 11.371                         | 0.004             |
| 3000       | 1.19             | 17.056                         | 0.004             |
| 4000       | 1.25             | 22.741                         | 0.004             |
| 5000       | 1.29             | 28.427                         | 0.004             |
| 6000       | 1.32             | 34.112                         | 0.004             |
| 7000       | 1.41             | 39.797                         | 0.005             |
| 8000       | 1.47             | 45.483                         | 0.005             |
| 9000       | 1.51             | 51.168                         | 0.005             |
| 10000      | 1.64             | 56.853                         | 0.005             |
| 11000      | 1.75             | 62.539                         | 0.006             |
| 12000      | 1.88             | 68.224                         | 0.006             |
| 13000      | 1.97             | 73.909                         | 0.007             |
| 14000      | 2.08             | 79.595                         | 0.007             |
| 15000      | 2.14             | 85.280                         | 0.007             |
| 16000      | 2.19             | 90.965                         | 0.007             |
| 17000      | 2.22             | 96.651                         | 0.007             |
| 18000      | 2.28             | 102.336                        | 0.008             |
| 19000      | 2.33             | 108.021                        | 0.008             |
| 20000      | 2.38             | 113.707                        | 0.008             |
| 21000      | 2.45             | 119.392                        | 0.008             |
| 22000      | 2.51             | 125.077                        | 0.008             |
| 23000      | 2.6              | 130.763                        | 0.009             |
| 24000      | 2.7              | 136.448                        | 0.009             |
| 25000      | 2.75             | 142.133                        | 0.009             |
| 26000      | 2.78             | 147.819                        | 0.009             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 26712 | 2.81 | 151.867 | 0.009 |
|-------|------|---------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

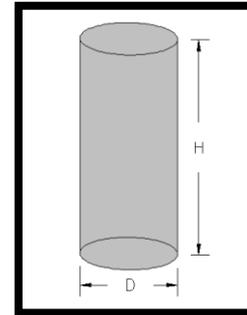
**GRÁFICO N° 54: Esfuerzo VS deformación de MF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 79: Ensayo resistencia a compresión de NF - 07 para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.97          | 29.95          | 29.96    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.98          | 14.97          | 14.975   |

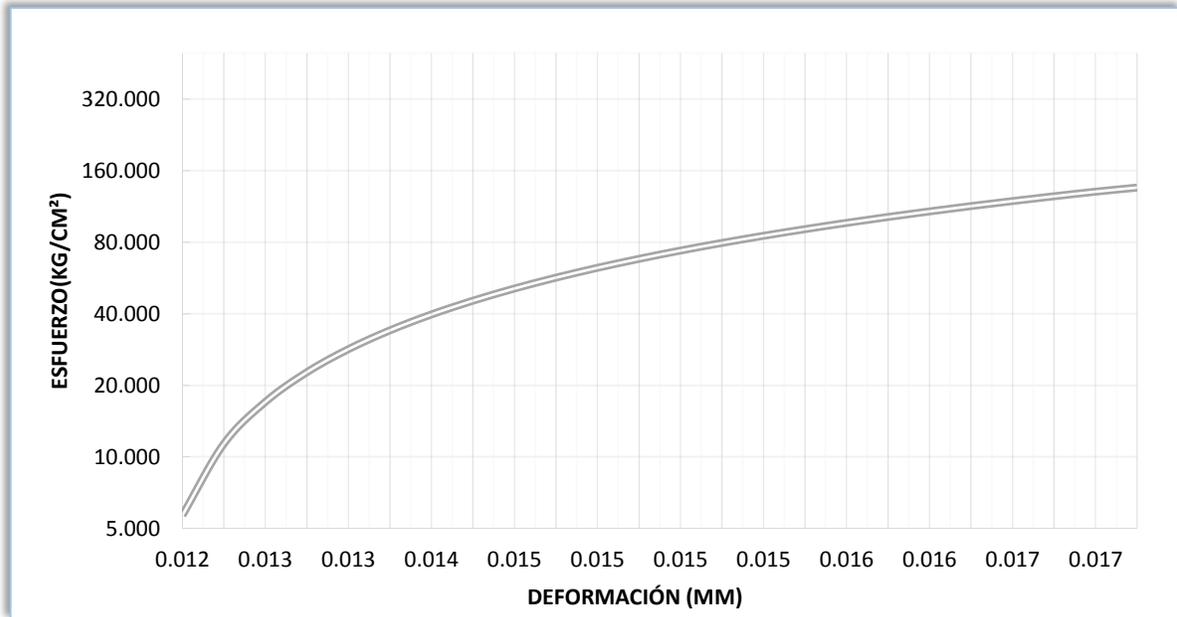


TIEMPO ROTURA = 00:02:15.88 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.13 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 3.63             | 5.678                          | 0.012             |
| 2000       | 3.71             | 11.355                         | 0.012             |
| 3000       | 3.89             | 17.033                         | 0.013             |
| 4000       | 3.95             | 22.711                         | 0.013             |
| 5000       | 4.02             | 28.389                         | 0.013             |
| 6000       | 4.14             | 34.066                         | 0.014             |
| 7000       | 4.23             | 39.744                         | 0.014             |
| 8000       | 4.34             | 45.422                         | 0.014             |
| 9000       | 4.42             | 51.100                         | 0.015             |
| 10000      | 4.45             | 56.777                         | 0.015             |
| 11000      | 4.49             | 62.455                         | 0.015             |
| 12000      | 4.54             | 68.133                         | 0.015             |
| 13000      | 4.51             | 73.811                         | 0.015             |
| 14000      | 4.55             | 79.488                         | 0.015             |
| 15000      | 4.59             | 85.166                         | 0.015             |
| 16000      | 4.63             | 90.844                         | 0.015             |
| 17000      | 4.68             | 96.522                         | 0.016             |
| 18000      | 4.72             | 102.199                        | 0.016             |
| 19000      | 4.82             | 107.877                        | 0.016             |
| 20000      | 4.92             | 113.555                        | 0.016             |
| 21000      | 4.98             | 119.233                        | 0.017             |
| 22000      | 5.08             | 124.910                        | 0.017             |
| 23000      | 5.1              | 130.588                        | 0.017             |
| 23925      | 5.22             | 135.840                        | 0.017             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

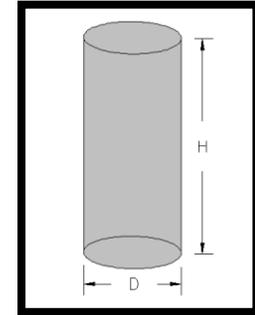
**GRÁFICO N° 55: Esfuerzo VS deformación de NF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 80: Ensayo resistencia a compresión de NF - 08 para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.98          | 29.96          | 29.97    |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.96          | 14.99          | 14.975   |

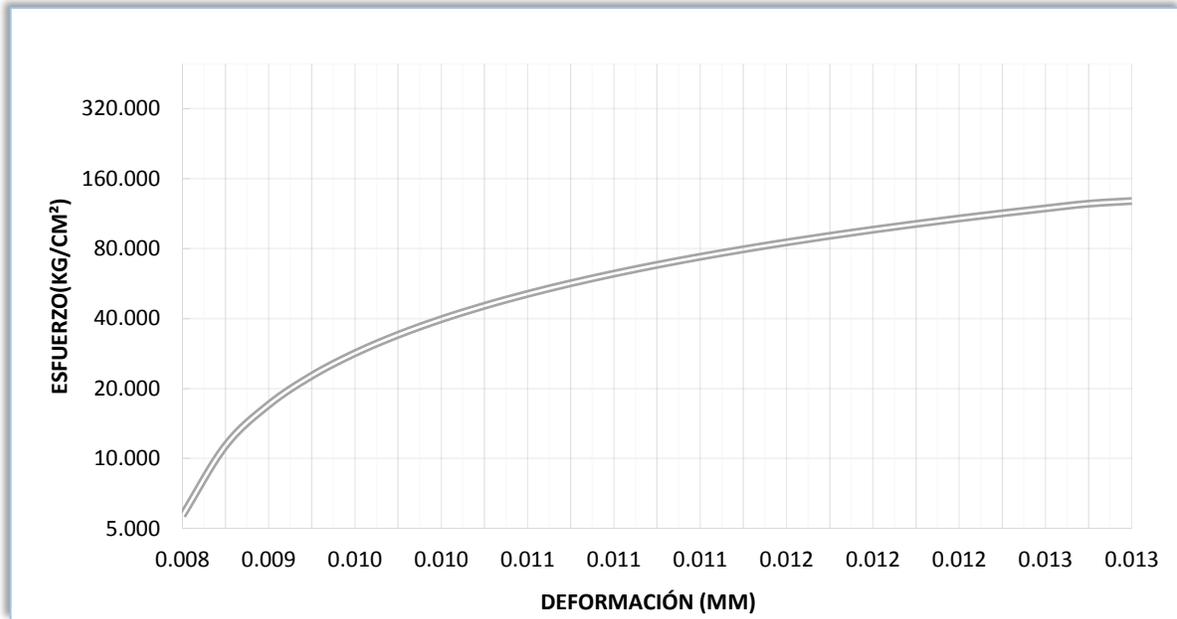


TIEMPO ROTURA = 00:01:30.09 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 176.13 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 2.38             | 5.678                          | 0.008             |
| 2000       | 2.59             | 11.355                         | 0.009             |
| 3000       | 2.72             | 17.033                         | 0.009             |
| 4000       | 2.85             | 22.711                         | 0.010             |
| 5000       | 2.94             | 28.389                         | 0.010             |
| 6000       | 3.02             | 34.066                         | 0.010             |
| 7000       | 3.08             | 39.744                         | 0.010             |
| 8000       | 3.14             | 45.422                         | 0.010             |
| 9000       | 3.19             | 51.100                         | 0.011             |
| 10000      | 3.23             | 56.777                         | 0.011             |
| 11000      | 3.27             | 62.455                         | 0.011             |
| 12000      | 3.33             | 68.133                         | 0.011             |
| 13000      | 3.38             | 73.811                         | 0.011             |
| 14000      | 3.43             | 79.488                         | 0.011             |
| 15000      | 3.47             | 85.166                         | 0.012             |
| 16000      | 3.51             | 90.844                         | 0.012             |
| 17000      | 3.56             | 96.522                         | 0.012             |
| 18000      | 3.60             | 102.199                        | 0.012             |
| 19000      | 3.64             | 107.877                        | 0.012             |
| 20000      | 3.71             | 113.555                        | 0.012             |
| 21000      | 3.79             | 119.233                        | 0.013             |
| 22000      | 3.83             | 124.910                        | 0.013             |
| 22586      | 3.81             | 128.237                        | 0.013             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

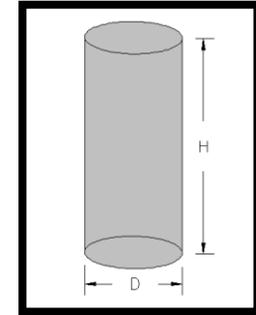
**GRÁFICO N° 56: Esfuerzo VS deformación de NF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 81: Ensayo resistencia a compresión de NF - 09 para un diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | PROMEDIO |
|-----------------|----------------|----------------|----------|
| <b>ALTURA</b>   | 29.95          | 29.96          | 29.955   |
| <b>DIÁMETRO</b> | 14.93          | 14.89          | 14.91    |



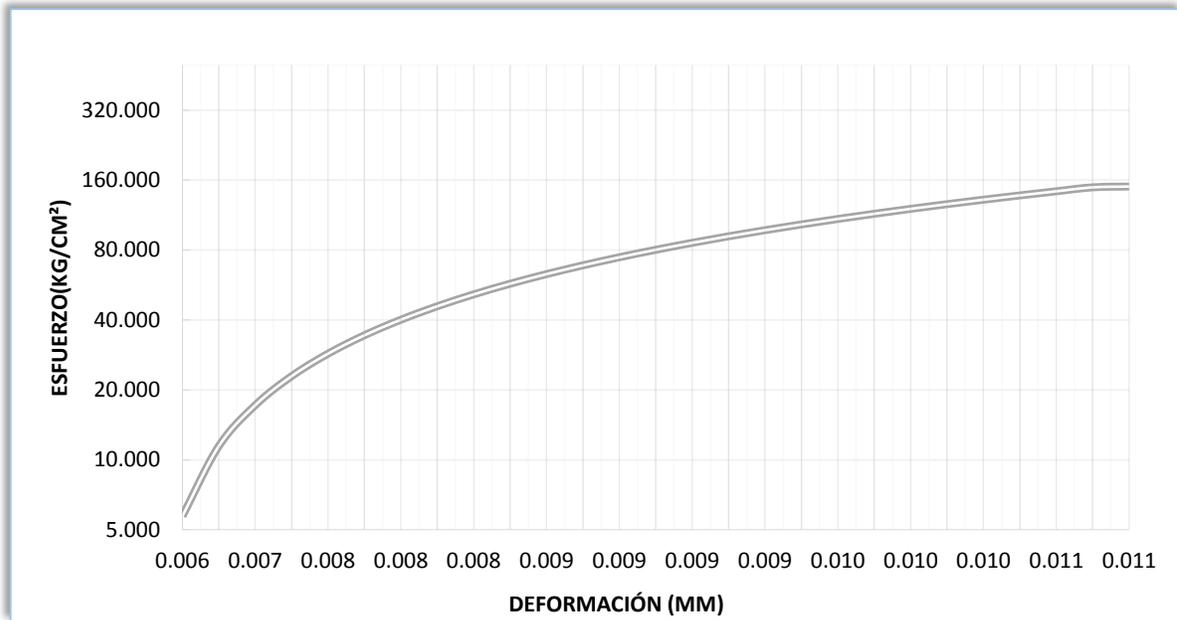
TIEMPO ROTURA = 00:01:26.42 seg  
 ÁREA DE CONTACTO = 174.60 cm<sup>2</sup>  
 EDAD CURADO = 28 días

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | ESFUERZO (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1000       | 1.92             | 5.727                          | 0.006             |
| 2000       | 2.09             | 11.455                         | 0.007             |
| 3000       | 2.18             | 17.182                         | 0.007             |
| 4000       | 2.24             | 22.909                         | 0.007             |
| 5000       | 2.28             | 28.637                         | 0.008             |
| 6000       | 2.34             | 34.364                         | 0.008             |
| 7000       | 2.39             | 40.091                         | 0.008             |
| 8000       | 2.45             | 45.819                         | 0.008             |
| 9000       | 2.5              | 51.546                         | 0.008             |
| 10000      | 2.54             | 57.274                         | 0.008             |
| 11000      | 2.59             | 63.001                         | 0.009             |
| 12000      | 2.63             | 68.728                         | 0.009             |
| 13000      | 2.67             | 74.456                         | 0.009             |
| 14000      | 2.7              | 80.183                         | 0.009             |
| 15000      | 2.75             | 85.910                         | 0.009             |
| 16000      | 2.78             | 91.638                         | 0.009             |
| 17000      | 2.81             | 97.365                         | 0.009             |
| 18000      | 2.84             | 103.092                        | 0.009             |
| 19000      | 2.87             | 108.820                        | 0.010             |
| 20000      | 2.9              | 114.547                        | 0.010             |
| 21000      | 3.03             | 120.274                        | 0.010             |
| 22000      | 3.08             | 126.002                        | 0.010             |
| 23000      | 3.12             | 131.729                        | 0.010             |
| 24000      | 3.25             | 137.456                        | 0.011             |
| 25000      | 3.29             | 143.184                        | 0.011             |
| 26000      | 3.34             | 148.911                        | 0.011             |

|       |      |         |       |
|-------|------|---------|-------|
| 26200 | 3.39 | 150.057 | 0.011 |
|-------|------|---------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 57: Esfuerzo VS deformación de NF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

## **ANEXO N° 5:**

# **ENSAYOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN**

### 5.1 Ensayos de resistencia a flexión a los 7 días

TABLA N° 82: Ensayo resistencia a flexión de VC - 01

|          | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO(cm) | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------|----------------|----------------|--------------|-----------|------------------------|
| LONGITUD | 53.07          | 53.08          | 53.09          | 53.08        | 1574      | 807.52                 |
| ANCHO    | 15.22          | 15.19          | 15.23          | 15.21        |           |                        |
| PERALTE  | 15.34          | 15.34          | 15.32          | 15.33        |           |                        |

|  |            |
|--|------------|
| Carga Última (kg)=                       | 1574       |
| Tiempo (min)=                            | 01' 02.04" |
| Área (cm <sup>2</sup> )=                 | 807.52     |
| f'c (kg/cm <sup>2</sup> )=               | 1.95       |
| Módulo de rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )= | 28.44      |
| Edad curado=                             | 07 días    |

#### MÓDULO DE ROTURA

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

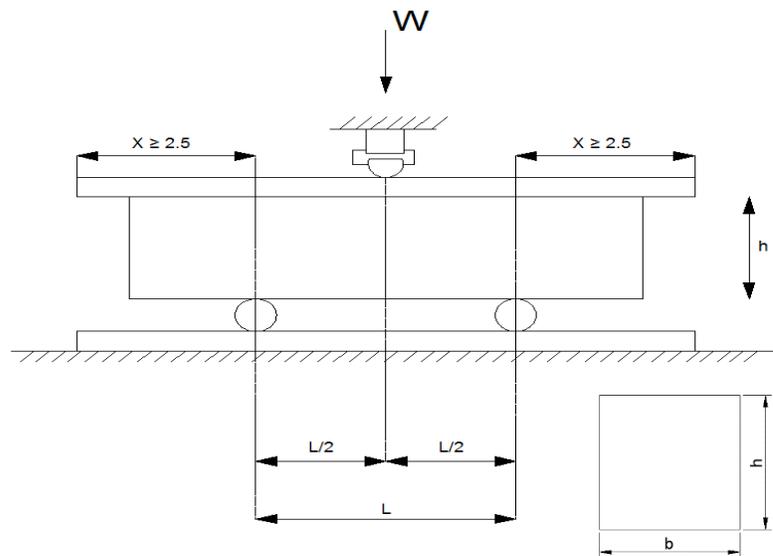
Módulo rotura (R) = 28.44 kg/cm<sup>2</sup>

Carga (W) = 1574 kg

Longitud (L) = 43.08 cm

Ancho (b) = 15.21 cm

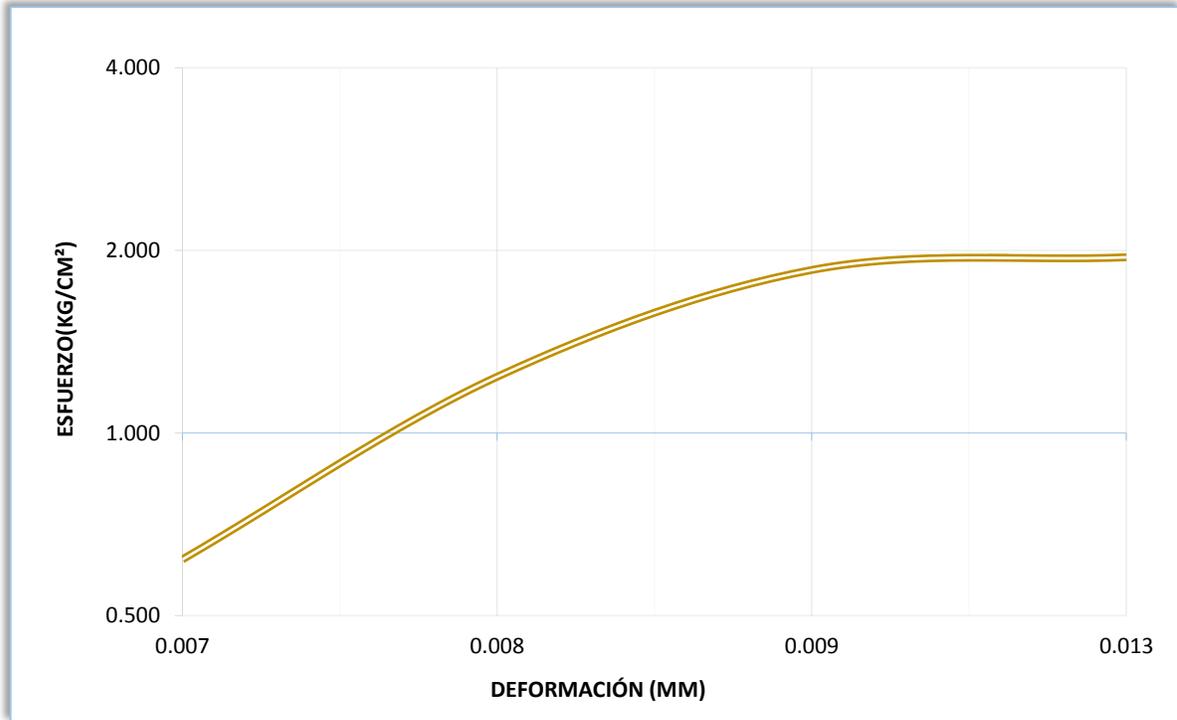
Espesor (h) = 15.33 cm



| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 500        | 1.00             | 0.619                             | 0.007             |
| 1000       | 1.20             | 1.238                             | 0.008             |
| 1500       | 1.40             | 1.858                             | 0.009             |
| 1574       | 2.00             | 1.949                             | 0.013             |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 58: Esfuerzo VS deformación de VC-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 83: Ensayo resistencia a flexión de VC - 02**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 53.05          | 53.06          | 53.05          | 53.05    | 1644      | 806.94                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.21          | 15.18          | 15.24          | 15.21    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.46          | 15.47          | 15.45          | 15.46    |           |                        |

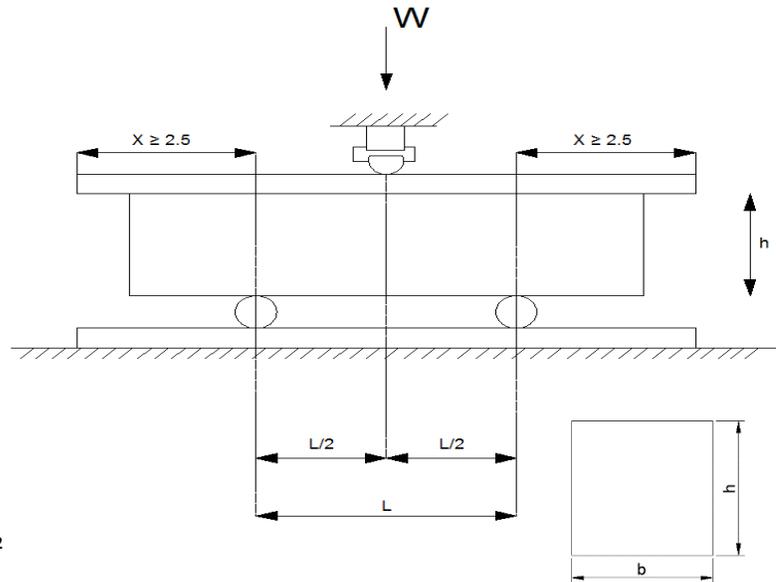
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1644       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 22.40" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 806.94     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.04       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 29.20      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 29.20 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1644 kg  
 Longitud (L) = 43.05 cm  
 Ancho (b) = 15.21 cm  
 Espesor (h) = 15.46 cm

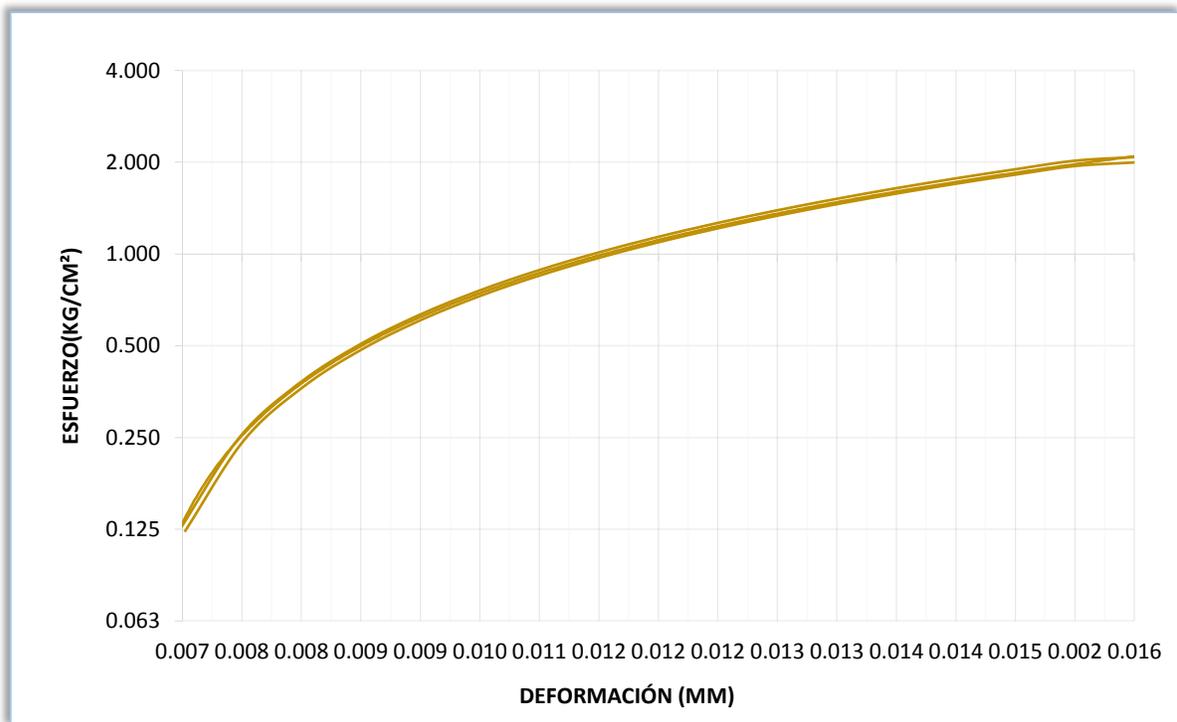


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 1.100            | 0.124                             | 0.007             |
| 200        | 1.200            | 0.248                             | 0.008             |
| 300        | 1.300            | 0.372                             | 0.008             |
| 400        | 1.320            | 0.496                             | 0.009             |
| 500        | 1.400            | 0.620                             | 0.009             |
| 600        | 1.500            | 0.744                             | 0.010             |
| 700        | 1.700            | 0.867                             | 0.011             |
| 800        | 1.800            | 0.991                             | 0.012             |
| 900        | 1.900            | 1.115                             | 0.012             |
| 1000       | 1.920            | 1.239                             | 0.012             |
| 1100       | 1.980            | 1.363                             | 0.013             |
| 1200       | 2.000            | 1.487                             | 0.013             |
| 1300       | 2.100            | 1.611                             | 0.014             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1400 | 2.200 | 1.735 | 0.014 |
| 1500 | 2.300 | 1.859 | 0.015 |
| 1600 | 0.235 | 1.983 | 0.002 |
| 1644 | 2.500 | 2.037 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 59: Esfuerzo VS deformación de VC-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 84: Ensayo resistencia a flexión de VC - 03**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.97          | 52.99          | 52.98    | 1510      | 804.24                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.15          | 15.2           | 15.18    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.31          | 15.46          | 15.42          | 15.40    |           |                        |

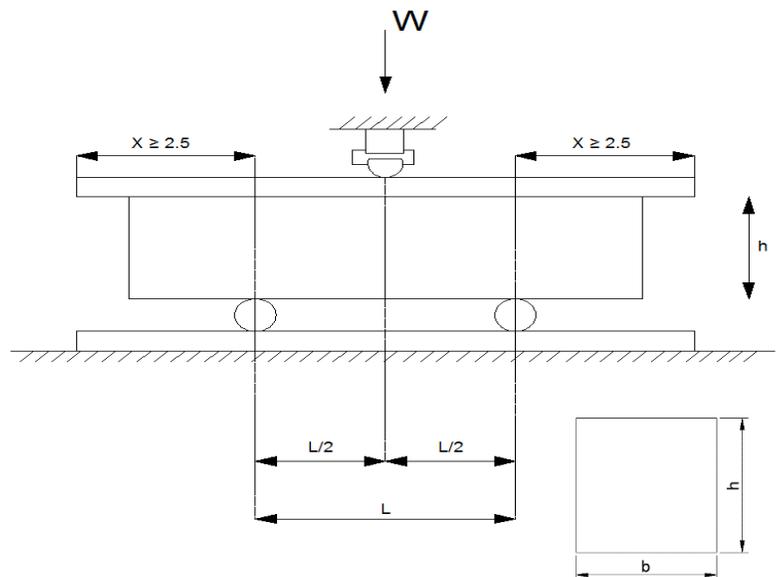
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1510       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 00' 57.85" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.24     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 1.88       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 27.05      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 27.05 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1510 kg  
 Longitud (L) = 42.98 cm  
 Ancho (b)= 15.18 cm  
 Espesor (h)= 15.40 cm

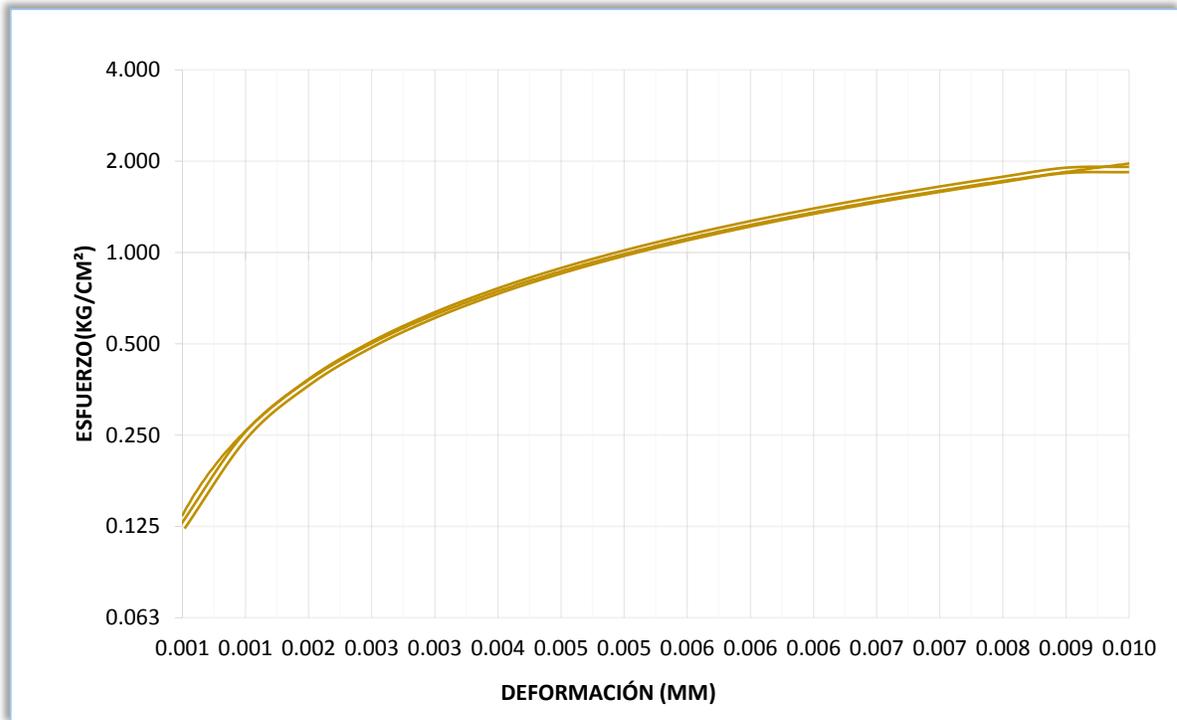


| CARGA (Kg) | DEFORMACION (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.373                             | 0.002             |
| 400        | 0.400            | 0.497                             | 0.003             |
| 500        | 0.500            | 0.622                             | 0.003             |
| 600        | 0.600            | 0.746                             | 0.004             |
| 700        | 0.700            | 0.870                             | 0.005             |
| 800        | 0.800            | 0.995                             | 0.005             |
| 900        | 0.900            | 1.119                             | 0.006             |
| 1000       | 0.930            | 1.243                             | 0.006             |
| 1100       | 1.000            | 1.368                             | 0.006             |
| 1200       | 1.100            | 1.492                             | 0.007             |
| 1300       | 1.150            | 1.616                             | 0.007             |
| 1400       | 1.300            | 1.741                             | 0.008             |
| 1500       | 1.340            | 1.865                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1510 | 1.500 | 1.878 | 0.010 |
|------|-------|-------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 60: Esfuerzo VS deformación de VC-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 85: Ensayo resistencia a flexión de BF - 01**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 53.01          | 53.03          | 53.04          | 53.03    | 1596      | 803.53                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.14          | 15.19          | 15.13          | 15.15    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.33          | 15.38          | 15.41          | 15.37    |           |                        |

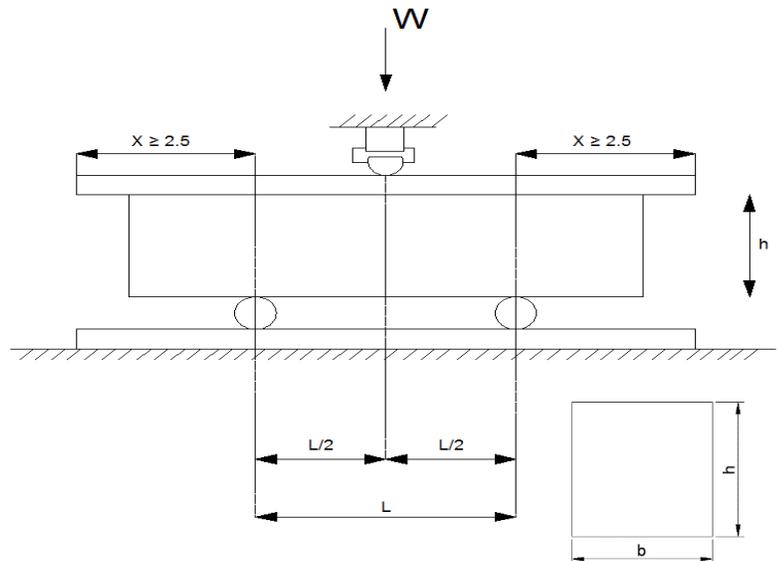
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1596       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 17.57" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 803.53     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 1.99       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 28.76      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 28.76 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1596 kg  
 Longitud (L)= 43.03 cm  
 Ancho (b) = 15.15 cm  
 Espesor (h)= 15.37 cm

