

**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE
REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO.**



Geot. JUAN CARLOS PAZ ECHAVARRÍA COD.: 100411010334
Geot. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR COD.: 100411023997

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2015**

**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE
REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO.**



**Geot. JUAN CARLOS PAZ ECHAVARRÍA COD.: 100411010334
Geot. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR COD.: 100411023997**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil, en la modalidad de investigación.**

**Director
Ing. ROGER ORTEGA CARABALLO**

**Codirector
Ing. GERARDO RIVERA LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2015**

Nota de aceptación:

Los directores y los jurados han leído
el presente documento, escucharon
la sustentación del mismo por sus
autores y lo encuentran satisfactorio.

Firma de jurado

Firma de jurado

Director

Codirector

Popayán, _____ 2015

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por brindarnos su apoyo y preocupación para que pudiéramos lograr un escalón más en nuestra preparación como Ingenieros civiles.

Al director del proyecto, Ingeniero Roger Ortega Caraballo y Codirector, Ingeniero Gerardo Rivera López, quienes nos impulsaron con nuestra propuesta y nos dieron la oportunidad de extender nuestros conocimientos por medio del desarrollo de éste proyecto.

A la Universidad del Cauca por brindarnos un mundo de conocimientos y experiencias enriquecedoras para nuestra vida profesional como Ingenieros civiles y por poner a nuestra disposición personal, instalaciones y equipo para el buen desarrollo de este proyecto.

A los docentes de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca por ofrecer sus conocimientos y experiencias con el fin de instruir a tantos estudiantes para que se conviertan excelentes profesionales en una rama tan importante como la Ingeniería Civil.

Al técnico de laboratorio de Estructuras, Alfonso Anaya, por su paciencia y colaboración con todas las actividades que implicaron su intervención durante el desarrollo del proyecto.

A la Firma SIKA de Colombia por brindarnos su apoyo con la contribución de dos de los materiales usados en la ejecución del proyecto, Fibra metálica de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB y aditivo plastificante SIKA VISCOCRETE 2100.

CONTENIDO

ÍNDICE	pág.
Resumen	12
Introducción.....	13
Información general.....	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1. Objetivo General.....	15
1.2. Objetivos Específicos.....	15
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
3. MARCO DE REFERENCIA.....	17
3.1. Antecedentes.....	17
3.2. Estado del arte.....	18
4. METODOLOGÍA.....	23
4.1. Investigación.....	23
4.2. Tipo de estudio.....	23
4.3. Fases.....	23
4.3.1. Equipos.....	23
4.3.2. Fase uno – Diseño de concreto, probetas y pruebas preliminares	24
4.3.2.1. Diseño de concreto lanzado.....	24
4.3.2.2. Calculo del diseño del concreto, realización de la mezcla y toma de las probetas.....	27
4.3.3. Fase dos – Construcción de las probetas o vigas.....	31
4.3.3.1. Descripción de mezclas a realizar.....	31
4.3.3.2. Preparación de la mezcla No. 1. 0 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico.....	35

4.3.3.3. Preparación de la mezcla No. 2, No.3 y No, 4. 20, 30 y 40 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico respectivamente.....	37
4.3.3.4. Preparación de mezcla con 30 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico para realización de vigas para pruebas preliminares	40
4.3.3.5. Preparación de la mezcla No. 5 y No, 6 con 55 y 70 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico respectivamente.....	40
4.3.4. Fase tres – Ejecución de ensayos.....	41
4.3.4.1. Calibración de velocidad de carga de ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto en Prensa de compresión de cilindros de concreto.....	41
4.3.4.2. Resistencia a la compresión de los cilindros de concreto.....	42
4.3.4.3. Prueba de montaje de equipo, dispositivos de medición y adquisición de datos.....	44
4.3.4.4. Calibración de velocidad de carga de ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto cargadas en el tercio central en Prensa Universal.....	46
4.3.4.5. Ensayo de vigas de prueba.....	48
4.3.4.6. Ensayo de Resistencia a la flexión y tenacidad de probetas (Vigas) de ensayo de mezclas No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 Y No. 6.....	52
4.3.5. Fase cuatro - Cálculos y resultados.....	59
4.3.5.1. Resistencia a la compresión, f'_c , de cilindros de concreto del diseño de concreto lanzado de 26 Mpa.....	59
4.3.5.2. Determinación de la deformación de la carga de rotura esperada, δ	60
4.3.5.3. Resistencia a la flexión, tenacidad y factores de resistencia residual del concreto reforzado con fibra según la norma ASTM C 1018.....	61
4.3.5.4. Análisis de resultados.....	71
5. CONCLUSIONES.....	76

6. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS.....	78
7. ADQUISICIÓN DE DATOS POR LA MÁQUINA UNIVERSAL Y RECOMENDACIONES.....	79
8. BIBLIOGRAFÍA.....	83
ANEXO A. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	84
ANEXO B. CALCULO DE DISEÑO DE CONCRETO LANZADO, DOSIFICACION Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE DISEÑO.....	99
ANEXO C. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE PRUEBA Y MEZCLAS DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	105
ANEXO D. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.....	112
ANEXO E. REGISTROS SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MAQUINA UNIVERSAL.....	115

LISTA DE TABLAS

TABLA No. 1. Clasificación del concreto según la ductilidad.....	22
TABLA No. 2 - Resistencia a la compresión mezcla de diseño concreto $f'_c = 26$ MPa.....	60
Tabla No. 3. Categorías de clasificación según la ductilidad del concreto...	63
Tabla No. 4. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 1.....	64
Tabla No. 5. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 2.....	65
Tabla No. 6. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 3.....	66
Tabla No. 7. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 4.....	66
Tabla No. 8. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 5.....	68
Tabla No. 9. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual mezcla No. 6.....	69
Tabla No. 10. Resumen de resultados de tenacidad.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.....	21
Figura 2. Curva Carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.....	21
Figura 3. Principales equipos de laboratorio.....	24
Figura 4. Triturado de ¾” de la cantera Conexpe.....	25
Figura 5. Arena de río cauca proveniente de Puerto Tejada.....	25
Figura 6. Cemento Argos tipo I	26
Figura 7. Sika Viscocrete 2100.....	26
Figura 8. Gradación de Triturado ¾” y Arena de río.....	26
Figura 9. Gravedad específica y absorción de agregado grueso y fino.....	27
Figura 10. Masa unitaria suelta del agregado grueso y fino.....	27
Figura 11. Mezcla de prueba de consistencia.....	28
Figura 12. Preparación formaletas para mezcla de diseño con $f'c = 26$ MPa	29
Figura 13. Pesaje de materiales para mezcla de diseño de $f'c = 26$ Mpa....	30
Figura 14. Mezcla de materiales para mezcla de diseño de concreto $f'c = 26$ MPa.....	30
Figura 15. Asentamiento de mezcla de diseño de concreto $f'c = 26$ Mpa...	30
Figura 16. Toma de probetas de concreto.....	31
Figura 17. Extracción y curado de probetas de concreto.....	31
Figura 18. Fibra metálica de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB.....	34
Figura 19. Preparación de formaletas para mezcla No 1.....	34
Figura 20. Pesaje de materiales para para mezcla No 1.....	34
Figura 21. Mezcla de materiales para mezcla No 1.....	36
Figura 22. Toma de probetas de concreto para mezcla No 1.....	36
Figura 23. Extracción y curado de probetas de concreto para mezcla No 1.	37
Figura 24. Pesaje de materiales para mezclas No 2, No. 3 y No. 4.....	38
Figura 25. Mezcla de materiales para mezclas No 2, No. 3 y No. 4.....	38
Figura 26. Toma de vigas de concreto para mezcla No 2, No. 3 y No. 4....	39
Figura 27. Extracción y curado de probetas de concreto para mezcla No 2, No. 3 y No. 4.....	39
Figura 28. Extracción y curado de probetas de concreto para mezcla No. 5 y No. 6.....	40
Figura 29. Calibración velocidad de carga prensa de compresión de cilindros de concreto.....	42
Figura 30. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño 7días.....	42
Figura 31. Medición y determinación de la resistencia a la compresión a 7 días.....	43

Figura 32. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño a 28 días.....	43
Figura 33. Medición y determinación de la resistencia a la compresión a 28 días.....	44
Figura 34. Dispositivo de medición de deformación de vigas de concreto..	45
Figura 35. Montaje de dispositivo de medición de deformación de vigas de concreto.....	45
Figura 36. Disposición de cámaras de video como sistema de adquisición de datos.....	46
Figura 37. Calibración de la velocidad de desplazamiento la maquina universal.....	48
Figura 38. Medición y marcación de probetas (Vigas).....	49
Figura 39. Montaje y ubicación de cámaras de video y adquisición de datos.....	50
Figura 40. Marcación, montaje, ubicación de cámaras de video, adquisición de datos y ensayo de viga.....	51
Figura 41. Ensayo de viga y video de adquisición de datos Deflexión - Carga.....	52
Figura 42. Marcación de probetas.....	53
Figura 43. Montaje del dispositivo de medición de deflexión y sistema de apoyos.....	54
Figura 44. Montaje del deformímetro sobre el dispositivo de medición de deflexión.....	54
Figura 45. Ubicación de cámaras para adquisición de datos.....	55
Figura 46. Tablero de controles de carga y movimiento de la máquina universal.....	55
Figura 47. Indicador de carga y tablero de controles de la máquina universal.....	55
Figura 48. Marcación, montaje y ensayo de probetas I, II y III de la Mezcla No.1.....	56
Figura 49. Marcación, montaje y ensayo de probetas IV, V y VI de la mezcla No. 2.....	57
Figura 50. Marcación, montaje y ensayo de probetas VII, VIII y IX de la mezcla No.3.....	57
Figura 51. Marcación, montaje y ensayo de probetas X, XI y XII de la mezcla No.4.....	58
Figura 52. Marcación, montaje y ensayo de probetas XIII, XIV y XV de la mezcla No.5.....	58

Figura 53. Marcación, montaje y ensayo de probetas XVI, XVII y XVIII de la mezcla No.6.....	59
Figura 54. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño 7 y 28 días.....	60
Figura 55. Curva carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.....	62
Figura 56. Curva carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.....	62
Figura 57. Ensayo de tenacidad mezcla No. 1.....	64
Figura 58. Ensayo de tenacidad mezcla No. 2.....	65
Figura 59. Ensayo de tenacidad mezcla No. 3.....	66
Figura 60. Ensayo de tenacidad mezcla No. 4.....	67
Figura 61. Ensayo de tenacidad mezcla No. 5.....	68
Figura 62. Ensayo de tenacidad mezcla No. 6.....	69
Figura 63. Clasificación del concreto según su ductilidad en función del contenido de fibra SIKA FIBER CHO 65/35 NB.....	70
Figura 64. Comportamiento del concreto según su índice de resistencia residual en función del contenido de fibra SIKA FIBER CHO 65/35 NB	71
Figura 65. Comparación del comportamiento de tenacidad del concreto en estudio.....	72
Figura 66. Comparación del comportamiento del concreto en estudio, desde el punto de vista de ductilidad.....	72
Figura 67. Comparación de los factores resistencia residual entre las mezclas de estudio.....	74
Figura 68. Comparación f_r en función del contenido de fibra de refuerzo..	75
Figura 69. Curva de carga vs deflexión – Adquisición de datos manual y digital.....	80
Figura 70. Curva de desplazamiento vs tiempo de la máquina universal y comparación de velocidades	82

RESUMEN

La infraestructura Colombiana ha tenido un importante desarrollo en los últimos años para lo cual se han venido implementando nuevas tecnologías que facilitan dicho proceso; una de ellas es el uso de la fibra metálica de refuerzo en el concreto lanzado usado especialmente en la construcción de túneles de obras viales y centrales hidroeléctricas entre otras. Esta forma de refuerzo, introducida al país con metodología desarrollada en el exterior, no siempre es bien aprovechada ya que las condiciones en la que se desarrolló el producto son diferentes a las de los materiales y procesos constructivos del país. Son innegables las ventajas que presentan las fibras metálicas para el refuerzo del concreto lanzado, entre estas se encuentran el aumento de la productividad y un mejor desempeño del concreto ante las solicitaciones del trabajo; sin embargo en nuestro medio no se encuentran estudios específicos que permitan observar o determinar las bondades de este tipo de material, teniendo en cuenta las características propias de una región, respecto al tipo de materiales, calidades de los mismos y procedimientos constructivos.

Por lo anterior, se hizo necesario evaluar experimentalmente, con materiales disponibles en la ciudad de Popayán, el uso adecuado de la fibra metálica para refuerzo, definiendo el contenido necesario para lograr el comportamiento y desempeño eficiente del concreto, para lo cual se realizaron pruebas de resistencia en probetas fabricadas con diferentes contenidos de fibra.

INTRODUCCIÓN

El concreto lanzado es una mezcla fluida de agregado medio (TM $\frac{3}{4}$ " o $\frac{1}{2}$ "), agregado fino, cemento, agua y aditivos, la cual es proyectada neumáticamente a gran velocidad por medio de una bomba de lanzado y un chorro de aire comprimido a través de tuberías hasta el sitio de colocación. El concreto ya fabricado es mezclado con un aditivo acelerante justo antes de la boquilla de proyección, con lo cual el concreto se adhiere de inmediato a la superficie de colocación, compactándose por sí solo gracias a la gran velocidad con la que llega.

El concreto simple es un material que presenta buena resistencia a la compresión, pero su resistencia a la tracción es baja, por lo cual es necesario adicionar refuerzo que compense esa debilidad y además le proporcione capacidad de deformación; anteriormente el concreto para túneles, usado como revestimiento, se reforzaba mediante una malla de acero instalada de forma manual, previamente a la colocación del concreto lanzado; pero a partir de los años 60 se empezó a colocar la fibra metálica como refuerzo, la cual se adiciona a la mezcla del concreto y se lanza posteriormente con el concreto; esta técnica ha permitido obtener concreto con iguales o mejores resultados que el concreto convencional, ya que permite mayor velocidad de ejecución, menores costos y buen comportamiento estructural; este tipo de concreto se ha denominado concreto lanzado fibroreforzado.

No obstante, la cantidad de fibra metálica debe ser determinada según el diseño del concreto y las condiciones generales de su uso para obtener un comportamiento de acuerdo a las sollicitaciones que va a tener, a la normatividad aplicable y que económicamente sea viable.

Por esta razón es necesario realizar estudios sobre el concreto lanzado fibroreforzado a utilizar en actividades como revestimiento de túneles, que permitan establecer el contenido de fibra apropiado para los materiales disponibles en nuestra región de tal manera que se logre una mezcla adecuada, cuyo comportamiento estructural sea satisfactorio, además que se puede favorecer el factor costo en la producción del material, sin sacrificar la calidad del mismo.

INFORMACIÓN GENERAL

Proyecto

Evaluación experimental del contenido de fibra metálica de refuerzo para concreto lanzado.

Investigadores

Geot. Juan Carlos Paz Echavarría

Geot. Oscar Julián Belalcázar Pedraza

Director

Ing. Roger Ortega Caraballo

Codirector

Ing. Gerardo Rivera López

Línea de investigación

Concreto lanzado

Unidad Académica

Universidad del Cauca

Descriptores

- Diseño mezclas de concreto.
- Concreto lanzado fibroreforzado.
- Fibra metálica
- ASTM, EFNARC.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Determinar el comportamiento del concreto lanzado reforzado con fibras metálicas para un material comúnmente usado en la ciudad de Popayán.

1.2. Objetivos Específicos

- Verificar la resistencia a la flexión y la tenacidad del concreto lanzado al adicionarle fibras metálicas.
- Determinar una proporción adecuada de fibras metálicas de refuerzo del concreto con un material comúnmente usado en la región.
- Clasificar el concreto a partir de los índices de tenacidad, según la ASTM C-1018.