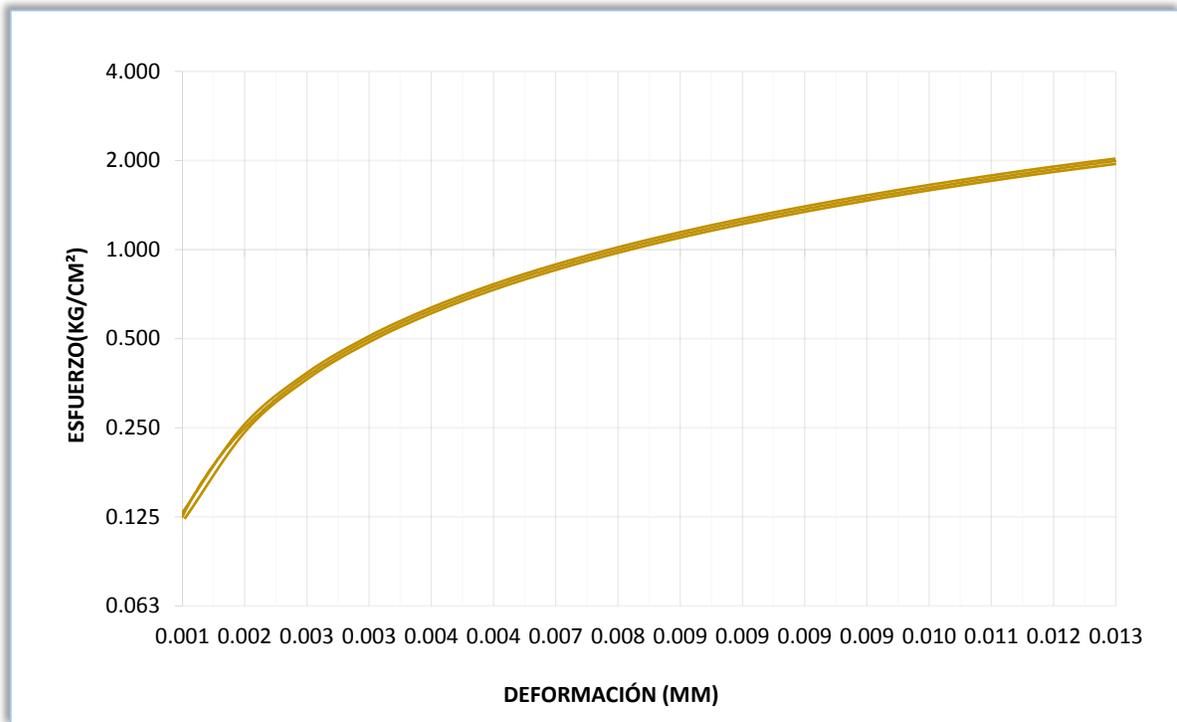


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.249                             | 0.002             |
| 300        | 0.400            | 0.373                             | 0.003             |
| 400        | 0.500            | 0.498                             | 0.003             |
| 500        | 0.600            | 0.622                             | 0.004             |
| 600        | 0.620            | 0.747                             | 0.004             |
| 700        | 1.100            | 0.871                             | 0.007             |
| 800        | 1.300            | 0.996                             | 0.008             |
| 900        | 1.320            | 1.120                             | 0.009             |
| 1000       | 1.370            | 1.245                             | 0.009             |
| 1100       | 1.400            | 1.369                             | 0.009             |
| 1200       | 1.430            | 1.493                             | 0.009             |
| 1300       | 1.500            | 1.618                             | 0.010             |
| 1400       | 1.700            | 1.742                             | 0.011             |
| 1500       | 1.800            | 1.867                             | 0.012             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1596 | 2.000 | 1.986 | 0.013 |
|------|-------|-------|-------|

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 61: Esfuerzo VS deformación de BF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 86: Ensayo resistencia a flexión de BF – 02**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.97          | 52.96          | 52.97    | 1624      | 804.97                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.22          | 15.16          | 15.21          | 15.20    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.36          | 15.35          | 15.36          | 15.36    |           |                        |

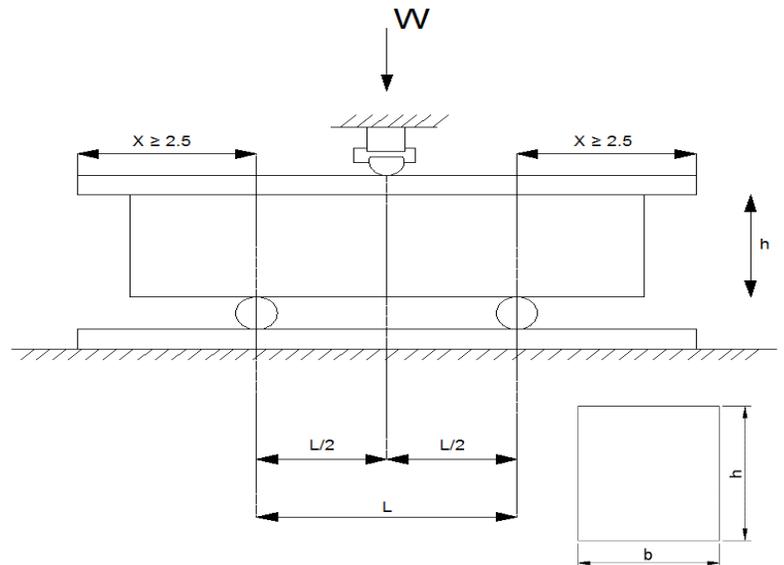
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1624       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 47.46" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.97     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.02       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 29.21      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 29.21 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W)= 1624 kg  
 Longitud (L)= 42.97 cm  
 Ancho (b)= 15.20 cm  
 Espesor (h)= 15.36 cm

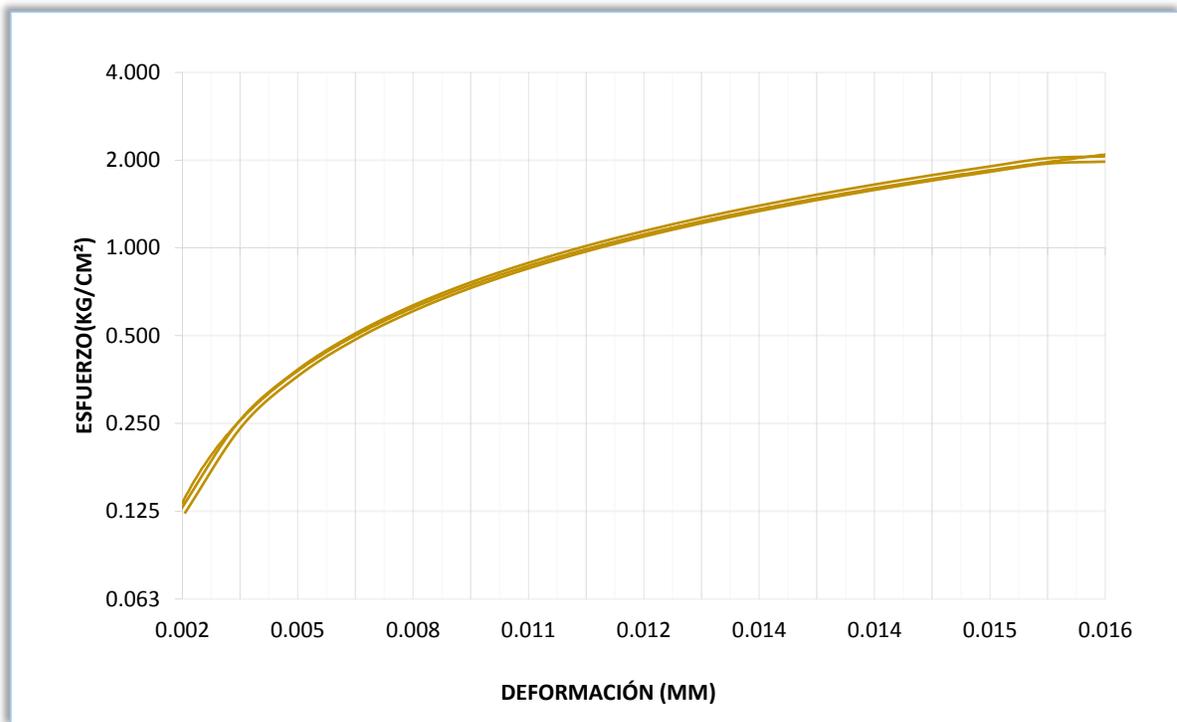


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.300            | 0.124                             | 0.002             |
| 200        | 0.600            | 0.248                             | 0.004             |
| 300        | 0.800            | 0.373                             | 0.005             |
| 400        | 1.000            | 0.497                             | 0.007             |
| 500        | 1.300            | 0.621                             | 0.008             |
| 600        | 1.500            | 0.745                             | 0.010             |
| 700        | 1.700            | 0.870                             | 0.011             |
| 800        | 1.800            | 0.994                             | 0.012             |
| 900        | 1.900            | 1.118                             | 0.012             |
| 1000       | 2.000            | 1.242                             | 0.013             |
| 1100       | 2.100            | 1.367                             | 0.014             |
| 1200       | 2.120            | 1.491                             | 0.014             |
| 1300       | 2.200            | 1.615                             | 0.014             |
| 1400       | 2.260            | 1.739                             | 0.015             |
| 1500       | 2.300            | 1.863                             | 0.015             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 2.350 | 1.988 | 0.015 |
| 1624 | 2.400 | 2.017 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 62: Esfuerzo VS deformación de BF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 87: Ensayo resistencia a flexión de BF – 03**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.97          | 52.98          | 52.98    | 1737      | 804.36                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.18          | 15.16          | 15.21          | 15.18    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.38          | 15.42          | 15.41          | 15.40    |           |                        |

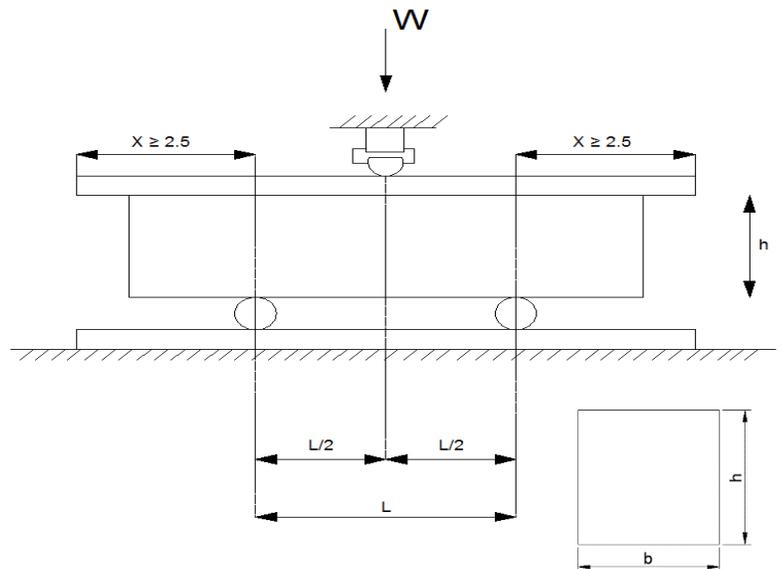
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1737       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 27.89" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.36     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.16       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 31.08      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 31.08 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1737 kg  
 Longitud (L) = 42.98 cm  
 Ancho (b) = 15.18 cm  
 Espesor (h) = 15.40 cm

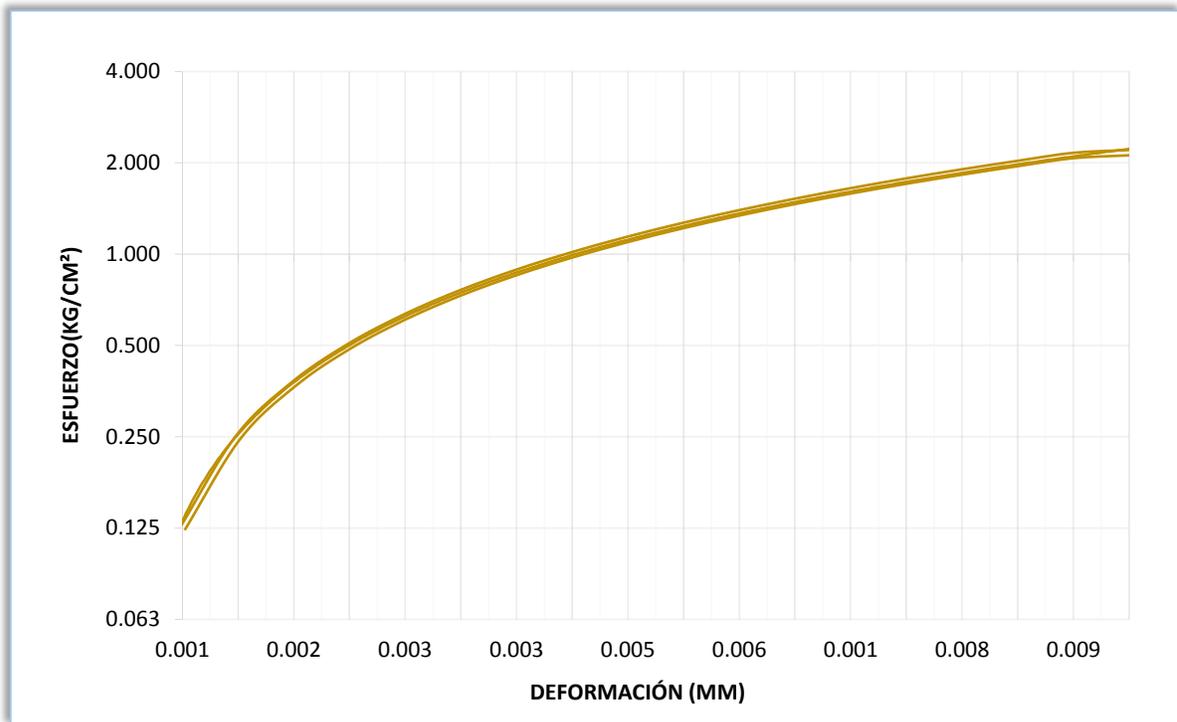


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.249                             | 0.002             |
| 300        | 0.330            | 0.373                             | 0.002             |
| 400        | 0.380            | 0.497                             | 0.002             |
| 500        | 0.400            | 0.622                             | 0.003             |
| 600        | 0.470            | 0.746                             | 0.003             |
| 700        | 0.500            | 0.870                             | 0.003             |
| 800        | 0.520            | 0.995                             | 0.003             |
| 900        | 0.800            | 1.119                             | 0.005             |
| 1000       | 0.900            | 1.243                             | 0.006             |
| 1100       | 0.920            | 1.368                             | 0.006             |
| 1200       | 0.960            | 1.492                             | 0.006             |
| 1300       | 0.100            | 1.616                             | 0.001             |
| 1400       | 1.100            | 1.741                             | 0.007             |
| 1500       | 1.200            | 1.865                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.300 | 1.989 | 0.008 |
| 1700 | 1.340 | 2.113 | 0.009 |
| 1737 | 1.700 | 2.159 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 63: Esfuerzo VS deformación de BF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 88: Ensayo resistencia a flexión de CF – 01**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 53.04          | 53.05          | 53.07          | 53.05    | 1865      | 799.34                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.06          | 15.1           | 15.04          | 15.07    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.38          | 15.28          | 15.38    |           |                        |

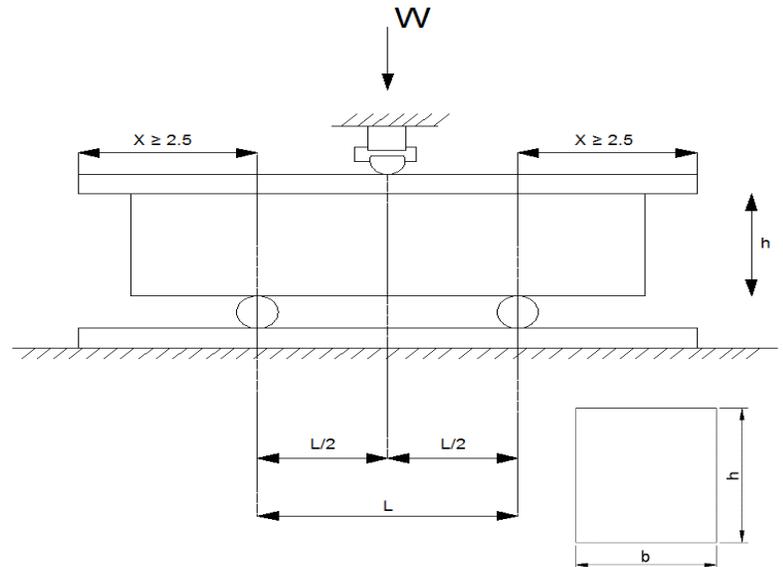
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1865       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 46.44" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.34     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.33       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 33.81      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 33.81 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1865 kg  
 Longitud (L) = 43.05 cm  
 Ancho (b) = 15.07 cm  
 Espesor (h) = 15.38 cm

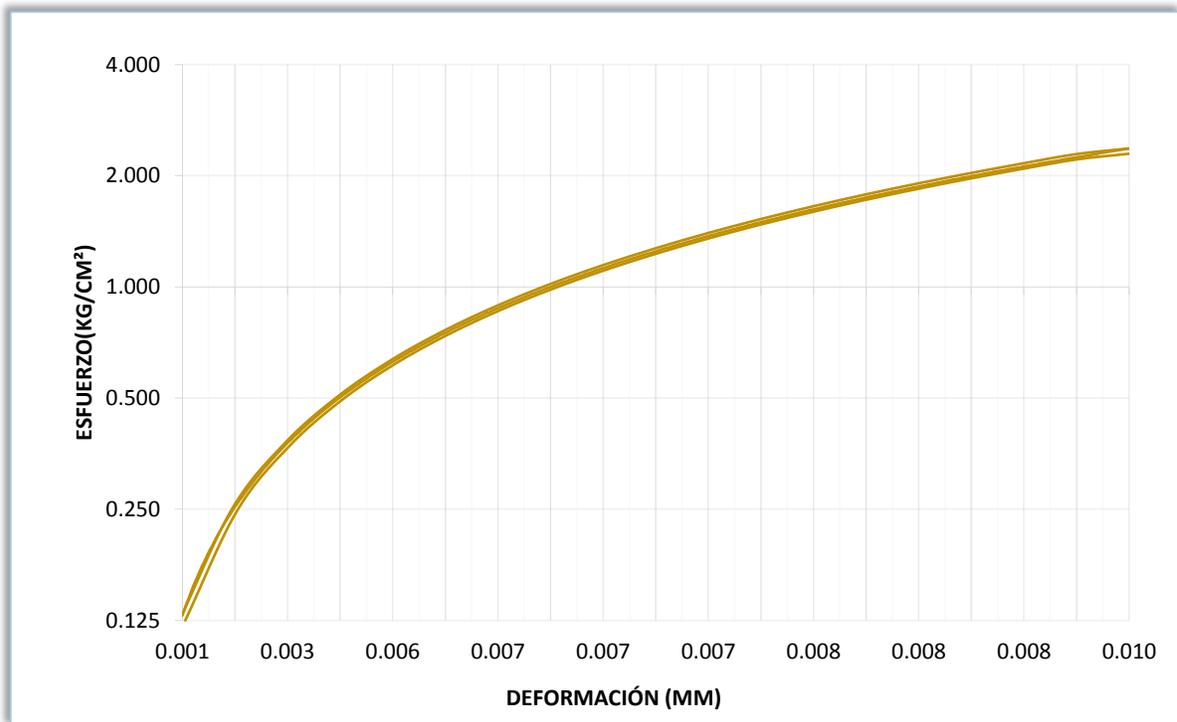


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.250                             | 0.001             |
| 300        | 0.500            | 0.375                             | 0.003             |
| 400        | 0.800            | 0.500                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.626                             | 0.006             |
| 600        | 0.920            | 0.751                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.876                             | 0.007             |
| 800        | 1.040            | 1.001                             | 0.007             |
| 900        | 1.070            | 1.126                             | 0.007             |
| 1000       | 1.100            | 1.251                             | 0.007             |
| 1100       | 1.140            | 1.376                             | 0.007             |
| 1200       | 1.190            | 1.501                             | 0.008             |
| 1300       | 1.210            | 1.626                             | 0.008             |
| 1400       | 1.240            | 1.751                             | 0.008             |
| 1500       | 1.270            | 1.877                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.290 | 2.002 | 0.008 |
| 1700 | 1.300 | 2.127 | 0.008 |
| 1800 | 1.400 | 2.252 | 0.009 |
| 1865 | 1.600 | 2.333 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 64: Esfuerzo VS deformación de CF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 89: Ensayo resistencia a flexión de CF – 02**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 53.02          | 53.03          | 53.01          | 53.02    | 1742      | 805.37                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.17          | 15.21          | 15.19          | 15.19    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.38          | 15.43          | 15.41          | 15.41    |           |                        |

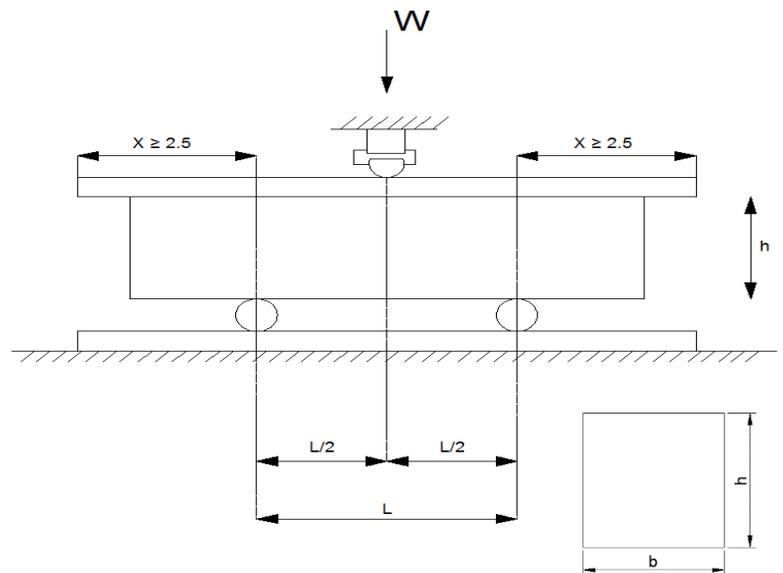
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1742       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 35.36" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 805.37     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.16       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 31.18      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 31.18 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W)= 1742 kg  
 Longitud (L) = 43.02 cm  
 Ancho (b) = 15.19 cm  
 Espesor (h) = 15.41 cm

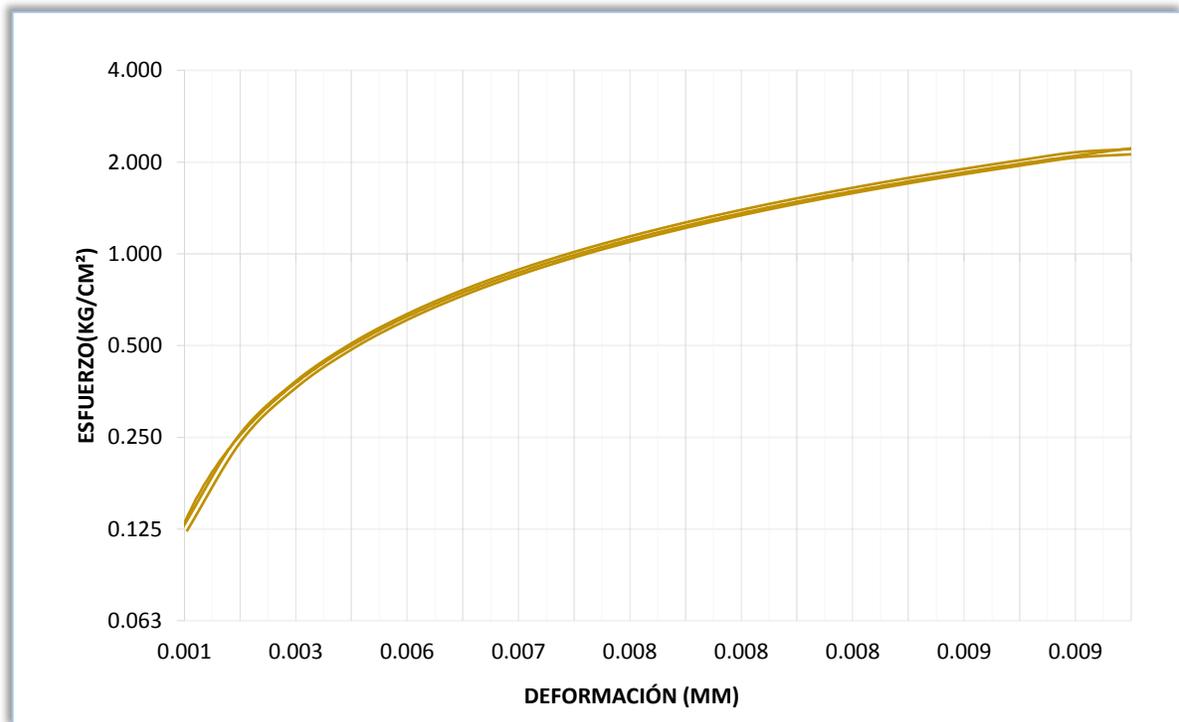


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.248                             | 0.002             |
| 300        | 0.500            | 0.372                             | 0.003             |
| 400        | 0.700            | 0.497                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.621                             | 0.006             |
| 600        | 1.000            | 0.745                             | 0.006             |
| 700        | 1.100            | 0.869                             | 0.007             |
| 800        | 1.130            | 0.993                             | 0.007             |
| 900        | 1.170            | 1.117                             | 0.008             |
| 1000       | 1.200            | 1.242                             | 0.008             |
| 1100       | 1.260            | 1.366                             | 0.008             |
| 1200       | 1.280            | 1.490                             | 0.008             |
| 1300       | 1.300            | 1.614                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1400 | 1.340 | 1.738 | 0.009 |
| 1500 | 1.380 | 1.862 | 0.009 |
| 1600 | 1.400 | 1.987 | 0.009 |
| 1700 | 1.450 | 2.111 | 0.009 |
| 1742 | 1.500 | 2.163 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 65: Esfuerzo VS deformación de CF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 90: Ensayo resistencia a flexión de CF – 03**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.97          | 52.99          | 52.98    | 1859      | 804.94                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.15          | 15.21          | 15.22          | 15.19    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.45          | 15.42          | 15.44          | 15.44    |           |                        |

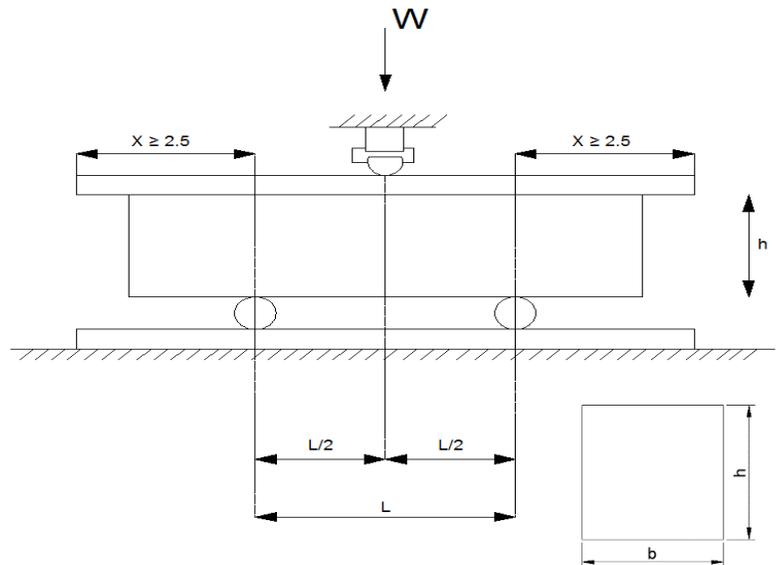
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1859       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 00' 43.07" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.94     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.31       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 33.10      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 33.10 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1859 kg  
 Longitud (L)= 42.98 cm  
 Ancho (b) = 15.19 cm  
 Espesor (h)= 15.44 cm

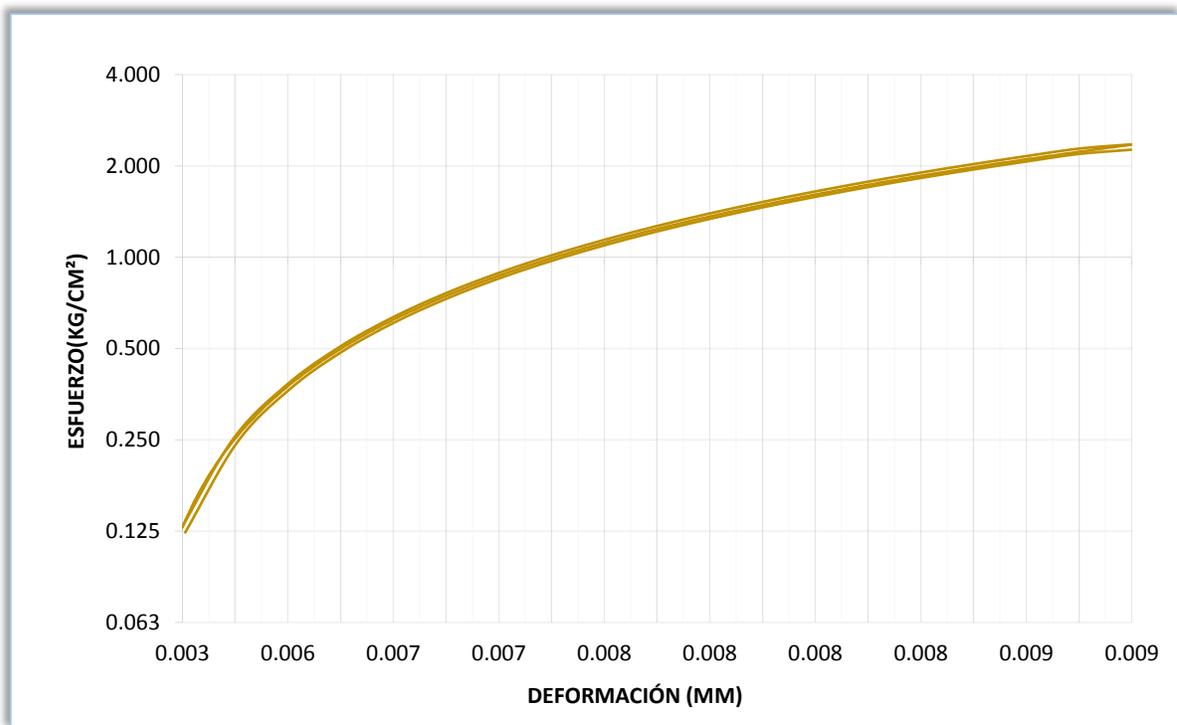


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.500            | 0.124                             | 0.003             |
| 200        | 0.800            | 0.248                             | 0.005             |
| 300        | 0.900            | 0.373                             | 0.006             |
| 400        | 1.000            | 0.497                             | 0.006             |
| 500        | 1.050            | 0.621                             | 0.007             |
| 600        | 1.070            | 0.745                             | 0.007             |
| 700        | 1.100            | 0.870                             | 0.007             |
| 800        | 1.140            | 0.994                             | 0.007             |
| 900        | 1.180            | 1.118                             | 0.008             |
| 1000       | 1.200            | 1.242                             | 0.008             |
| 1100       | 1.220            | 1.367                             | 0.008             |
| 1200       | 1.250            | 1.491                             | 0.008             |
| 1300       | 1.270            | 1.615                             | 0.008             |
| 1400       | 1.290            | 1.739                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.300 | 1.863 | 0.008 |
| 1600 | 1.340 | 1.988 | 0.009 |
| 1700 | 1.360 | 2.112 | 0.009 |
| 1800 | 1.380 | 2.236 | 0.009 |
| 1859 | 1.400 | 2.309 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 66: Esfuerzo VS deformación de CF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 91: Ensayo resistencia a flexión de DF – 01**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 53.02          | 52.98          | 52.97          | 52.99    | 1948      | 805.27                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.18          | 15.22          | 15.20    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.27          | 15.31          | 15.29          | 15.29    |           |                        |

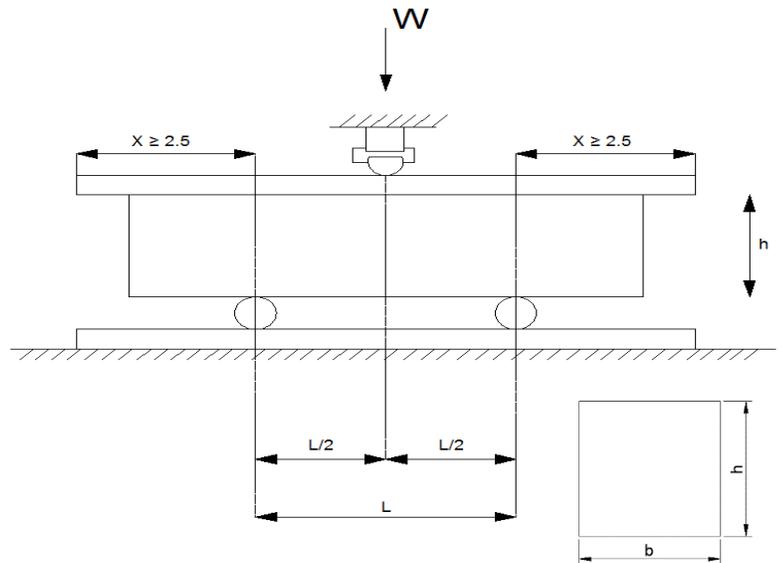
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1948       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 45.55" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 805.27     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.42       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 35.36      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 35.36 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1948 kg  
 Longitud (L) = 42.99 cm  
 Ancho (b) = 15.20 cm  
 Espesor (h) = 15.29 cm