2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que en Colombia el uso de la fibra metálica de refuerzo en el concreto lanzado se ha realizado en su gran mayoría a partir de experiencias de terceros y/o recomendaciones de los fabricantes, es necesario conocer con un mayor grado de exactitud los beneficios que genera el uso de dicha fibra en un concreto lanzado fabricado con los materiales disponibles en nuestro medio, ya que el comportamiento de éste varía de acuerdo con los materiales usados y su proporción dentro del concreto. Ésta investigación permitirá obtener información sobre los beneficios del uso de la fibra metálica de refuerzo para futuras construcciones en la región, obteniendo una base útil para constructores, diseñadores o investigadores interesados en uso de la fibra metálica.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Antecedentes

Algunos estudios similares:

- En el año 2007, Vanesa Corcino Albornoz de la Universidad Ricardo Palma – Perú realizó “Estudio comparativo de concreto simple y reforzado con fibras de acero DRAMIX Y WIRAND, empleando cemento andino tipo V”, como tesis para optar el título de ingeniero civil. En este informe se trató exclusivamente de la incorporación de fibras de acero en el concreto, utilizando cemento andino tipo V, los cálculos y resultados fueron comparados con resultados obtenidos del concreto patrón.
- En el año 2008, Rafael Andrés Delgado Rugeles y Edgar Dario Delgado Rugeles de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga realizaron la investigación llamada “Mejoramiento de la resistencia a la flexión del concreto con adición de viruta de acero con porcentajes de 6, 8, 10, 12 y 14 % respecto al agregado fino de la mezcla”, como trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil. En este trabajo se realiza un estudio estadístico para lograr encontrar el mejor porcentaje de viruta de acero para mejorar la resistencia a la flexión de un concreto de 3000 psi.
- En el año 2010, Tito Andreas Galleguillos Caro de la Universidad de Chile realizó la siguiente investigación para optar al título de ingeniero civil: “Modelamiento de vigas de hormigón con fibras de acero”. Este trabajo valida un modelo de interacción flexión-corte en vigas de concreto armado con adición de fibras de acero. Estas fibras son incorporadas en la mezcla del concreto, y su principal ventaja radica en un incremento en la ductilidad de los elementos, lo cual contribuye a disminuir los refuerzos tradicionales de barras de acero (longitudinales y estribos).
- En el año 2010, Patricia Cristina Mármol Salazar de la Universidad Politécnica de Madrid realiza la investigación llamada “Hormigón con fibras de acero, características mecánicas” para optar al título de Máster en ingeniería de estructuras, cimentaciones y materiales. Este trabajo presenta en sus dos primeros capítulos una introducción al conocimiento de 3 tipos de concretos con fibras más usados: acero, vidrio y polipropileno. Posteriormente se ha hecho una recopilación de ensayos obtenidos de fuentes de investigación y de tesis doctorales donde se ha hecho una comparación entre sus

diferentes autores, tratando exclusivamente las características mecánicas del concreto con fibras de acero.

- En el año 2011, Aleksey Beresovsky De las Casas, estudiante de la Pontificia Universidad Católica del Perú realizó la investigación para optar el título profesional de ingeniero civil denominado: “Estudio experimental del comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas”. En este trabajo evalúan distintos tipos de fibras de refuerzo para el concreto, efectuando el análisis de absorción de energía (paneles circulares) y módulo de rotura (vigas prismáticas), se determinaron los factores de carga, factor de deflexión, factor residual y factor de energía, estableciendo una escala cuantitativa (puntajes) para comparar los tipos de fibras y fabricantes analizadas.
- En el año 2013, Pedro Ramón Patazca Rojas y Jorge Emhilssen Tafur Bustamante, estudiantes de la Universidad Señor de Sipán – Perú realizaron la investigación “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y A FLEXIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL, CONCRETO CON FIBRA DE ACERO SIKAFIBER CHO 80/60 NB, Y CONCRETO CON FIBRA SINTÉTICA SIKAFIBER FORCE PP/PE-700/55”, para optar al título de ingeniero Civil. La investigación comprende la evaluación de tres tipos de concreto, el primero convencional, el segundo concreto con fibras de acero y el tercer concreto con fibra sintética todos con una resistencia a la compresión de $= 210 \text{ kg/cm}^2$, realizando ensayos a compresión, flexión y absorción de energía para así determinar el mejoramiento cuantitativo con la adición de las fibras a las características del concreto en tenacidad, control de fisuración, resistencia a la flexión y resistencia a compresión.

3.2. Estado del arte

En Colombia el uso de fibras para mejorar las propiedades del concreto se ha estudiado en diferentes aspectos como el evaluado en el año 2010 por Juan Sebastián Reyes y Yamid Rodríguez de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, en su trabajo de grado “Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al adicionar limalla fina en un 3%, 4% y 5%, respecto al peso de la mezcla”. Se concluye que la adición de limalla en las mezclas fue benéfica aumentando la resistencia a la compresión del concreto en un 48.7% a los 28 días, adicionando un 5% de limalla,

reduciendo de esta manera los costos de producción en un 8% respecto a mezclas convencionales.

En el año 2011, Javier Alfonso y Oscar Badillo de la Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá D.C., en el trabajo de grado “Evaluación de la capacidad de disipación de energía de concreto con fibras metálicas y de caucho de llanta”, su estudio se basó en comparar tres tipos de concreto, el primero adicionando tiras de caucho de llantas recicladas reemplazando el 10% del volumen del agregado grueso, el segundo concreto adicionando fibras metálicas Dramix RC_65-60_BN en una dosificación de 15 Kg/m³ y un tercer concreto adicionando fibras metálicas Dramix RC_65-60_BN en una dosificación de 30 Kg/m³, la escogencia de estas dosificaciones se basaron en la hoja técnica de las fibras del proveedor Dramix. Para una mejor correlación entre los concretos se usó el ensayo de Resistencia Flexural y Tensión Residual, obteniendo como conclusión que la adición de caucho empleada, el aporte en términos de tenacidad al concreto, es bajo, debido a la poca adherencia presentada entre los dos materiales. En el primer tipo de ensayo, la muestra del primer concreto registro una energía absorbida a los 40mm de desplazamiento de 20.4 Julios, en el segundo y tercer concreto se registró una energía absorbida superior a los 270 Julios.

En el año 2012. Juan Mendoza, Alberto Vásquez y Ricardo Villa de la Universidad Militar Nueva Granada – Bogotá D.C. en su trabajo de grado “Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas” se concluye que el uso de fibras sintéticas de polipropileno reduce las pequeñas fisuras por contracción que se desarrollan en el concreto, durante las primeras 24 horas por contracción plástica o por secado, con respecto a la resistencia del concreto las fibras no aportan para aumentar esta propiedad. Por su parte el uso de la fibra metálica Wirand FF3 de MACCFERRI tuvo un alto incremento del valor del esfuerzo residual y esto conlleva a decir que el comportamiento del concreto fibroreforzado controlará de buena forma las sollicitaciones después del fisuramiento del concreto.

En el año 2013, Luis Octavio Gonzáles Salcedo Docente de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, en su artículo “Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas” expone los beneficios del uso de fibras metálicas en concreto, aumentando sus propiedades como la resistencia a compresión en un orden del 25% y

en mayor proporción a esfuerzos de tracción con valores de hasta un 150%, ya que las fibras hacen sustancialmente un incremento de la ductilidad post-agrietamiento o absorción de energía del material.

En las investigaciones anteriores, las proporciones de fibras utilizadas se ciñeron a lo expresado por el fabricante en sus catálogos los cuales se basan únicamente en estudios foráneos donde los materiales utilizados discrepan mucho en su caracterización a los usados en cada región del país.

La resistencia del concreto lanzado se determina mediante dos ensayos:

- Ensayo de Resistencia a la compresión del concreto, $f'c$

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde

$f'c$ = Resistencia a la compresión, Mpa

P = Carga en N

A = Área de la sección transversal del cilindro en mm²

- Ensayo de resistencia a la flexión del concreto, $f'r$.

$$f'r = \frac{P * L}{B * D^2}$$

Donde

$f'r$ = Resistencia a la tensión (Módulo de rotura), MPa

P = Carga en N

L = Luz libre entre apoyos en mm

B = Ancho promedio de la muestra en mm

D = Altura promedio de la muestra en mm

Es ya conocido que la resistencia a la tensión, la capacidad de deformación y la tenacidad del concreto es baja, sin embargo, con la adición de las fibras metálicas de refuerzo se obtendrá un desarrollo importante de estas características.

La tenacidad se define como la capacidad de un elemento para absorber energía, es decir, la capacidad de un elemento para deformarse significativamente sin perder su resistencia aumentando así su ductilidad.

La tenacidad y el cálculo de los índices de tenacidad y de los factores de resistencia residual se determinan mediante la norma ASTM C 1018.

- De la prueba de laboratorio se obtienen curvas de carga – deformación de las cuales se determina la deformación correspondiente a la primera carga máxima (δ) según si la curva inicialmente es cóncava o convexa de acuerdo a la Figura 1, delimitando un área bajo la curva O'AB.

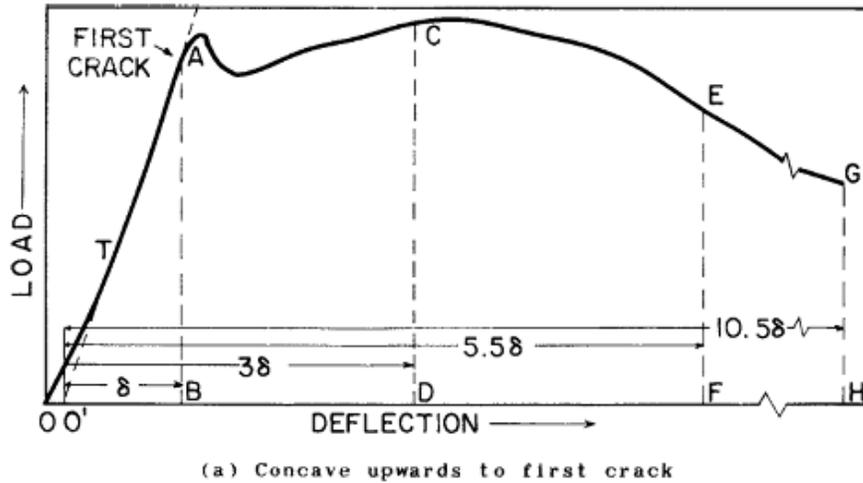


Figura 1. Curva carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018

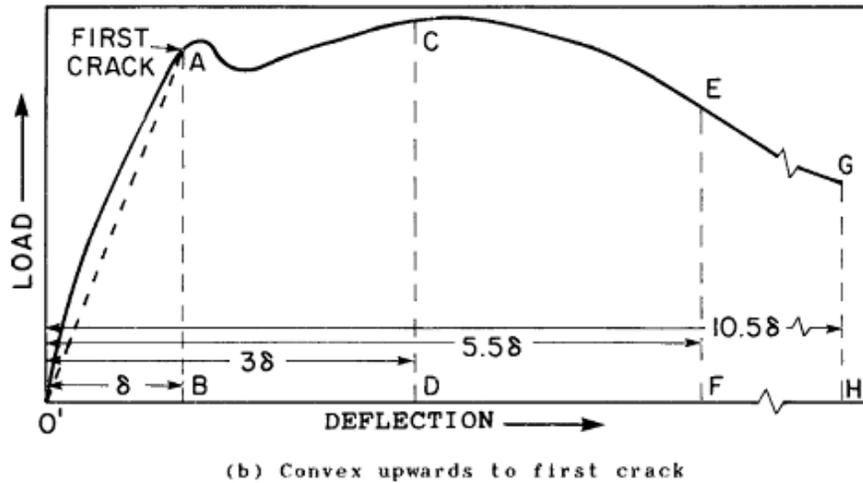


Figura 2. Curva Carga – Deformación- Tomada de ASTM C 1018

- Se determinan las deformaciones: 3δ , 5.5δ y 10.5δ con los cuales se forman las áreas ABCD, CDEF, EFGH según la Figura 2.

- Se calculan los índices de tenacidad mediante la relación de áreas bajo la curva como sigue:

$$I_5 = \frac{\text{Área } O'ACD}{\text{Área } O'AB} \qquad I_{20} = \frac{\text{Área } O'AGH}{\text{Área } O'AB}$$

$$I_{10} = \frac{\text{Área } O'AEF}{\text{Área } O'AB}$$

- Se calculan los factores de resistencia residual con las siguientes relaciones:

$$R_{5,10} = 20 * (I_{10} - I_5)$$

$$R_{10,20} = 20 * (I_{20} - I_{10})$$

Los índices de tenacidad y factores de resistencia residual permiten conocer el comportamiento del concreto lanzado para efectos de determinación de la dosificación de fibra más apropiada.

- Clasificación del concreto según la ductilidad de la ASTM C 1018

Category	Rating	I₁₀
I	Marginal	< 4
II	Fair	4
III	Good	6
IV	Excelent	8

Tabla No. 1. Clasificación del concreto según la ductilidad
Tomada de la norma ASTM C 1018

4. METODOLOGÍA

4.1. Investigación

De la revisión de la literatura encontrada se establecieron normas a usar, las cuales permiten alcanzar los objetivos propuestos en la investigación, como sigue:

EFNARC, Especificación europea para hormigón proyectado, empleada para el diseño del concreto lanzado.

ASTM C1018, Método de prueba de la fortaleza en flexión y resistencia a la primera grieta del concreto reforzado con fibra (Utilizando una viga con carga en el tercer punto), usada para calificación de desempeño del concreto en estudio.

Se consultó con personal que ha tenido algún tipo de experiencia relacionada con la investigación quien proporcionó información relevante para la ejecución del trabajo, básicamente a nivel de ejecución de las pruebas de laboratorio.

4.2. Tipo de estudio

Este trabajo se basa en una investigación de tipo experimental donde se evaluó la variable del refuerzo del concreto para describir el comportamiento de este material.

4.3. Fases

4.3.1. Equipos:

- Balanzas de 20 Kg y 2 Kg
- Tamices.
- Matrices aforados.
- Termómetro de vidrio.
- Molde tronconómico y pisón.
- Moldes de masas unitarias de agregados gruesos y finos.
- Horno eléctrico.
- Cronómetro.
- 9 Formaletas cilíndricas de 150 mm de diámetro x 300 mm de altura.
- 1 formaleta prismática de 150 mm x 150 mm x 540 mm.
- Varilla de apisonado de 16 mm de diámetro.
- Mezcladora de medio saco de cemento.

- 2 Macetas de caucho.
- Equipo de capinado con azufre.
- Piscina de curado de muestras.
- Prensa de compresión de cilindros.
- Prensa universal, marca Shimadzu de 50 Tonf de capacidad.
- Equipo de computo
- Papelería
- Equipo auxiliar: Platos, Palas, cucharones, etc...



Figura 3. Principales equipos de laboratorio

4.3.2. Fase uno – Diseño de concreto, probetas y pruebas preliminares.

4.3.2.1. Diseño de concreto lanzado.

Se realizó el diseño de la mezcla de concreto lanzado con las siguientes características:

Resistencia a la compresión	$f'c$	=	26 Mpa
Asentamiento		=	152.4 mm
Relación agua cemento según ACI		=	0.50
Especificación granulométrica		=	EFNARC

Materiales:

Para la realización del diseño del concreto lanzado se obtuvo agregado grueso de tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " y agregado fino, ampliamente usados en la región al igual que el cemento hidráulico.

El aditivo plastificante usado fue proporcionado por la firma SIKA, proveedor reconocido de productos para uso en el concreto hidráulico.

- *Agregado grueso:* Triturado de tamaño máximo $\frac{3}{4}$ " de la cantera Conexpe.



Figura 4. Triturado de $\frac{3}{4}$ " de la cantera Conexpe.

- *Agregado Fino:* Arena de rio cauca proveniente de Puerto Tejada.



Figura 5. Arena de rio cauca proveniente de Puerto Tejada.

- *Cemento hidráulico: Cemento Argos tipo I.*



Figura 6. Cemento Argos tipo I.

- *Aditivo plastificante: Sika Viscocrete 2100 proporcionado por la Firma SIKA.*



Figura 7. Sika Viscocrete 2100.

Ensayos realizados a los materiales para cálculo del diseño de concreto

- *Gradación de Agregados grueso y fino. Norma INV E. 213-214. Anexo A.*



Figura 8. Gradación de Triturado $\frac{3}{4}$ " y Arena de rio

- *Gravedad específica y absorción de agregado grueso y fino. INV E-222 – 223. Anexo A.*



Figura 9. Gravedad específica y absorción de agregado grueso y fino

- *Masa Unitaria Suelta del agregado grueso y fino. INV E-217. Anexo A.*



Figura 10. Masa Unitaria Suelta del agregado grueso y fino.

4.3.2.2. Cálculo del diseño del concreto, realización de la mezcla y toma de las probetas

Se realizó la dosificación de los agregados disponibles buscando lograr acercarse lo más posible a la especificación granulométrica EFNARC obteniendo una proporción de 40 % agregado grueso y 60 % agregado fino. Posteriormente se realizó el cálculo del diseño con las características mencionadas anteriormente. Ver Anexo B.

Mezcla de prueba de consistencia y dosificación de aditivo plastificante.

Se calculó la dosificación de una pequeña cantidad de mezcla (1 Litro) para realizar una prueba de consistencia y así dosificar el aditivo plastificante, de la cual se determinó visualmente un buen comportamiento de la mezcla al adicionar una cantidad del orden del 0.4 % de Sika Viscocrete 2100. Ver Anexo C. Este valor se ajusta durante la realización de la mezcla del diseño.



Figura 11. Mezcla de prueba de consistencia.

Preparación de los agregados

El día anterior a la realización de la mezcla de concreto, se prepararon los agregados por separado, humedeciéndolos y mezclándolos de tal forma que tengan una humedad un poco superior a su porcentaje de absorción con el fin de que al momento de dosificarlos la consistencia del concreto no se vea afectada por la resequead de los materiales.

Realización de la mezcla y toma de las probetas

Se prepararon 6 formaletas cilíndricas de 16 cm de diámetro y una formaleta para viga de 15 cm x 15 cm x 54 cm, ubicándolas en un lugar donde no sufrieran perturbaciones.



Figura 12. Preparación formaletas para mezcla de diseño con $f'c = 26$ MPa

Se tomaron 2 muestras de cada uno de los agregados para determinación de la humedad presente en ellos, con este dato se calculó la dosificación de los diferentes materiales para la realización de la mezcla. Ver Anexo B.

Se pesaron las cantidades determinadas de cada material para su posterior mezcla.



Figura 13. Pesaje de materiales para mezcla de diseño $f'c = 26$ MPa

Se realizó la mezcla de concreto en la mezcladora de medio saco durante 3 minutos con el siguiente procedimiento:

- I. Se adicionó a la mezcladora una pequeña cantidad de agua.
- II. Se adicionó el agregado grueso.
- III. Se adicionó la arena.
- IV. Se adicionó el cemento.
- V. Se adicionó el agua.
- VI. Se adicionó el aditivo Sika viscocrete 2100 al 0.4 %



Figura 14. Mezcla de materiales para mezcla de diseño de concreto $f'_c = 26$ MPa

Posteriormente se realizó la prueba de asentamiento el cual se obtuvo el asentamiento deseado de 152.4 mm (6").



Figura 15. Asentamiento de mezcla de diseño de concreto $f'_c = 26$ MPa

Se tomaron 6 cilindros de concreto para la verificación de la resistencia de diseño.

Adicionalmente se tomó una viga para realizar una prueba preliminar de montaje y ensayo de tenacidad, a la cual se le agregó fibra de refuerzo en una proporción aproximada de siete Kg/m^3 .



Figura 16. Toma de probetas de concreto

Las probetas se dejaron en reposo hasta el día siguiente. Luego se extrajeron de las formaletas, se marcaron y se sumergieron en una piscina de curado hasta cumplir las edades de ensayo de resistencia a la compresión (7 y 28 días).



Figura 17. Extracción y curado de probetas de concreto

4.3.3. Fase dos – Construcción de las probetas o vigas.

4.3.3.1. Descripción de mezclas a realizar.

Materiales:

Adicional a los materiales listados anteriormente en las mezclas realizadas se añadió la fibra metálica de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB, cuya ficha técnica se muestra a continuación:

Sikafiber CHO/65/35

Fibras de acero para reforzamiento de concreto

DESCRIPCION	<p>Sikafiber CHO/65/35 son fibras de acero de alta calidad para reforzamiento del concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales Sikafiber CHO/65/35 son fibras de acero de alta relación largo/diámetro lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.</p> <p>NORMAS Sikafiber CHO/65/35, cumple con las normas ASTM A820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" y DIN 17140-D9 para acero bajo contenido de carbono.</p>	
USOS	<p>Sikafiber CHO/65/35, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero.</p>	
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa la resistencia del concreto al impacto y a la fisuración - Incrementar la ductilidad y absorción de energía - Reducción de la fisuración por retracción - No afecta los tiempos de fraguado - Su condición de encolada asegura una distribución uniforme en el concreto - Relación largo/diámetro igual a 65, máximo rendimiento - Extremos conformados para obtener máximo anclaje en el concreto 	
DATOS TÉCNICOS	<p>Longitud Diámetro de la fibra Relación largo/diámetro Resistencia a tracción</p>	<p>35 mm con extremos conformados 0.54 mm 65 1200 Mpa min</p>
MODO DE EMPLEO	<p>Método de aplicación Sikafiber CHO/65/35, se puede agregar en la báscula de pesaje en la correa de alimentación ó en el camión mixer, como a continuación se indica en cada caso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la báscula de pesaje abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcla en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. - En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso. - En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporados, agregar las fibras mientras el mixer está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar ½ minuto adicional si la distribución no es uniforme. 	



- No aplique **Sikafiber CHO/65/35**, al mezclador antes de los áridos.
 - Las bolsas con papel degradable pueden agregarse directamente al concreto.
- Consumo**
Normalmente entre 25 y 50 kg de **Sika Fiber CHO/65/35**, por m³ de concreto.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Precauciones de Manipulación

Manténgase fuera del alcance de los niños. Evite el contacto directo con los ojos y piel. Protéjase utilizando guantes y anteojos de seguridad. En general, en caso de emergencia contacte a **Ecología**.
No disponer el producto en el suelo o cursos de agua, sino conforme a las regulaciones locales y previa neutralización. Para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto. No utilizarlo en recintos cerrados no ventilados.

PRESENTACIÓN

Sacos degradables de 20 kg

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Los sacos de **Sika Fiber CHO/65/35**, pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la lluvia. Transportar con las precauciones normales para productos químicos.

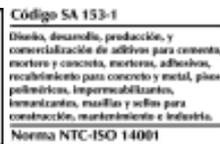




Figura 18. Fibra metálica de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB.

Con el concreto diseñado se realizaron cuatro mezclas como sigue:

1. Una mezcla según el diseño sin adición de fibras de acero, fabricando tres probetas de ensayo.
2. Una mezcla según el diseño, adicionando el contenido de fibra mínimo especificado – $5 \text{ Kg/m}^3 = 20 \text{ Kg/m}^3$
3. Una mezcla según el diseño, adicionando el contenido de fibra mínimo especificado + $5 \text{ Kg/m}^3 = 30 \text{ Kg/m}^3$
4. Una mezcla según el diseño, adicionando el contenido de fibra mínimo especificado + $15 \text{ Kg/m}^3 = 40 \text{ Kg/m}^3$

Inicialmente se fabricaron 12 muestras prismáticas que se ensayarán a 28 días de edad. Las cuatro mezclas se someterán a ensayo de resistencia a la flexión y tenacidad de primera grieta del concreto reforzado con fibra (Utilizando una viga cargada en el tercio central) según ASTM C 1018.

Con los resultados obtenidos se determinó que, con las mezclas realizadas con los materiales usados, no se obtiene un concreto de comportamiento excelente según las categorías de la norma ASTM C 1018, por lo cual se realizaron dos mezclas más de tres muestras prismáticas cada una:

5. Una mezcla según el diseño, adicionando el contenido de fibra mínimo especificado + $30 \text{ Kg/m}^3 = 55 \text{ Kg/m}^3$
6. Una mezcla según el diseño, adicionando el contenido de fibra mínimo especificado + $45 \text{ Kg/m}^3 = 70 \text{ Kg/m}^3$

4.3.3.2. Preparación de la mezcla No. 1. sin fibra de refuerzo.

Preparación de los agregados

Los materiales se prepararon de la misma forma como se describió anteriormente.

Realización de la mezcla y toma de las probetas

Se prepararon tres formaletas prismáticas de 15 cm x 15 cm x 54 cm, ubicándolas en un lugar donde no sufrieran perturbaciones.



Figura 19. Preparación de formaletas para mezcla No 1.

Se tomaron dos muestras de cada uno de los agregados para determinación de la humedad presente en ellos, con este dato se calculó la dosificación de los diferentes materiales para la realización de la mezcla No 1 según diseño. Ver Anexo C.

Se pesaron las cantidades determinadas de cada material para su posterior mezcla



Figura 20. Pesaje de materiales para para mezcla No 1.

Se realizó la mezcla de concreto en la mezcladora de medio saco durante tres minutos siguiendo la misma secuencia de mezclado realizada en la mezcla de diseño.



Figura 21. Mezcla de materiales para mezcla No 1.

Se tomaron tres vigas de concreto en dos capas compactándolas mediante vibración externa ejercida con masos de caucho, de acuerdo a lo especificado por la ASTM C 1018.



Figura 22. Toma de probetas de concreto para mezcla No 1.

Las probetas se dejaron en reposo hasta el día siguiente. Luego se extrajeron de las formaletas, se marcaron con la numeración I, II y III, y se sumergieron en una piscina de curado hasta cumplir la edad de ensayo (28 días).



Figura 23. Extracción y curado de probetas de concreto para mezcla No 1.

4.3.3.3. Preparación de la mezcla No. 2, No. 3 y No. 4. 20, 30 y 40 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico respectivamente.

La fabricación y toma de vigas de las mezclas No. 2, No. 3 y No 4 se realizaron de la forma mostrada a continuación con solo una variable, la cantidad de fibra para cada mezcla.

Preparación de los agregados

Los materiales se prepararon de la misma forma como se describió anteriormente.

Realización de la mezcla y toma de las probetas

Se prepararon tres formaletas prismáticas de 15 cm x 15 cm x 54 cm por cada mezcla, ubicándolas en un lugar donde no sufrieran perturbaciones.

Se tomaron dos muestras de cada uno de los agregados para determinación de la humedad presente en ellos, con este dato se calculó la dosificación de los diferentes materiales para la realización de cada mezcla según diseño. Ver Anexo C.

Se pesaron las cantidades determinadas de cada material para su posterior mezclado.



Figura 24. Pesaje de materiales para mezclas No 2, No. 3 y No. 4.

Se realizaron las mezclas de concreto en la mezcladora de medio saco durante tres minutos siguiendo la misma secuencia de mezclado realizada en la mezcla de diseño, con la adición de la cantidad de fibra calculada en cada mezcla. Ver anexo C.



Figura 25. Mezcla de materiales para mezclas No 2, No. 3 y No. 4.

Para cada mezcla se tomaron tres vigas concreto en dos capas compactándolas mediante vibración externa ejercida con masos de caucho, de acuerdo a lo especificado por la ASTM C 1018.



Figura 26. Toma de vigas de concreto para mezcla No 2, No. 3 y No. 4.

Las probetas se dejaron en reposo hasta el día siguiente. Luego se extrajeron de las formaletas, se marcaron con la numeración:

Mezcla No. 2: IV, V y VI

Mezcla No. 3: VII, VIII y IX

Mezcla No. 4: X, XI y XII

Posteriormente se sumergieron en una piscina de curado hasta cumplir la edad de ensayo (28 días).



Figura 27. Extracción y curado de probetas de concreto para mezcla No 2, No. 3 y No. 4.

4.3.3.4. Preparación de mezcla con 30 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico para realización de vigas para pruebas preliminares

A partir de los resultados obtenidos de la viga de prueba No. 1 se determinó la necesidad de realizar dos vigas de prueba adicionales para continuar con las pruebas previas de montaje de ensayo y adquisición de datos ya que no se logró obtener suficiente información al respecto.

Se realizó otra mezcla según diseño agregando una cantidad de fibra de refuerzo de 30 Kg/m³, de la cual se fabricaron dos vigas para realización de pruebas de montaje y ejecución del ensayo de resistencia a la flexión y tenacidad ASTM C 1018 a edades menores a 28 días con el fin de obtener información acerca de la ejecución del ensayo, corregir errores de ejecución y prevenir posibles pérdidas de información al realizar los ensayos definitivos.

4.3.3.5. Preparación de la mezcla No. 5 y No, 6 con 55, 70 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico respectivamente

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos de las mezclas No. 1, No. 2, No. 3 y No. 4 mostraron que no se logró obtener un concreto de un comportamiento excelente, se determinó la necesidad de realizar dos mezclas más de concreto adicionando 55 y 70 Kg de fibra de refuerzo por metro cúbico respectivamente.

Las mezclas No. 5 y No. 6 se realizaron y curaron siguiendo los procedimientos y materiales mostrados anteriormente.



Figura 28. Mezcla y fabricación de probetas de concreto para mezcla No 5 y No. 6.

4.3.4. Fase tres – Ejecución de ensayos

4.3.4.1. Calibración de la velocidad de carga de ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto en Prensa de compresión

La prensa de compresión de cilindros de concreto ubicada en el laboratorio de Materiales de la Universidad de Cauca fue calibrada para obtener la velocidad de ensayo especificada (0.25 ± 0.05 Mpa/s) según la norma INV E-410, realizando una gráfica de carga vs posición de la perilla de velocidad de la cual se obtuvo una posición de la perilla para la cual la velocidad de carga fue de 0.28 Mpa/s. Ver Anexo D.

Curva de velocidad de carga

La realización de la gráfica consiste en generar un registro de tiempo y lecturas de carga siguiendo la secuencia:

- Calcular el 20 % y el 40 % de la carga esperada del cilindro de concreto.
- Fijar la perilla de velocidad de la máquina en una posición determinada.
- Cargar el cilindro y realizar dos lecturas de carga el intervalo del 20 % al 40 % de la carga esperada y contabilizar el tiempo entre ellas.
- Calcular la diferencia de carga entre las dos lecturas y calcular con ese valor, el esfuerzo ejercido en MPa.
- Con el esfuerzo calculado y el tiempo registrado, calcular el esfuerzo por unidad de tiempo en MPa/s.
- Fijar una nueva posición de la perilla de velocidad de la prensa y repetir el procedimiento.
- Con cada prueba se registra una posición de perilla y una velocidad de carga con la cual se realiza la gráfica.
- Una vez construida la gráfica de posición de la perilla vs velocidad de carga en MPa/s, se busca en dicha gráfica la velocidad especificada y se encuentra en qué posición se logra dicha velocidad.



Figura 29. Calibración velocidad de carga prensa de compresión de cilindros de concreto.

4.3.4.2. Resistencia a la compresión de los cilindros de concreto

Cumplidos siete días de curado se extrajeron los cilindros D1, D2 y D3 para medición, capinado con azufre y realización de ensayo de resistencia a la compresión según la norma INV E-410 de la cual se obtuvo la evolución esperada. Ver anexo B.

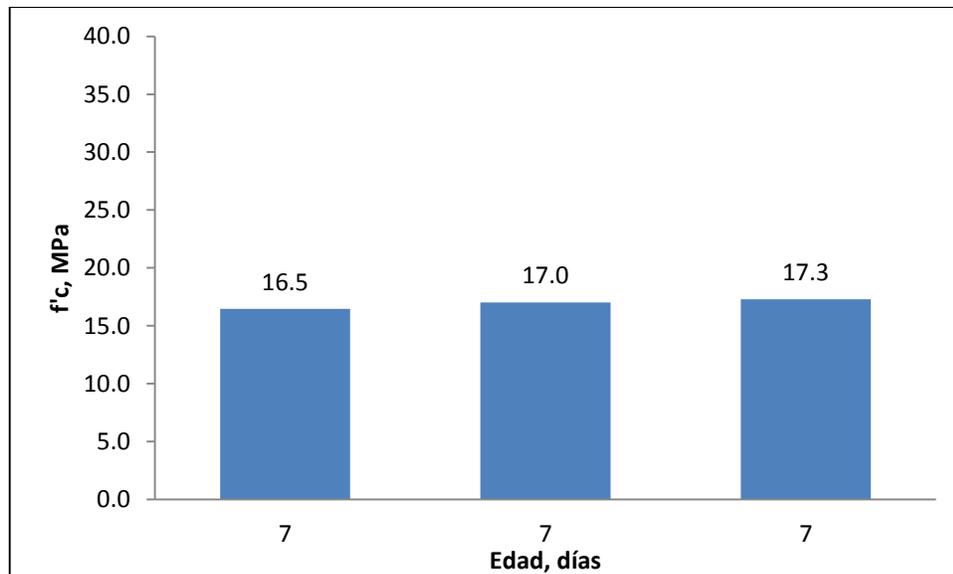


Figura 30. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño, 7 días.