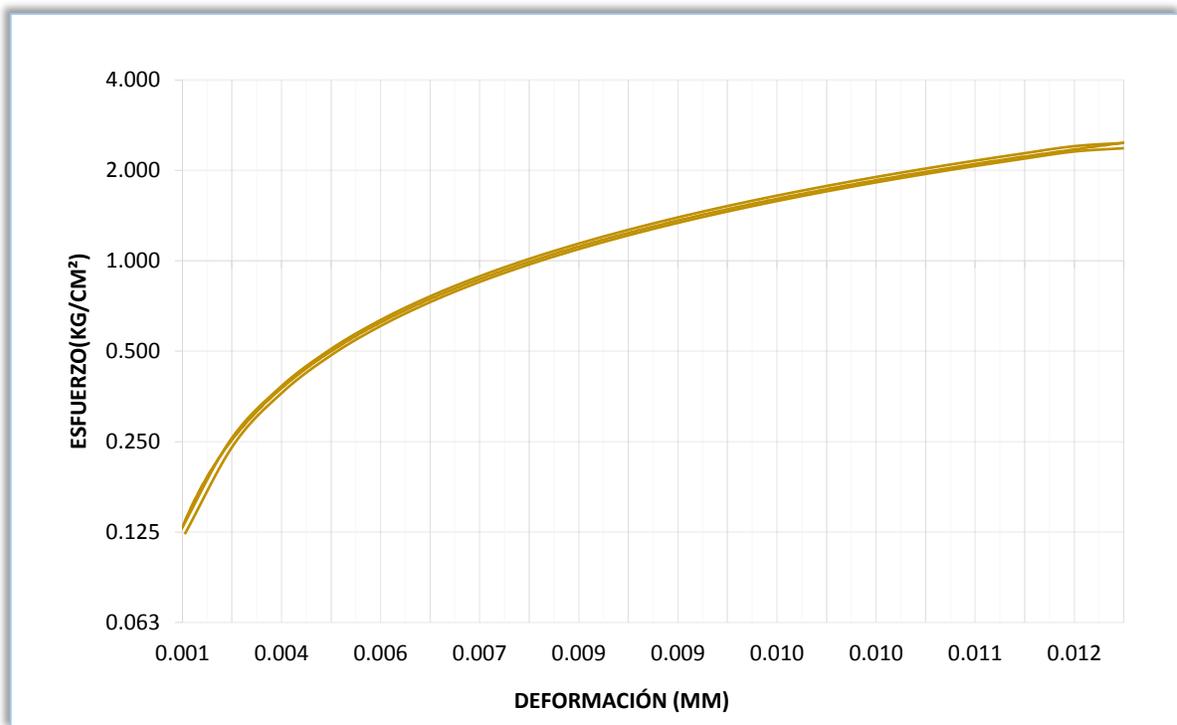


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.500            | 0.248                             | 0.003             |
| 300        | 0.600            | 0.373                             | 0.004             |
| 400        | 0.800            | 0.497                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.621                             | 0.006             |
| 600        | 1.000            | 0.745                             | 0.007             |
| 700        | 1.010            | 0.869                             | 0.007             |
| 800        | 1.200            | 0.993                             | 0.008             |
| 900        | 1.300            | 1.118                             | 0.009             |
| 1000       | 1.320            | 1.242                             | 0.009             |
| 1100       | 1.400            | 1.366                             | 0.009             |
| 1200       | 1.410            | 1.490                             | 0.009             |
| 1300       | 1.500            | 1.614                             | 0.010             |
| 1400       | 1.560            | 1.739                             | 0.010             |
| 1500       | 1.600            | 1.863                             | 0.010             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.650 | 1.987 | 0.011 |
| 1700 | 1.680 | 2.111 | 0.011 |
| 1800 | 1.700 | 2.235 | 0.011 |
| 1900 | 1.760 | 2.359 | 0.012 |
| 1948 | 2.100 | 2.419 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 67: Esfuerzo VS deformación de DF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 92: Ensayo resistencia a flexión de DF – 02**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.99          | 52.97          | 52.98    | 1965      | 804.77                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.21          | 15.17          | 15.19    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.45          | 15.39          | 15.41          | 15.42    |           |                        |

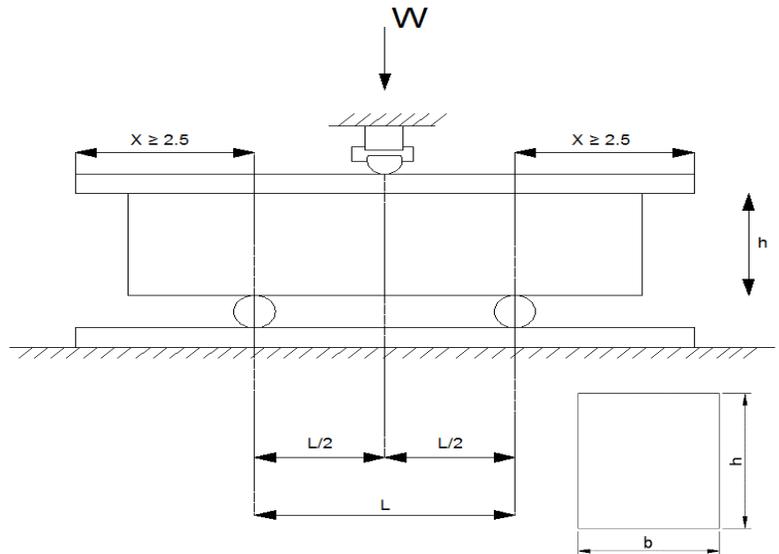
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1965       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 29.20" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.77     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.44       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 35.09      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 35.09 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1965 kg  
 Longitud (L) = 42.98 cm  
 Ancho (b) = 15.19 cm  
 Espesor (h) = 15.42 cm

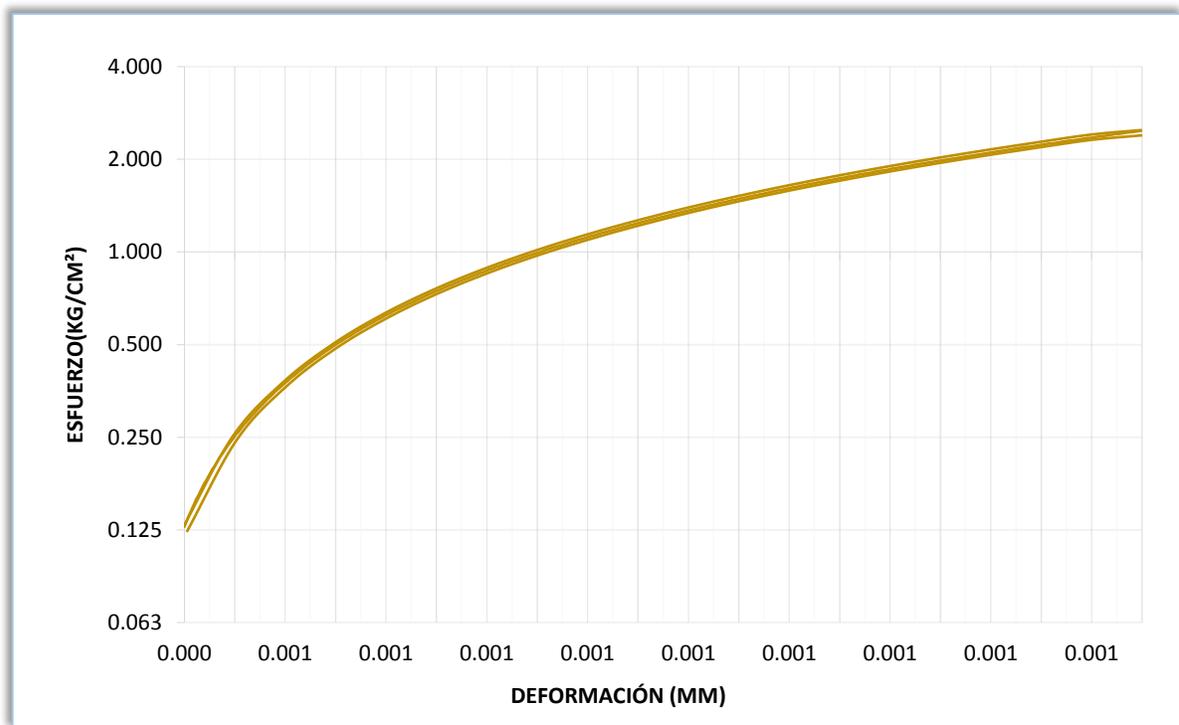


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.020            | 0.124                             | 0.000             |
| 200        | 0.050            | 0.249                             | 0.000             |
| 300        | 0.080            | 0.373                             | 0.001             |
| 400        | 0.090            | 0.497                             | 0.001             |
| 500        | 0.100            | 0.621                             | 0.001             |
| 600        | 0.110            | 0.746                             | 0.001             |
| 700        | 0.113            | 0.870                             | 0.001             |
| 800        | 0.117            | 0.994                             | 0.001             |
| 900        | 0.120            | 1.118                             | 0.001             |
| 1000       | 0.126            | 1.243                             | 0.001             |
| 1100       | 0.128            | 1.367                             | 0.001             |
| 1200       | 0.130            | 1.491                             | 0.001             |
| 1300       | 0.136            | 1.615                             | 0.001             |
| 1400       | 0.140            | 1.740                             | 0.001             |
| 1500       | 0.150            | 1.864                             | 0.001             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.160 | 1.988 | 0.001 |
| 1700 | 0.173 | 2.112 | 0.001 |
| 1800 | 0.180 | 2.237 | 0.001 |
| 1900 | 0.185 | 2.361 | 0.001 |
| 1965 | 0.190 | 2.442 | 0.001 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 68: Esfuerzo VS deformación de DF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 93: Ensayo resistencia a flexión de DF – 03**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.99          | 52.97          | 52.98    | 2019      | 807.24                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.26          | 15.26          | 15.24    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.38          | 15.36          | 15.39          | 15.38    |           |                        |

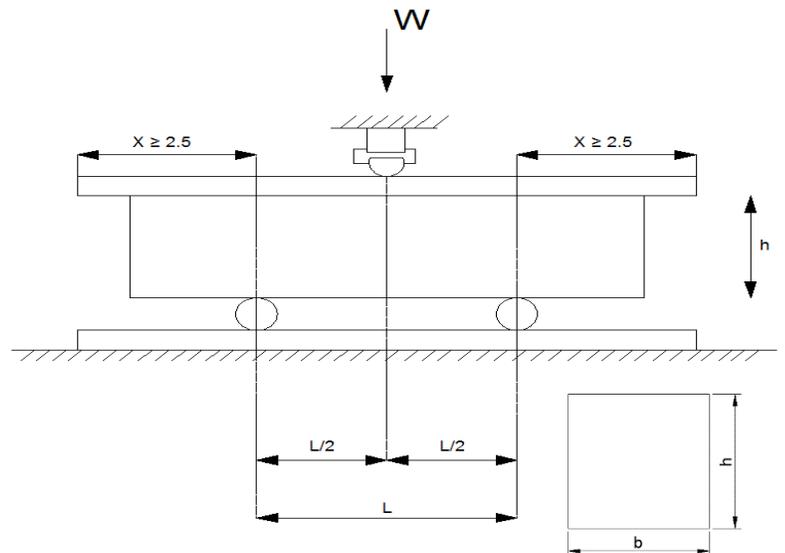
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2019       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 33.00" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 807.24     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.50       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.13      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 36.13 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2019 kg  
 Longitud (L)= 42.98 cm  
 Ancho (b) = 15.24 cm  
 Espesor (h) = 15.38 cm

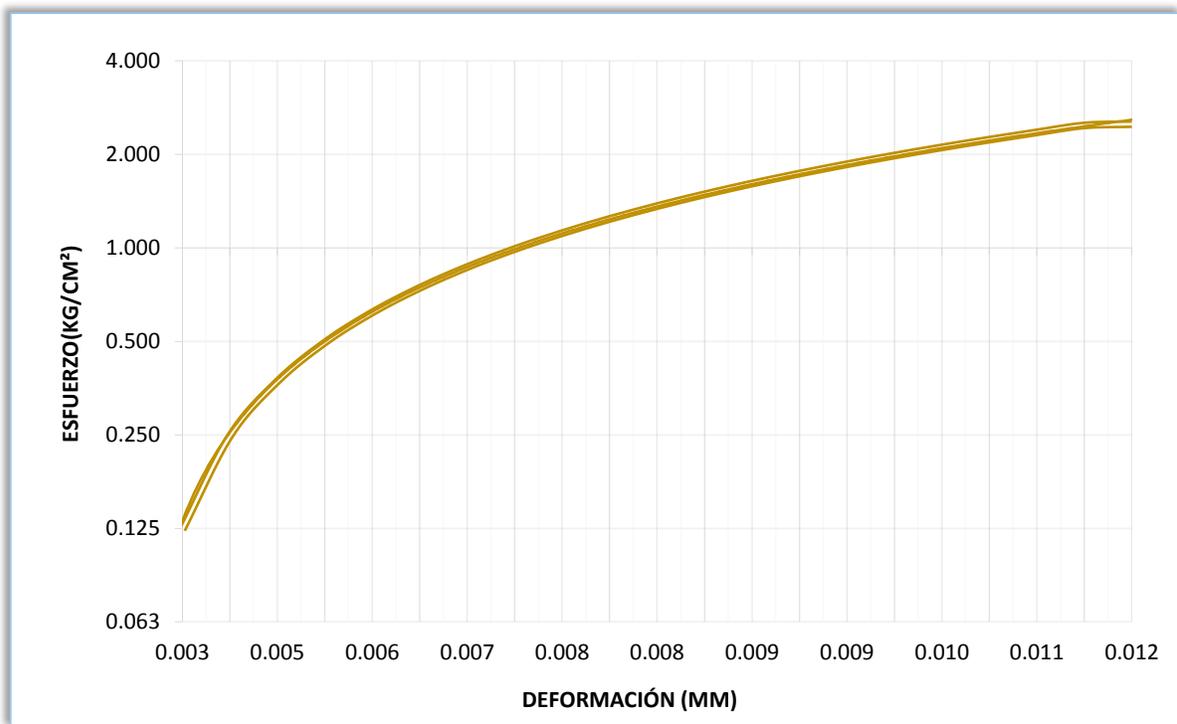


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.500            | 0.124                             | 0.003             |
| 200        | 0.600            | 0.248                             | 0.004             |
| 300        | 0.700            | 0.372                             | 0.005             |
| 400        | 0.800            | 0.496                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.619                             | 0.006             |
| 600        | 1.000            | 0.743                             | 0.007             |
| 700        | 1.100            | 0.867                             | 0.007             |
| 800        | 1.160            | 0.991                             | 0.008             |
| 900        | 1.200            | 1.115                             | 0.008             |
| 1000       | 1.220            | 1.239                             | 0.008             |
| 1100       | 1.250            | 1.363                             | 0.008             |
| 1200       | 1.300            | 1.487                             | 0.008             |
| 1300       | 1.340            | 1.610                             | 0.009             |
| 1400       | 1.370            | 1.734                             | 0.009             |
| 1500       | 1.400            | 1.858                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.460 | 1.982 | 0.009 |
| 1700 | 1.500 | 2.106 | 0.010 |
| 1800 | 1.570 | 2.230 | 0.010 |
| 1900 | 1.700 | 2.354 | 0.011 |
| 2000 | 1.730 | 2.478 | 0.011 |
| 2019 | 1.800 | 2.501 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 69: Esfuerzo VS deformación de DF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 94: Ensayo resistencia a flexión de GF – 01**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.96          | 52.94          | 52.96    | 2100      | 799.65                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.03          | 15.22          | 15.05          | 15.10    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.47          | 15.46          | 15.45    |           |                        |

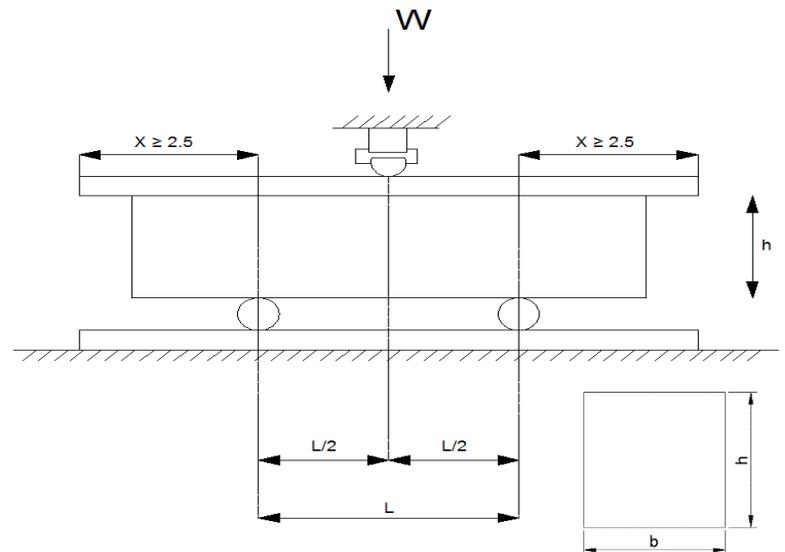
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2100       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 48.49" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.65     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.63       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.56      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.56 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W)= 2100 kg  
 Longitud (L) = 42.96 cm  
 Ancho (b) = 15.10 cm  
 Espesor (h) = 15.45 cm

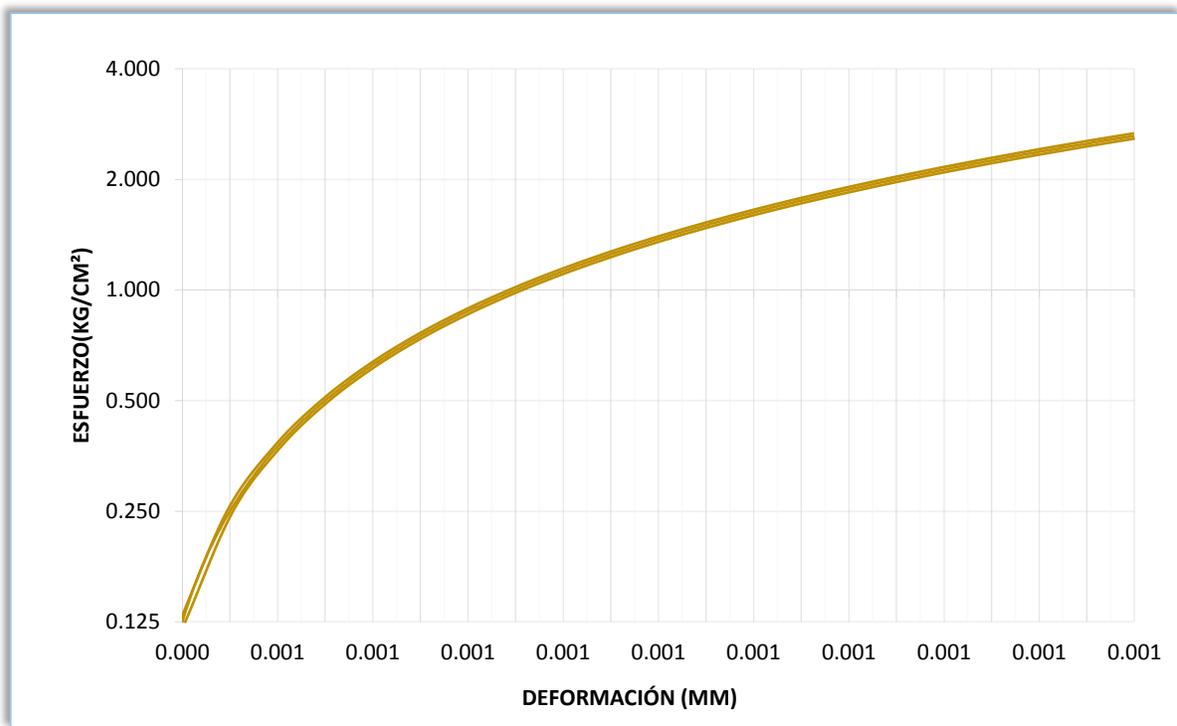


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.010            | 0.125                             | 0.000             |
| 200        | 0.040            | 0.250                             | 0.000             |
| 300        | 0.100            | 0.375                             | 0.001             |
| 400        | 0.110            | 0.500                             | 0.001             |
| 500        | 0.114            | 0.625                             | 0.001             |
| 600        | 0.117            | 0.750                             | 0.001             |
| 700        | 0.120            | 0.875                             | 0.001             |
| 800        | 0.125            | 1.000                             | 0.001             |
| 900        | 0.128            | 1.125                             | 0.001             |
| 1000       | 0.130            | 1.251                             | 0.001             |
| 1100       | 0.136            | 1.376                             | 0.001             |
| 1200       | 0.140            | 1.501                             | 0.001             |
| 1300       | 0.143            | 1.626                             | 0.001             |
| 1400       | 0.150            | 1.751                             | 0.001             |
| 1500       | 0.158            | 1.876                             | 0.001             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.160 | 2.001 | 0.001 |
| 1700 | 0.167 | 2.126 | 0.001 |
| 1800 | 0.170 | 2.251 | 0.001 |
| 1900 | 0.190 | 2.376 | 0.001 |
| 2000 | 0.195 | 2.501 | 0.001 |
| 2100 | 0.200 | 2.626 | 0.001 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 70: Esfuerzo VS deformación de GF-01**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 95: Ensayo resistencia a flexión de GF – 02**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.99          | 53.01          | 52.97          | 52.99    | 2073      | 807.57                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.23          | 15.28          | 15.21          | 15.24    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.46          | 15.41          | 15.49          | 15.45    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2073       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 49.71" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 807.57     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.57       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.73      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

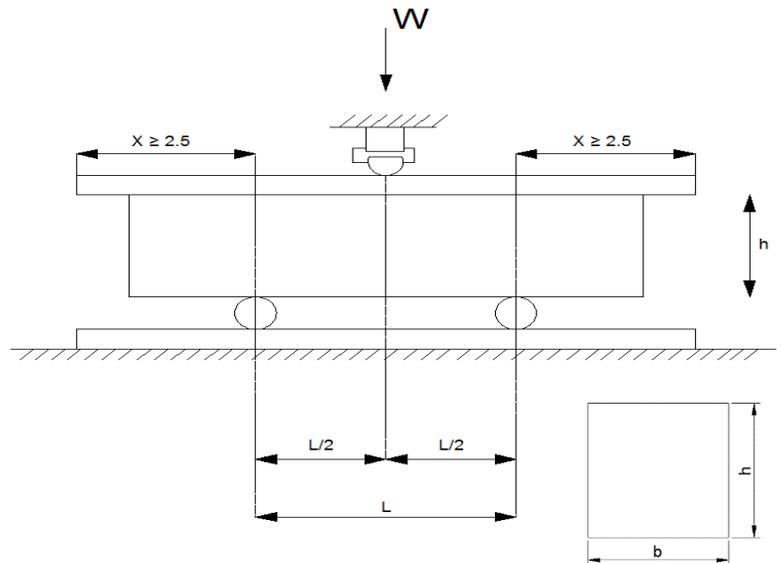
**Módulo rotura (R) = 36.73 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2073 kg

Longitud (L) = 42.99 cm

Ancho (b) = 15.24 cm

Espesor (h) = 15.45 cm

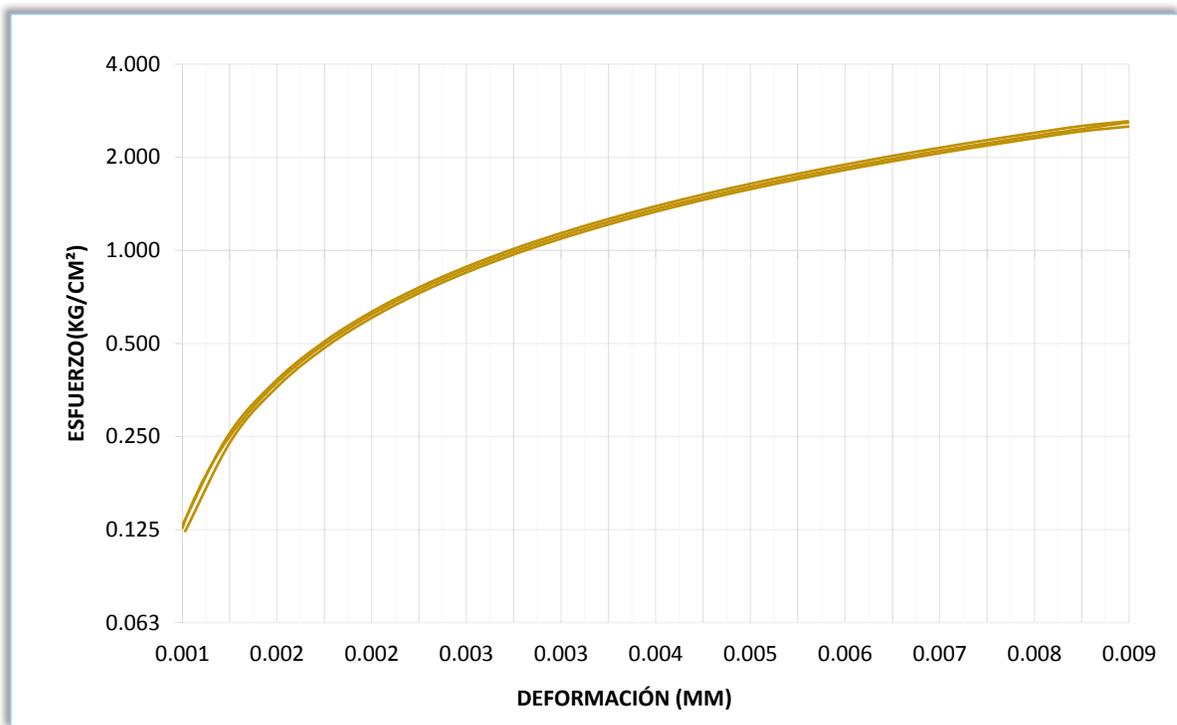


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.230            | 0.248                             | 0.001             |
| 300        | 0.270            | 0.371                             | 0.002             |
| 400        | 0.320            | 0.495                             | 0.002             |
| 500        | 0.350            | 0.619                             | 0.002             |
| 600        | 0.400            | 0.743                             | 0.003             |
| 700        | 0.460            | 0.867                             | 0.003             |
| 800        | 0.500            | 0.991                             | 0.003             |
| 900        | 0.520            | 1.114                             | 0.003             |
| 1000       | 0.570            | 1.238                             | 0.004             |
| 1100       | 0.600            | 1.362                             | 0.004             |
| 1200       | 0.640            | 1.486                             | 0.004             |
| 1300       | 0.700            | 1.610                             | 0.005             |
| 1400       | 0.830            | 1.734                             | 0.005             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 0.960 | 1.857 | 0.006 |
| 1600 | 1.000 | 1.981 | 0.006 |
| 1700 | 1.040 | 2.105 | 0.007 |
| 1800 | 1.100 | 2.229 | 0.007 |
| 1900 | 1.160 | 2.353 | 0.008 |
| 2000 | 1.200 | 2.477 | 0.008 |
| 2073 | 1.400 | 2.567 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 71: Esfuerzo VS deformación de GF-02**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 96: Ensayo resistencia a flexión de GF – 03**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.95          | 52.97          | 52.97    | 2045      | 800.50                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.06          | 15.12          | 15.16          | 15.11    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.46          | 15.47          | 15.45          | 15.46    |           |                        |

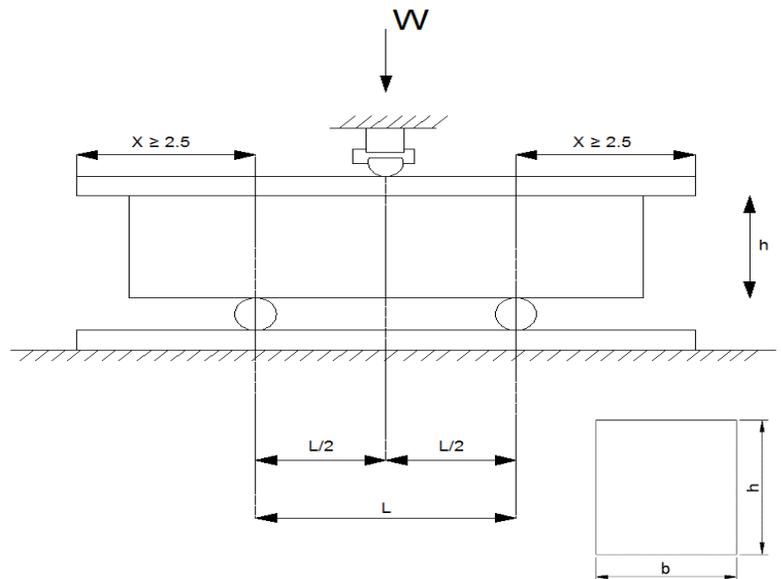
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2045       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 45.24" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 800.50     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.55       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.49      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 07 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 36.49 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2045 kg  
 Longitud (L) = 42.97 cm  
 Ancho (b) = 15.11 cm  
 Espesor (h) = 15.46 cm

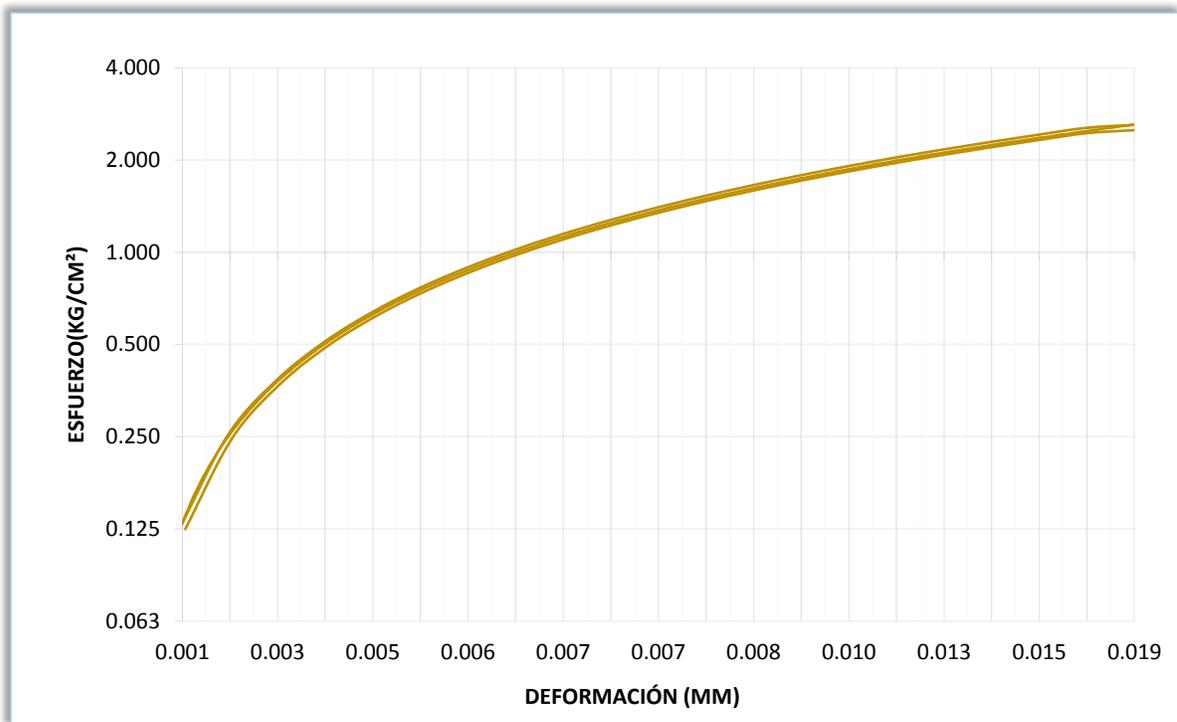


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.250            | 0.250                             | 0.002             |
| 300        | 0.450            | 0.375                             | 0.003             |
| 400        | 0.570            | 0.500                             | 0.004             |
| 500        | 0.730            | 0.625                             | 0.005             |
| 600        | 0.860            | 0.750                             | 0.006             |
| 700        | 0.950            | 0.874                             | 0.006             |
| 800        | 1.000            | 0.999                             | 0.006             |
| 900        | 1.030            | 1.124                             | 0.007             |
| 1000       | 1.060            | 1.249                             | 0.007             |
| 1100       | 1.100            | 1.374                             | 0.007             |
| 1200       | 1.200            | 1.499                             | 0.008             |
| 1300       | 1.300            | 1.624                             | 0.008             |
| 1400       | 1.400            | 1.749                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.600 | 1.874 | 0.010 |
| 1600 | 1.900 | 1.999 | 0.012 |
| 1700 | 2.000 | 2.124 | 0.013 |
| 1800 | 2.200 | 2.249 | 0.014 |
| 1900 | 2.300 | 2.374 | 0.015 |
| 2000 | 0.232 | 2.498 | 0.002 |
| 2045 | 3.000 | 2.555 | 0.019 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 72: Esfuerzo VS deformación de GF-03**



Fuente: Elaboración propia, 2015

## 5.2 Ensayos de resistencia a flexión a los 14 días

**TABLA N° 97: Ensayo resistencia a flexión de VC – 04**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.96          | 52.94          | 52.96    | 1732      | 807.46                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.21          | 15.27          | 15.26          | 15.25    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.53          | 15.51          | 15.53          | 15.52    |           |                        |

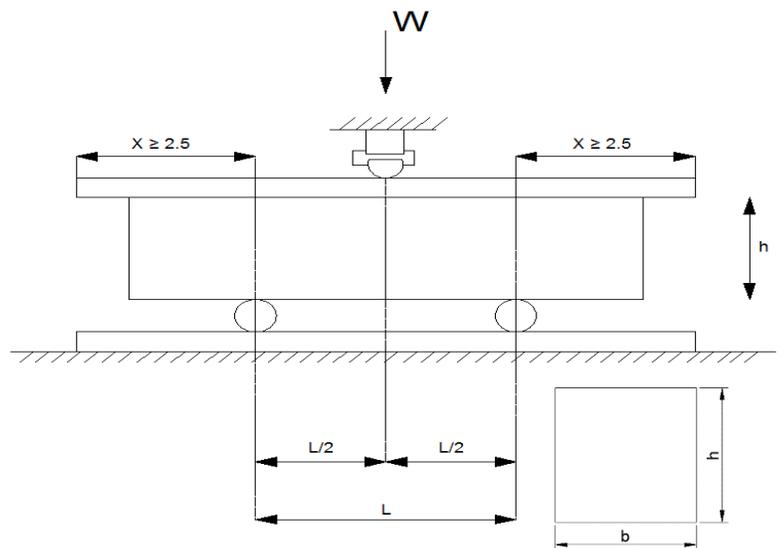
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1732       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 16.45" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 807.46     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.14       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 30.38      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

### MÓDULO DE ROTURA

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 30.38 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1732 kg  
 Longitud (L) = 42.96 cm  
 Ancho (b) = 15.25 cm  
 Espesor (h) = 15.52 cm

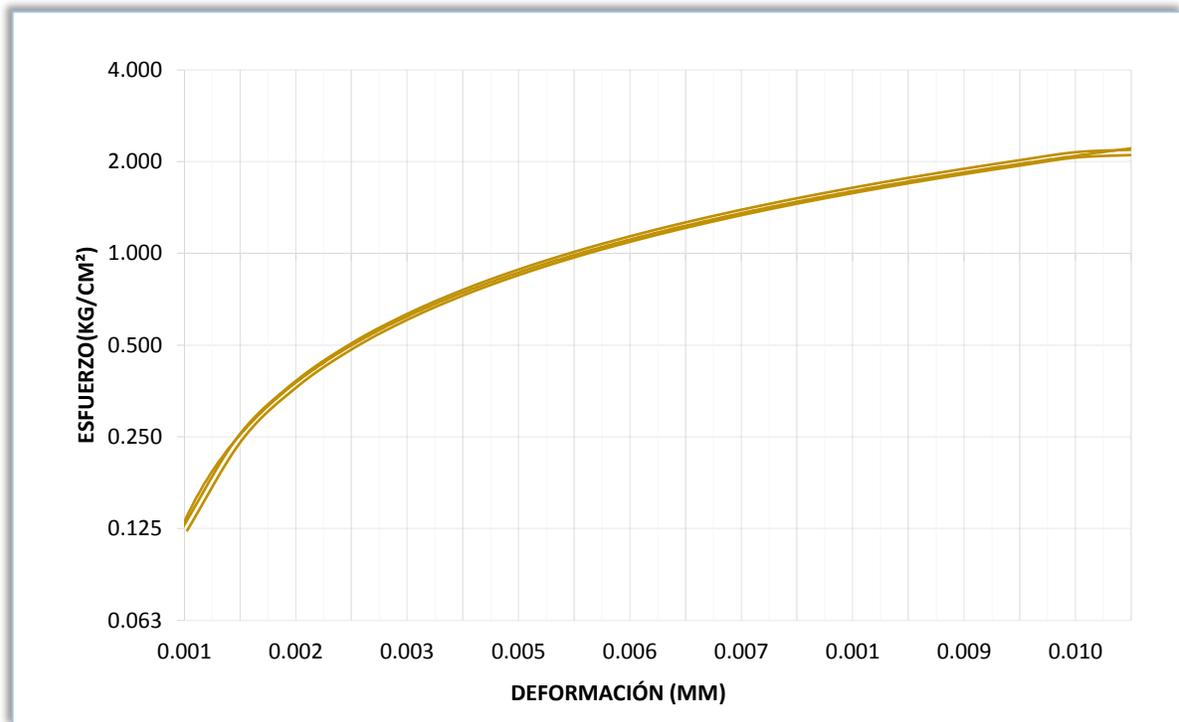


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.248                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.372                             | 0.002             |
| 400        | 0.400            | 0.495                             | 0.003             |
| 500        | 0.500            | 0.619                             | 0.003             |
| 600        | 0.600            | 0.743                             | 0.004             |
| 700        | 0.700            | 0.867                             | 0.005             |
| 800        | 0.800            | 0.991                             | 0.005             |
| 900        | 0.900            | 1.115                             | 0.006             |
| 1000       | 1.000            | 1.238                             | 0.006             |
| 1100       | 1.100            | 1.362                             | 0.007             |
| 1200       | 1.120            | 1.486                             | 0.007             |
| 1300       | 0.120            | 1.610                             | 0.001             |
| 1400       | 1.300            | 1.734                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.400 | 1.858 | 0.009 |
| 1600 | 1.500 | 1.982 | 0.010 |
| 1700 | 1.600 | 2.105 | 0.010 |
| 1732 | 2.000 | 2.145 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 73: Esfuerzo VS deformación de VC-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 98: Ensayo resistencia a flexión de VC – 05**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.89          | 52.92          | 52.93          | 52.91    | 1758      | 803.75                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.17          | 15.19          | 15.21          | 15.19    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.42          | 15.44          | 15.48          | 15.45    |           |                        |

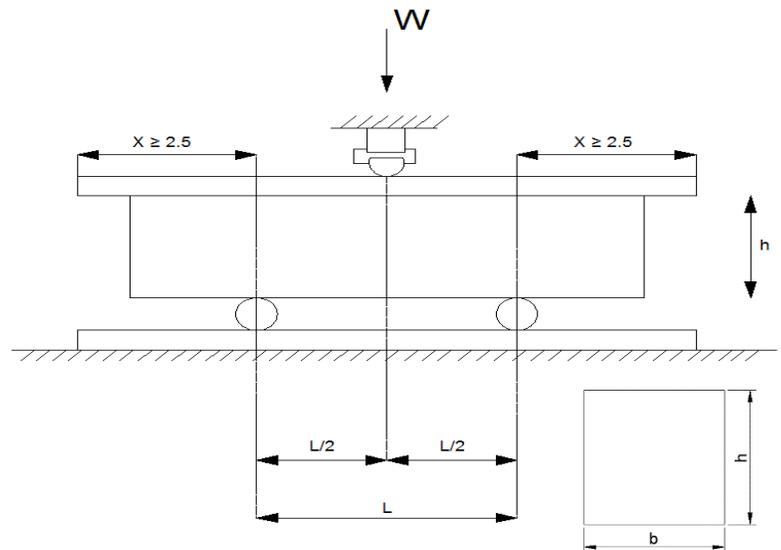
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1758       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 56.31" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 803.75     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.19       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 31.22      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 31.22 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1758 kg  
 Longitud (L) = 42.91 cm  
 Ancho (b) = 15.19 cm  
 Espesor (h) = 15.45 cm

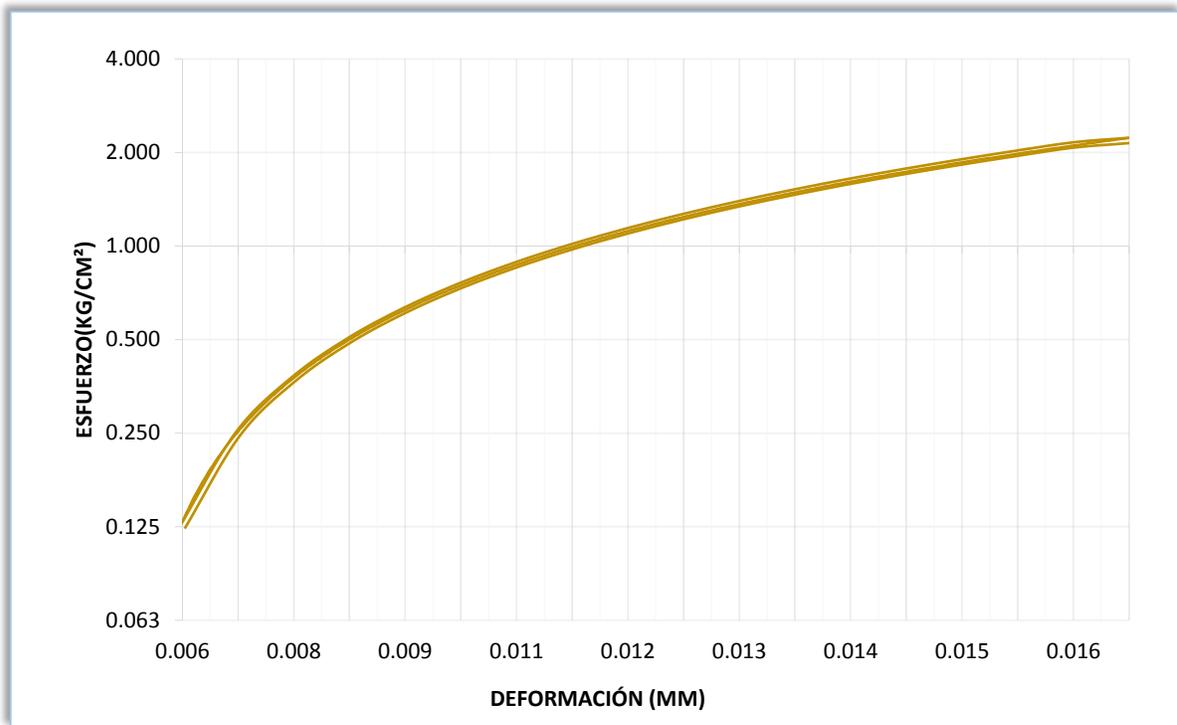


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.900            | 0.124                             | 0.006             |
| 200        | 1.100            | 0.249                             | 0.007             |
| 300        | 1.200            | 0.373                             | 0.008             |
| 400        | 1.300            | 0.498                             | 0.008             |
| 500        | 1.400            | 0.622                             | 0.009             |
| 600        | 1.500            | 0.746                             | 0.010             |
| 700        | 1.700            | 0.871                             | 0.011             |
| 800        | 1.800            | 0.995                             | 0.012             |
| 900        | 1.900            | 1.120                             | 0.012             |
| 1000       | 1.920            | 1.244                             | 0.012             |
| 1100       | 2.000            | 1.369                             | 0.013             |
| 1200       | 2.100            | 1.493                             | 0.014             |
| 1300       | 2.200            | 1.617                             | 0.014             |
| 1400       | 2.230            | 1.742                             | 0.014             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 2.300 | 1.866 | 0.015 |
| 1600 | 1.370 | 1.991 | 0.009 |
| 1700 | 2.400 | 2.115 | 0.016 |
| 1758 | 2.600 | 2.187 | 0.017 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 74: Esfuerzo VS deformación de VC-05**

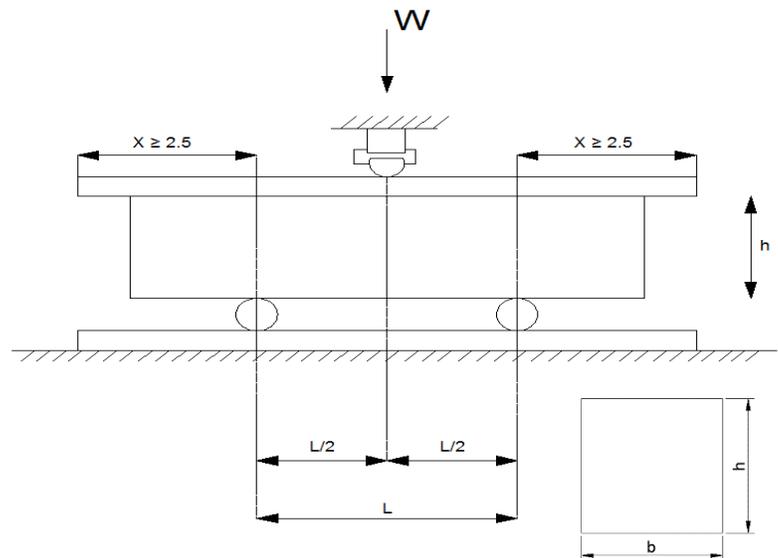


Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 99: Ensayo resistencia a flexión de VC – 06**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.95          | 52.97          | 52.97    | 1500      | 810.04                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.29          | 15.31          | 15.28          | 15.29    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.49          | 15.44          | 15.42          | 15.45    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1500       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 27.31" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 810.04     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 1.85       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 26.48      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |



**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 26.48 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1500 kg

Longitud (L) = 42.97 cm

Ancho (b) = 15.29 cm

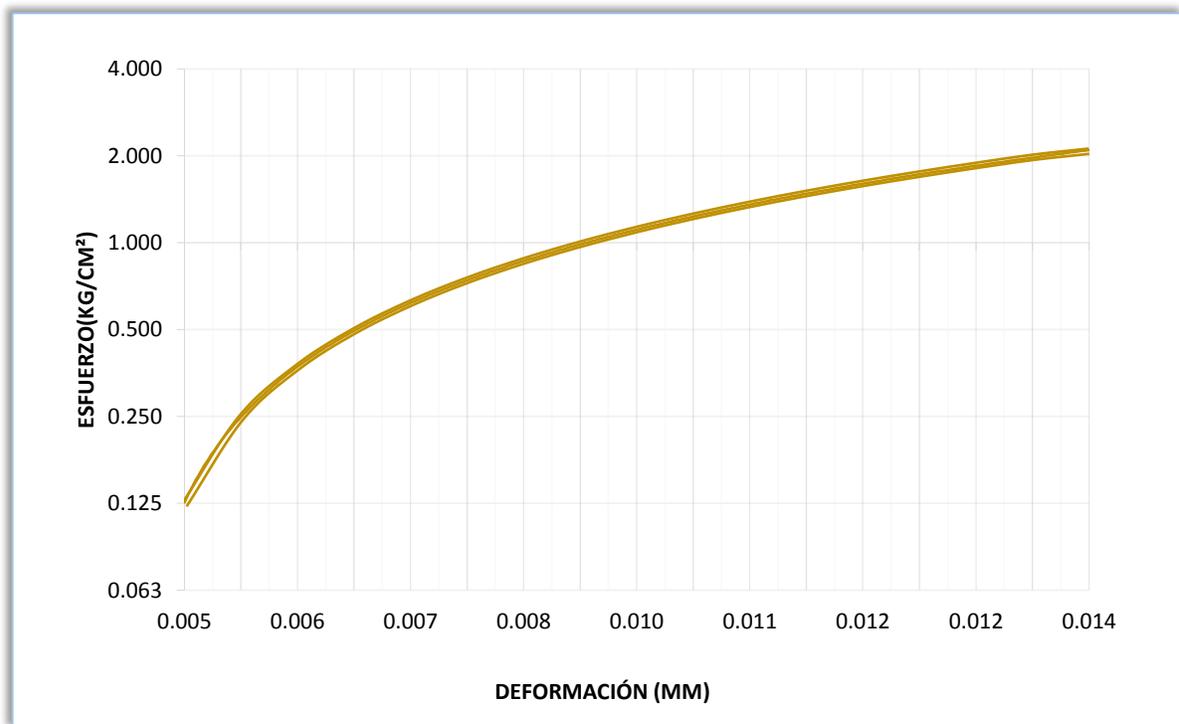
Espesor (h) = 15.45 cm

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.700            | 0.123                             | 0.005             |
| 200        | 0.900            | 0.247                             | 0.006             |
| 300        | 1.000            | 0.370                             | 0.006             |
| 400        | 1.100            | 0.494                             | 0.007             |
| 500        | 1.120            | 0.617                             | 0.007             |
| 600        | 1.200            | 0.741                             | 0.008             |
| 700        | 1.300            | 0.864                             | 0.008             |
| 800        | 1.400            | 0.988                             | 0.009             |
| 900        | 1.530            | 1.111                             | 0.010             |
| 1000       | 1.600            | 1.235                             | 0.010             |
| 1100       | 1.700            | 1.358                             | 0.011             |
| 1200       | 1.800            | 1.481                             | 0.012             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1300 | 1.860 | 1.605 | 0.012 |
| 1400 | 1.900 | 1.728 | 0.012 |
| 1500 | 1.920 | 1.852 | 0.012 |
| 1600 | 1.970 | 1.975 | 0.013 |
| 1681 | 2.100 | 2.075 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 75: Esfuerzo VS deformación de VC-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 100: Ensayo resistencia a flexión de BF – 04**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.89          | 52.87          | 52.88          | 52.88    | 1845      | 804.48                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.18          | 15.25          | 15.21          | 15.21    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.49          | 15.46          | 15.47    |           |                        |

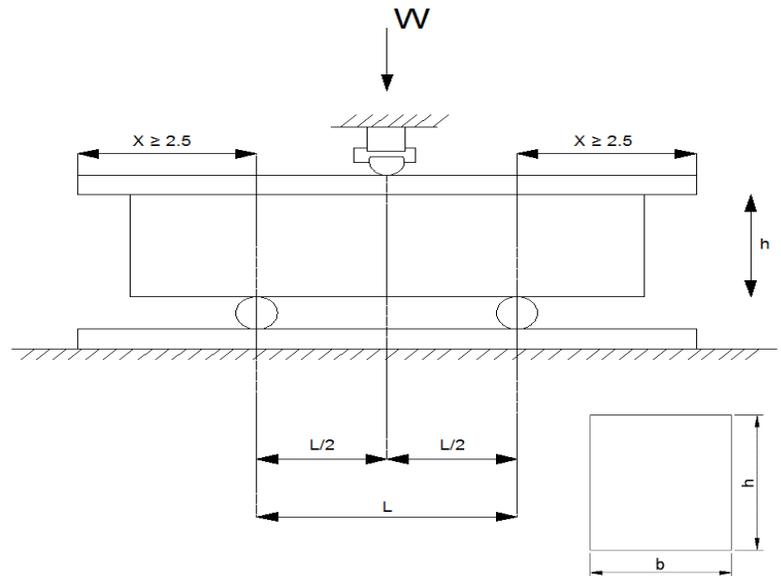
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1845       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 17.21" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 804.48     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.29       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 32.58      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 32.58 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1845 kg  
 Longitud (L) = 42.88 cm  
 Ancho (b) = 15.21 cm  
 Espesor (h) = 15.47 cm

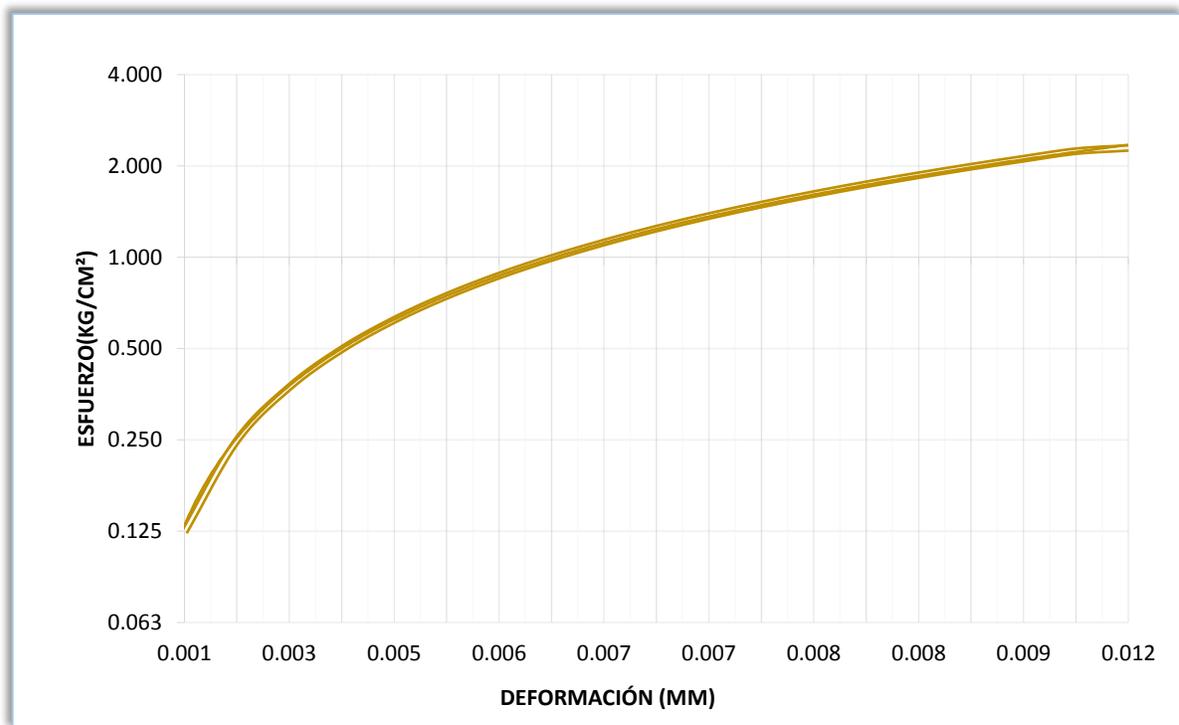


| CARGA (Kg) | DEFORMACION (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.500            | 0.373                             | 0.003             |
| 400        | 0.600            | 0.497                             | 0.004             |
| 500        | 0.800            | 0.622                             | 0.005             |
| 600        | 0.900            | 0.746                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.870                             | 0.006             |
| 800        | 1.030            | 0.994                             | 0.007             |
| 900        | 1.050            | 1.119                             | 0.007             |
| 1000       | 1.080            | 1.243                             | 0.007             |
| 1100       | 1.100            | 1.367                             | 0.007             |
| 1200       | 1.160            | 1.492                             | 0.007             |
| 1300       | 1.200            | 1.616                             | 0.008             |
| 1400       | 1.260            | 1.740                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.300 | 1.865 | 0.008 |
| 1600 | 1.400 | 1.989 | 0.009 |
| 1700 | 1.460 | 2.113 | 0.009 |
| 1800 | 1.500 | 2.237 | 0.010 |
| 1845 | 1.900 | 2.293 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 76: Esfuerzo VS deformación de BF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 101: Ensayo resistencia a flexión de BF – 05**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.87          | 52.86          | 52.89          | 52.87    | 2051      | 806.49                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.15          | 15.49          | 15.12          | 15.25    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.48          | 15.44          | 15.47          | 15.46    |           |                        |

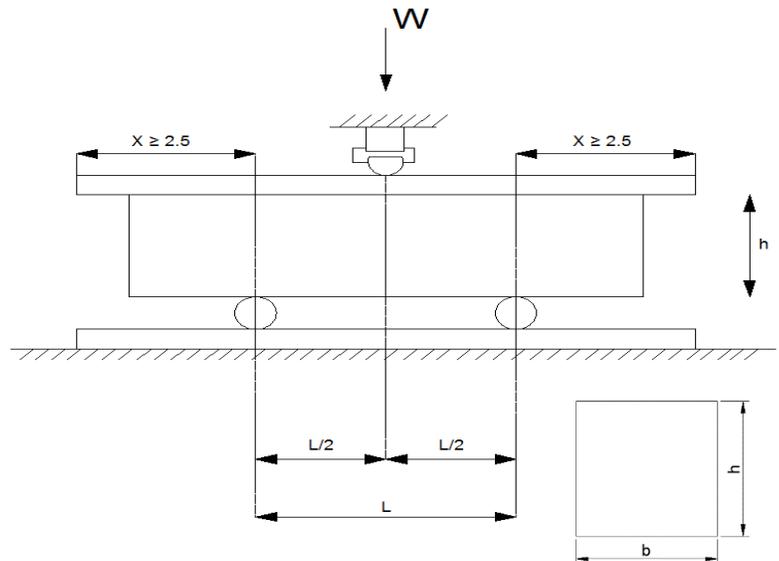
|   |             |
|---|-------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2051        |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 23.00'' |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 806.49      |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.54        |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.16       |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días     |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 36.16 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2051 kg  
 Longitud (L) = 42.87 cm  
 Ancho (b) = 15.25 cm  
 Espesor (h) = 15.46 cm

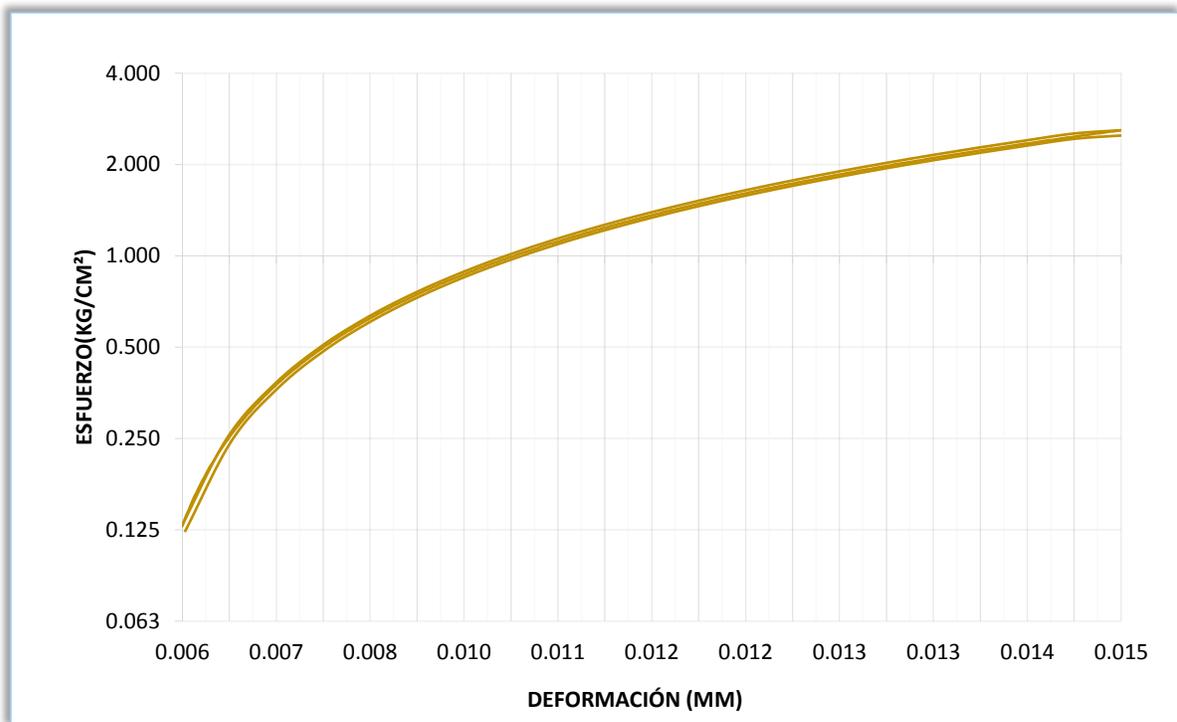


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.900            | 0.124                             | 0.006             |
| 200        | 1.000            | 0.248                             | 0.006             |
| 300        | 1.100            | 0.372                             | 0.007             |
| 400        | 1.200            | 0.496                             | 0.008             |
| 500        | 1.300            | 0.620                             | 0.008             |
| 600        | 1.400            | 0.744                             | 0.009             |
| 700        | 1.500            | 0.868                             | 0.010             |
| 800        | 1.600            | 0.992                             | 0.010             |
| 900        | 1.700            | 1.116                             | 0.011             |
| 1000       | 1.730            | 1.240                             | 0.011             |
| 1100       | 1.780            | 1.364                             | 0.012             |
| 1200       | 1.800            | 1.488                             | 0.012             |
| 1300       | 1.900            | 1.612                             | 0.012             |
| 1400       | 1.970            | 1.736                             | 0.013             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.990 | 1.860 | 0.013 |
| 1600 | 2.000 | 1.984 | 0.013 |
| 1700 | 2.010 | 2.108 | 0.013 |
| 1800 | 2.060 | 2.232 | 0.013 |
| 1900 | 2.100 | 2.356 | 0.014 |
| 2000 | 2.200 | 2.480 | 0.014 |
| 2051 | 2.300 | 2.543 | 0.015 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 77: Esfuerzo VS deformación de BF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 102: Ensayo resistencia a flexión de BF – 06**

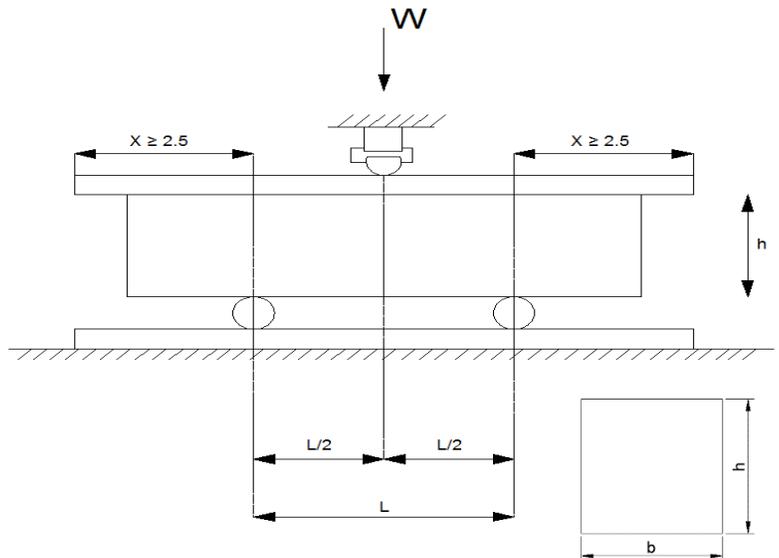
|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.87          | 52.85          | 52.88          | 52.87    | 1906      | 806.75                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.25          | 15.3           | 15.23          | 15.26    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.46          | 15.48          | 15.49          | 15.48    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1906       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 27.00" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 806.75     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.36       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 33.53      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

|                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Módulo rotura (R) =</b> | <b>33.53 kg/cm<sup>2</sup></b> |
| Carga (W) =                | 1906 kg                        |
| Longitud (L) =             | 42.87 cm                       |
| Ancho (b) =                | 15.26 cm                       |
| Espesor (h) =              | 15.48 cm                       |

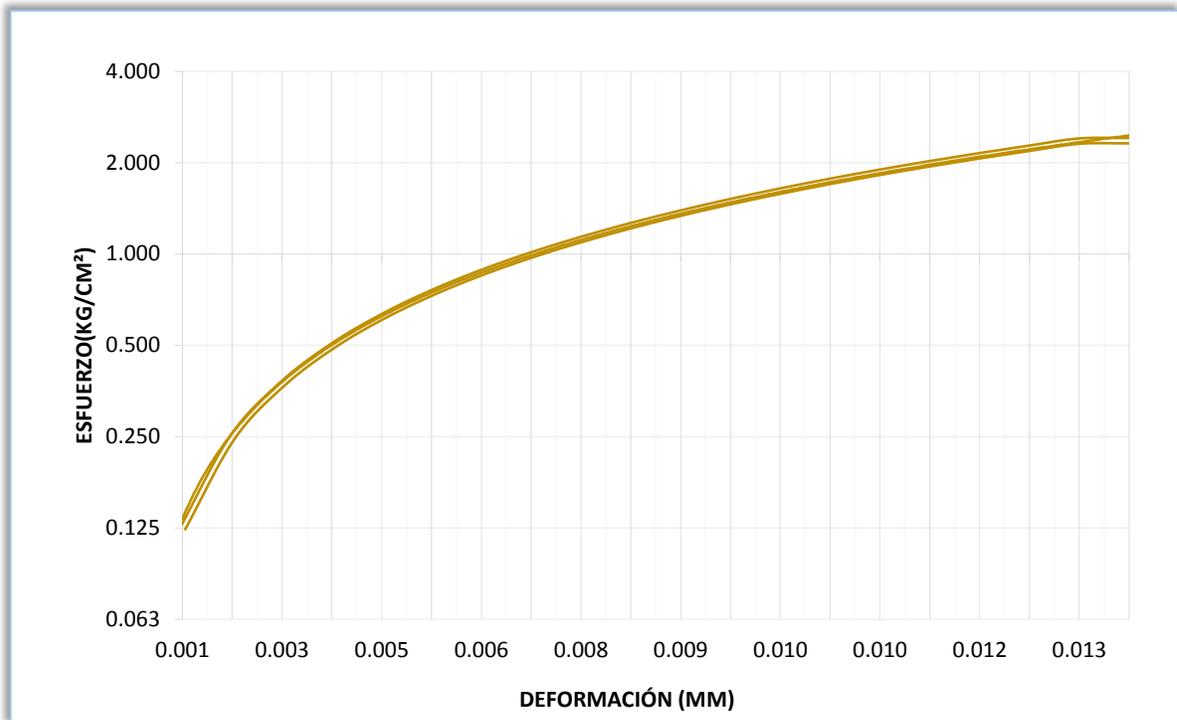


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.124                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.248                             | 0.001             |
| 300        | 0.400            | 0.372                             | 0.003             |
| 400        | 0.500            | 0.496                             | 0.003             |
| 500        | 0.700            | 0.620                             | 0.005             |
| 600        | 0.900            | 0.744                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.868                             | 0.006             |
| 800        | 1.100            | 0.992                             | 0.007             |
| 900        | 1.200            | 1.116                             | 0.008             |
| 1000       | 1.300            | 1.240                             | 0.008             |
| 1100       | 1.400            | 1.364                             | 0.009             |
| 1200       | 1.500            | 1.487                             | 0.010             |
| 1300       | 1.520            | 1.611                             | 0.010             |
| 1400       | 1.550            | 1.735                             | 0.010             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.600 | 1.859 | 0.010 |
| 1600 | 1.700 | 1.983 | 0.011 |
| 1700 | 1.800 | 2.107 | 0.012 |
| 1800 | 1.900 | 2.231 | 0.012 |
| 1900 | 1.940 | 2.355 | 0.013 |
| 1906 | 2.100 | 2.363 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 78: Esfuerzo VS deformación de BF-06**

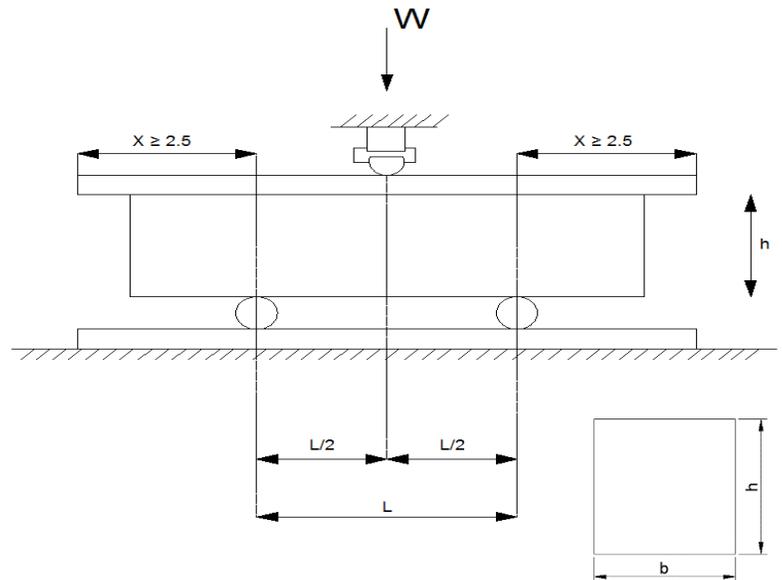


Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 103: Ensayo resistencia a flexión de CF – 04**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.96          | 52.95          | 52.98          | 52.96    | 1948      | 799.75                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.07          | 15.13          | 15.1           | 15.10    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.48          | 15.45          | 15.37          | 15.43    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1948       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 46.39" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.75     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.44       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 34.90      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |



**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

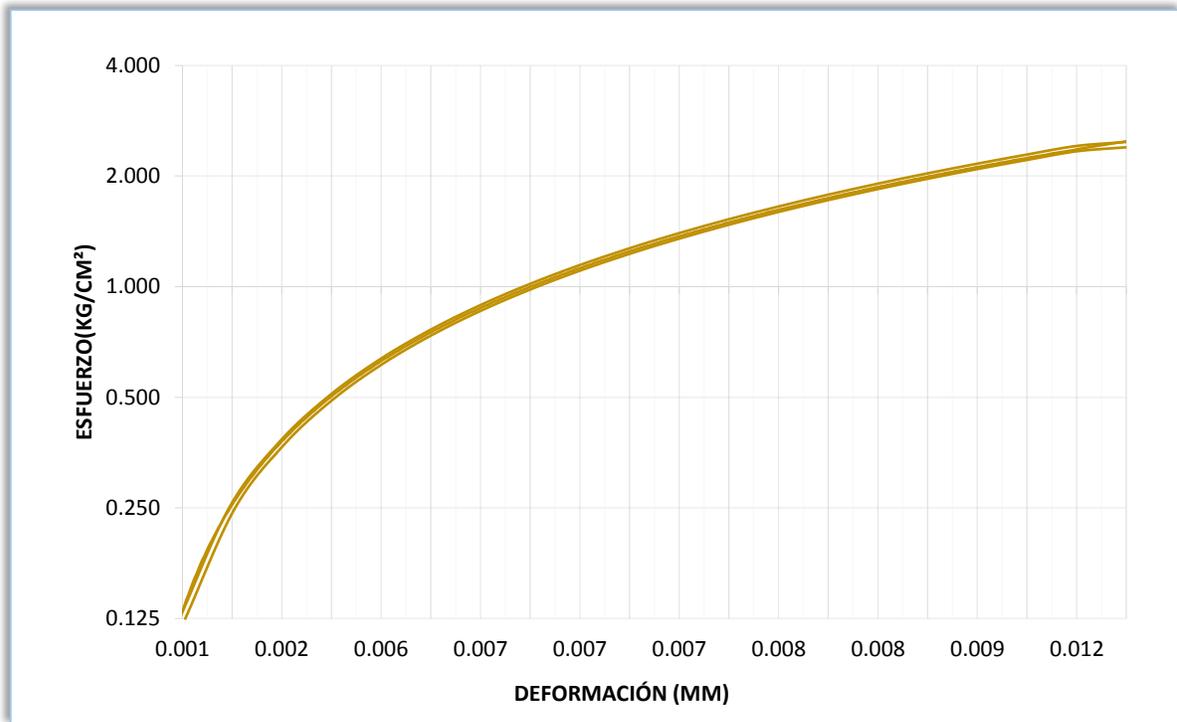
|                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Módulo rotura (R) =</b> | <b>34.90 kg/cm<sup>2</sup></b> |
| Carga (W) =                | 1948 kg                        |
| Longitud (L) =             | 42.96 cm                       |
| Ancho (b) =                | 15.10 cm                       |
| Espesor (h)=               | 15.43 cm                       |