Figura 31. Medición y determinación de la resistencia a la compresión a 7 días.

Cumplidos 28 días de curado se extrajeron los cilindros D4, D5 y D6 para medición, capinado y realización de ensayo resistencia a la compresión según la norma INV E-410 de la cual se obtuvo la evolución esperada. Ver anexo B.

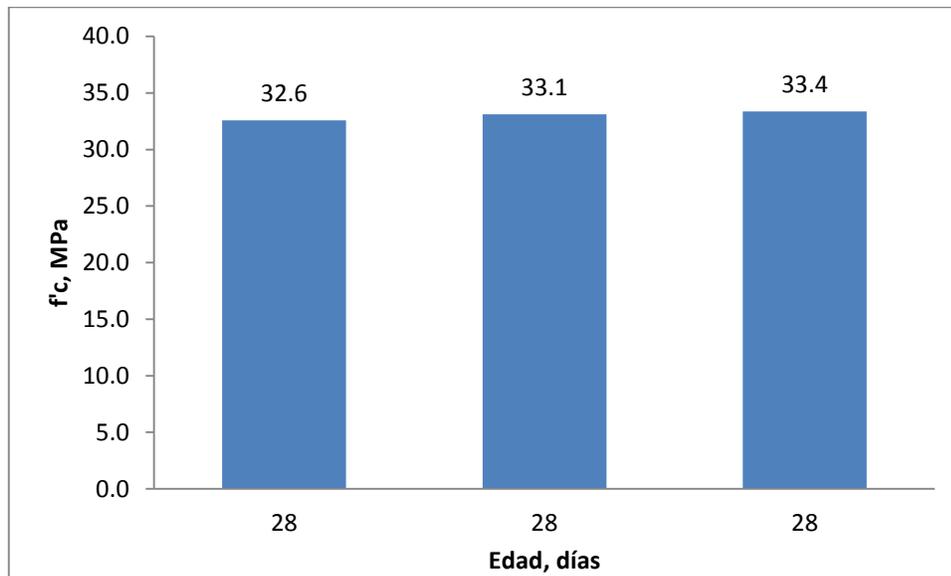


Figura 32. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño a 28 días.



Figura 33. Medición y determinación de la resistencia a la compresión a 28 días

4.3.4.3. Prueba de montaje de equipo, dispositivos de medición y adquisición de datos

Los ensayos de Resistencia a la flexión y tenacidad según la norma ASTM C 1018 se realizaron en una Máquina universal situada en el laboratorio de Estructuras de la Universidad del Cauca.

Se realizó una prueba de montaje de equipo, probeta, dispositivos de medición y adquisición de datos para el ensayo de Resistencia a la flexión y tenacidad según la norma ASTM C 1018.

La prueba de montaje consistió en ubicar una viga (Probeta), dispositivos de medición y adquisición de datos, con el fin de determinar la mejor forma de ejecutar la prueba con base en la norma ASTM C 1018 y al equipo disponible de tal forma que las mediciones se realizaran con la mayor precisión posible y obtener toda la información necesaria para los cálculos del ensayo.

Con esta prueba se determinó las siguientes condiciones de ensayo:

Medición de la deformación en el centro de la luz de la probeta

La medición de la deflexión de la viga se debe realizar en el centro de la luz de ésta para lo cual se usó un dispositivo construido para tal fin.

El dispositivo de medición de deformación consiste en un elemento metálico en forma de abrazadera cuadrada cuya sección es de tamaño superior a la sección de las vigas. Dicho elemento tiene un saliente plano en el cual se ubica el deformímetro. Éste elemento se sujeta a las vigas a través de tornillos.

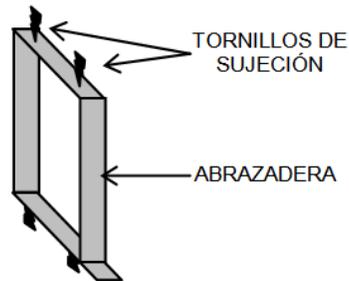


Figura 34. Dispositivo de medición de deformación de vigas de concreto.

El dispositivo se monta sobre el centro de la viga previamente marcada y se asegura a la viga apretando los tornillos con la mano como se muestra en la figura 35.

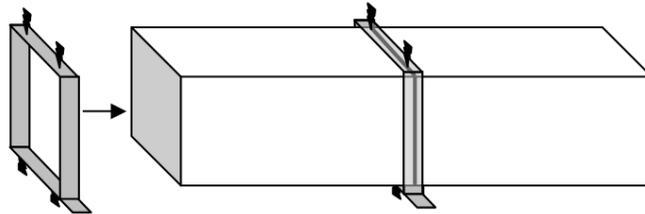


Figura 35. Montaje de dispositivo de medición de deformación de vigas de concreto.

Adquisición de datos

La adquisición de datos se realiza en forma manual a través de lecturas y registros simultáneos de deformación y carga, sin embargo, se realizó un montaje de cámaras de video las cuales se situaron de tal forma que la información quede registrada en video y así sea de fácil verificación en un equipo de cómputo.



Figura 36. Disposición de cámaras de video como sistema de adquisición de datos.

4.3.4.4. Calibración de velocidad de carga de ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto cargadas en el tercio central en Prensa Universal

La Máquina universal situada en el laboratorio de Estructuras de la Universidad del Cauca fue calibrada para obtener la velocidad de ensayo especificada (La primera rotura debe suceder entre 30 segundos y un minuto) según la norma ASTM C 1018, realizando una gráfica de carga vs posición de la perilla de velocidad de la cual se obtuvo una posición de la perilla para la cual el tiempo de la primera rotura esta entre 30 segundos y 1 minuto. Ver Anexo D.

Curva de velocidad de carga

La realización de la gráfica consiste en realizar un registro de tiempo y lecturas de deformación siguiendo la secuencia siguiente:

- Calcular la deformación tentativa a la cual va a suceder la rotura del concreto o en su defecto realizar vigas de prueba para determinar dicha deformación.
- Con el valor de la deformación de rotura del concreto calcular la velocidad de deformación en mm/min para 30 segundos y para un minuto, así se obtiene el rango de velocidad en el cual se debe ensayar la viga.
- Calcular el 20 % y el 60 % de la deformación de rotura del concreto de la viga.
- Fijar la perilla de velocidad de la máquina en una posición determinada. En este caso se numeraron del uno al cinco las posiciones tentativas para la calibración.
- Cargar la viga y realizar dos lecturas de deformación en el intervalo del 20 % al 60 % de la deformación de rotura de la viga y contabilizar el tiempo entre ellas.
- Calcular la diferencia de deformación entre las dos lecturas, con este valor y el tiempo registrado, calcular la deformación por unidad de tiempo en mm/min.
- Fijar una nueva posición de la perilla de velocidad de la prensa y repetir el procedimiento.
- Con cada prueba se registra una posición de perilla y una velocidad de deformación con la cual se realiza la gráfica.
- Una vez construida la gráfica de Posición de la perilla Vs velocidad de deformación en mm/min, se busca en dicha gráfica la velocidad especificada y se encuentra en qué posición se logra dicha velocidad.

La gráfica realizada se encuentra en el anexo D.



Figura 37. Calibración de la velocidad de desplazamiento la máquina universal.

4.3.4.5. Ensayo de vigas de prueba

Durante la ejecución del proyecto se elaboró inicialmente una viga de prueba y posteriormente se realizaron dos vigas de prueba adicionales a las propuestas en el proyecto así:

Viga de prueba No. 1: Se tomó de la mezcla realizada para comprobación del diseño del concreto lanzado de 26 Mpa, a la cual se le adicionó fibra de refuerzo de concreto estructural en una proporción aproximada de 7 Kg/m³ de concreto.

Viga de prueba No. 2 y 3: Se tomaron de una mezcla fabricada de acuerdo al diseño del concreto lanzado de 26 Mpa, a la cual se le adicionó fibra de refuerzo Sika Fiber Cho 65-35 NB en una proporción de 30 Kg/m³ de concreto.

Las pruebas preliminares se realizaron así:

- La viga de prueba No. 1 se ensayó de acuerdo a la norma ASTM C 1018, realizando una curva de Carga Vs Deflexión a una edad de 12 días. Con esta viga se obtuvo:
 - Determinación de la forma y procedimiento de marcación de la viga.
 - Definición del montaje de equipo, viga e instrumentos de medición.
 - Ajuste del dispositivo de medición de deformación en el centro de la luz de la viga.
 - Ubicación de las cámaras de video para una buena adquisición de datos.

- Calibración inicial de velocidad de deformación.
 - Primer ensayo de resistencia a la flexión y tenacidad según la norma ASTM C 1018, obteniendo información acerca de la velocidad de ensayo y desempeño general del equipo durante la prueba.
 - Agilidad y pericia en la operación y el funcionamiento general del equipo.
 - Determinación de la necesidad de modificar el dispositivo de medición de deformación para obtener mayor posibilidad de observación de la falla de la viga en la cara frontal.
- Se detectaron algunos errores de procedimiento y montaje como sigue:
 - Inicialmente se realizó la calibración de velocidad de deformación en base a la deformación esperada sin embargo la viga rompió a una deformación mayor lo cual hizo que la velocidad de carga de esta prueba fuera superior a la especificada.
 - No se logró obtener todas las lecturas de deformación necesarias para realizar por completo la gráfica de Carga vs Deformación debido a que al no lograr controlar la velocidad se perdió la secuencia de toma de datos manual que se llevaba. Sin embargo, se pudo recuperar la información y la secuencia de lecturas por medio de los videos grabados.

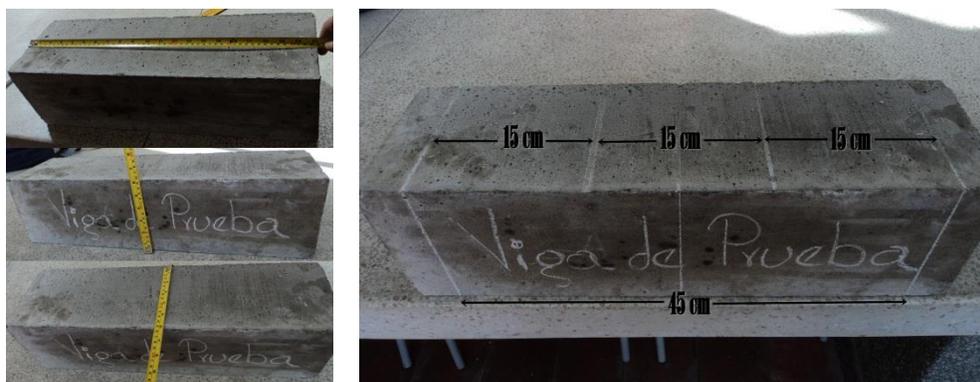


Figura 38. Medición y marcación de probetas (Vigas).

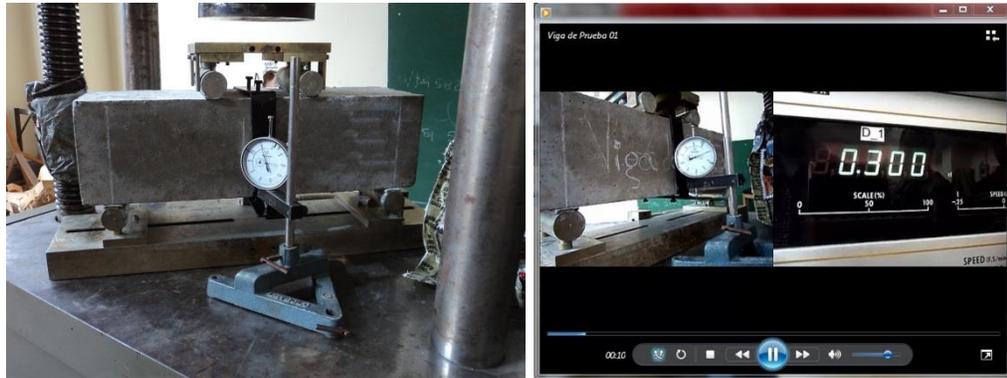


Figura 39. Montaje, ubicación de cámaras de video y adquisición de datos.

- La viga de prueba No. 2 se ensayó de acuerdo a la norma ASTM C 1018, realizando una curva de Carga Vs Deflexión a una edad de 13 días. Con esta viga se obtuvo:
 - Ratificar los avances obtenidos con la viga de prueba 1.
 - Corrección y mejora la adquisición de datos por medio de la grabación de video de la deformación y carga. Se ubicó una cámara con mejor resolución de grabación en el deformímetro medidor de deflexión y otra cámara desde la parte superior para grabación de la falla.
 - Ajuste de la velocidad de carga.



Figura 40. Marcación, montaje, ubicación de cámaras de video, adquisición de datos y ensayo de viga.

- La viga de prueba No. 3 se ensayó de acuerdo a la norma ASTM C 1018, realizando una curva de Carga vs Deflexión a una edad de 21 días. Con esta viga se obtuvo:
 - Ratificar los avances obtenidos con las vigas de prueba No. 1 y No. 2.
 - Determinación de la necesidad de modificar el dispositivo de medición de deformación por la parte posterior para obtener un mejor ángulo de grabación de la falla de las vigas definitivas.
 - Determinación del método de adquisición de datos, el cual se realizará mediante un video generado de las cámaras donde se aprecie simultáneamente la deflexión y la carga.



Figura 41. Ensayo de viga y video de adquisición de datos
Deflexión - Carga.

4.3.4.6. Ensayo de Resistencia a la flexión y tenacidad de probetas (Vigas) de ensayo de mezclas No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 y No. 6.

De cada una de las seis mezclas descritas anteriormente se elaboraron tres probetas (Vigas). Cada una de ellas fue ensayada a 28 días de edad de acuerdo a la norma ASTM C 1018, realizando una curva de Carga vs Deflexión siguiendo el procedimiento a continuación:

Marcación de las probetas (Vigas)

- Se ubica la probeta con la cara de enrase hacia arriba en un mesón de trabajo, luego girarla un cuarto de vuelta sobre el eje longitudinal de tal forma que la cara de enrase quede por detrás de la probeta.
- Se mide y registra el ancho y el alto de la probeta.
- Se mide el centro de la longitud de la probeta y se marca en las caras de ésta con la ayuda de una escuadra.
- Se mide desde la marca central ejecutada anteriormente, 7.5 cm y 22.5 cm a cada lado de ésta, marcando posteriormente tales posiciones en las caras de la probeta con la ayuda de una escuadra, de tal forma que queden los tres tercios marcados.

- Verificar que en los puntos de apoyo de la probeta no existan salientes o superficies no planas, en esos casos usar una lima o elemento similar para corregir y aplanar la superficie.

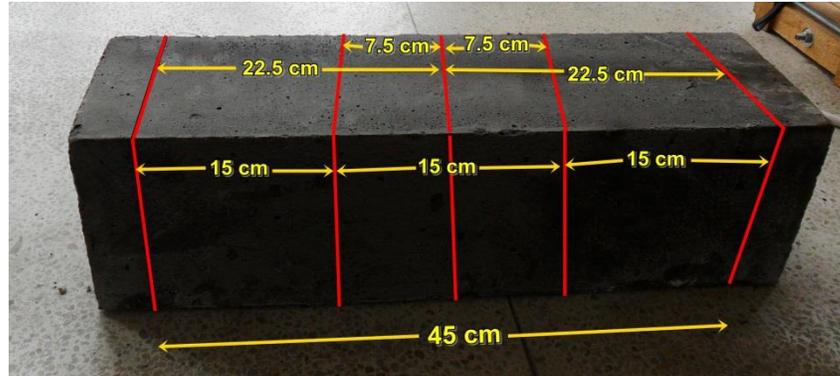


Figura 42. Marcación de probetas.

Montaje de sistema de apoyos, probeta, dispositivo de medición de deformación y cámaras de video para adquisición de datos

- Ubicar el dispositivo en la probeta de tal forma que éste quede alineado con la marca central y ajustar los tornillos con la mano hasta que quede firme.
- Ubicar los apoyos inferiores sobre la plataforma de la prensa universal y verificar que dichos apoyos se encuentren a una distancia de 45 cm entre sí.
- Montar el conjunto, probeta y dispositivo, sobre los apoyos inferiores de tal forma que queden centrado guiándose por las marcas realizadas en la probeta
- Ubicar sobre la probeta los apoyos superiores.
- Ubicar el conjunto de tal forma que quede centrado bajo la rótula de la prensa universal.