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.24             | 0.250                             | 0.002             |
| 300        | 0.28             | 0.375                             | 0.002             |
| 400        | 0.400            | 0.500                             | 0.003             |
| 500        | 0.9              | 0.625                             | 0.006             |
| 600        | 1.000            | 0.750                             | 0.006             |
| 700        | 1.03             | 0.875                             | 0.007             |
| 800        | 1.060            | 1.000                             | 0.007             |
| 900        | 1.090            | 1.125                             | 0.007             |
| 1000       | 1.100            | 1.250                             | 0.007             |
| 1100       | 1.140            | 1.375                             | 0.007             |
| 1200       | 1.170            | 1.500                             | 0.008             |
| 1300       | 1.200            | 1.626                             | 0.008             |
| 1400       | 1.260            | 1.751                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.280 | 1.876 | 0.008 |
| 1600 | 1.300 | 2.001 | 0.008 |
| 1700 | 1.400 | 2.126 | 0.009 |
| 1800 | 1.500 | 2.251 | 0.010 |
| 1900 | 1.800 | 2.376 | 0.012 |
| 1948 | 2.000 | 2.436 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 79: Esfuerzo VS deformación de CF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 104: Ensayo resistencia a flexión de CF – 05**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.87          | 52.88          | 52.86          | 52.87    | 1971      | 796.93                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.02          | 15.11          | 15.09          | 15.07    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.53          | 15.54          | 15.51    |           |                        |

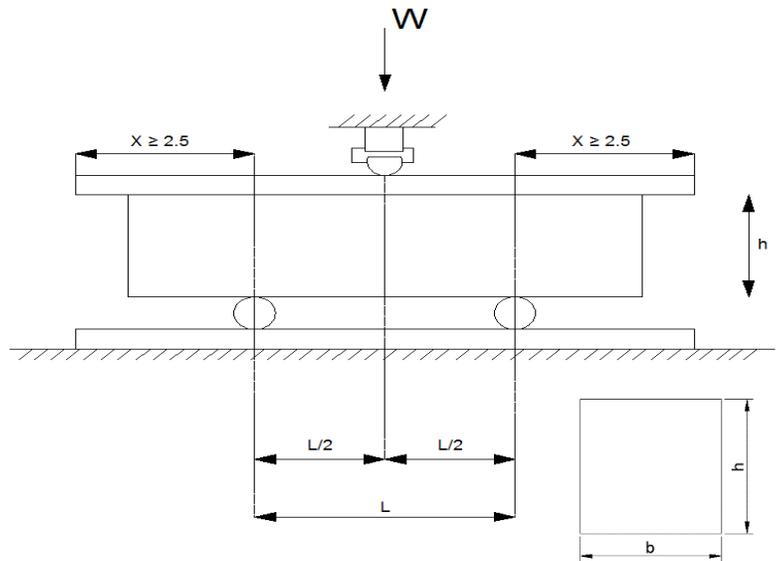
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1971       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 56.39" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 796.93     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.47       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 34.94      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 34.94 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1971 kg  
 Longitud (L) = 42.87 cm  
 Ancho (b) = 15.07 cm  
 Espesor (h) = 15.51 cm

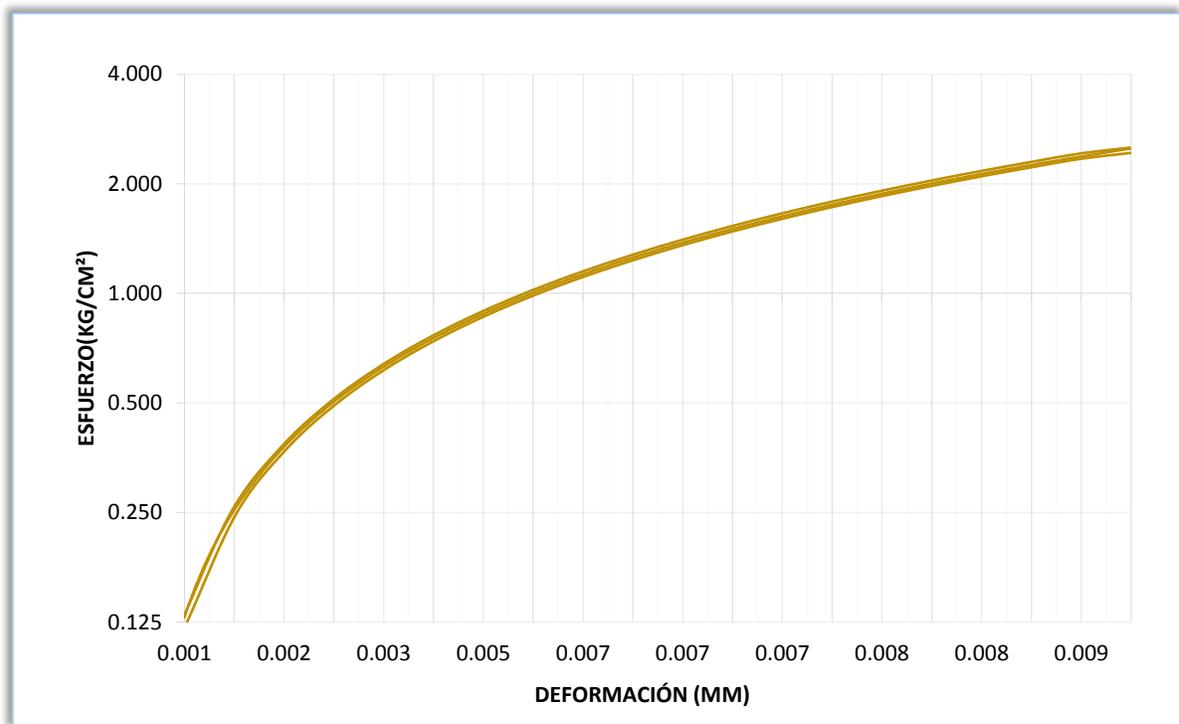


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.376                             | 0.002             |
| 400        | 0.400            | 0.502                             | 0.003             |
| 500        | 0.500            | 0.627                             | 0.003             |
| 600        | 0.600            | 0.753                             | 0.004             |
| 700        | 0.700            | 0.878                             | 0.005             |
| 800        | 1.000            | 1.004                             | 0.006             |
| 900        | 1.020            | 1.129                             | 0.007             |
| 1000       | 1.060            | 1.255                             | 0.007             |
| 1100       | 1.100            | 1.380                             | 0.007             |
| 1200       | 1.130            | 1.506                             | 0.007             |
| 1300       | 1.150            | 1.631                             | 0.007             |
| 1400       | 1.180            | 1.757                             | 0.008             |
| 1500       | 1.200            | 1.882                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.126 | 2.008 | 0.001 |
| 1700 | 1.290 | 2.133 | 0.008 |
| 1800 | 1.330 | 2.259 | 0.009 |
| 1900 | 1.400 | 2.384 | 0.009 |
| 1971 | 1.500 | 2.473 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 80: Esfuerzo VS deformación de CF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 105: Ensayo resistencia a flexión de CF – 06**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.95          | 52.96          | 52.96    | 1951      | 798.28                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.04          | 15.08          | 15.1           | 15.07    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.53          | 15.46          | 15.47          | 15.49    |           |                        |

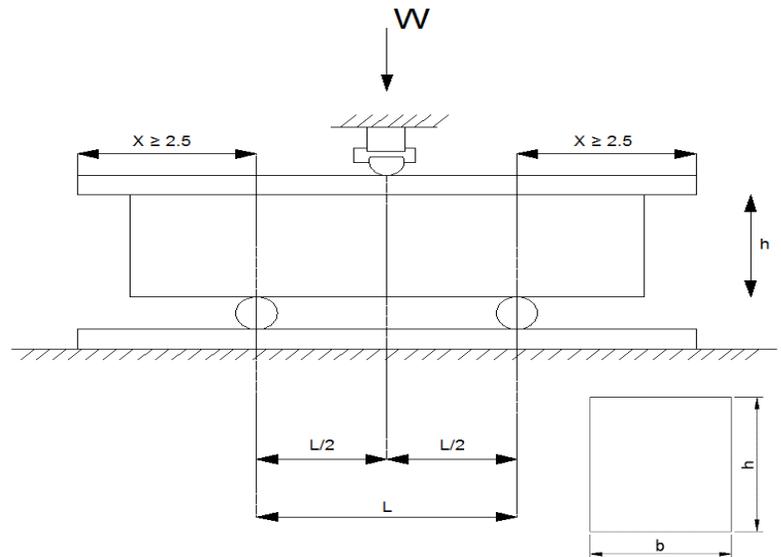
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1951       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 58.26" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 798.28     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.44       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 34.78      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 34.78 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1951 kg  
 Longitud (L) = 42.96 cm  
 Ancho (b) = 15.07 cm  
 Espesor (h) = 15.49 cm

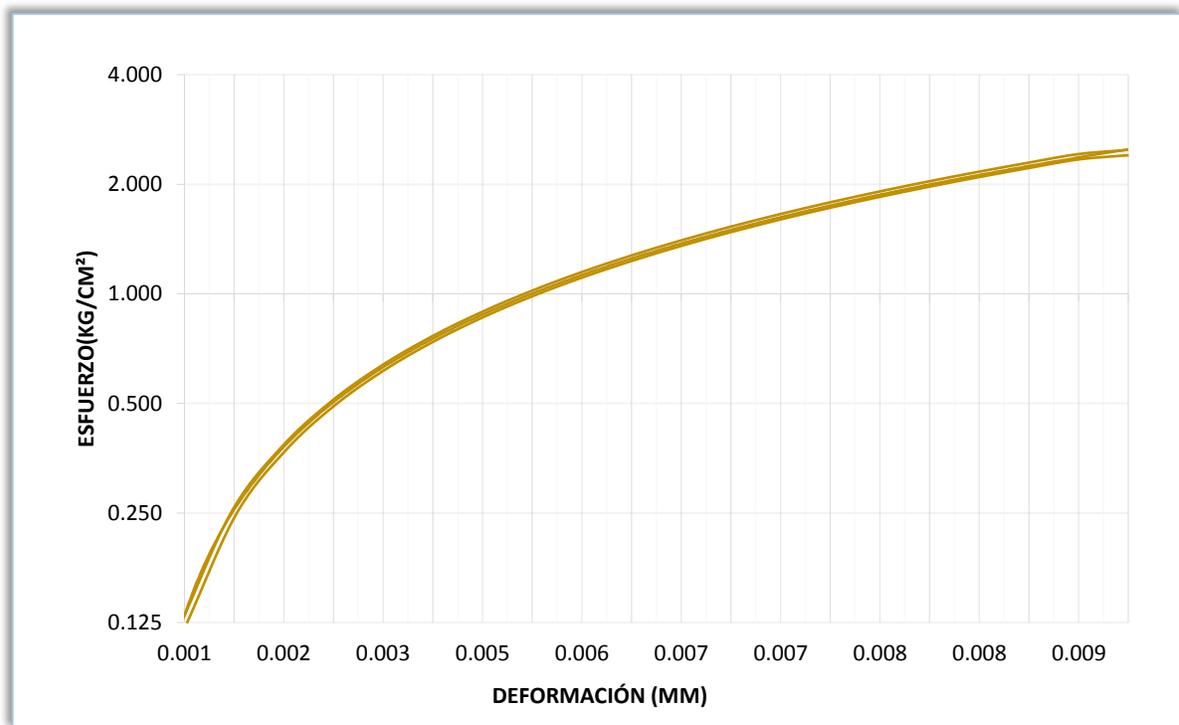


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.220            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.376                             | 0.002             |
| 400        | 0.400            | 0.501                             | 0.003             |
| 500        | 0.500            | 0.626                             | 0.003             |
| 600        | 0.600            | 0.752                             | 0.004             |
| 700        | 0.700            | 0.877                             | 0.005             |
| 800        | 0.800            | 1.002                             | 0.005             |
| 900        | 0.900            | 1.127                             | 0.006             |
| 1000       | 1.000            | 1.253                             | 0.006             |
| 1100       | 1.060            | 1.378                             | 0.007             |
| 1200       | 1.080            | 1.503                             | 0.007             |
| 1300       | 1.100            | 1.628                             | 0.007             |
| 1400       | 1.130            | 1.754                             | 0.007             |
| 1500       | 1.170            | 1.879                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.200 | 2.004 | 0.008 |
| 1700 | 1.250 | 2.130 | 0.008 |
| 1800 | 1.300 | 2.255 | 0.008 |
| 1900 | 1.400 | 2.380 | 0.009 |
| 1951 | 1.700 | 2.444 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 81: Esfuerzo VS deformación de CF-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 106: Ensayo resistencia a flexión de DF – 04**

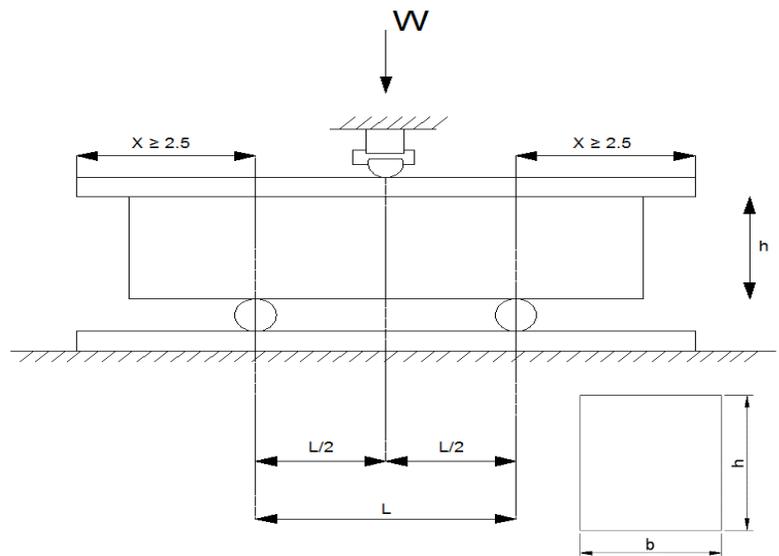
|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.95          | 52.93          | 52.96          | 52.95    | 2081      | 799.49                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.08          | 15.13          | 15.09          | 15.10    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.54          | 15.52          | 15.51    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2081       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 08.16" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.49     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.60       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.91      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

|                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| <b>Módulo rotura (R) =</b> | <b>36.91 kg/cm<sup>2</sup></b> |
| Carga (W) =                | 2081 kg                        |
| Longitud (L) =             | 42.95 cm                       |
| Ancho (b) =                | 15.10 cm                       |
| Espesor (h) =              | 15.51 cm                       |

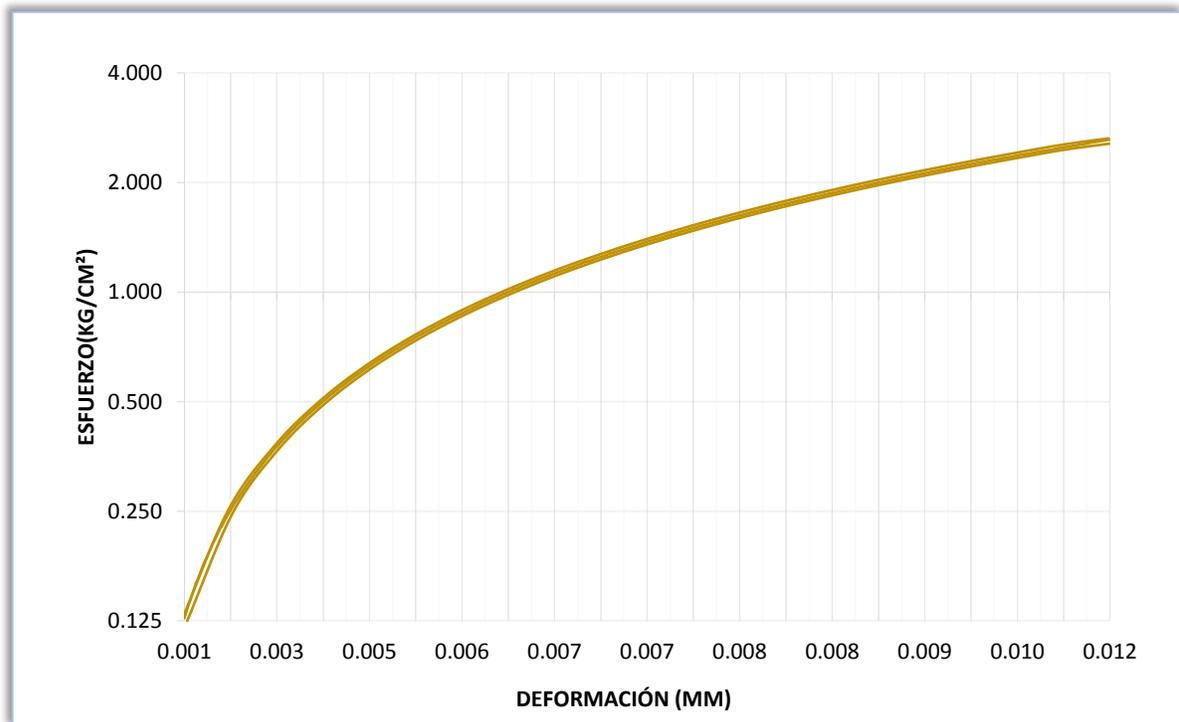


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.250                             | 0.002             |
| 300        | 0.500            | 0.375                             | 0.003             |
| 400        | 0.600            | 0.500                             | 0.004             |
| 500        | 0.800            | 0.625                             | 0.005             |
| 600        | 0.900            | 0.750                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.876                             | 0.006             |
| 800        | 1.060            | 1.001                             | 0.007             |
| 900        | 1.100            | 1.126                             | 0.007             |
| 1000       | 1.130            | 1.251                             | 0.007             |
| 1100       | 1.160            | 1.376                             | 0.007             |
| 1200       | 1.200            | 1.501                             | 0.008             |
| 1300       | 1.250            | 1.626                             | 0.008             |
| 1400       | 1.270            | 1.751                             | 0.008             |
| 1500       | 1.300            | 1.876                             | 0.008             |
| 1600       | 1.360            | 2.001                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1700 | 1.400 | 2.126 | 0.009 |
| 1800 | 1.480 | 2.251 | 0.010 |
| 1900 | 1.500 | 2.377 | 0.010 |
| 2000 | 1.700 | 2.502 | 0.011 |
| 2081 | 1.900 | 2.603 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 82: Esfuerzo VS deformación de DF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 107: Ensayo resistencia a flexión de DF – 05**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.95          | 52.97          | 52.97    | 2041      | 802.62                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.17          | 15.21          | 15.08          | 15.15    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.54          | 15.55          | 15.56          | 15.55    |           |                        |

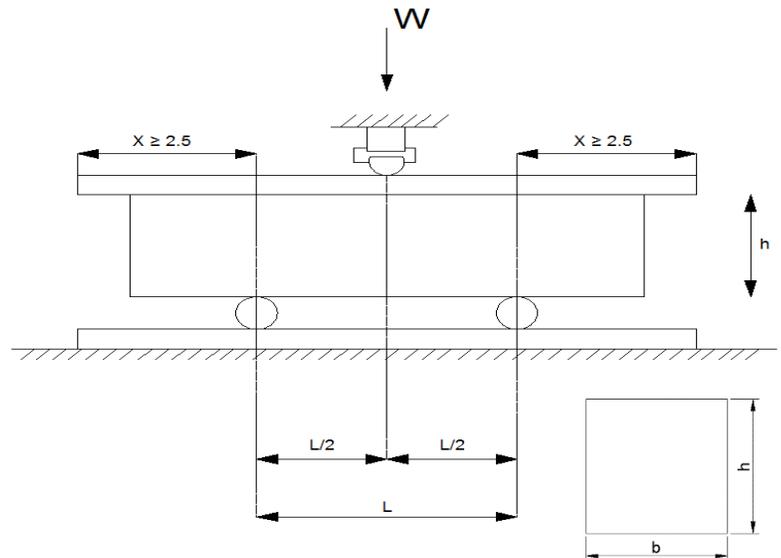
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2041       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 18.65" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 802.62     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.54       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 35.90      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 35.90 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2041 kg  
 Longitud (L) = 42.97 cm  
 Ancho (b) = 15.15 cm  
 Espesor (h) = 15.55 cm

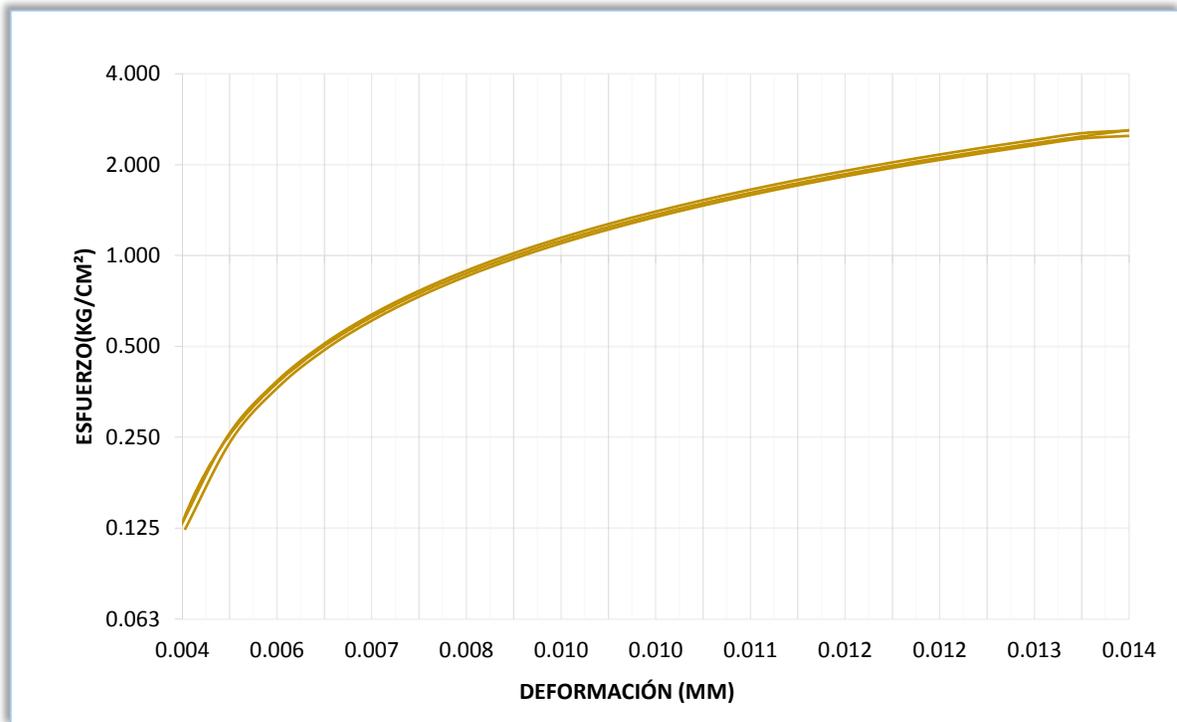


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.600            | 0.125                             | 0.004             |
| 200        | 0.800            | 0.249                             | 0.005             |
| 300        | 0.900            | 0.374                             | 0.006             |
| 400        | 1.000            | 0.498                             | 0.006             |
| 500        | 1.100            | 0.623                             | 0.007             |
| 600        | 1.200            | 0.748                             | 0.008             |
| 700        | 1.300            | 0.872                             | 0.008             |
| 800        | 1.400            | 0.997                             | 0.009             |
| 900        | 1.500            | 1.121                             | 0.010             |
| 1000       | 1.560            | 1.246                             | 0.010             |
| 1100       | 1.590            | 1.371                             | 0.010             |
| 1200       | 1.610            | 1.495                             | 0.010             |
| 1300       | 1.700            | 1.620                             | 0.011             |
| 1400       | 1.760            | 1.744                             | 0.011             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.800 | 1.869 | 0.012 |
| 1600 | 1.900 | 1.993 | 0.012 |
| 1700 | 1.920 | 2.118 | 0.012 |
| 1800 | 1.950 | 2.243 | 0.013 |
| 1900 | 2.000 | 2.367 | 0.013 |
| 2000 | 2.040 | 2.492 | 0.013 |
| 2041 | 2.100 | 2.543 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 83: Esfuerzo VS deformación de DF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 108: Ensayo resistencia a flexión de DF – 06**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.96          | 52.9           | 52.94    | 2111      | 819.74                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.51          | 15.45          | 15.49          | 15.48    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.49          | 15.53          | 15.38          | 15.47    |           |                        |

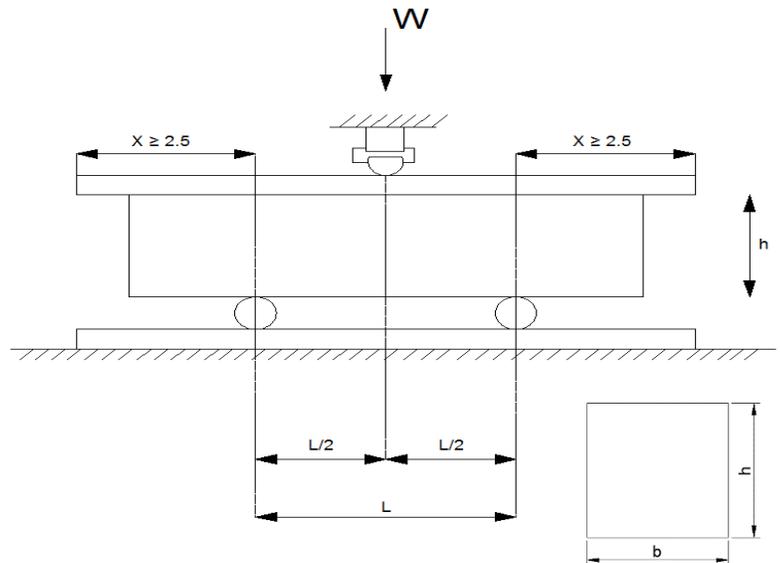
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2111       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 25.26" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 819.74     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.58       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.71      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 36.71 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W)= 2111 kg  
 Longitud (L) = 42.94 cm  
 Ancho (b) = 15.48 cm  
 Espesor (h) = 15.47 cm

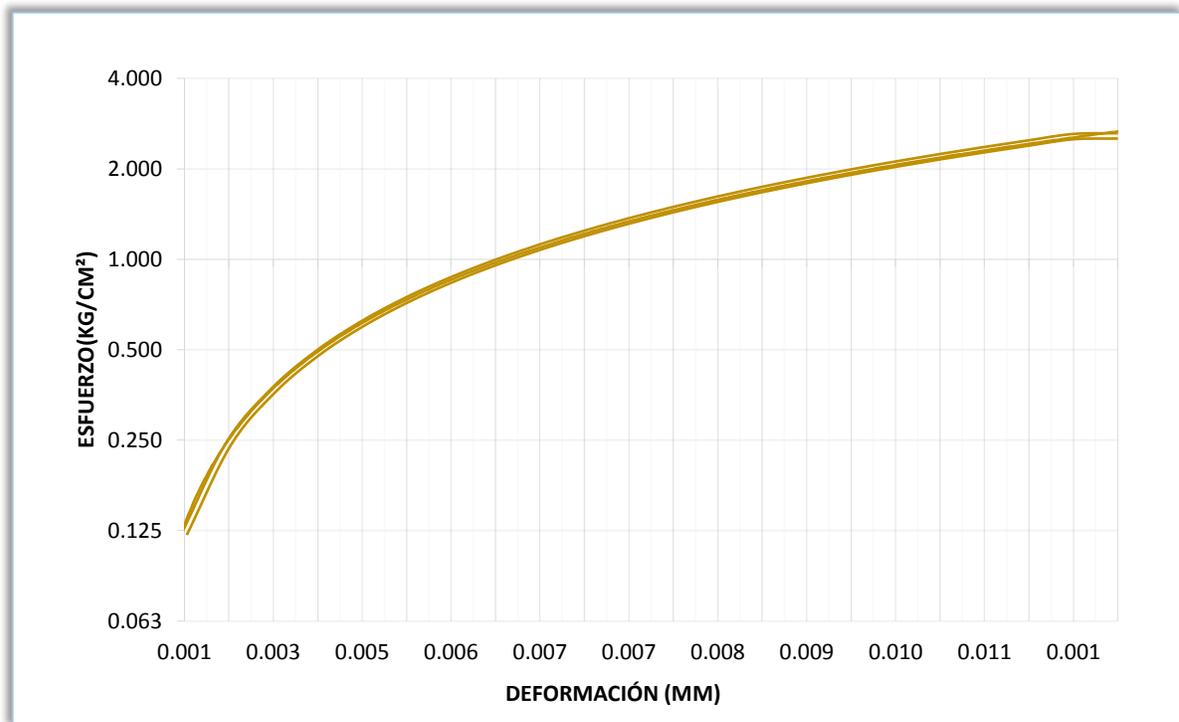


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.122                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.244                             | 0.002             |
| 300        | 0.500            | 0.366                             | 0.003             |
| 400        | 0.600            | 0.488                             | 0.004             |
| 500        | 0.800            | 0.610                             | 0.005             |
| 600        | 0.900            | 0.732                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.854                             | 0.006             |
| 800        | 1.030            | 0.976                             | 0.007             |
| 900        | 1.070            | 1.098                             | 0.007             |
| 1000       | 1.100            | 1.220                             | 0.007             |
| 1100       | 1.140            | 1.342                             | 0.007             |
| 1200       | 1.200            | 1.464                             | 0.008             |
| 1300       | 1.300            | 1.586                             | 0.008             |
| 1400       | 1.330            | 1.708                             | 0.009             |
| 1500       | 1.400            | 1.830                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.420 | 1.952 | 0.009 |
| 1700 | 1.470 | 2.074 | 0.010 |
| 1800 | 1.500 | 2.196 | 0.010 |
| 1900 | 1.700 | 2.318 | 0.011 |
| 2000 | 1.720 | 2.440 | 0.011 |
| 2100 | 0.180 | 2.562 | 0.001 |
| 2111 | 2.000 | 2.575 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 84: Esfuerzo VS deformación de DF-06**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 109: Ensayo resistencia a flexión de GF – 04**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.93          | 52.96          | 52.95          | 52.95    | 2069      | 799.49                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.05          | 15.14          | 15.11          | 15.10    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.45          | 14.46          | 15.49          | 15.13    |           |                        |

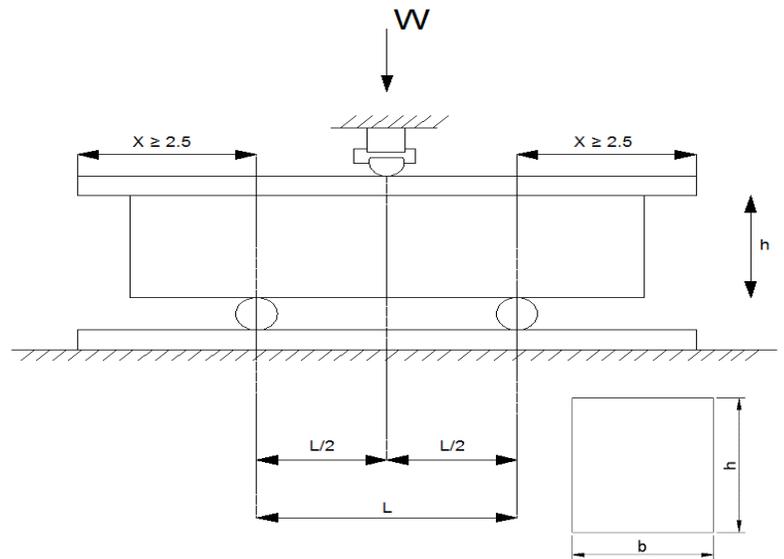
|   |             |
|---|-------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2069        |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 45.46'' |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.49      |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.59        |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 38.54       |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días     |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 38.54 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2069 kg  
 Longitud (L) = 42.95 cm  
 Ancho (b) = 15.10 cm  
 Espesor (h) = 15.13 cm

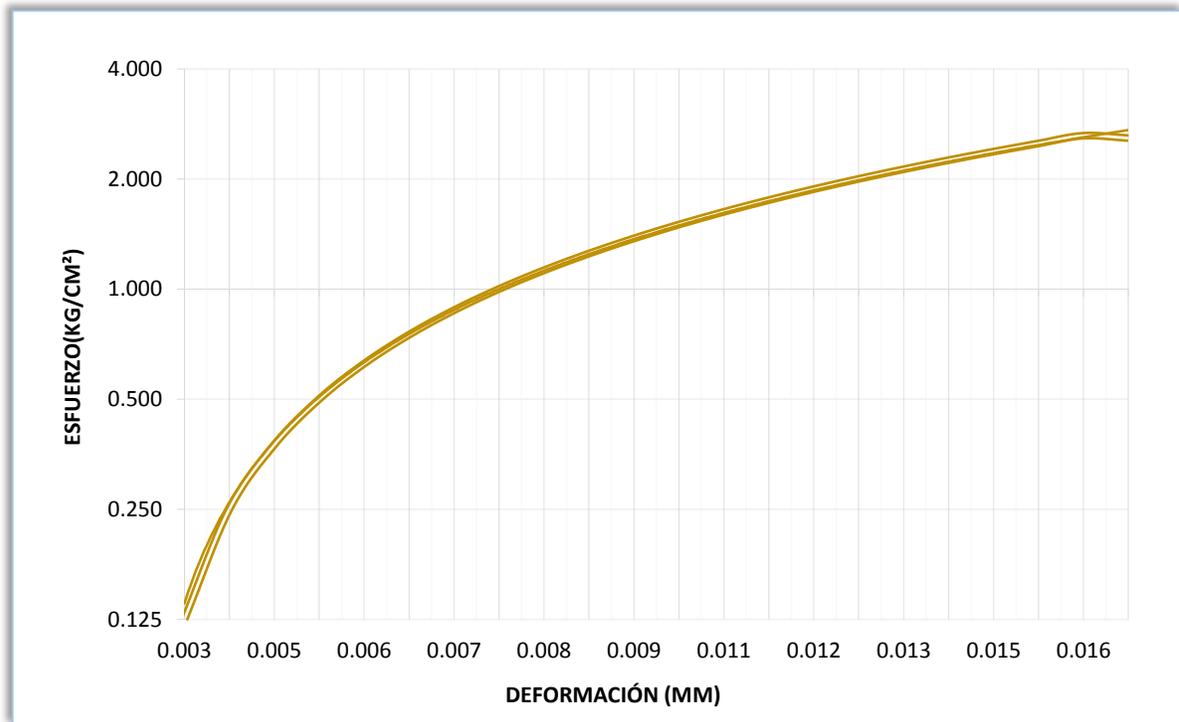


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.400            | 0.125                             | 0.003             |
| 200        | 0.500            | 0.250                             | 0.003             |
| 300        | 0.700            | 0.375                             | 0.005             |
| 400        | 0.800            | 0.500                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.625                             | 0.006             |
| 600        | 1.000            | 0.750                             | 0.007             |
| 700        | 1.020            | 0.876                             | 0.007             |
| 800        | 1.100            | 1.001                             | 0.007             |
| 900        | 1.200            | 1.126                             | 0.008             |
| 1000       | 1.300            | 1.251                             | 0.009             |
| 1100       | 1.400            | 1.376                             | 0.009             |
| 1200       | 1.500            | 1.501                             | 0.010             |
| 1300       | 1.600            | 1.626                             | 0.011             |
| 1400       | 1.700            | 1.751                             | 0.011             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.800 | 1.876 | 0.012 |
| 1600 | 1.900 | 2.001 | 0.013 |
| 1700 | 2.000 | 2.126 | 0.013 |
| 1800 | 2.100 | 2.251 | 0.014 |
| 1900 | 2.200 | 2.377 | 0.015 |
| 2000 | 2.300 | 2.502 | 0.015 |
| 2100 | 2.360 | 2.627 | 0.016 |
| 2069 | 2.500 | 2.588 | 0.017 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 85: Esfuerzo VS deformación de GF-04**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 110: Ensayo resistencia a flexión de GF – 05**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.92          | 52.94          | 52.91          | 52.92    | 2139      | 798.44                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.01          | 15.16          | 15.09          | 15.09    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.35          | 14.47          | 15.48          | 15.10    |           |                        |

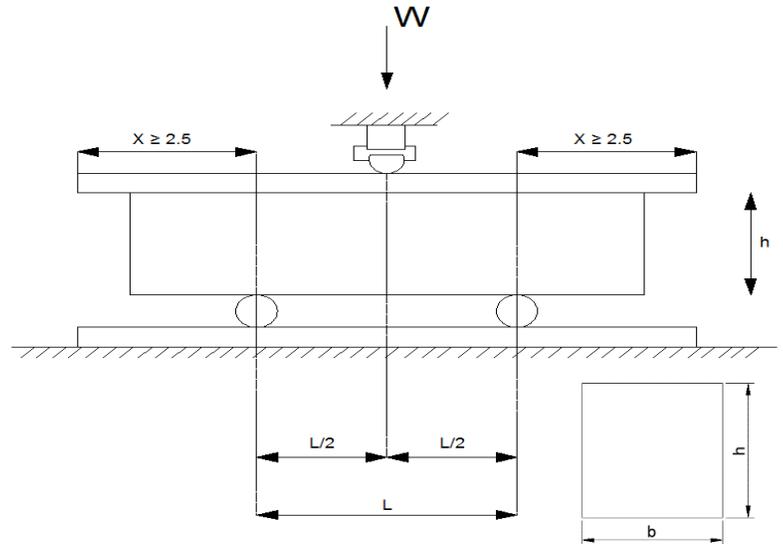
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2139       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 25.53" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 798.44     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.68       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 40.04      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 40.04 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2139 kg  
 Longitud (L) = 42.92 cm  
 Ancho (b) = 15.09 cm  
 Espesor (h) = 15.10 cm

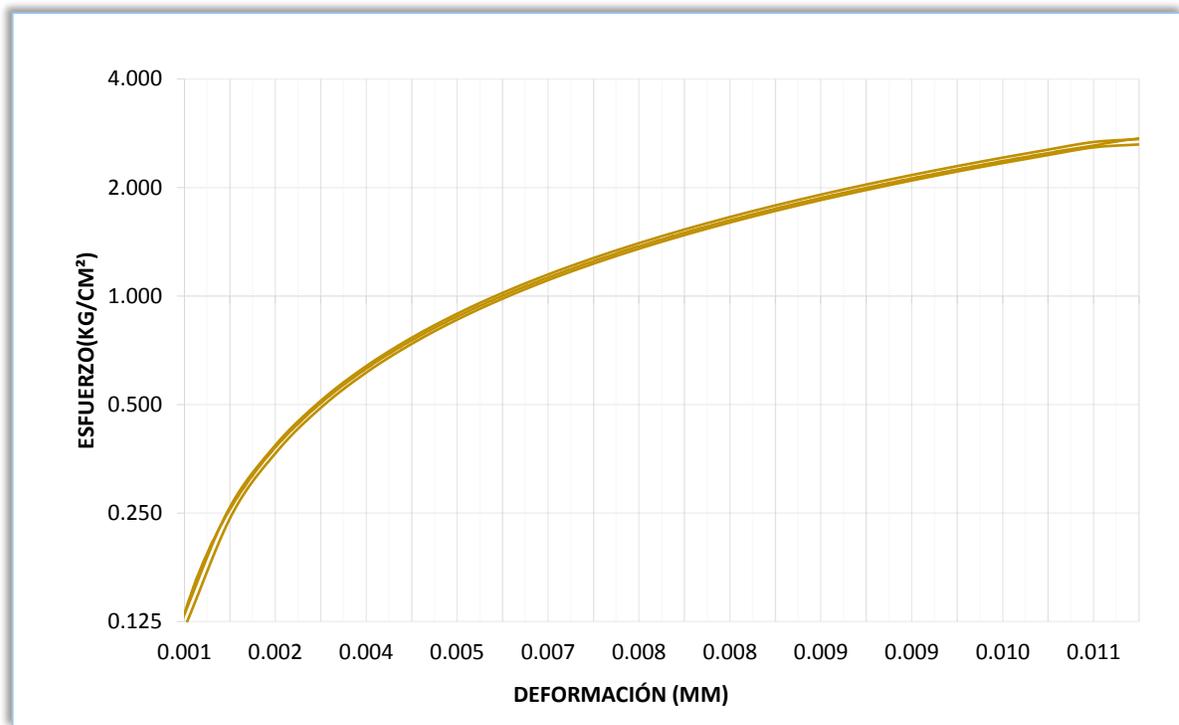


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.250                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.376                             | 0.002             |
| 400        | 0.500            | 0.501                             | 0.003             |
| 500        | 0.600            | 0.626                             | 0.004             |
| 600        | 0.700            | 0.751                             | 0.005             |
| 700        | 0.800            | 0.877                             | 0.005             |
| 800        | 0.900            | 1.002                             | 0.006             |
| 900        | 1.000            | 1.127                             | 0.007             |
| 1000       | 1.100            | 1.252                             | 0.007             |
| 1100       | 1.140            | 1.378                             | 0.008             |
| 1200       | 1.200            | 1.503                             | 0.008             |
| 1300       | 1.260            | 1.628                             | 0.008             |
| 1400       | 1.300            | 1.753                             | 0.009             |
| 1500       | 1.370            | 1.879                             | 0.009             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.400 | 2.004 | 0.009 |
| 1700 | 1.430 | 2.129 | 0.009 |
| 1800 | 1.500 | 2.254 | 0.010 |
| 1900 | 1.580 | 2.380 | 0.010 |
| 2000 | 1.640 | 2.505 | 0.011 |
| 2100 | 1.700 | 2.630 | 0.011 |
| 2139 | 2.000 | 2.679 | 0.013 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 86: Esfuerzo VS deformación de GF-05**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 111: Ensayo resistencia a flexión de GF – 06**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.98          | 52.95          | 52.93          | 52.95    | 2119      | 798.01                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.03          | 15.11          | 15.07          | 15.07    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.46          | 15.47          | 15.45          | 15.46    |           |                        |

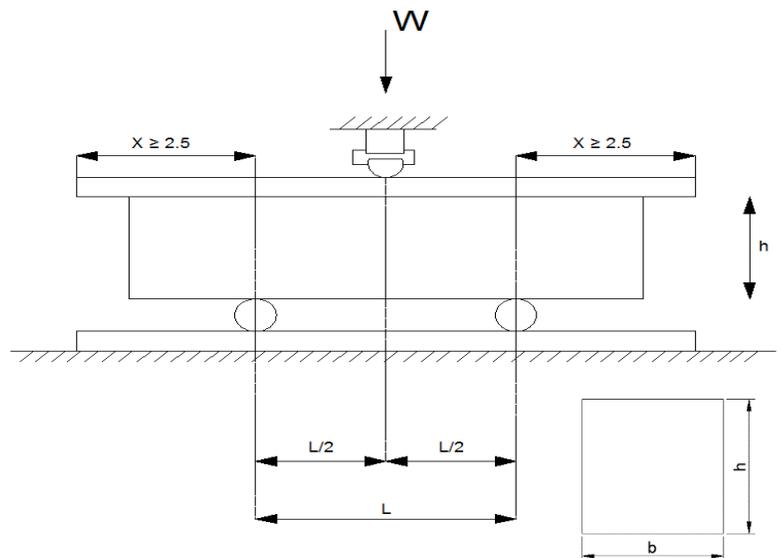
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2119       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 15.53" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 798.01     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.66       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.90      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 14 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.90 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2119 kg  
 Longitud (L) = 42.95 cm  
 Ancho (b) = 15.07 cm  
 Espesor (h) = 15.46 cm

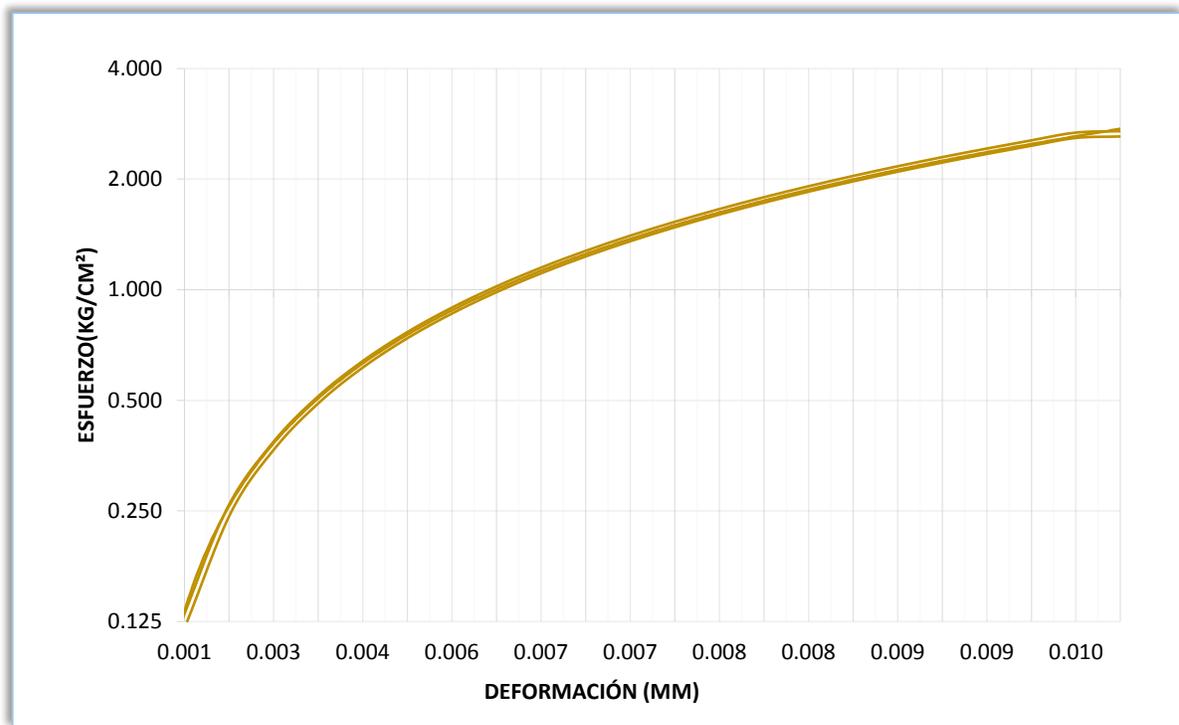


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.400            | 0.376                             | 0.003             |
| 400        | 0.500            | 0.501                             | 0.003             |
| 500        | 0.600            | 0.627                             | 0.004             |
| 600        | 0.800            | 0.752                             | 0.005             |
| 700        | 0.900            | 0.877                             | 0.006             |
| 800        | 1.000            | 1.002                             | 0.006             |
| 900        | 1.040            | 1.128                             | 0.007             |
| 1000       | 1.070            | 1.253                             | 0.007             |
| 1100       | 1.100            | 1.378                             | 0.007             |
| 1200       | 1.130            | 1.504                             | 0.007             |
| 1300       | 1.200            | 1.629                             | 0.008             |
| 1400       | 1.240            | 1.754                             | 0.008             |
| 1500       | 1.280            | 1.880                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.300 | 2.005 | 0.008 |
| 1700 | 1.370 | 2.130 | 0.009 |
| 1800 | 1.400 | 2.256 | 0.009 |
| 1900 | 1.430 | 2.381 | 0.009 |
| 2000 | 1.500 | 2.506 | 0.010 |
| 2100 | 1.600 | 2.632 | 0.010 |
| 2119 | 1.800 | 2.655 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 87: Esfuerzo VS deformación de GF-06**



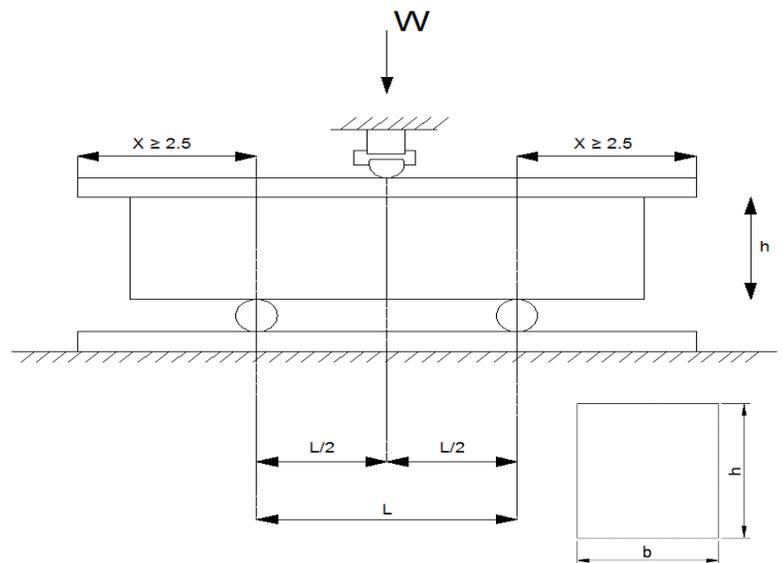
Fuente: Elaboración propia, 2015

### 5.3 Ensayos de resistencia a flexión a los 28 días

TABLA N° 112: Ensayo resistencia a flexión de VC – 07

|          | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| LONGITUD | 52.95          | 52.97          | 52.93          | 52.95    | 1549      | 799.37                 |
| ANCHO    | 15.11          | 15.14          | 15.04          | 15.10    |           |                        |
| PERALTE  | 15.35          | 15.27          | 15.28          | 15.30    |           |                        |

|  |            |
|--|------------|
| Carga Última (kg)=                       | 1549       |
| Tiempo (min)=                            | 01' 44.77" |
| Área (cm <sup>2</sup> )=                 | 799.37     |
| f'c (kg/cm <sup>2</sup> )=               | 1.94       |
| Módulo de rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )= | 28.24      |
| Edad curado=                             | 28 días    |



#### MÓDULO DE ROTURA

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

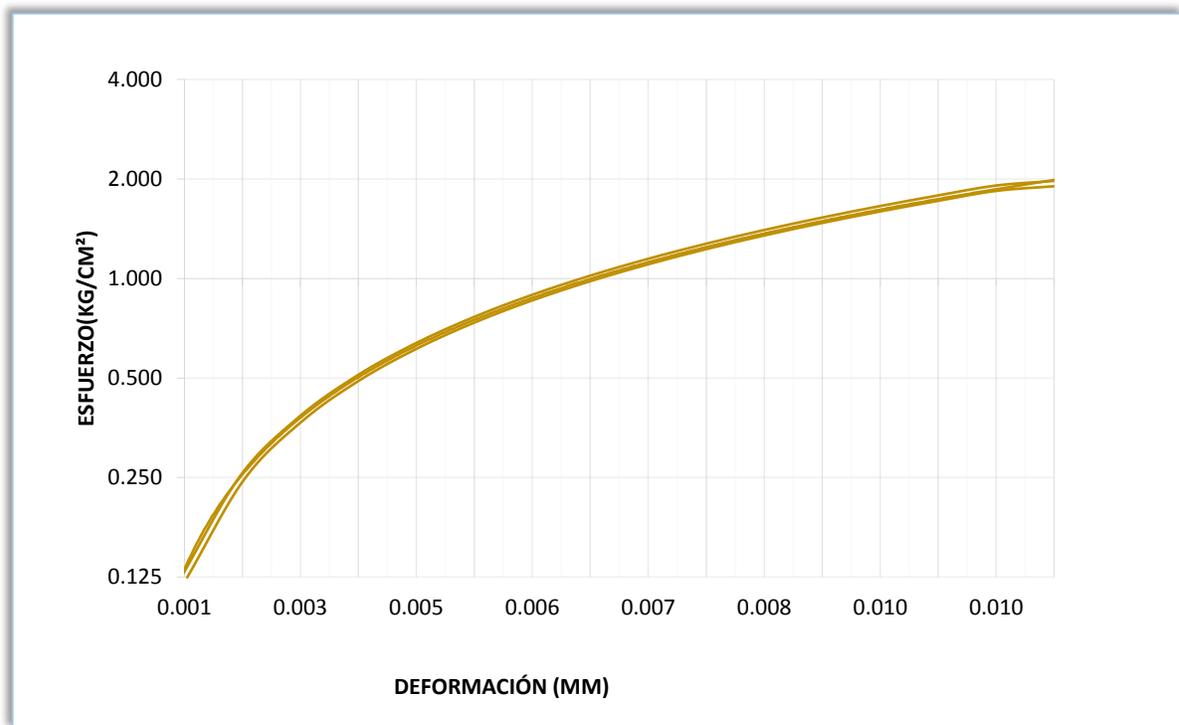
|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| Módulo rotura (R) = | 28.24 kg/cm <sup>2</sup> |
| Carga (W) =         | 1549 kg                  |
| Longitud (L) =      | 42.95 cm                 |
| Ancho (b) =         | 15.10 cm                 |
| Espesor (h) =       | 15.30 cm                 |

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.300            | 0.250                             | 0.002             |
| 300        | 0.500            | 0.375                             | 0.003             |
| 400        | 0.700            | 0.500                             | 0.005             |
| 500        | 0.800            | 0.625                             | 0.005             |
| 600        | 0.900            | 0.751                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.876                             | 0.006             |
| 800        | 1.100            | 1.001                             | 0.007             |
| 900        | 1.120            | 1.126                             | 0.007             |
| 1000       | 1.130            | 1.251                             | 0.007             |
| 1100       | 1.200            | 1.376                             | 0.008             |
| 1200       | 1.300            | 1.501                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1300 | 1.500 | 1.626 | 0.010 |
| 1400 | 1.530 | 1.751 | 0.010 |
| 1500 | 1.600 | 1.876 | 0.010 |
| 1549 | 1.700 | 1.938 | 0.011 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 88: Esfuerzo VS deformación de VC-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 113: Ensayo resistencia a flexión de VC – 08**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.92          | 52.95          | 52.97          | 52.95    | 1972      | 802.67                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.16          | 15.17          | 15.15          | 15.16    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.43          | 15.45          | 15.47          | 15.45    |           |                        |

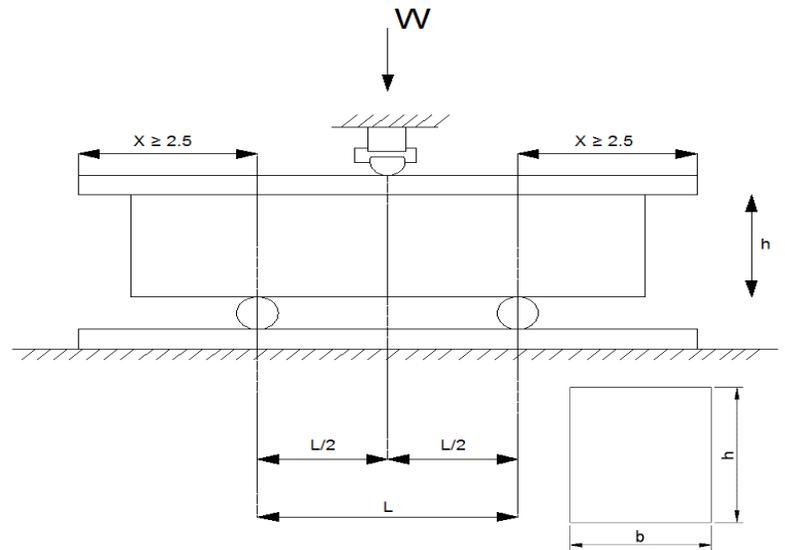
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1972       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 29.00" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 802.67     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.46       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 35.11      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 35.11 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1972 kg  
 Longitud (L) = 42.95 cm  
 Ancho (b) = 15.16 cm  
 Espesor (h) = 15.45 cm

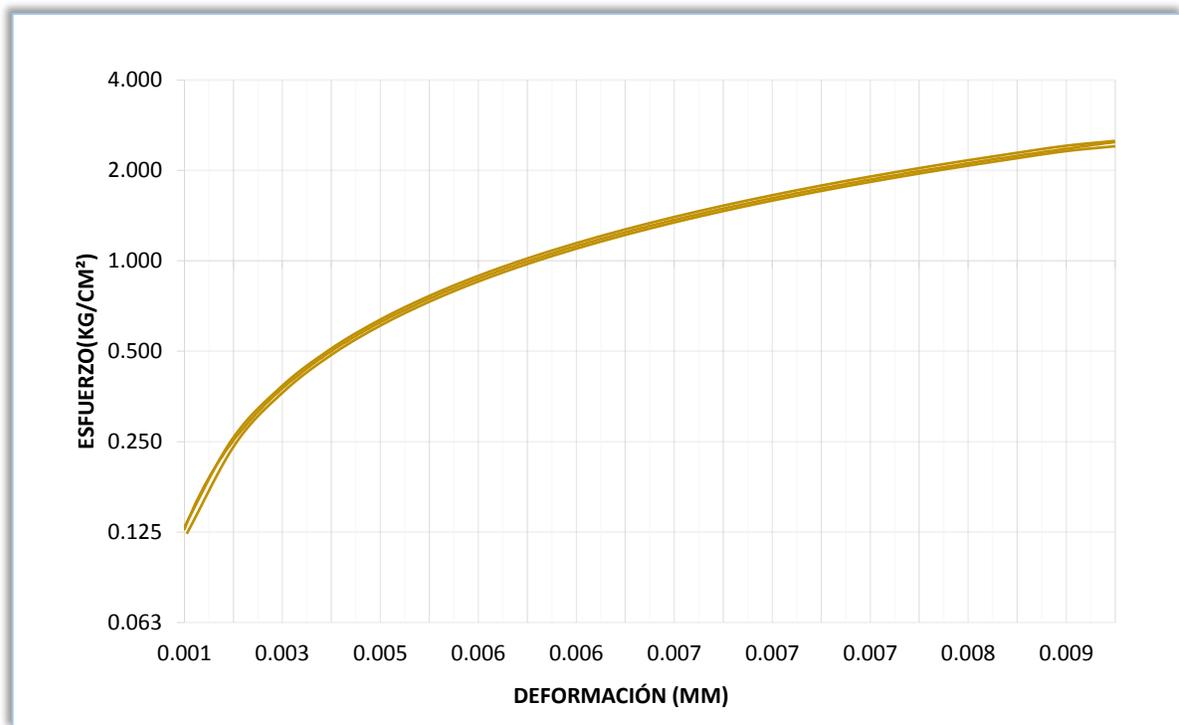


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.400            | 0.249                             | 0.003             |
| 300        | 0.500            | 0.374                             | 0.003             |
| 400        | 0.600            | 0.498                             | 0.004             |
| 500        | 0.700            | 0.623                             | 0.005             |
| 600        | 0.800            | 0.748                             | 0.005             |
| 700        | 0.900            | 0.872                             | 0.006             |
| 800        | 0.920            | 0.997                             | 0.006             |
| 900        | 0.950            | 1.121                             | 0.006             |
| 1000       | 1.000            | 1.246                             | 0.006             |
| 1100       | 1.020            | 1.370                             | 0.007             |
| 1200       | 1.070            | 1.495                             | 0.007             |
| 1300       | 1.100            | 1.620                             | 0.007             |
| 1400       | 1.130            | 1.744                             | 0.007             |
| 1500       | 1.150            | 1.869                             | 0.007             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.200 | 1.993 | 0.008 |
| 1700 | 1.230 | 2.118 | 0.008 |
| 1800 | 1.260 | 2.243 | 0.008 |
| 1900 | 1.400 | 2.367 | 0.009 |
| 1972 | 1.900 | 2.457 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 89: Esfuerzo VS deformación de VC-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 114: Ensayo resistencia a flexión de VC – 09**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.95          | 52.98          | 52.97    | 1836      | 795.03                 |
| <b>ANCHO</b>    | 14.89          | 15.05          | 15.09          | 15.01    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.49          | 15.45          | 15.47    |           |                        |

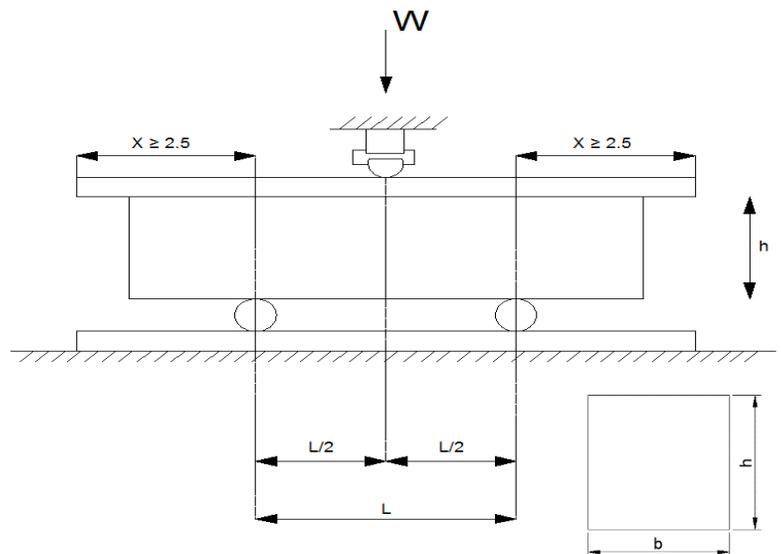
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1836       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 23.60" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 795.03     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.31       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 32.94      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 32.94 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1836 kg  
 Longitud (L) = 42.97 cm  
 Ancho (b) = 15.01 cm  
 Espesor (h) = 15.47 cm

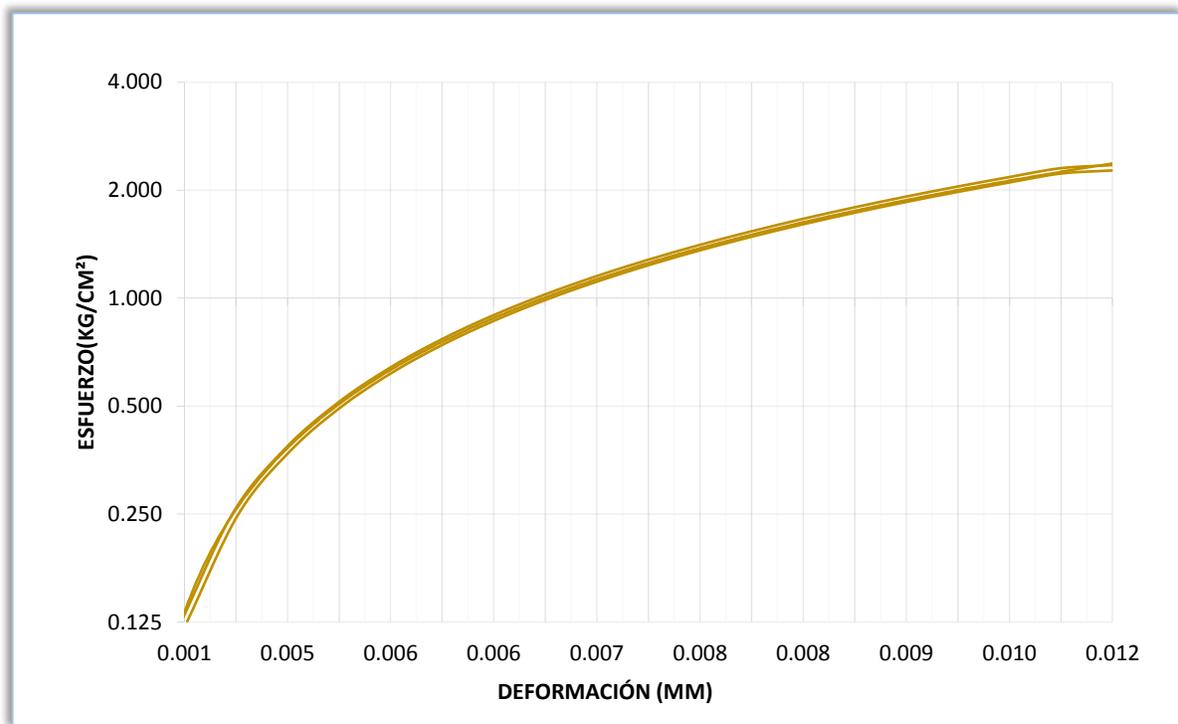


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.126                             | 0.001             |
| 200        | 0.500            | 0.252                             | 0.003             |
| 300        | 0.700            | 0.377                             | 0.005             |
| 400        | 0.800            | 0.503                             | 0.005             |
| 500        | 0.900            | 0.629                             | 0.006             |
| 600        | 0.950            | 0.755                             | 0.006             |
| 700        | 1.000            | 0.880                             | 0.006             |
| 800        | 1.100            | 1.006                             | 0.007             |
| 900        | 1.120            | 1.132                             | 0.007             |
| 1000       | 1.200            | 1.258                             | 0.008             |
| 1100       | 1.230            | 1.384                             | 0.008             |
| 1200       | 1.270            | 1.509                             | 0.008             |
| 1300       | 1.300            | 1.635                             | 0.008             |
| 1400       | 1.310            | 1.761                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.400 | 1.887 | 0.009 |
| 1600 | 1.450 | 2.013 | 0.009 |
| 1700 | 1.500 | 2.138 | 0.010 |
| 1800 | 1.520 | 2.264 | 0.010 |
| 1836 | 1.800 | 2.309 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 90: Esfuerzo VS deformación de VC-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 115: Ensayo resistencia a flexión de BF – 07**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.85          | 52.87          | 52.84          | 52.85    | 1967      | 802.49                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.18          | 15.16          | 15.21          | 15.18    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.45          | 15.43          | 15.43    |           |                        |

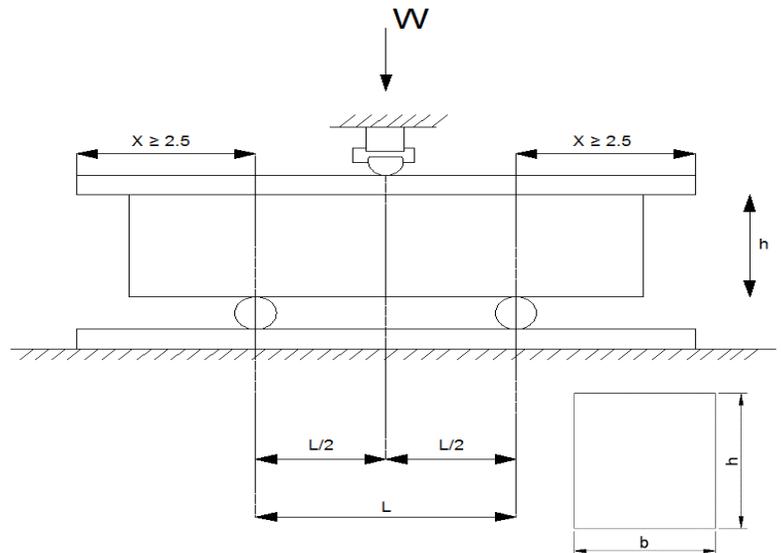
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 1967       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 37.19" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 802.49     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.45       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 34.98      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 34.98 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 1967 kg  
 Longitud (L) = 42.85 cm  
 Ancho (b) = 15.18 cm  
 Espesor (h) = 15.43 cm

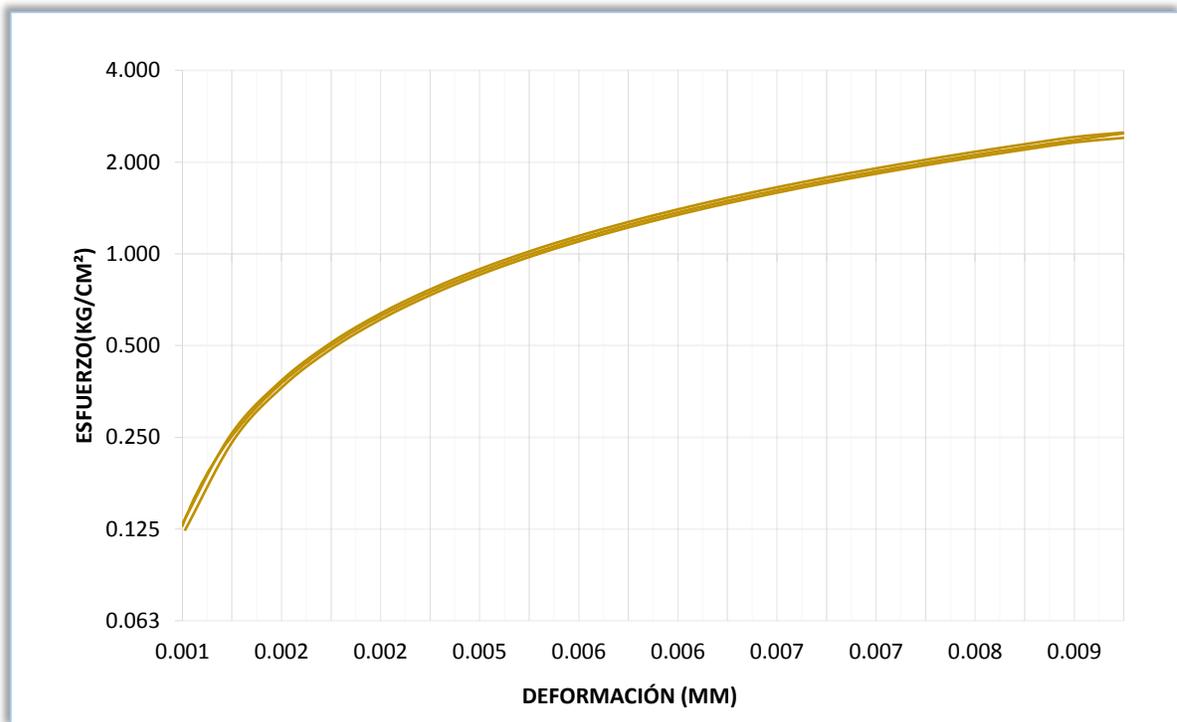


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.230            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.300            | 0.374                             | 0.002             |
| 400        | 0.303            | 0.498                             | 0.002             |
| 500        | 0.307            | 0.623                             | 0.002             |
| 600        | 0.500            | 0.748                             | 0.003             |
| 700        | 0.800            | 0.872                             | 0.005             |
| 800        | 0.850            | 0.997                             | 0.006             |
| 900        | 0.900            | 1.122                             | 0.006             |
| 1000       | 0.930            | 1.246                             | 0.006             |
| 1100       | 0.970            | 1.371                             | 0.006             |
| 1200       | 1.000            | 1.495                             | 0.006             |
| 1300       | 1.020            | 1.620                             | 0.007             |
| 1400       | 1.050            | 1.745                             | 0.007             |
| 1500       | 1.070            | 1.869                             | 0.007             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.100 | 1.994 | 0.007 |
| 1700 | 1.200 | 2.118 | 0.008 |
| 1800 | 1.270 | 2.243 | 0.008 |
| 1900 | 1.400 | 2.368 | 0.009 |
| 1967 | 1.900 | 2.451 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 91: Esfuerzo VS deformación de BF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 116: Ensayo resistencia a flexión de BF – 08**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.89          | 52.91          | 52.88          | 52.89    | 2121      | 797.46                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.05          | 15.12          | 15.06          | 15.08    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.48          | 15.47          | 15.47    |           |                        |