Figura 43. Montaje del dispositivo de medición de deflexión y sistema de apoyos.

- Ubicar el deformímetro en el centro de la superficie saliente del dispositivo medidor de deflexión, de tal forma que su vástago se encuentre casi por completo introducido ya que la medición se hará en sentido contrario a lo normal (Se medirá en el sentido contrario a las manecillas del reloj).



Figura 44. Montaje del deformímetro sobre el dispositivo de medición de deflexión.

- Ubicar una cámara frente al deformímetro para registrar la deformación.
- Ubicar una cámara frente al indicador de carga de la prensa.
- Ubicar una cámara en la parte posterior de la prensa para registro de la falla de la probeta.



Figura 45. Ubicación de cámaras para adquisición de datos.

Ajustes de operación y ejecución del ensayo



Figura 46. Tablero de controles de carga y movimiento de la máquina universal.



Figura 47. Indicador de carga y tablero de controles de la máquina universal.

- Seleccionar el rango de carga a partir de la carga máxima esperada, en el control LOAD RANGE. En éste caso se escogió el rango de 10 Ton.
- Acercar la rótula de la prensa a la probeta presionando el botón DOWN sin que ésta tenga contacto con los apoyos superiores.
- Continuar acercando la rótula de la prensa a los apoyos superiores girando la perilla LOAD CONTROL desde la posición HOLD hacia la posición LOAD hasta que el indicador de carga registre 0.005 Ton. En

este momento devolver la perilla LOAD CONTROL a la posición HOLD y dejarlo allí hasta iniciar el ensayo.

- Poner en cero el deformímetro y el indicador de carga por medio de la perilla ZERO, girando a la derecha para aumentar o a la izquierda para disminuir según sea necesario.
- Presionar el botón rojo RESET para que el registro de carga máxima (PEAK) empiece en cero.
- Iniciar la grabación de las cámaras.
- Iniciar la carga de la probeta girando la perilla LOAD CONTROL desde la posición HOLD hasta a posición correspondiente a la velocidad de ensayo de acuerdo a la calibración realizada previamente.
- Anunciar mediante la palabra “ya” las lecturas de deformación cada 0,1 mm hasta 0,5 mm de tal forma que en las tres cámaras se grabe el anuncio de dichas lecturas. Continuar grabando haciendo el seguimiento de las lecturas de deformación hasta llegar a 10,5 veces δ , donde δ es la deformación correspondiente a la rotura del concreto. En éste caso las deformaciones de rotura del concreto fueron entre 1.5 y 1.8 mm por lo cual las lecturas se realizaron hasta 16 mm y 19 mm.
- Descargar la prensa y detener la grabación de las cámaras.

Para cada una de las probetas (Vigas) restantes se realizó el procedimiento anterior en todas sus etapas.



Figura 48. Marcación, montaje y ensayo de Probetas I, II y III de la Mezcla No. 1.



Figura 49. Marcación, montaje y ensayo de Probetas IV, V y VI de la Mezcla No. 2.



Figura 50. Marcación, montaje y ensayo de Probetas VII, VIII y IX de la Mezcla No. 3.



Figura 51. Marcación, montaje y ensayo de Probetas X, XI y XII de la Mezcla No. 4.



Figura 52. Marcación, montaje y ensayo de Probetas XIII, XIV y XV de la Mezcla No. 5.



Figura 53. Marcación, montaje y ensayo de Probetas XVI, XVII y XVIII de la Mezcla No. 6.

4.3.5. Fase cuatro - Cálculos y resultados

4.3.5.1. Resistencia a la compresión, $f'c$, de cilindros de concreto del diseño de concreto lanzado de 26 Mpa.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde

$F'c$ = Resistencia a la compresión, Mpa

P = Carga en N

A = Área de la sección transversal del cilindro en mm^2

MUESTRA No.	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MPa	% EVOLUCIÓN	ESPECIFICACIÓN A 28 DÍAS	RESISTENCIA PROMEDIO MPa
D01	7	16.5	63	26.0	16.9
D02		17.0	65	26.0	
D03		17.3	67	26.0	
D04	28	32.6	125	26.0	33.0
D05		33.1	127	26.0	
D06		33.4	128	26.0	

TABLA No. 2 - Resistencia a la compresión Mezcla de diseño concreto $f_c = 26$ MPa

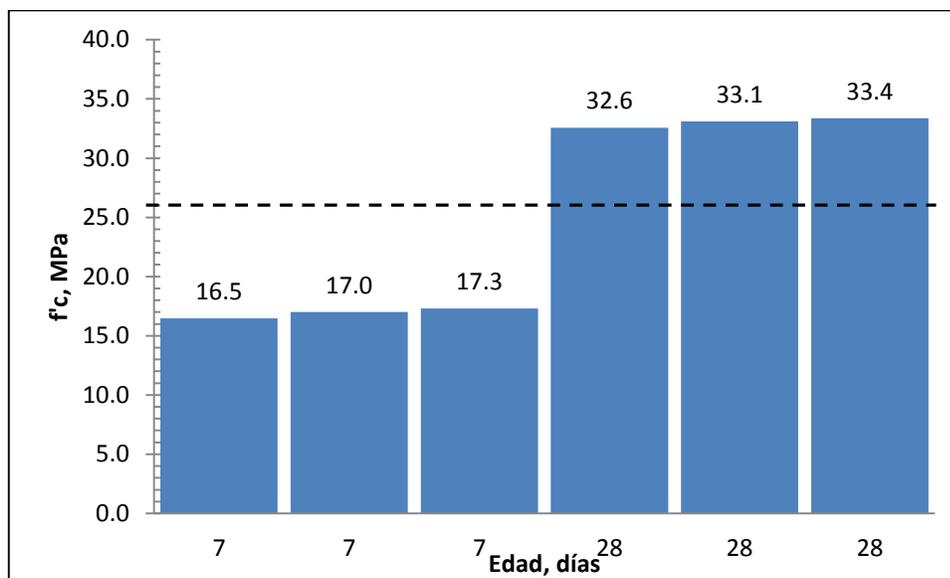


Figura 54. Resultados resistencia a la compresión de mezcla de diseño 7 y 28 días.

Resultados en Anexo A.

4.3.5.2. *Determinación de la deformación de la carga de rotura esperada, δ .*

A partir de los datos obtenidos en las vigas de prueba No 1, No. 2 y No. 3 se obtiene que la deflexión promedio, δ , para el concreto empleado es de 1.45 mm.

La deflexión de 1,45 mm fue un valor superior a los usuales obtenidos en la literatura consultada, sin embargo, teniendo en cuenta que las deflexiones obtenidas de las vigas de prueba No. 2 y No. 3 fueron consistentes,

tomamos éste valor como representativo del concreto fabricado, y lo usamos como válido para deflexión esperada de las vigas definitivas.

4.3.5.3. Resistencia a la flexión, tenacidad y factores de resistencia residual del concreto reforzado con fibra según la norma ASTM C 1018.

Resistencia a la flexión

Los cálculos se realizaron de acuerdo a la norma ASTM C 1018.

$$f'r = \frac{P * L}{B * D^2}$$

Donde

f'r = Resistencia a la flexión (Módulo de rotura), Mpa

P = Carga en N

L = Luz libre entre apoyos en mm

B = Ancho promedio de la muestra en mm

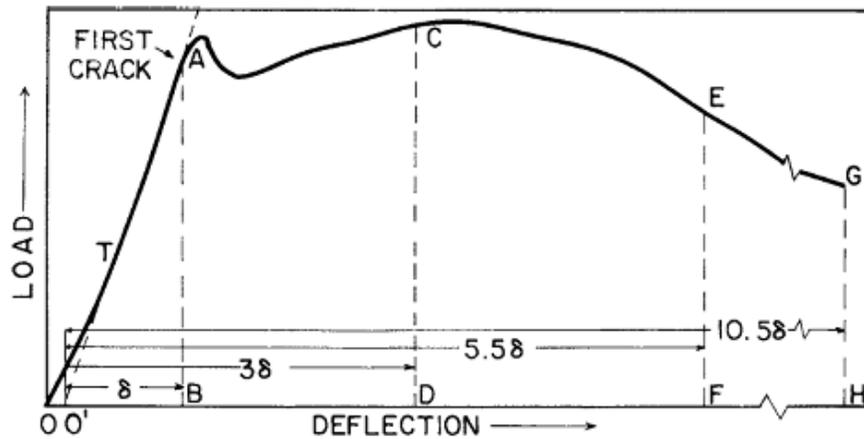
D = Altura promedio de la muestra en mm

Los resultados se resumen en la tabla No. 4.

Tenacidad e índices de tenacidad y factores de resistencia residual

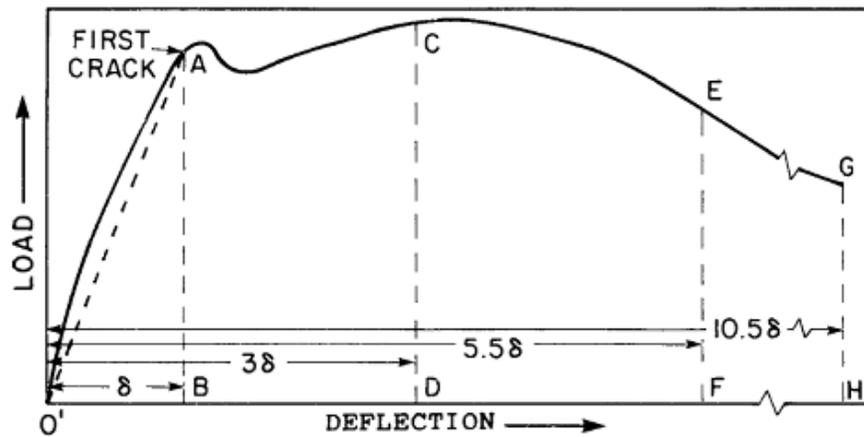
La tenacidad y el cálculo de los índices de tenacidad y de los factores de resistencia residual se determinaron mediante la norma ASTM C 1018.

- De los ensayos de laboratorio se obtuvieron curvas de carga – deformación de las cuales se determinaron la deformación correspondiente a la primera carga máxima de rotura del concreto (δ) según si la curva inicialmente es cóncava o convexa de acuerdo a la Figura 43, delimitando un área bajo la curva O'AB.



(a) Concave upwards to first crack

Figura 55. Curva carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.



(b) Convex upwards to first crack

Figura 56. Curva Carga – Deformación - Tomada de ASTM C 1018.

- Se determinaron las deformaciones: 3δ , 5.5δ y 10.5δ con los cuales se forman las áreas ABCD, CDEF, EFGH según las Figura 43 y 44.
- Las áreas bajo la curva se determinaron mediante el software AutoCAD®.
- Se calcularon los índices de tenacidad mediante la relación de áreas bajo la curva como sigue:

$$I_5 = \frac{\text{Área } O'ACD}{\text{Área } O'AB} \qquad I_{20} = \frac{\text{Área } O'AGH}{\text{Área } O'AB}$$

$$I_{10} = \frac{\text{Área } O'AEF}{\text{Área } O'AB}$$

- Se calcularon los factores de resistencia residual con las siguientes relaciones:

$$R_{5,10} = 20 * (I_{10} - I_5)$$

$$R_{10,20} = 20 * (I_{20} - I_{10})$$

- Se realizó la clasificación del concreto según la ductilidad de la ASTM C 1018 de acuerdo con la siguiente tabla:

Category	Rating	I₁₀
I	Marginal	< 4
II	Fair	4
III	Good	6
IV	Excelent	8

Tabla No. 3. Categorías de clasificación según ductilidad del concreto.

Resultados mezcla No. 1

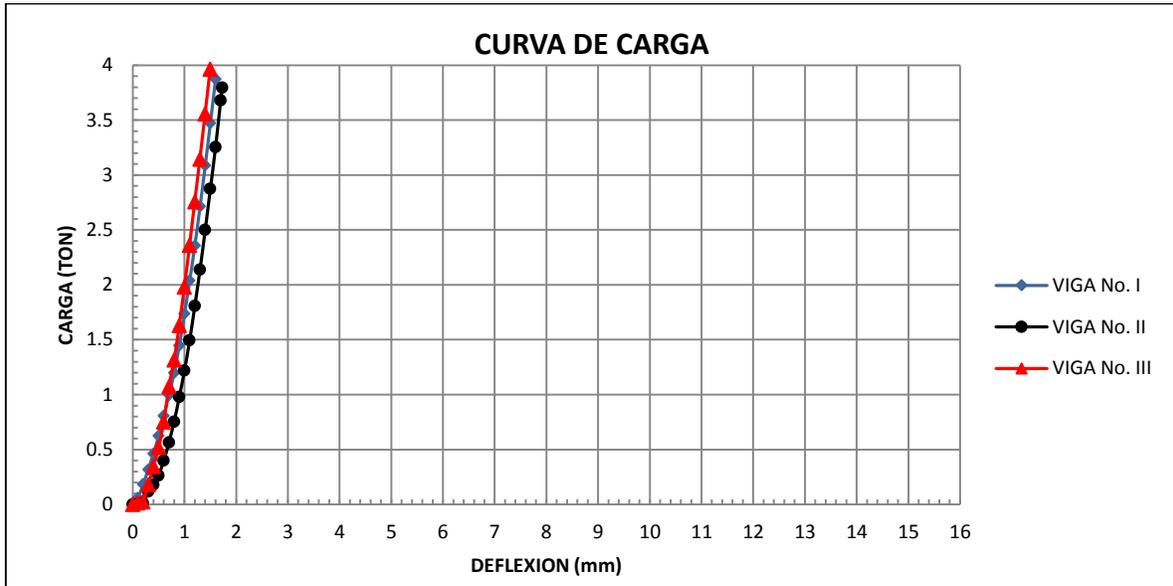


Figura 57. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 1.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. I	VIGA No. II	VIGA No. III	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.3	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.3	15.3	
P (TON)=	3.875	3.795	3.965	3.878
RESIST. (Mpa)=	4.9	4.8	5.0	4.9

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. I	VIGA No. II	VIGA No. III	PROMEDIO
I_5	1.0	1.0	1.0	1.0
I_{10}	1.0	1.0	1.0	1.0
I_{20}	1.0	1.0	1.0	1.0
FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
$R_{5,10}$	0.0	0.0	0.0	0.0
$R_{10,20}$	0.0	0.0	0.0	0.0

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018					
CATEGORY	RATING	I_{10}	RESULTADO I_{10} PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY	
I	MARGINAL	< 4		1.0	MARGINAL
II	FAIR	4			
III	GOOD	6			
IV	EXCELENT	8			

Tabla No. 4. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 1.

Resultados mezcla No. 2

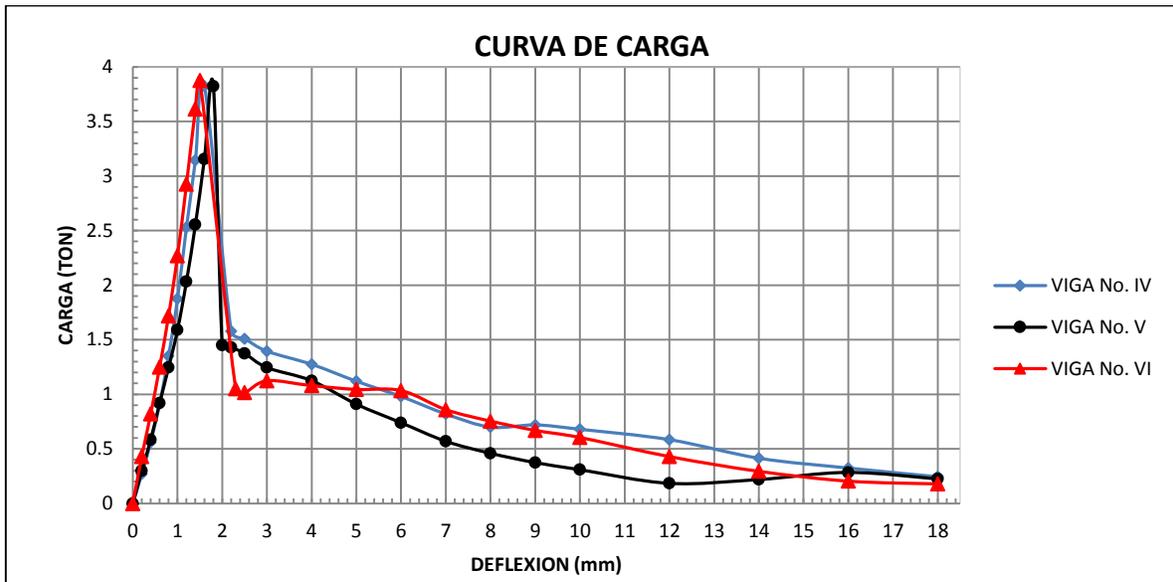


Figura 58. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 2.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. IV	VIGA No. V	VIGA No. VI	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.3	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.3	15.3	
P (TON)=	3.825	3.825	3.875	3.842
RESIST. (Mpa)=	4.8	4.8	4.9	4.8

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. IV	VIGA No. V	VIGA No. VI	PROMEDIO
I_5	3.0	2.6	2.7	2.8
I_{10}	4.4	3.4	4.0	3.9
I_{20}	6.1	4.1	5.3	5.1
FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
$R_{5,10}$	27.9	16.6	27.1	23.9
$R_{10,20}$	16.3	6.8	12.7	11.9

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I_{10}	RESULTADO I_{10} PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4		3.9
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

Tabla No. 5. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 2.

Resultados mezcla No. 3

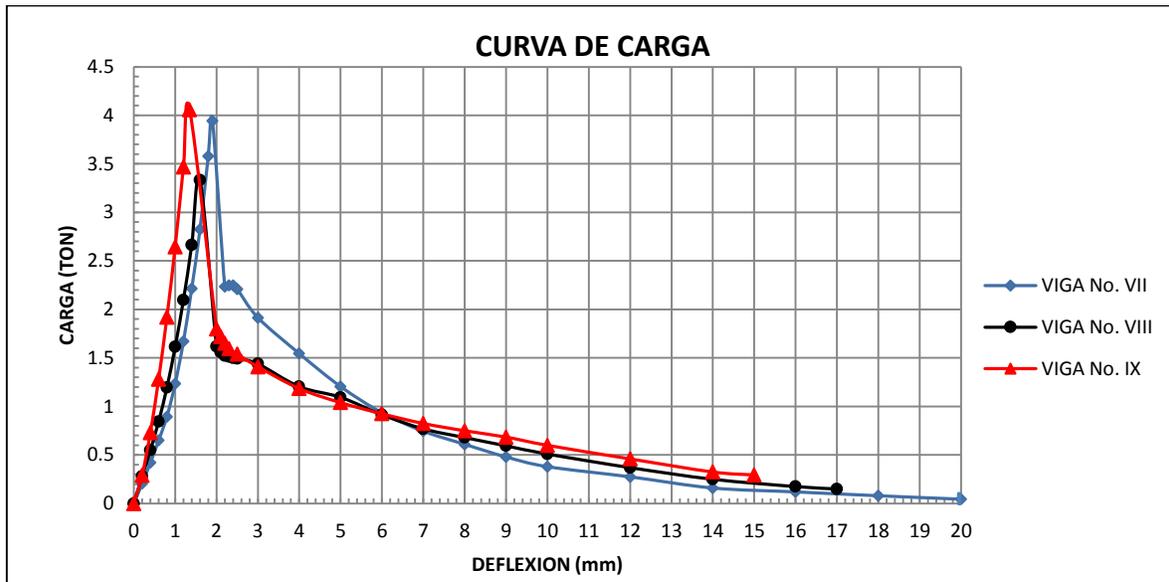


Figura 59. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 3.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. VII	VIGA No. VIII	VIGA No. IX	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.3	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.3	15.3	
P (TON)=	3.945	3.335	4.06	3.780
RESIST. (Mpa)=	5.0	4.2	5.1	4.7

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. VII	VIGA No. VIII	VIGA No. IX	PROMEDIO
I ₅	3.4	3.2	3.1	3.2
I ₁₀	4.4	4.7	4.5	4.5
I ₂₀	5.0	5.9	6.2	5.7

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	21.4	30.3	27.8	26.5
R _{10,20}	5.5	12.5	16.3	11.4

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	4.5	FAIR
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

Tabla No. 6. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 3.

Resultados mezcla No. 4

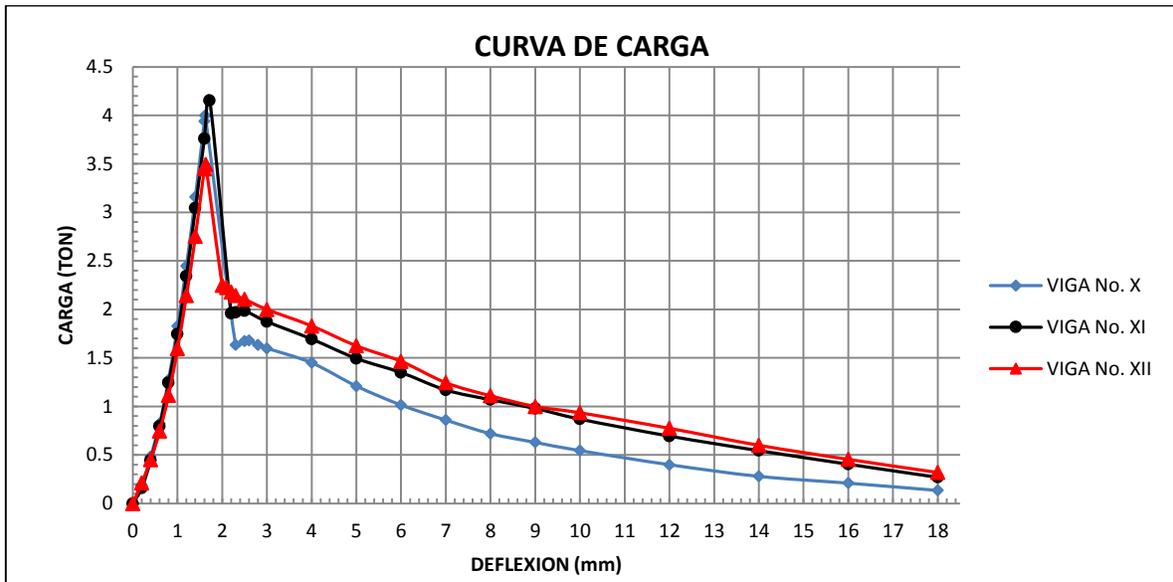


Figura 60. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 4.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. X	VIGA No. XI	VIGA No. XII	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.3	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.3	15.3	
P (TON)=	4.000	4.155	3.495	3.883
RESIST. (Mpa)=	5.0	5.2	4.4	4.9

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. X	VIGA No. XI	VIGA No. XII	PROMEDIO
I ₅	3.3	3.4	4.0	3.6
I ₁₀	4.7	5.2	6.3	5.4
I ₂₀	5.9	7.0	8.8	7.2
FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	28.8	36.2	47.0	37.4
R _{10,20}	11.7	17.6	24.7	18.0

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4		
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

Tabla No. 7. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 4.

Resultados mezcla No. 5

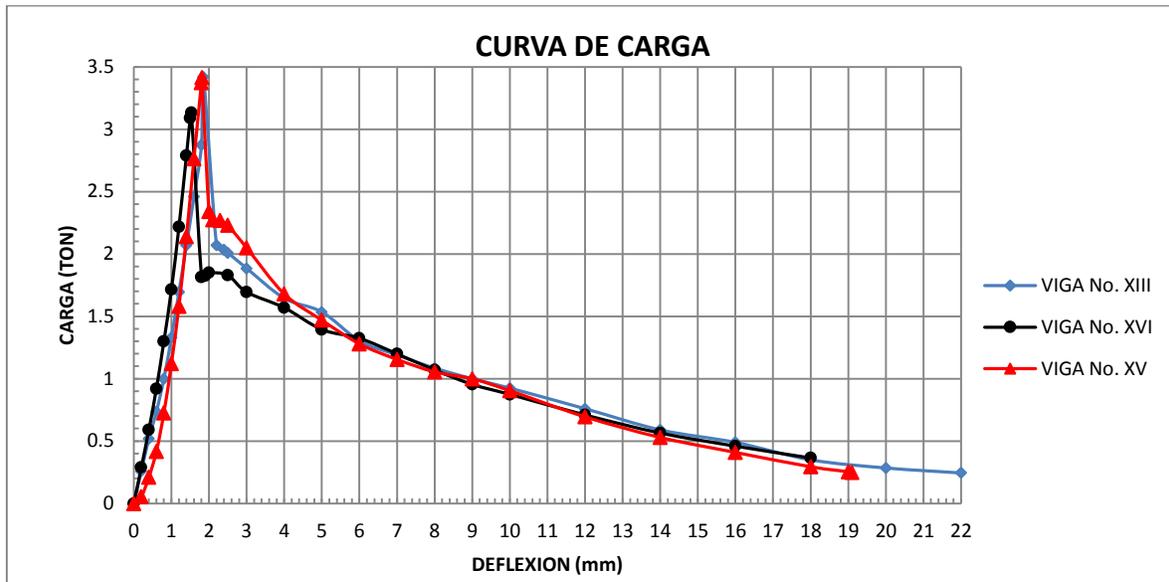


Figura 61. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 5.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. XIII	VIGA No. XVI	VIGA No. XV	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.5	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.7	15.3	
P (TON)=	3.420	3.135	3.415	3.323
RESIST. (Mpa)=	4.3	3.7	4.3	4.1

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. XIII	VIGA No. XVI	VIGA No. XV	PROMEDIO
I ₅	3.7	3.6	4.1	3.8
I ₁₀	5.8	5.9	6.4	6.1
I ₂₀	8.0	8.5	8.6	8.4

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	42.0	46.1	46.3	44.8
R _{10,20}	21.4	26.1	22.0	23.2

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4		
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

Tabla No. 8. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 5.

Resultados mezcla No. 6

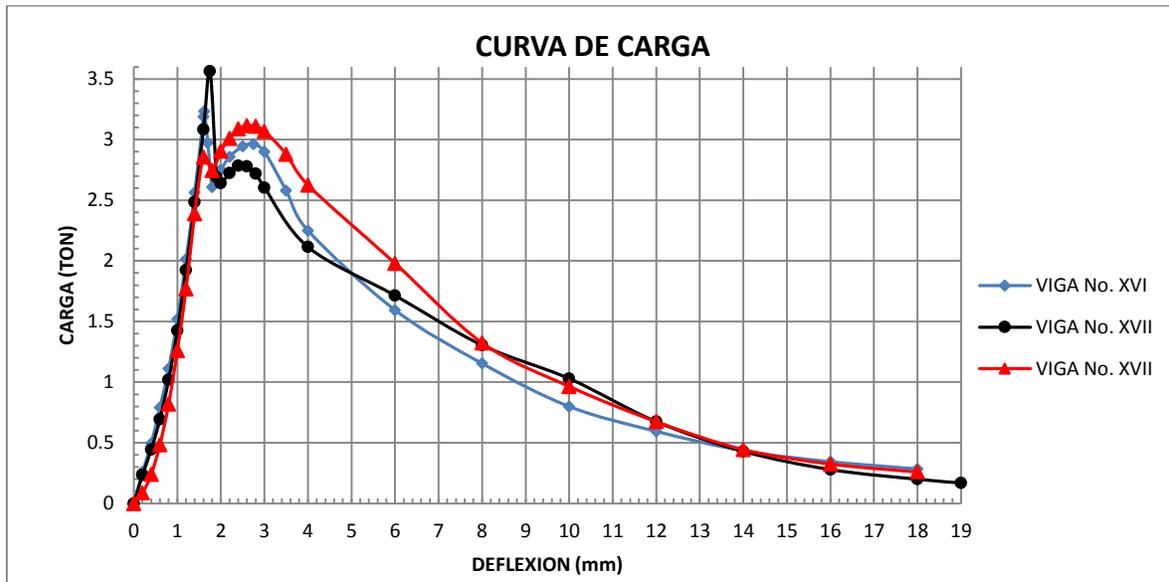


Figura 62. Ensayo de tenacidad Mezcla No. 6.

	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. XVI	VIGA No. XVII	VIGA No. XVIII	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.3	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.3	15.3	
P (TON)=	3.235	3.565	2.855	3.400
RESIST. (Mpa)=	4.1	4.5	3.6	4.3

ÍNDICES DE TENACIDAD	VIGA No. XVI	VIGA No. XVII	VIGA No. XVIII	PROMEDIO
I_5	4.9	4.4	6.3	4.7
I_{10}	7.6	7.0	10.4	7.3
I_{20}	9.7	8.8	13.4	9.3

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
$R_{5,10}$	54.0	51.4	81.5	52.7
$R_{10,20}$	21.2	18.2	29.9	19.7

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I_{10}	RESULTADO PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4		
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

Tabla No. 9. Índices de tenacidad y factores de resistencia residual Mezcla No. 6.

Nota: La viga No. XVIII no se tuvo en cuenta para promediar los resultados ya que éstos se alejan de la tendencia.

Resumen de resultados mezcla No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 y No. 6

MEZCLA No.	DESCRIPCIÓN	VALORES PROMEDIO							RESULTADO CATEGORÍA	COMPORTAMIENTO
		P Kg	f'r Mpa	l ₅	l ₁₀	l ₂₀	R _{5,10}	R _{10,20}		
1	Concreto simple	3878	4.9	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	AL MARGEN	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO
2	Concreto con 20 Kg/m ³ de fibra SIKA fiber cho 65/35 NB	3842	4.8	2.8	3.9	5.1	22.8	11.3	AL MARGEN	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO
3	Concreto con 30 Kg/m ³ de fibra SIKA fiber cho 65/35 NB	3780	4.7	3.2	4.5	5.7	26.5	11.4	ACEPTABLE	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO
4	Concreto con 40 Kg/m ³ de fibra SIKA fiber cho 65/35 NB	3883	4.9	3.6	5.4	7.2	37.4	18.0	ACEPTABLE	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO
5	Concreto con 55 Kg/m ³ de fibra SIKA fiber cho 65/35 NB	3323	4.1	3.8	6.1	8.4	44.8	23.2	BUENO	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO
6	Concreto con 70 Kg/m ³ de fibra SIKA fiber cho 65/35 NB	3400	4.3	4.7	7.3	9.3	52.7	19.7	BUENO	NO ES PERFECTAMENTE PLÁSTICO

Tabla No. 10. Resumen de resultados de Tenacidad

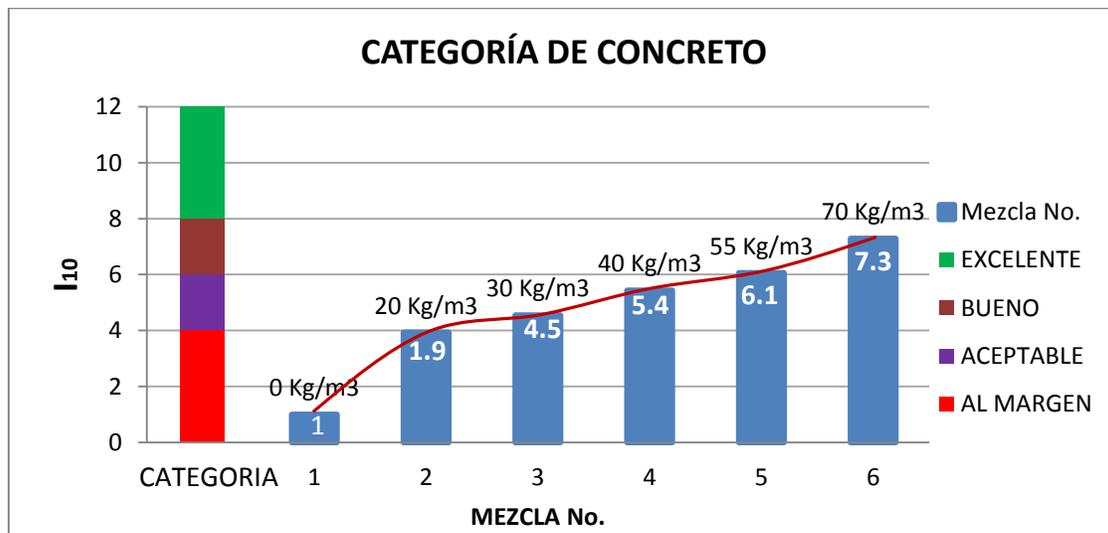


Figura 63. Clasificación del concreto según su ductilidad en función del contenido de fibra SIKA FIBER CHO 65/35 NB