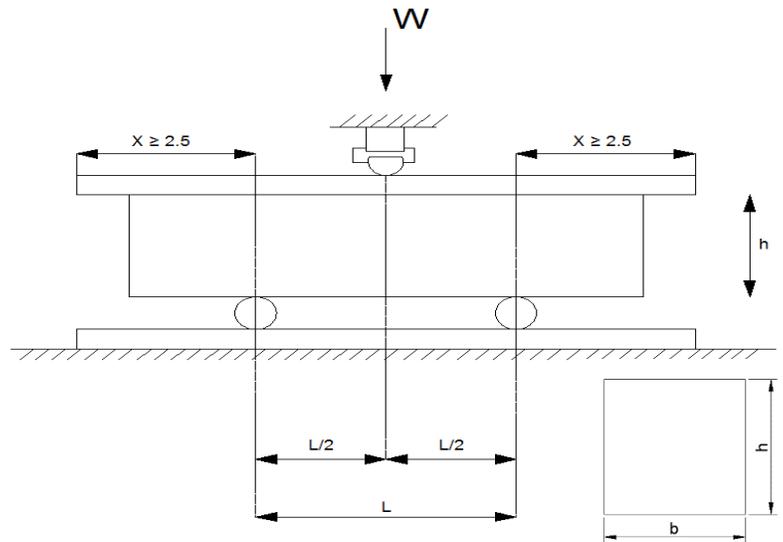
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2121       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 42.78" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 797.46     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.66       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.80      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.80 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2121 kg  
 Longitud (L) = 42.89 cm  
 Ancho (b) = 15.08 cm  
 Espesor (h) = 15.47 cm

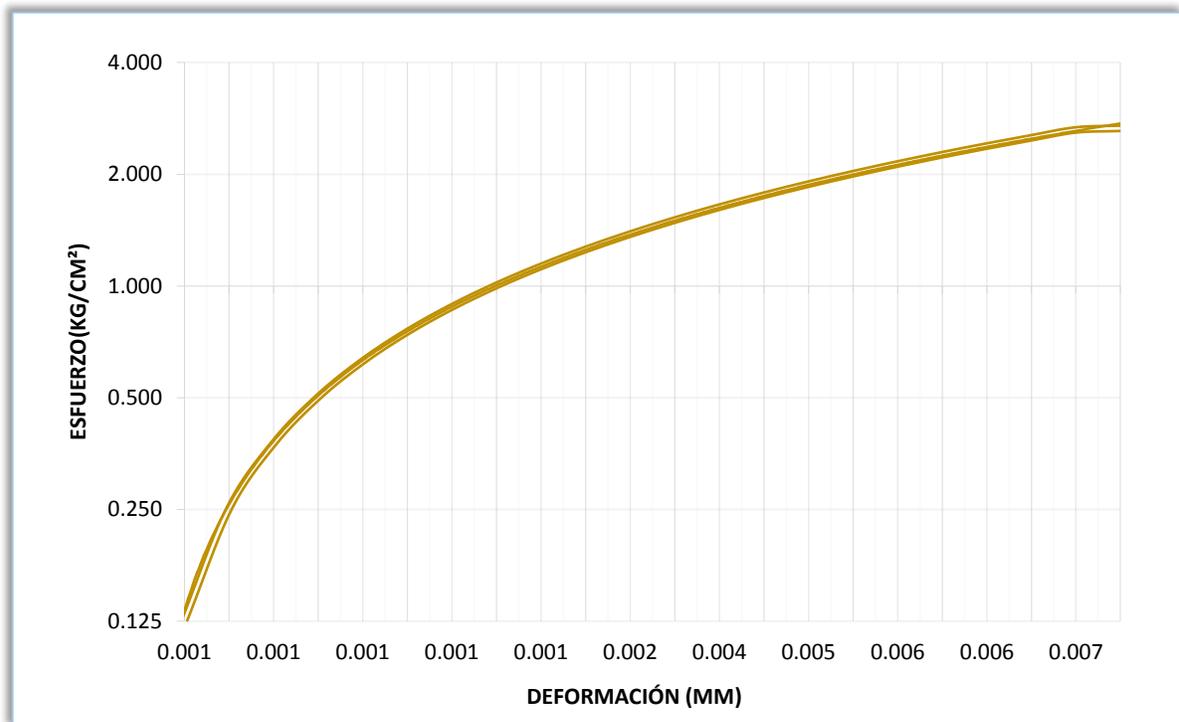


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.103            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.107            | 0.376                             | 0.001             |
| 400        | 0.120            | 0.502                             | 0.001             |
| 500        | 0.124            | 0.627                             | 0.001             |
| 600        | 0.130            | 0.752                             | 0.001             |
| 700        | 0.132            | 0.878                             | 0.001             |
| 800        | 0.136            | 1.003                             | 0.001             |
| 900        | 0.200            | 1.129                             | 0.001             |
| 1000       | 0.205            | 1.254                             | 0.001             |
| 1100       | 0.300            | 1.379                             | 0.002             |
| 1200       | 0.500            | 1.505                             | 0.003             |
| 1300       | 0.600            | 1.630                             | 0.004             |
| 1400       | 0.800            | 1.756                             | 0.005             |
| 1500       | 0.850            | 1.881                             | 0.005             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.900 | 2.006 | 0.006 |
| 1700 | 0.920 | 2.132 | 0.006 |
| 1800 | 0.970 | 2.257 | 0.006 |
| 1900 | 1.000 | 2.383 | 0.006 |
| 2000 | 1.100 | 2.508 | 0.007 |
| 2100 | 1.120 | 2.633 | 0.007 |
| 2121 | 1.300 | 2.660 | 0.008 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 92: Esfuerzo VS deformación de BF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 117: Ensayo resistencia a flexión de BF – 09**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.95          | 52.93          | 52.96          | 52.95    | 2115      | 803.02                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.18          | 15.17          | 15.15          | 15.17    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.48          | 15.45          | 15.47          | 15.47    |           |                        |

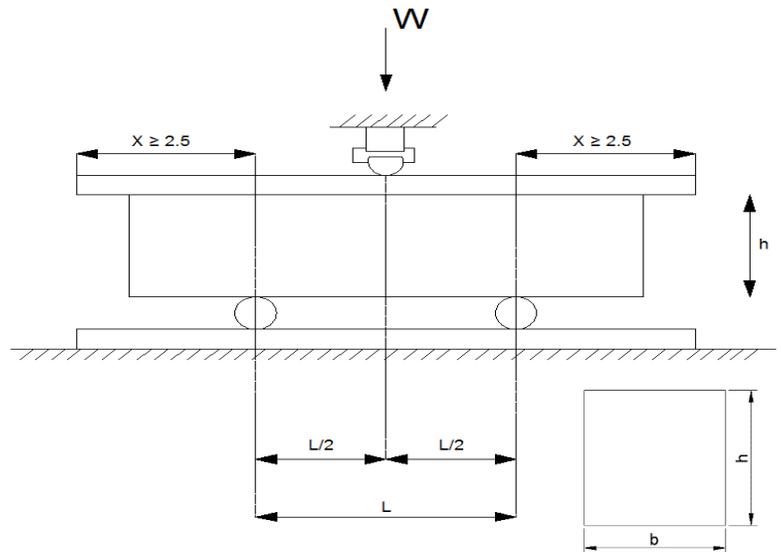
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2115       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 27.46" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 803.02     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.63       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.55      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.55 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2115 kg  
 Longitud (L) = 42.95 cm  
 Ancho (b) = 15.17 cm  
 Espesor (h) = 15.47 cm

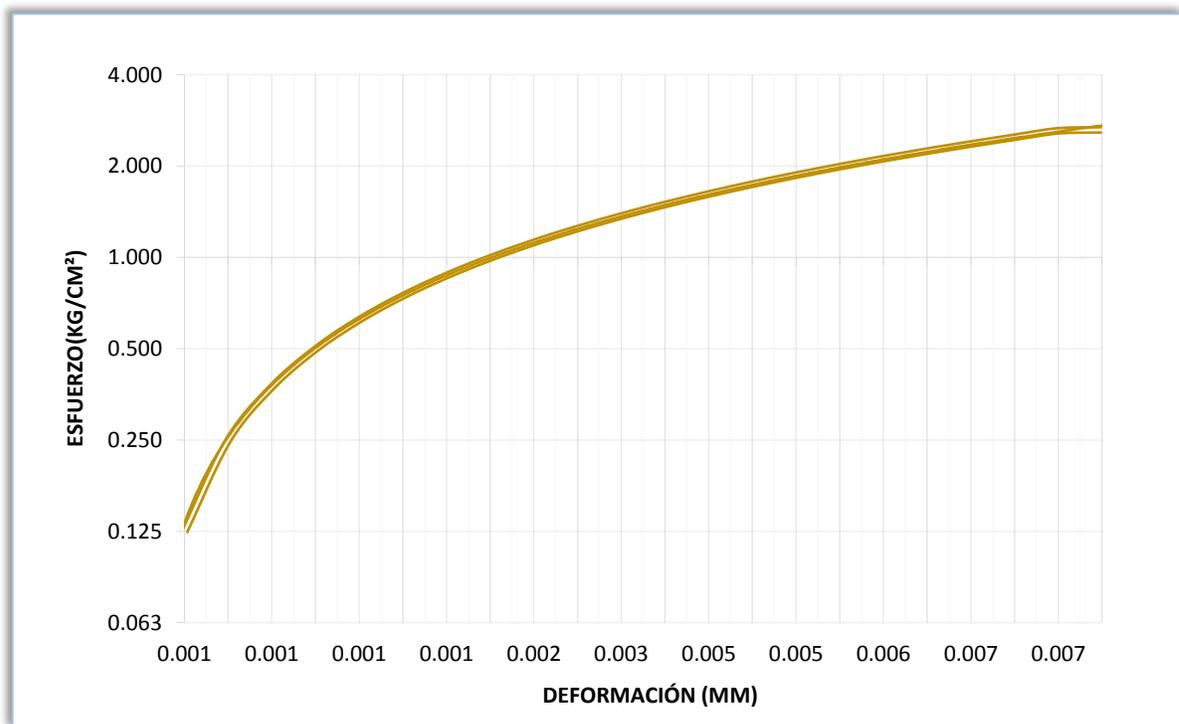


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.102            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.108            | 0.374                             | 0.001             |
| 400        | 0.120            | 0.498                             | 0.001             |
| 500        | 0.130            | 0.623                             | 0.001             |
| 600        | 0.150            | 0.747                             | 0.001             |
| 700        | 0.170            | 0.872                             | 0.001             |
| 800        | 0.200            | 0.996                             | 0.001             |
| 900        | 0.300            | 1.121                             | 0.002             |
| 1000       | 0.320            | 1.245                             | 0.002             |
| 1100       | 0.400            | 1.370                             | 0.003             |
| 1200       | 0.500            | 1.494                             | 0.003             |
| 1300       | 0.700            | 1.619                             | 0.005             |
| 1400       | 0.730            | 1.743                             | 0.005             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 0.800 | 1.868 | 0.005 |
| 1600 | 0.900 | 1.992 | 0.006 |
| 1700 | 0.950 | 2.117 | 0.006 |
| 1800 | 0.970 | 2.242 | 0.006 |
| 1900 | 1.020 | 2.366 | 0.007 |
| 2000 | 1.050 | 2.491 | 0.007 |
| 2100 | 1.070 | 2.615 | 0.007 |
| 2115 | 1.200 | 2.634 | 0.008 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 93: Esfuerzo VS deformación de BF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 118: Ensayo resistencia a flexión de CF – 07**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.95          | 52.99          | 52.97    | 2054      | 799.14                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.06          | 15.11          | 15.09          | 15.09    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.47          | 15.45          | 15.46          | 15.46    |           |                        |

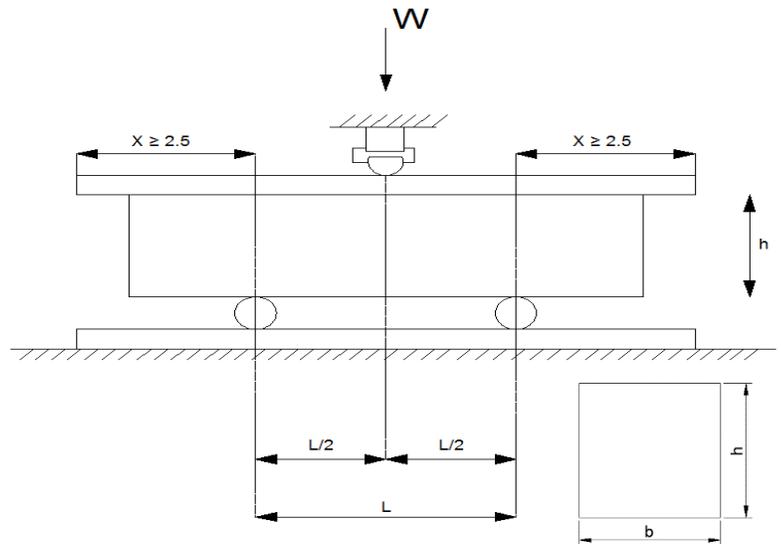
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2054       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 57.31" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 799.14     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.57       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 36.72      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 36.72 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2054 kg  
 Longitud (L) = 42.97 cm  
 Ancho (b) = 15.09 cm  
 Espesor (h) = 15.46 cm

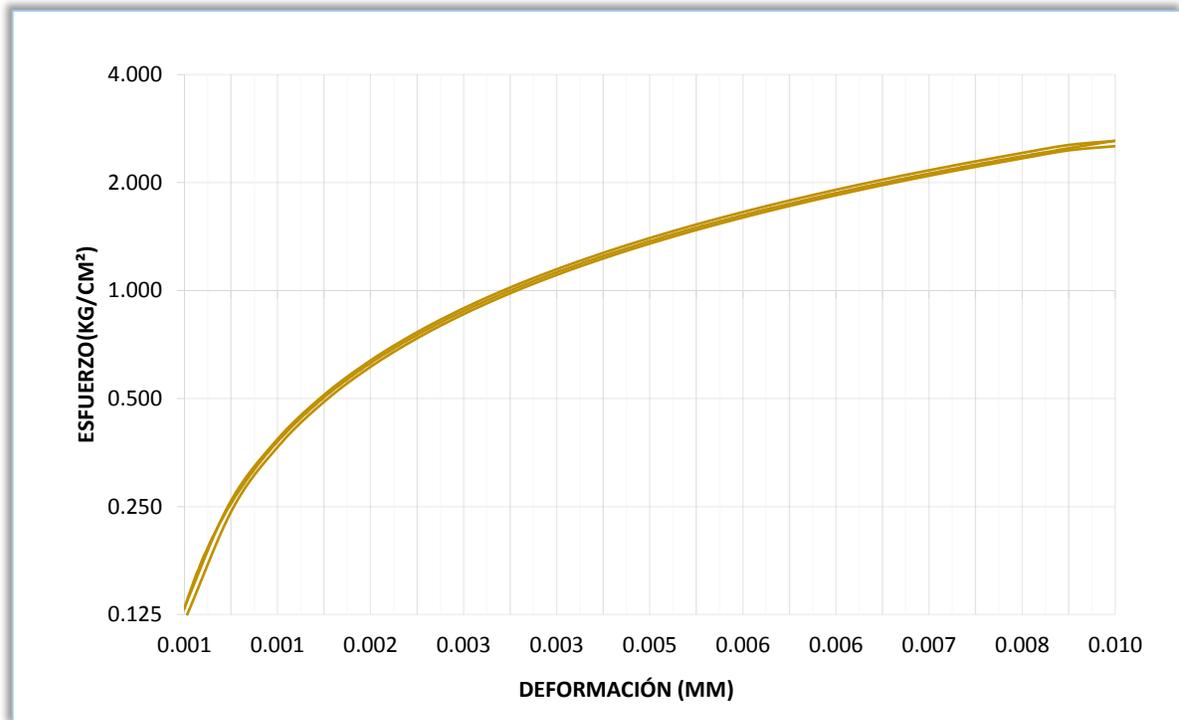


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.200            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.203            | 0.250                             | 0.001             |
| 300        | 0.207            | 0.375                             | 0.001             |
| 400        | 0.300            | 0.501                             | 0.002             |
| 500        | 0.306            | 0.626                             | 0.002             |
| 600        | 0.400            | 0.751                             | 0.003             |
| 700        | 0.402            | 0.876                             | 0.003             |
| 800        | 0.500            | 1.001                             | 0.003             |
| 900        | 0.505            | 1.126                             | 0.003             |
| 1000       | 0.600            | 1.251                             | 0.004             |
| 1100       | 0.700            | 1.376                             | 0.005             |
| 1200       | 0.800            | 1.502                             | 0.005             |
| 1300       | 0.900            | 1.627                             | 0.006             |
| 1400       | 0.903            | 1.752                             | 0.006             |
| 1500       | 0.907            | 1.877                             | 0.006             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.000 | 2.002 | 0.006 |
| 1700 | 1.030 | 2.127 | 0.007 |
| 1800 | 1.050 | 2.252 | 0.007 |
| 1900 | 1.200 | 2.378 | 0.008 |
| 2000 | 1.240 | 2.503 | 0.008 |
| 2054 | 1.600 | 2.570 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 94: Esfuerzo VS deformación de CF-07**

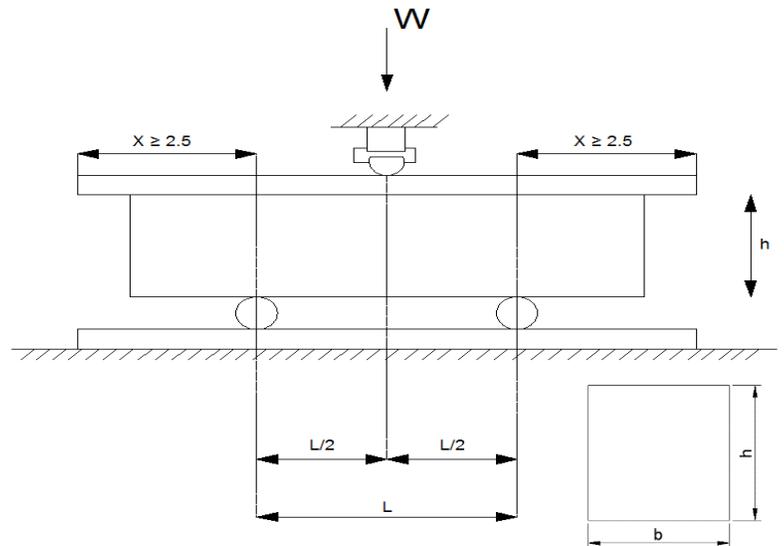


Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 119: Ensayo resistencia a flexión de CF – 08**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.89          | 52.91          | 52.91          | 52.90    | 2087      | 795.31                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.01          | 15.05          | 15.04          | 15.03    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.33          | 15.35          | 15.33          | 15.34    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2087       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 01.36" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 795.31     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.62       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.98      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |



**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.98 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2087 kg

Longitud (L) = 42.90 cm

Ancho (b) = 15.03 cm

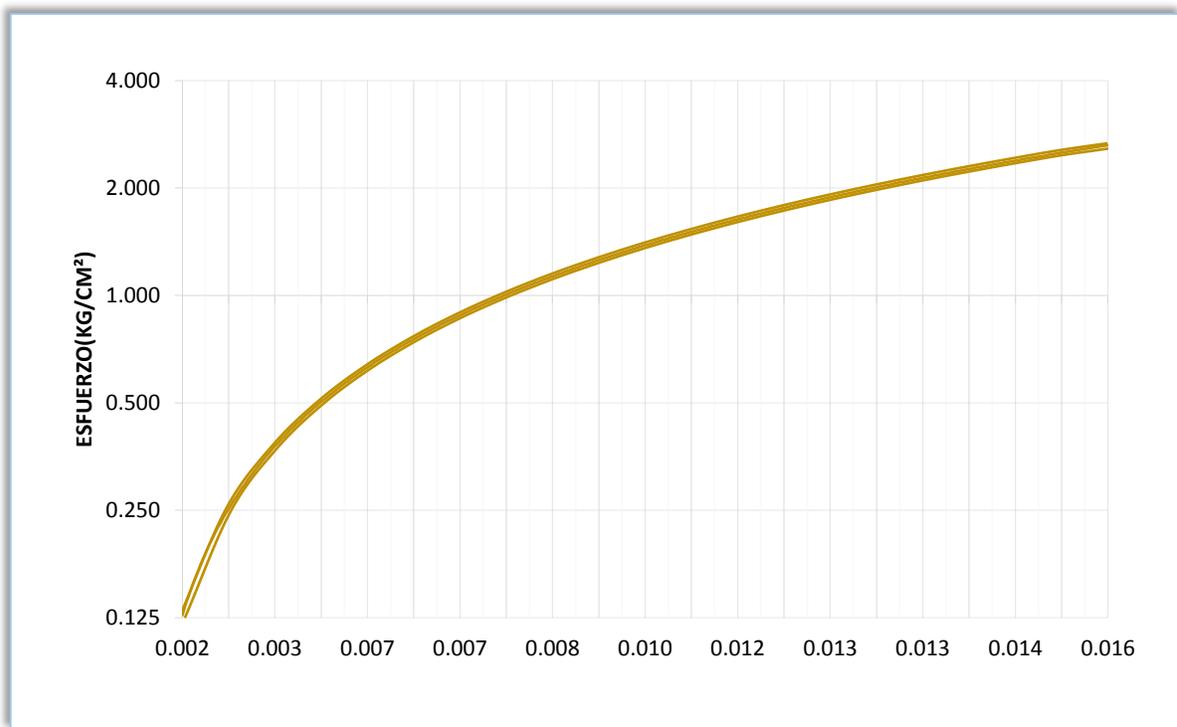
Espesor (h) = 15.34 cm

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.300            | 0.126                             | 0.002             |
| 200        | 0.400            | 0.251                             | 0.003             |
| 300        | 0.500            | 0.377                             | 0.003             |
| 400        | 0.900            | 0.503                             | 0.006             |
| 500        | 1.000            | 0.629                             | 0.007             |
| 600        | 1.020            | 0.754                             | 0.007             |
| 700        | 1.100            | 0.880                             | 0.007             |
| 800        | 1.200            | 1.006                             | 0.008             |
| 900        | 1.300            | 1.132                             | 0.008             |
| 1000       | 1.400            | 1.257                             | 0.009             |
| 1100       | 1.500            | 1.383                             | 0.010             |
| 1200       | 1.700            | 1.509                             | 0.011             |
| 1300       | 1.800            | 1.635                             | 0.012             |
| 1400       | 1.900            | 1.760                             | 0.012             |
| 1500       | 2.000            | 1.886                             | 0.013             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 2.020 | 2.012 | 0.013 |
| 1700 | 2.050 | 2.138 | 0.013 |
| 1800 | 2.100 | 2.263 | 0.014 |
| 1900 | 2.160 | 2.389 | 0.014 |
| 2000 | 2.200 | 2.515 | 0.014 |
| 2087 | 2.500 | 2.624 | 0.016 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 95: Esfuerzo VS deformación de CF-08**

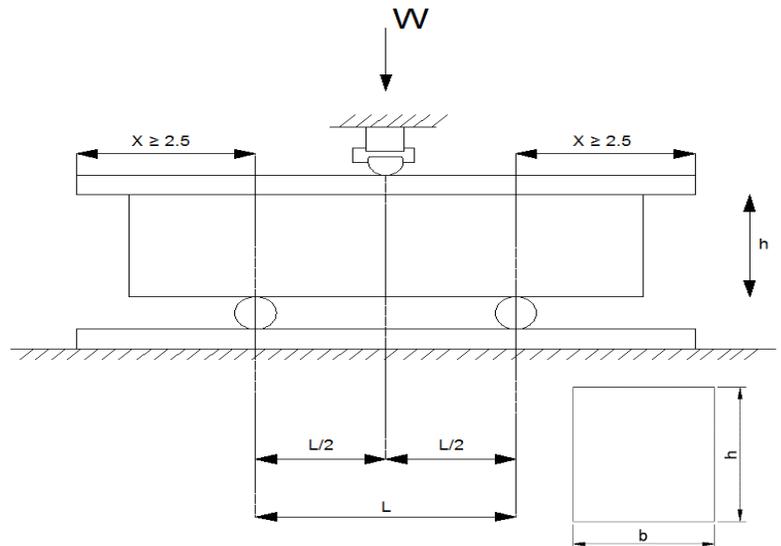


Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 120: Ensayo resistencia a flexión de CF – 09**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.95          | 52.91          | 52.93          | 52.93    | 2095      | 795.71                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.02          | 15.05          | 15.03          | 15.03    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.47          | 15.44          | 15.44    |           |                        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2095       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 17.86" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 795.71     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.63       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.64      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |



**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.64 kg/cm<sup>2</sup>**

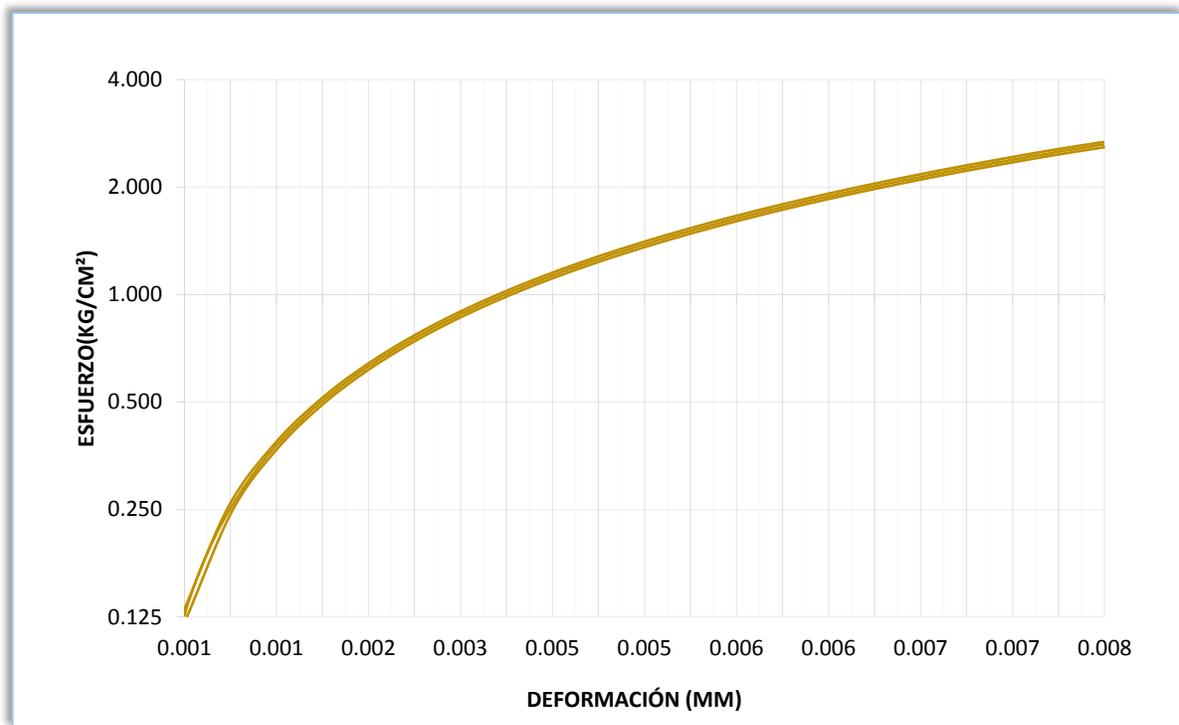
Carga (W) = 2095 kg  
 Longitud (L) = 42.93 cm  
 Ancho (b) = 15.03 cm  
 Espesor (h) = 15.44 cm

| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.126                             | 0.001             |
| 200        | 0.120            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.150            | 0.377                             | 0.001             |
| 400        | 0.200            | 0.503                             | 0.001             |
| 500        | 0.300            | 0.628                             | 0.002             |
| 600        | 0.400            | 0.754                             | 0.003             |
| 700        | 0.500            | 0.880                             | 0.003             |
| 800        | 0.560            | 1.005                             | 0.004             |
| 900        | 0.700            | 1.131                             | 0.005             |
| 1000       | 0.800            | 1.257                             | 0.005             |
| 1100       | 0.802            | 1.382                             | 0.005             |
| 1200       | 0.807            | 1.508                             | 0.005             |
| 1300       | 0.900            | 1.634                             | 0.006             |
| 1400       | 0.920            | 1.759                             | 0.006             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1500 | 1.000 | 1.885 | 0.006 |
| 1600 | 1.100 | 2.011 | 0.007 |
| 1700 | 1.12  | 2.136 | 0.007 |
| 1800 | 1.19  | 2.262 | 0.008 |
| 1900 | 1.120 | 2.388 | 0.007 |
| 2000 | 1.150 | 2.513 | 0.007 |
| 2095 | 1.200 | 2.633 | 0.008 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 96: Esfuerzo VS deformación de CF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 121: Ensayo resistencia a flexión de DF – 07**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.86          | 52.87          | 52.89          | 52.87    | 2170      | 802.09                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.15          | 15.17          | 15.17    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.43          | 15.44          | 15.43    |           |                        |

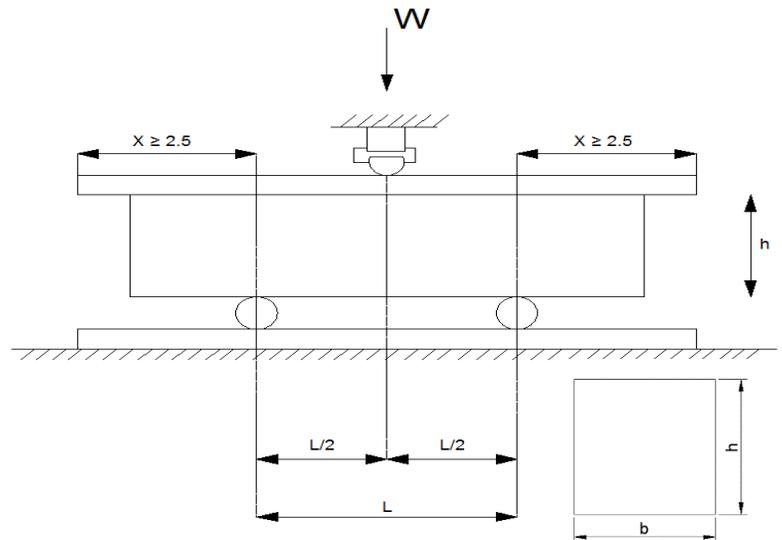
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2170       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 28.60" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 802.09     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.71       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 38.66      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 38.66 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2170 kg  
 Longitud (L) = 42.87 cm  
 Ancho (b) = 15.17 cm  
 Espesor (h) = 15.43 cm

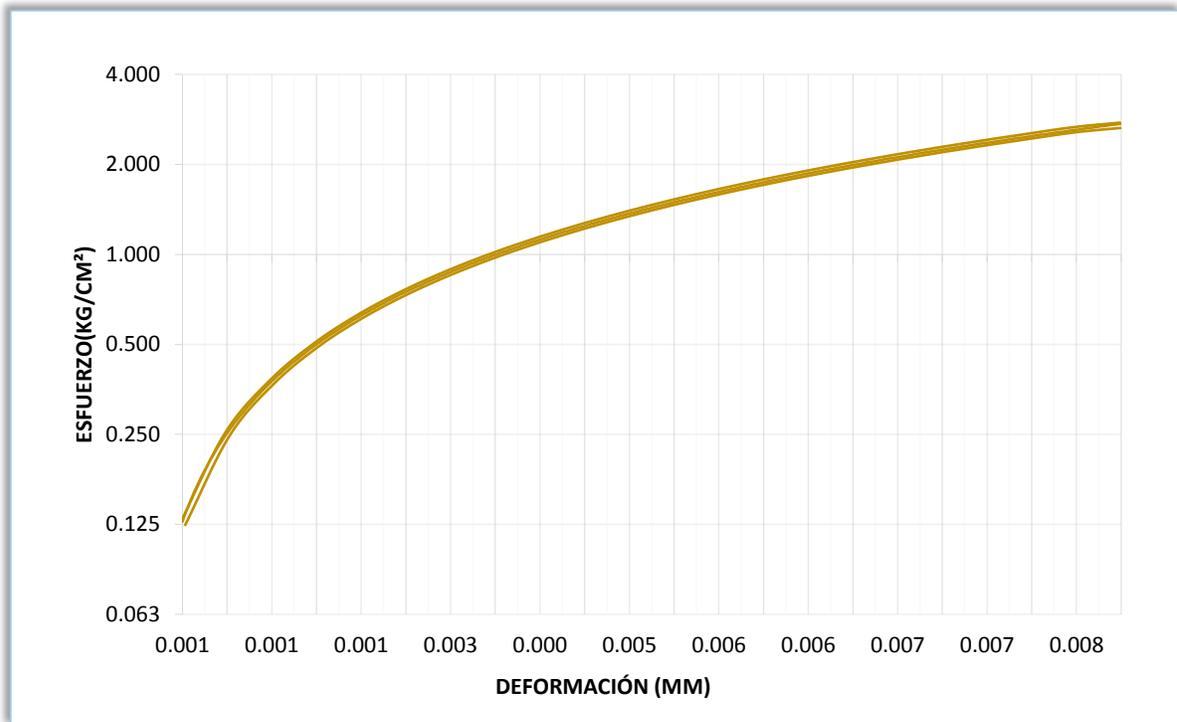


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.124            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.200            | 0.374                             | 0.001             |
| 400        | 0.202            | 0.499                             | 0.001             |
| 500        | 0.206            | 0.623                             | 0.001             |
| 600        | 0.209            | 0.748                             | 0.001             |
| 700        | 0.400            | 0.873                             | 0.003             |
| 800        | 0.500            | 0.997                             | 0.003             |
| 900        | 0.050            | 1.122                             | 0.000             |
| 1000       | 0.070            | 1.247                             | 0.000             |
| 1100       | 0.700            | 1.371                             | 0.005             |
| 1200       | 0.800            | 1.496                             | 0.005             |
| 1300       | 0.900            | 1.621                             | 0.006             |
| 1400       | 0.950            | 1.745                             | 0.006             |
| 1500       | 1.000            | 1.870                             | 0.006             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.030 | 1.995 | 0.007 |
| 1700 | 1.070 | 2.119 | 0.007 |
| 1800 | 1.100 | 2.244 | 0.007 |
| 1900 | 1.130 | 2.369 | 0.007 |
| 2000 | 1.150 | 2.493 | 0.007 |
| 2100 | 1.170 | 2.618 | 0.008 |
| 2170 | 1.300 | 2.705 | 0.008 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 97: Esfuerzo VS deformación de DF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 122: Ensayo resistencia a flexión de DF – 08**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.92          | 52.95          | 52.91          | 52.93    | 2137      | 801.66                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.15          | 15.14          | 15.15          | 15.15    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.37          | 15.35          | 15.38          | 15.37    |           |                        |