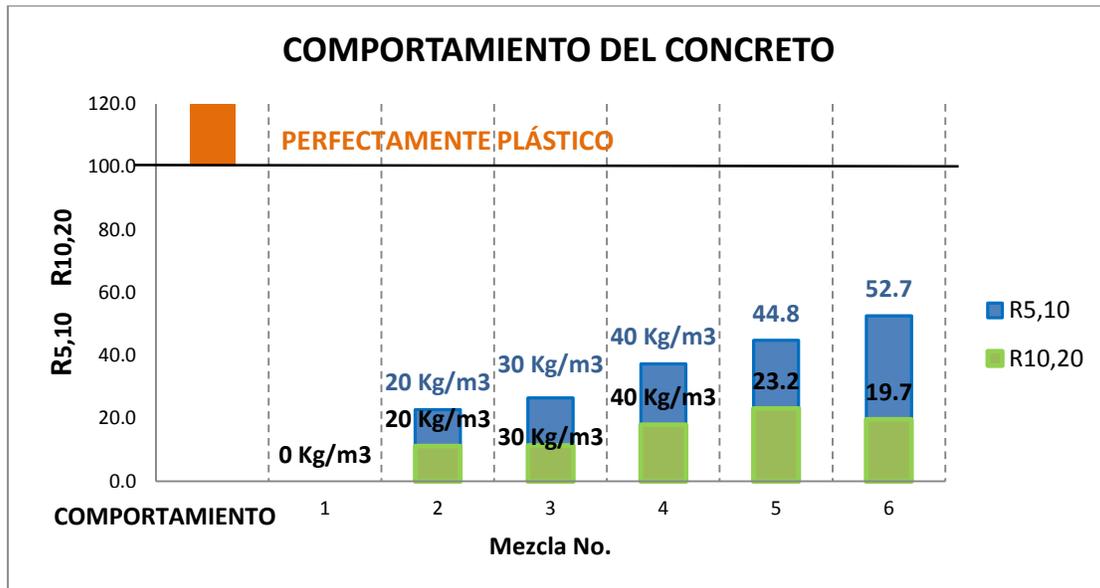


Figura 64. Comportamiento del concreto según su índice de resistencia residual en función del contenido de fibra SIKA FIBER CHO 65/35 NB

4.3.5.4. Análisis de resultados

- Luego de analizar las formas de falla en cada mezcla se observa un cambio significativo de ésta a medida que el contenido de fibra metálica de refuerzo aumenta. El concreto simple (Mezcla No. 1) presenta una rotura violenta, a medida que aumenta el contenido de las fibras en el concreto, la falla se hace cada vez menos frágil (Menos violenta) al punto que en la mezcla No. 6 ésta es muy dúctil lo cual provoca una caída mínima de la resistencia residual.
- Al observar el comportamiento de los índices de tenacidad de las probetas de las seis mezclas se puede notar un aumento de éstos, es decir, hay existencia y posterior aumento de resistencia después de la fractura del concreto en función de la adición de la fibra de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB ya que es precisamente ese el propósito del uso de la fibra. En consecuencia, se genera una mejora en el comportamiento del concreto bajo cargas, generando un aumento en su tenacidad, es decir, aumentado su capacidad de deformarse mientras resiste cargas antes de llegar al colapso. Ver figura No. 65.

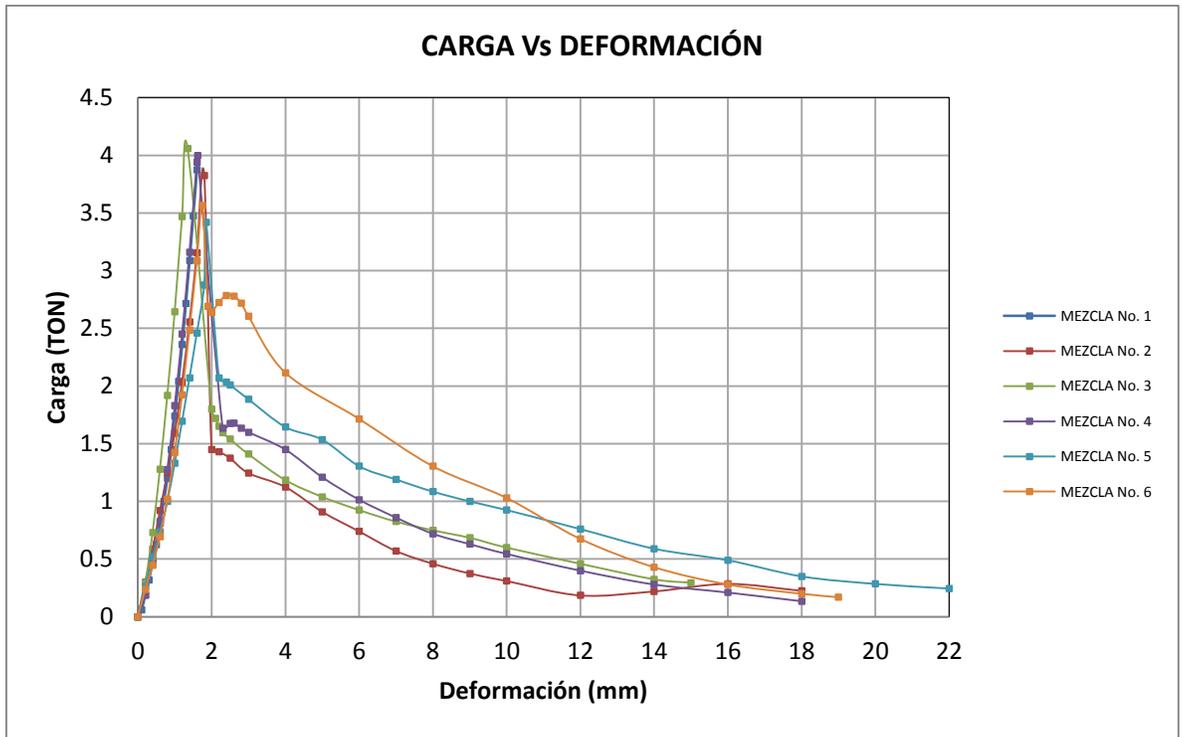


Figura 65. Comparación del comportamiento de tenacidad del concreto en estudio.

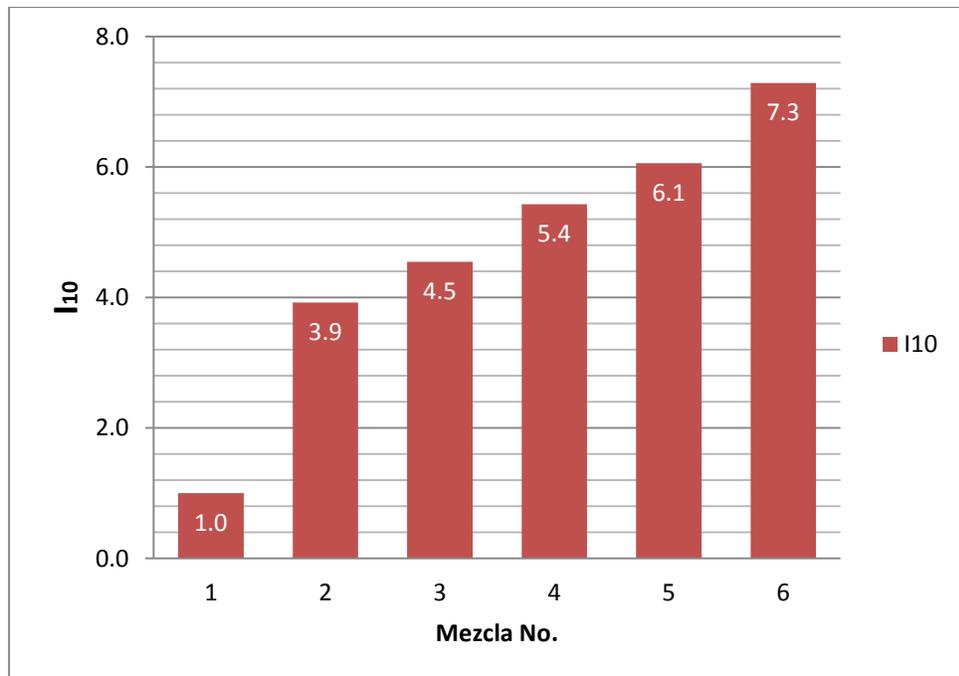


Figura 66. Comparación del comportamiento del concreto en estudio, desde el punto de vista de ductilidad.

- El cálculo de los índices de tenacidad permite categorizar el concreto según la ductilidad presentada en función del contenido de fibra, es así como en la Tabla No. 1 se puede ver que la mezcla No. 1 (Concreto simple) no presenta ductilidad y se clasifica como “Al Margen” al igual que la mezcla No. 2 (20 Kg/m³), sin embargo esta última muestra una significativa mejora en la ductilidad con la adición de la fibra ya que el índice de tenacidad I_{10} aumenta en aproximadamente 290 % respecto al concreto simple (Mezcla No. 1).

- Las Mezclas No 3 (30 Kg/m³) y No. 4 (40 Kg/m³) se clasificaron en la categoría “Aceptable”, mientras que las Mezclas No. 5 (55 Kg/m³) y No. 6 (70 Kg/m³) se clasificaron en la categoría “Bueno”, estando ésta última cerca de la categoría “Excelente”. Se pudo observar un aumento del índice de tenacidad I_{10} entre las mezclas No. 2 y No. 3 del orden de 13,3 %, entre las mezclas No. 3 y No. 4 se observó un aumento de éste índice del orden de 16.6 %, entre las mezclas No. 4 y No. 5 se observó un aumento del orden de 11.5 % y entre las mezclas No. 5 y No. 6 se observó un aumento del orden de 16.4 %
 Igualmente se observó que la mezcla No. 6 se encuentra muy cerca de pasar a la categoría “Excelente”, cabe resaltar que una probeta alcanzó un valor de I_{10} de 10.4 el cual clasifica el concreto con un desempeño “Excelente”. Dentro de las mezclas propuestas se esperaba que se alcanzara un comportamiento “Bueno” y/o “Excelente” con un contenido de fibra de entre 30 y 40 Kg/m³, sin embargo esto no se logró con los materiales analizados, adicionalmente el aumento del índice de tenacidad I_{10} entre las mezclas No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 y No. 6 fue relativamente pequeño e insuficiente para lograr obtener un concreto con comportamiento “Excelente”.

- Los factores de resistencia residual $R_{5,10}$ y $R_{10,20}$ obtenidos muestran que el concreto tiende a mejorar su comportamiento plástico, sin embargo, con las proporciones de fibra evaluadas, éste no llega ser perfectamente plástico, indicando un rendimiento inferior desde éste punto de vista.

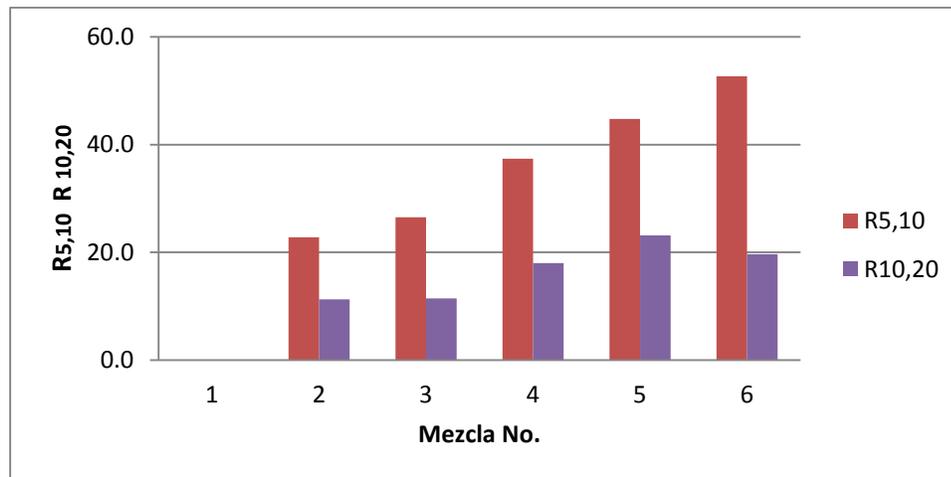


Figura 67. Comparación de los factores resistencia residual entre las mezclas de estudio.

- Como ya es sabido el concreto simple presenta una baja resistencia a la flexión, exhibiendo rotura violenta y sin previo aviso, hecho que se comprueba con los índices de tenacidad y factores de resistencia residual obtenidos en las probetas de la mezcla No. 1, ya que no fue posible realizar la gráfica Carga - Deformación después de la primera grito, debido a que el concreto simple una vez se fracturó su resistencia fue nula.
- Al comparar la resistencia a la flexión a la primera rotura presentada por las probetas de las seis mezclas analizadas se observa un comportamiento similar, es decir, se registraron cargas de rotura y deformación de rotura relativamente similares a pesar de que las seis mezclas tenían contenidos de fibra de refuerzo diferentes. Éste comportamiento era de esperarse ya que éste tipo de refuerzo no está diseñado para generar resistencia a la flexión a la primera rotura del concreto, lo cual demuestra que ésta no es función del contenido de fibra de refuerzo. Teniendo como referencia el valor teórico (Calculado) de resistencia a la flexión, $f_{rT} = 3.56$ MPa, se observa que el f_r promedio de las mezclas No. 1 a No. 4 superó el valor estimado en aproximadamente un 34 %. Las mezclas No. 5 y No. 6 superaron el valor estimado en aproximadamente un 18 %.

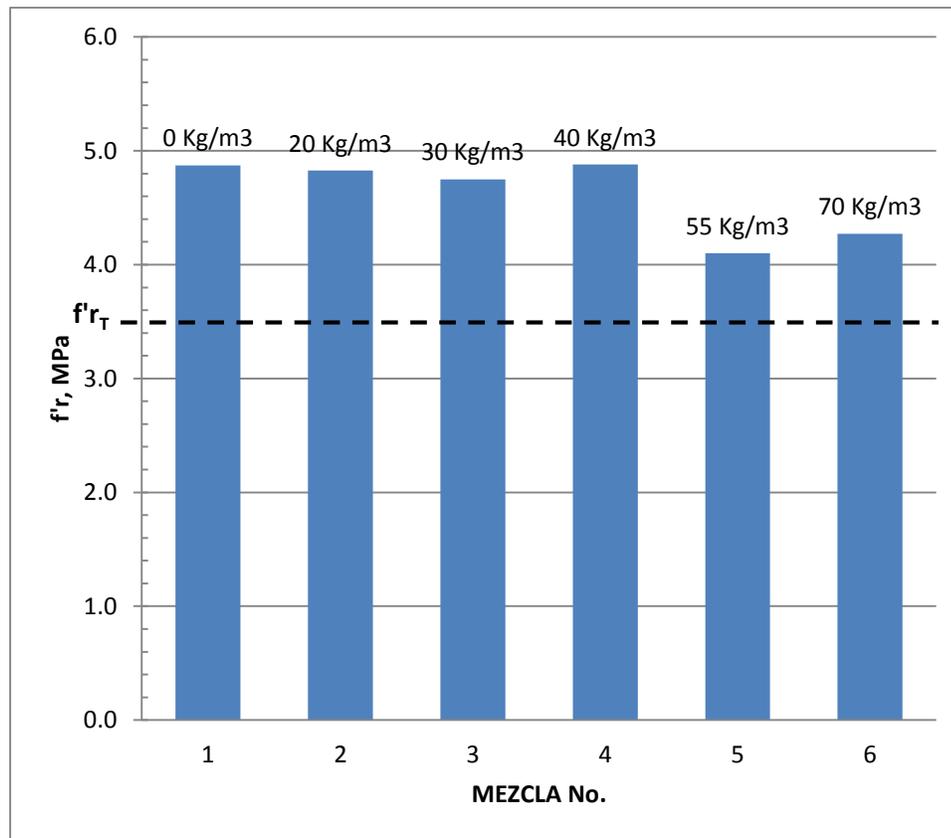


Figura 68. Comparación $f'r$ en función del contenido de fibra de refuerzo

- Las pruebas realizadas a las seis mezclas efectuadas con diferentes proporciones de fibra metálica de refuerzo SIKA FIBER CHO 65/35 NB, permitieron determinar que se puede lograr un concreto lanzado fabricado con dos de los agregados disponibles más usados en Popayán, con un comportamiento “Bueno” desde el punto de vista de Ductilidad, con un contenido de fibra metálica de refuerzo a partir de 55 Kg/m³ de concreto.
- Los agregados disponibles más usados actualmente en Popayán tal y como se consiguen en el mercado no son los más adecuados para fabricar concreto lanzado desde el punto de vista de su tamaño, pues éstos son producidos principalmente para fabricar concretos convencionales, hecho que se vio reflejado en la dosificación de materiales para el diseño del concreto ya que se ajustó lo máximo posible sin poder cumplir con la especificación granulométrica, lo cual podría constituirse en una posible razón por la cual el concreto lanzado fabricado con dichos agregados y con las proporciones de fibra de refuerzo ini-

cialmente propuestas, no lograron clasificarse como “Excelente”. Aun así se logró fabricar un concreto lanzado “Bueno” desde el punto de vista de ductilidad de acuerdo a las categorías establecidas por la norma ASTM C1018.