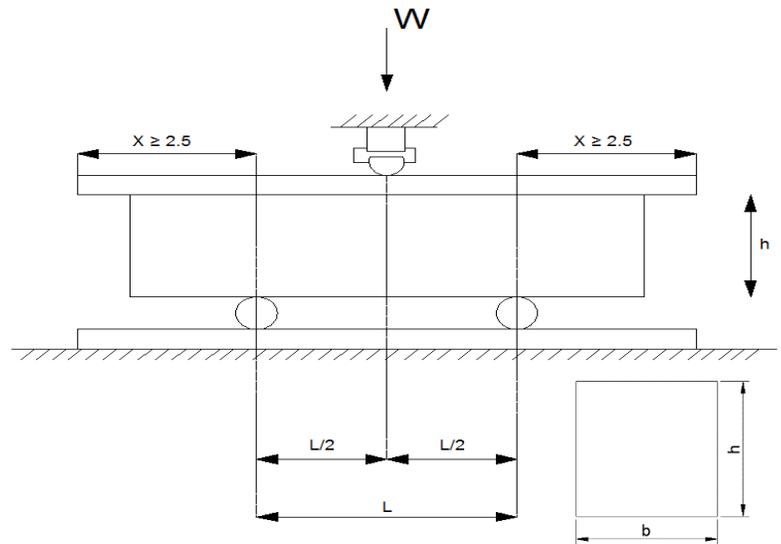
|   |             |
|---|-------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2137        |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 14.85'' |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 801.66      |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.67        |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 38.47       |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días     |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 38.47 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2137 kg  
 Longitud (L) = 42.93 cm  
 Ancho (b) = 15.15 cm  
 Espesor (h) = 15.37 cm

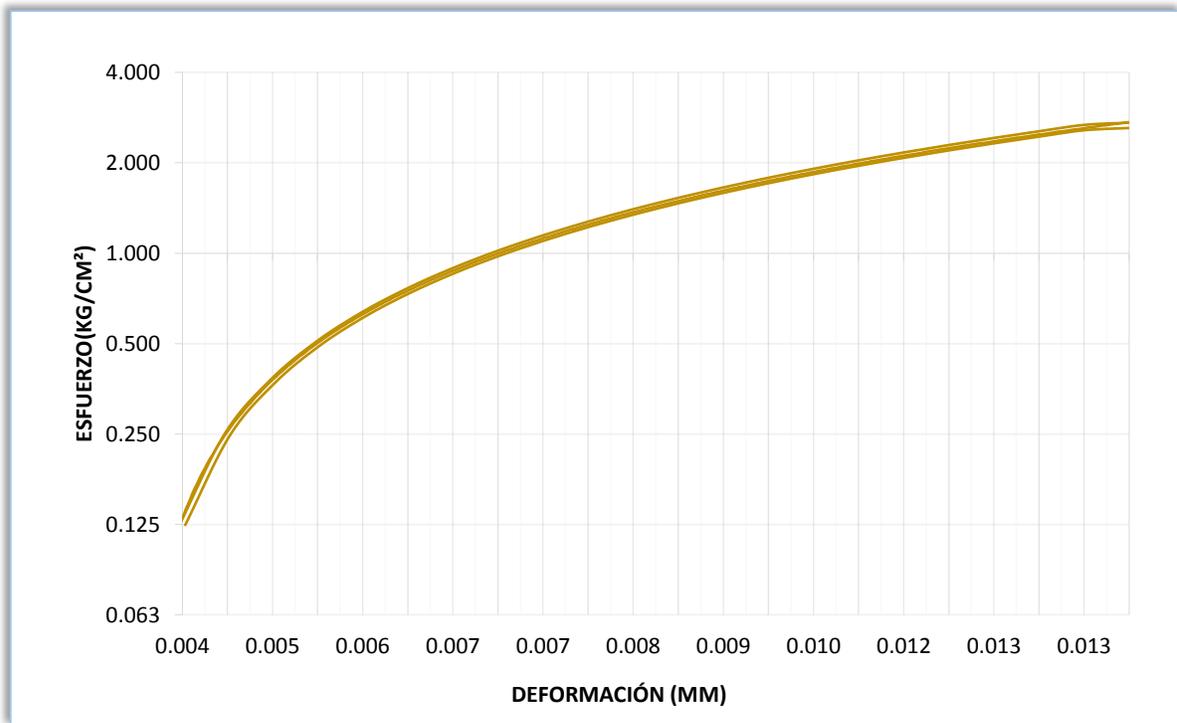


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.600            | 0.125                             | 0.004             |
| 200        | 0.620            | 0.249                             | 0.004             |
| 300        | 0.710            | 0.374                             | 0.005             |
| 400        | 0.800            | 0.499                             | 0.005             |
| 500        | 0.850            | 0.624                             | 0.006             |
| 600        | 0.900            | 0.748                             | 0.006             |
| 700        | 1.020            | 0.873                             | 0.007             |
| 800        | 1.050            | 0.998                             | 0.007             |
| 900        | 1.100            | 1.123                             | 0.007             |
| 1000       | 1.150            | 1.247                             | 0.007             |
| 1100       | 1.200            | 1.372                             | 0.008             |
| 1200       | 1.230            | 1.497                             | 0.008             |
| 1300       | 1.320            | 1.622                             | 0.009             |
| 1400       | 1.500            | 1.746                             | 0.010             |
| 1500       | 1.600            | 1.871                             | 0.010             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.700 | 1.996 | 0.011 |
| 1700 | 1.800 | 2.121 | 0.012 |
| 1800 | 1.900 | 2.245 | 0.012 |
| 1900 | 1.950 | 2.370 | 0.013 |
| 2000 | 1.970 | 2.495 | 0.013 |
| 2100 | 2.000 | 2.620 | 0.013 |
| 2137 | 2.100 | 2.666 | 0.014 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 98: Esfuerzo VS deformación de DF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 123: Ensayo resistencia a flexión de DF – 09**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.89          | 52.85          | 52.86          | 52.87    | 2119      | 803.04                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.17          | 15.19          | 15.21          | 15.19    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.42          | 15.4           | 15.39          | 15.40    |           |                        |

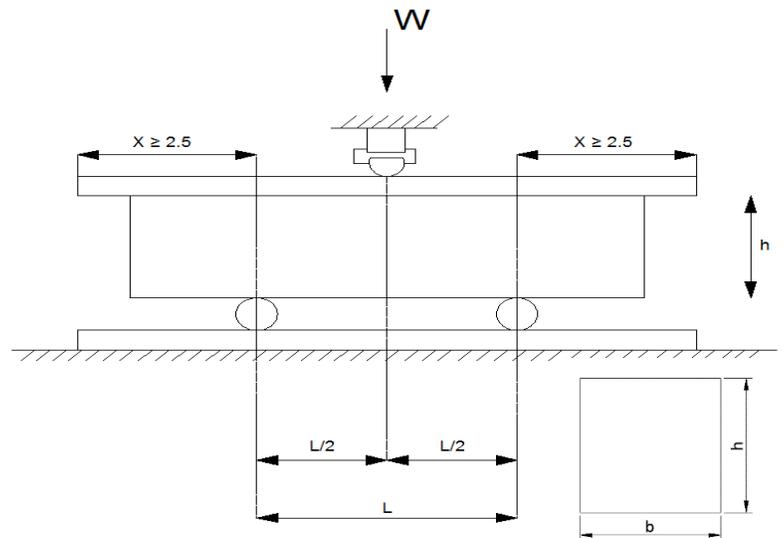
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2119       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 01' 00.74" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 803.04     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.64       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 37.81      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 37.81 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2119 kg  
 Longitud (L)= 42.87 cm  
 Ancho (b) = 15.19 cm  
 Espesor (h)= 15.40 cm

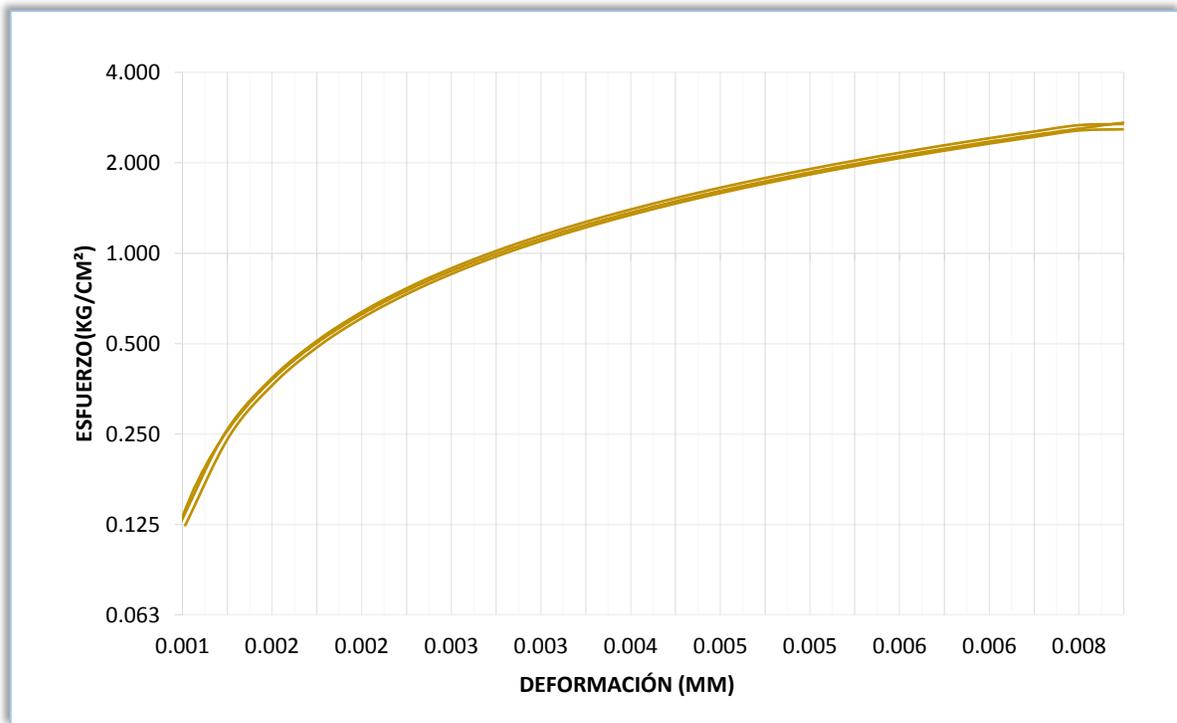


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.200            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.250            | 0.374                             | 0.002             |
| 400        | 0.300            | 0.498                             | 0.002             |
| 500        | 0.340            | 0.623                             | 0.002             |
| 600        | 0.370            | 0.747                             | 0.002             |
| 700        | 0.400            | 0.872                             | 0.003             |
| 800        | 0.470            | 0.996                             | 0.003             |
| 900        | 0.500            | 1.121                             | 0.003             |
| 1000       | 0.530            | 1.245                             | 0.003             |
| 1100       | 0.600            | 1.370                             | 0.004             |
| 1200       | 0.650            | 1.494                             | 0.004             |
| 1300       | 0.700            | 1.619                             | 0.005             |
| 1400       | 0.780            | 1.743                             | 0.005             |
| 1500       | 0.800            | 1.868                             | 0.005             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.830 | 1.992 | 0.005 |
| 1700 | 0.900 | 2.117 | 0.006 |
| 1800 | 0.920 | 2.241 | 0.006 |
| 1900 | 0.950 | 2.366 | 0.006 |
| 2000 | 1.200 | 2.491 | 0.008 |
| 2100 | 1.230 | 2.615 | 0.008 |
| 2119 | 1.500 | 2.639 | 0.010 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 99: Esfuerzo VS deformación de DF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 124: Ensayo resistencia a flexión de GF – 07**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.97          | 52.95          | 52.93          | 52.95    | 2289      | 797.96                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.05          | 15.09          | 15.07          | 15.07    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.44          | 15.41          | 15.42    |           |                        |

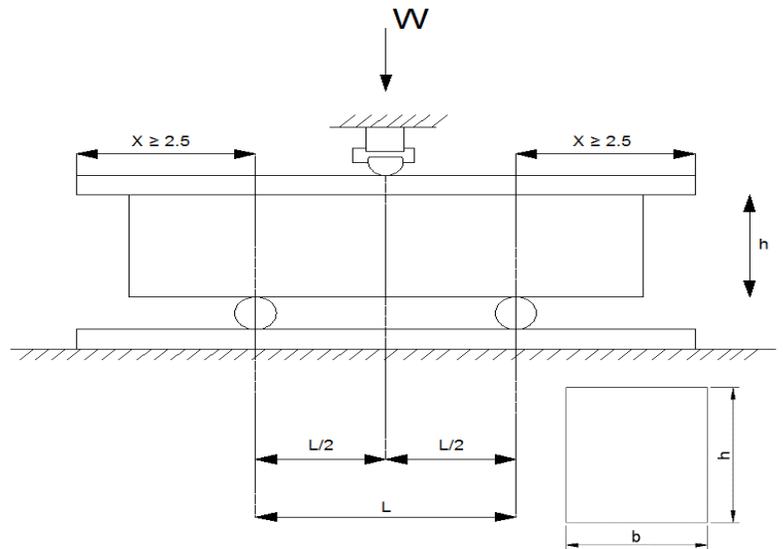
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2289       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 38.83" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 797.96     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.87       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 41.15      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 41.15 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2289 kg  
 Longitud (L) = 42.95 cm  
 Ancho (b) = 15.07 cm  
 Espesor (h) = 15.42 cm

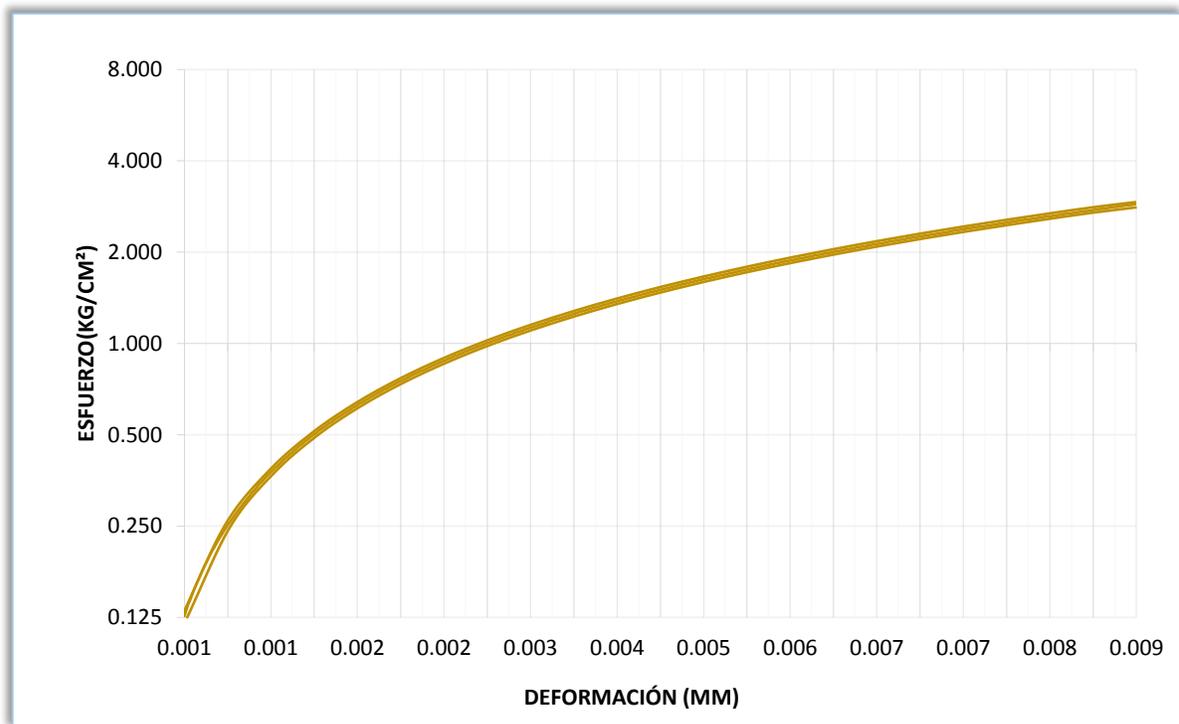


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.104            | 0.251                             | 0.001             |
| 300        | 0.107            | 0.376                             | 0.001             |
| 400        | 0.200            | 0.501                             | 0.001             |
| 500        | 0.280            | 0.627                             | 0.002             |
| 600        | 0.300            | 0.752                             | 0.002             |
| 700        | 0.304            | 0.877                             | 0.002             |
| 800        | 0.306            | 1.003                             | 0.002             |
| 900        | 0.500            | 1.128                             | 0.003             |
| 1000       | 0.600            | 1.253                             | 0.004             |
| 1100       | 0.605            | 1.379                             | 0.004             |
| 1200       | 0.700            | 1.504                             | 0.005             |
| 1300       | 0.800            | 1.629                             | 0.005             |
| 1400       | 0.900            | 1.754                             | 0.006             |
| 1500       | 1.000            | 1.880                             | 0.006             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.100 | 2.005 | 0.007 |
| 1700 | 1.120 | 2.130 | 0.007 |
| 1800 | 1.300 | 2.256 | 0.008 |
| 1900 | 1.150 | 2.381 | 0.007 |
| 2000 | 1.200 | 2.506 | 0.008 |
| 2100 | 1.260 | 2.632 | 0.008 |
| 2200 | 1.230 | 2.757 | 0.008 |
| 2289 | 1.400 | 2.869 | 0.009 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 100: Esfuerzo VS deformación de GF-07**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 125: Ensayo resistencia a flexión de GF – 08**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.87          | 52.84          | 52.85          | 52.85    | 2252      | 803.37                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.21          | 15.2           | 15.20    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.43          | 15.4           | 15.41    |           |                        |

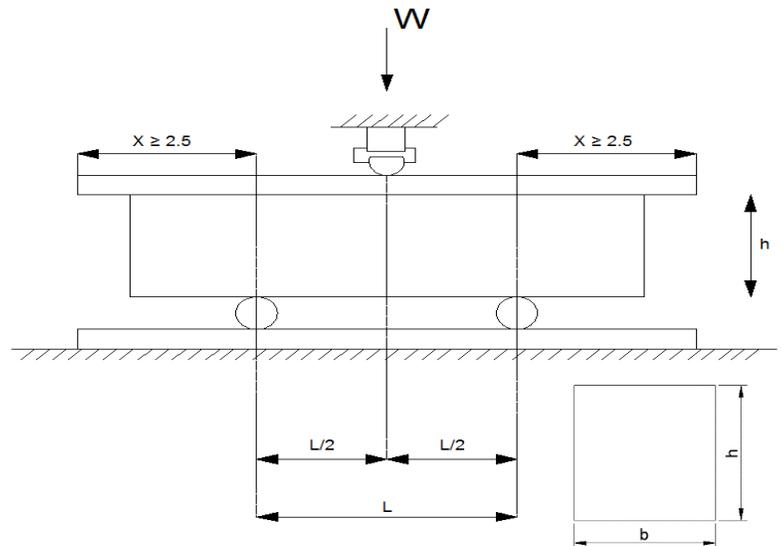
|   |            |
|---|------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2252       |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 41.17" |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 803.37     |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.80       |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 40.09      |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días    |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 40.09 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W) = 2252 kg  
 Longitud (L)= 42.85 cm  
 Ancho (b) = 15.20 cm  
 Espesor (h) = 15.41 cm

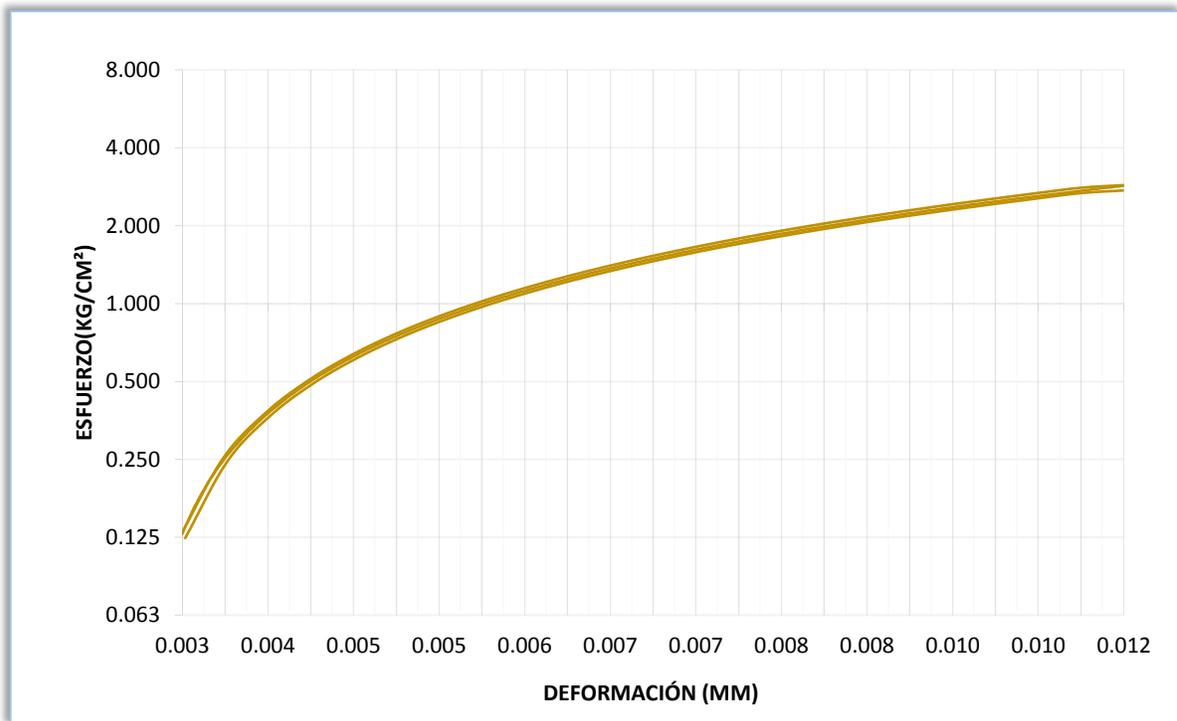


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (mm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.500            | 0.124                             | 0.003             |
| 200        | 0.530            | 0.249                             | 0.003             |
| 300        | 0.600            | 0.373                             | 0.004             |
| 400        | 0.700            | 0.498                             | 0.005             |
| 500        | 0.770            | 0.622                             | 0.005             |
| 600        | 0.800            | 0.747                             | 0.005             |
| 700        | 0.830            | 0.871                             | 0.005             |
| 800        | 0.900            | 0.996                             | 0.006             |
| 900        | 1.000            | 1.120                             | 0.006             |
| 1000       | 1.030            | 1.245                             | 0.007             |
| 1100       | 1.100            | 1.369                             | 0.007             |
| 1200       | 1.104            | 1.494                             | 0.007             |
| 1300       | 1.130            | 1.618                             | 0.007             |
| 1400       | 1.150            | 1.743                             | 0.007             |
| 1500       | 1.200            | 1.867                             | 0.008             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 1.28  | 1.992 | 0.008 |
| 1700 | 1.300 | 2.116 | 0.008 |
| 1800 | 1.400 | 2.241 | 0.009 |
| 1900 | 1.500 | 2.365 | 0.010 |
| 2000 | 1.520 | 2.490 | 0.010 |
| 2100 | 1.550 | 2.614 | 0.010 |
| 2200 | 1.600 | 2.738 | 0.010 |
| 2252 | 1.900 | 2.803 | 0.012 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 101: Esfuerzo VS deformación de GF-08**



Fuente: Elaboración propia, 2015

**TABLA N° 126: Ensayo resistencia a flexión de GF – 09**

|                 | 1° MEDIDA (cm) | 2° MEDIDA (cm) | 3° MEDIDA (cm) | PROMEDIO | CARGA(KG) | ÁREA(cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-----------|------------------------|
| <b>LONGITUD</b> | 52.87          | 52.85          | 52.86          | 52.86    | 2278      | 801.89                 |
| <b>ANCHO</b>    | 15.19          | 15.15          | 15.17          | 15.17    |           |                        |
| <b>PERALTE</b>  | 15.41          | 15.43          | 15.4           | 15.41    |           |                        |

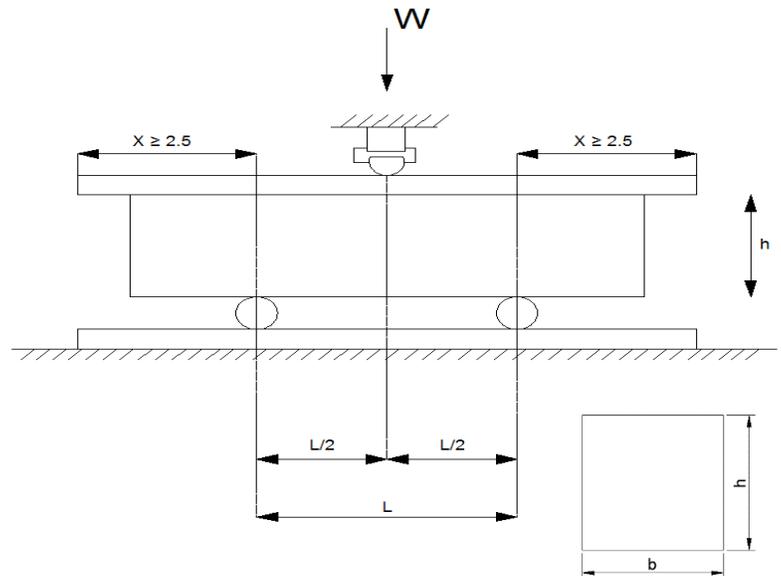
|   |             |
|---|-------------|
| <b>Carga Última (kg)=</b>                     | 2278        |
| <b>Tiempo (min)=</b>                          | 02' 50.30'' |
| <b>Área (cm<sup>2</sup>)=</b>                 | 801.89      |
| <b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)=</b>               | 2.84        |
| <b>Módulo de rotura (kgf/cm<sup>2</sup>)=</b> | 40.64       |
| <b>Edad curado=</b>                           | 28 días     |

**MÓDULO DE ROTURA**

$$R = \left[ \frac{3 * W * L}{2 * b * h^2} \right]$$

**Módulo rotura (R) = 40.64 kg/cm<sup>2</sup>**

Carga (W)= 2278 kg  
 Longitud (L) = 42.86 cm  
 Ancho (b) = 15.17 cm  
 Espesor (h) = 15.41 cm

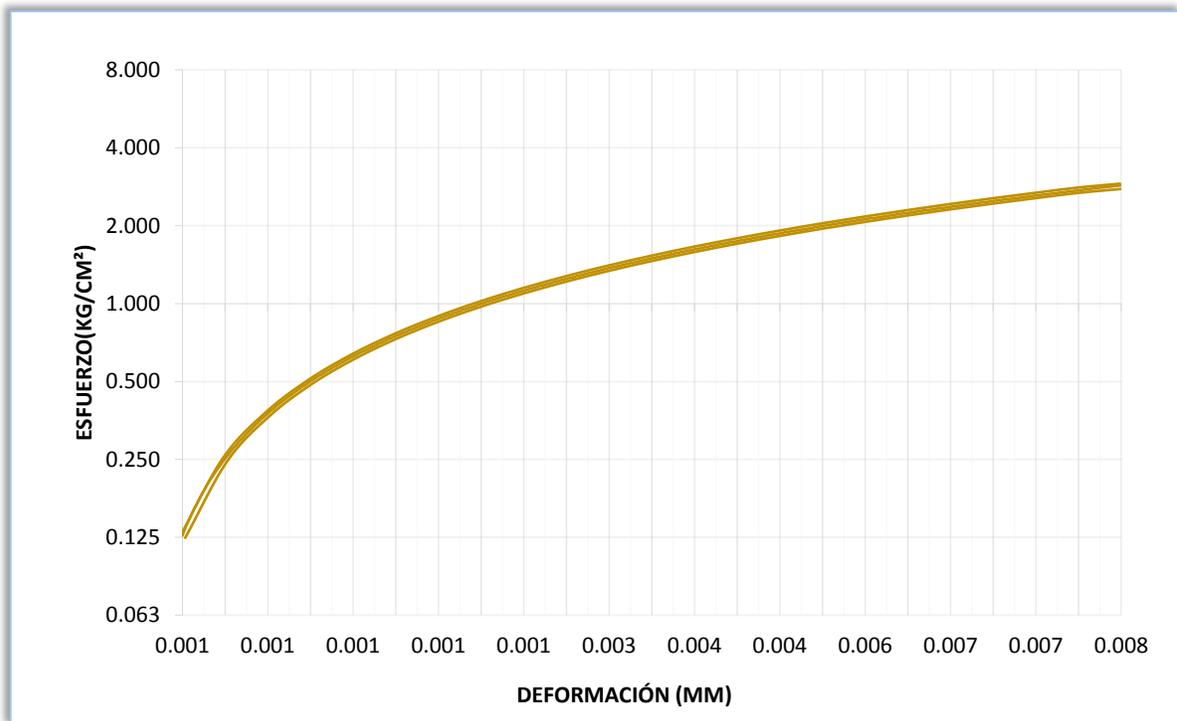


| CARGA (Kg) | DEFORMACIÓN (cm) | $\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> )C/A | $\epsilon_u$ (mm) |
|------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 100        | 0.100            | 0.125                             | 0.001             |
| 200        | 0.103            | 0.249                             | 0.001             |
| 300        | 0.109            | 0.374                             | 0.001             |
| 400        | 0.110            | 0.499                             | 0.001             |
| 500        | 0.117            | 0.624                             | 0.001             |
| 600        | 0.130            | 0.748                             | 0.001             |
| 700        | 0.136            | 0.873                             | 0.001             |
| 800        | 0.150            | 0.998                             | 0.001             |
| 900        | 0.200            | 1.122                             | 0.001             |
| 1000       | 0.300            | 1.247                             | 0.002             |
| 1100       | 0.400            | 1.372                             | 0.003             |
| 1200       | 0.500            | 1.496                             | 0.003             |
| 1300       | 0.570            | 1.621                             | 0.004             |
| 1400       | 0.600            | 1.746                             | 0.004             |
| 1500       | 0.630            | 1.871                             | 0.004             |

|      |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|
| 1600 | 0.800 | 1.995 | 0.005 |
| 1700 | 0.950 | 2.120 | 0.006 |
| 1800 | 1.000 | 2.245 | 0.006 |
| 1900 | 1.030 | 2.369 | 0.007 |
| 2000 | 1.050 | 2.494 | 0.007 |
| 2100 | 1.100 | 2.619 | 0.007 |
| 2200 | 1.140 | 2.744 | 0.007 |
| 2278 | 1.300 | 2.841 | 0.008 |

Fuente: Elaboración propia, 2015

**GRÁFICO N° 102: Esfuerzo VS deformación de GF-09**



Fuente: Elaboración propia, 2015

## **ANEXO N° 6: PANEL FOTOGRÁFICO**

**FOTO N° 1:** Secado de material a temperatura ambiente.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 2:** Peso de material húmedo para ensayo de contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 3:** Colocación de material húmedo en estufa por 24 hrs.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 4:** Tamizado de agregado grueso por las mallas estándar.



Fuente: elaboración propia, 2015.

**FOTO N° 5:** Ensayo Peso Unitario Compactado del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 6:** Colocación de material a la Máquina de los ángeles para ensayo de abrasión.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 7:** Tamizado de material después de 500 revoluciones en la máquina de los ángeles por la malla N°12



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 8:** Lavado de agregado para ensayo que pasa por tamiz #200.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 9:** Peso sumergido de la canastilla y el agregado



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 10:** Determinación de SSS del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 11:** Ensayo peso específico del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 12:** Lavado de coco para extracción de fibra.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 13:** Extracción de fibra de coco en laboratorio de UPN.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 14:** Fibra de coco extraída.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 15:** Ensayo de asentamiento del concreto fresco.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 16:** Ensayo de peso unitario del concreto fresco.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 17:** Elaboración de probetas cilíndricas.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 18:** Ensayo de asentamiento de concreto para vigas.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 19:** Ensayo de temperatura de la mezcla del concreto.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 20:** Ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas a los 07 días.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 21:** Elaboración de mezcla de concreto para vigas.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 22:** Ensayo de asentamiento del concreto fresco para vigas.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 23:** Elaboración de vigas en moldes de triplay.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 24:** Ensayo de contenido de aire en mezcla de concreto por el método de presión



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 25:** Viga de concreto a ser ensayada.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 26:** Medición de deformación de viga con nivel de ingeniero.



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 27:** Ensayo de resistencia a compresión de probetas a los 14 días



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 28:** Ensayo de resistencia a flexión de vigas



Fuente: Elaboración propia, 2015

**FOTO N° 29:** Ensayo a compresión de probetas de concreto junto al Ing. Miguel  
Mosqueira



Fuente: Elaboración propia, 2015

## **ANEXO N° 7: PLANOS**

## **ANEXO N° 8: FORMATOS**