5. CONCLUSIONES

- A partir de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con los materiales usados se determina que la adición de fibra metálica de refuerzo al concreto, mejora el comportamiento, tenacidad y ductilidad en función de su dosificación.
- Luego de analizar los tipos de falla se puede observar que con contenidos de fibra de 55 y 70 Kg/m³ de concreto la falla del concreto tiende a ser gradual del tipo dúctil lo cual es de gran importancia desde el punto de vista de seguridad.
- La dosificación de fibra metálica de refuerzo necesaria para lograr un concreto con un comportamiento “Bueno a excelente” según las categorías de la norma ASTM C1018 desde el punto de vista de ductilidad y tenacidad con los materiales usados, es del orden de 55 Kg/m³ hasta los 70 Kg/m³.
- Las mezclas No. 1 y No. 2 de acuerdo con el índice de tenacidad I₁₀, se clasificaron como un concreto con un comportamiento “Al margen” en el cual la dosificación de fibra metálica de refuerzo varió entre 0 y 20 Kg/m³ de concreto.
- Las mezclas No. 3 y No. 4 de acuerdo con el índice de tenacidad I₁₀, se clasificaron como un concreto con un comportamiento “Aceptable” en el cual la dosificación de fibra metálica de refuerzo varió entre 30 y 40 Kg/m³ de concreto.
- Con la adición de fibra metálica de refuerzo al concreto simple en una proporción de 20 Kg/m³ (5 Kg/m³ menos del mínimo recomendado por el fabricante) se observó un aumento ampliamente significativo (290 %) en su capacidad de deformación y resistencia de cargas después de su primer rotura, lo cual ratifica los beneficios de usar éste material.
- A partir de una dosificación de 20 Kg/m³ de fibra metálica de refuerzo no se aprecia un efecto amplio sobre el concreto para el aumento planteado de 10 Kg/m³ en cada mezcla, es decir, la tendencia en la mejora de las propiedades del concreto evaluado fue muy pequeña lo

cual no permitió lograr un concreto con un comportamiento “Excelente” según las categorías de la norma ASTM C1018.

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al concreto fabricado con los materiales usados en la mezclas propuestas, en caso de necesitarse un concreto lanzado para una obra en específico en las cercanías de Popayán, es necesario obtener unos agregados que se ajusten adecuadamente con las especificaciones granulométricas aplicables y evaluar su comportamiento a través de las pruebas realizadas en esta investigación como una guía para obtener información que permita hacer un uso más eficiente del concreto lanzado con fibra metálica de refuerzo.

6. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS

- Realizar y planificar suficientes muestras para pruebas previas, ya que éstas brindan información importante y necesaria para efectos de un correcto desarrollo del estudio.
- Obtener toda la información disponible sobre el estudio para así tener en cuenta todas las posibles variables que puedan afectar el desarrollo del mismo.
- En caso de que el estudio se valla a realizar con fines prácticos, es decir, aplicados a una obra de ingeniería en específico, se debe lograr obtener los materiales adecuados, los cuales deben cumplir con las especificaciones aplicables, esto con el fin de obtener datos y resultados reales durante el estudio.
- Realizar la pruebas mencionadas anteriormente con diferentes granulometrías y un mayor número de pruebas para obtener un registro del comportamiento del concreto y así poder establecer el contenido óptimo de fibra de refuerzo que deberá ser evaluado desde los puntos de vista económico y técnico y/o según el uso o la necesidad de una obra específica.

7. ADQUISICIÓN DE DATOS POR LA MÁQUINA UNIVERSAL Y RECOMENDACIONES

ADQUISICIÓN DE DATOS POR LA MÁQUINA UNIVERSAL

La máquina Universal Shimadzu cuenta con un Software y sistema de adquisición de datos digital en el cual se pueden obtener registros de carga, desplazamiento y tiempo, en el cual se ingresan parámetros de ensayo, características de la probeta a ensayar y otros datos. Éste sistema de adquisición de datos se usó durante la realización de las pruebas previas y los ensayos de las mezclas propuestas.

La medición de la deflexión de las probetas sometidas a ensayo se realizó directamente sobre la muestra y medida justo en el centro de la luz tal y como se describió en el numeral 4.3.4.4.

Durante la realización de las pruebas previas se pudo advertir que los datos obtenidos por la máquina distaban sensiblemente de los obtenidos por medios manuales propuestos en el desarrollo del proyecto. Estas diferencias se presentan principalmente en la medición del desplazamiento.

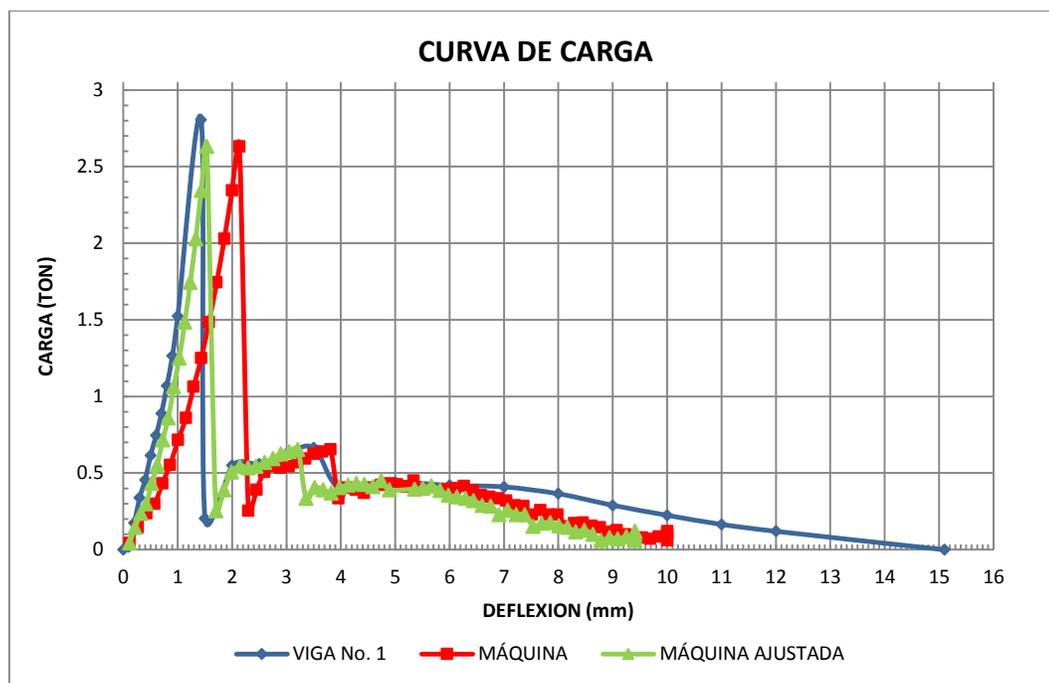


Figura 69. Curva de carga vs deflexión – Adquisición de datos manual y digital.

En la figura 69 se observa una gráfica de carga vs deflexión. La línea azul representa los datos obtenidos de la medición en de la deflexión en el centro de la luz de la probeta a través de la grabación de los videos durante el ensayo, la línea roja representa los datos obtenidos digitalmente por la máquina y el software que ella contiene, la línea verde representa un ajuste por deformación.

Como se puede observar existe una diferencia de aproximadamente 0.7 mm en el pico carga de las líneas azul y roja. Adicionalmente se observó que durante el ensayo se registró en video deformación hasta 12 mm mientras que la máquina registró únicamente hasta aproximadamente 10 mm.

Durante el procedimiento de ensayo se realiza una carga y descarga de la probeta para ajustar el contacto entre el dispositivo de apoyo y la probeta, posteriormente se realiza una carga de ajuste de 5 Kgf, se pone el deformímetro y el indicador en cero para luego empezar el ensayo, esto con el fin de evitar registros de deformación sin carga, es decir una baja pendiente al inicio de la gráfica, en teoría la gráfica hasta la rotura del concreto debería tener una pendiente relativamente constante tal y como lo muestra la línea azul, sin embargo la máquina registra éste fenómeno, por lo cual se realiza un ajuste de aproximadamente 0.7 mm lo cual, en general, se acerca más a la teoría, sin embargo al hacer esto se puede apreciar una diferencia en las cargas. Luego de revisar varios registros similares podemos deducir que existen errores en la adquisición de datos de deflexión y que éstos no son lineales, es decir, se acumulan. Si se realizara matemáticamente una distribución del error en deformación, las cargas se asemejarían bastante a las registradas por el video (Línea azul) lo cual descarta un error en la adquisición de datos de carga.

Los errores de adquisición de datos en deflexión se ven evidenciados igualmente en las gráficas de desplazamiento vs tiempo registradas por la máquina, de las cuales se pueden calcular la velocidad concluyendo éstas varían entre 1.5 y 3.5 veces la velocidad registrada con los videos. Ver figura 65.

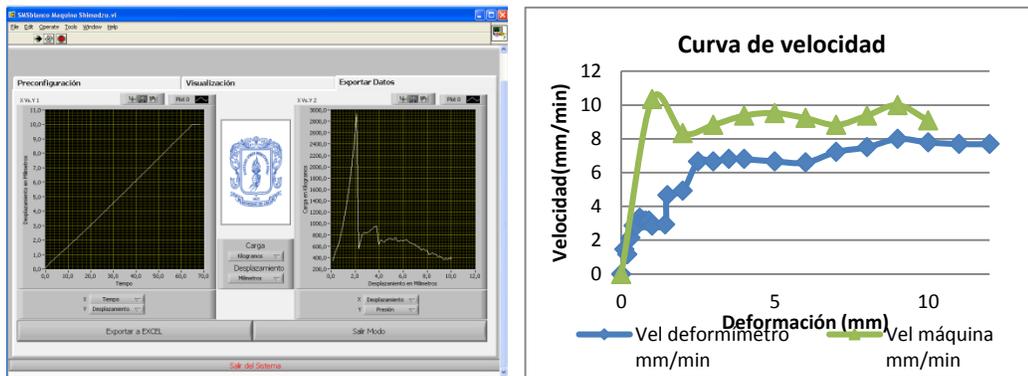


Figura 70. Curva de desplazamiento vs tiempo de la máquina universal y comparación de velocidades.

Lo expuesto anteriormente se repitió durante todas las pruebas registrando errores mayores o menores a los mencionados. En consecuencia, al ver la variabilidad de dichos errores, y respaldados por el análisis realizado a los registros, se decidió no hacer uso de la información obtenida por el sistema de adquisición de datos de la máquina universal, en los cálculos realizados en el proyecto.

RECOMENDACIONES

Los registros realizados por la Máquina universal están disponibles en el anexo E.

Con la información aquí dispuesta se recomienda revisar el sistema de adquisición de datos de deformación ya que como se observa al comparar las mediciones la diferencia es significativa. Esta revisión la puede realizar un laboratorio de metrología con competencia en el área, preferiblemente acreditado ante la ONAC.

Igualmente se deben revisar parámetros de medición de tiempo, debido a que los valores obtenidos por el software no corresponden a la duración real de los ensayos.

Durante las pruebas se detectó la alta sensibilidad que se registra en las mediciones de deformación debido a las vibraciones o movimientos externos que conducirían a lecturas erróneas. Teniendo en cuenta que la máquina en sí no presenta mayores vibraciones por su propio funcionamiento, se recomienda que el personal que usa el equipo, realicen las pruebas de tal forma

que se presente la menor perturbación posible al cuerpo del equipo o tomar las precauciones necesarias para que esto no ocurra.

8. BIBLIOGRAFÍA

ASTM C1018-97. Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading) (Withdrawn 2006). ASTM International, West Conshohocken, PA, 1997, www.astm.org

EFNARC. Especificación europea para hormigón proyectado. Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey, GU9 7EN, United Kingdom. 1999, www.efnarc.org

NSR 10. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente, Viceministerio de vivienda y desarrollo territorial, Bogota D.C. Colombia. Enero de 2010.

Base de datos de investigaciones académicas de Google.(2015).<https://scholar.google.es/>

Base de datos de la Universidad Nacional sede Medellín.(2015).
<http://www.sinab.unal.edu.co/index.php/recursos-bibliograficos/bases-de-datos>

ANEXO A. ENSAYOS DE LABORATORIO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

NORMA DE ENSAYO INV E - 213 INV E - 214

Página 1 de 1

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO

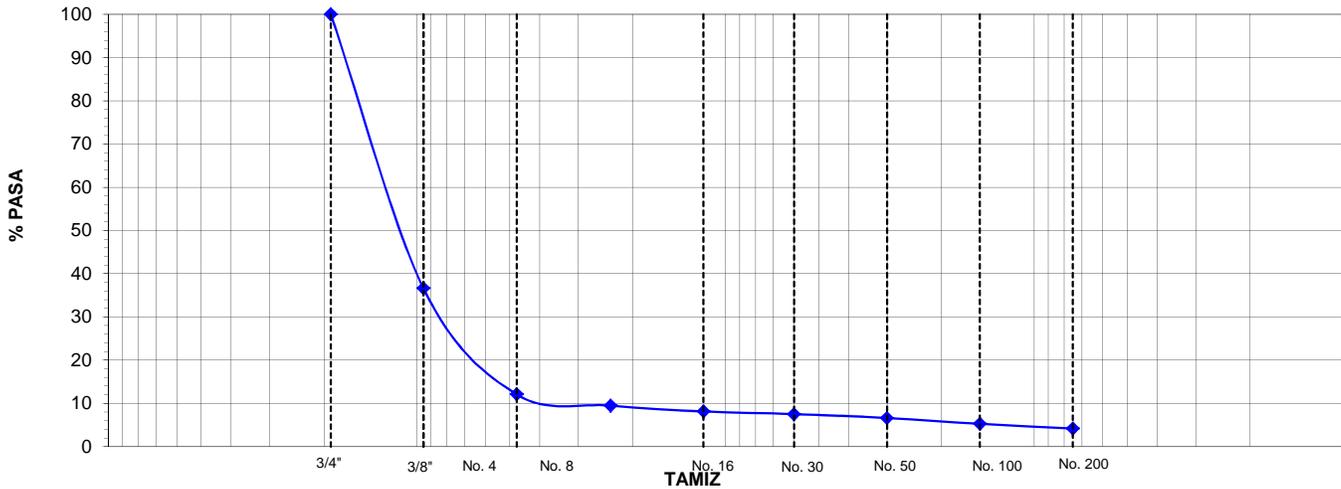
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: TRITURADO DE 3/4" COMERCIAL

PROCEDENCIA: CONEXPE

FECHA ENSAYO: 28-jul-2015

GRANULOMETRIA					
Peso Seco Antes de Lavar (g) =		1868.4	Peso seco después de lavar (g) =		1790.0
Tamiz (Pulg.)	(mm)	Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/4"	19.0	0	0.0	0	100
3/8"	9.525	1183.7	63.4	63.4	36.6
No. 4	4.75	459.0	24.6	87.9	12.1
No. 8	2.36	48.7	2.6	90.5	9.5
No. 16	1.18	25.3	1.4	91.9	8.1
No. 30	0.60	11.3	0.6	92.5	7.5
No. 50	0.3	17.0	0.9	93.4	6.6
No. 100	0.150	25.2	1.3	94.7	5.3
No. 200	0.075	19.8	1.1	95.8	4.2
Pasa No. 200		78.4			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

NORMA DE ENSAYO INV E - 213 INV E - 214

Página 1 de 1

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO

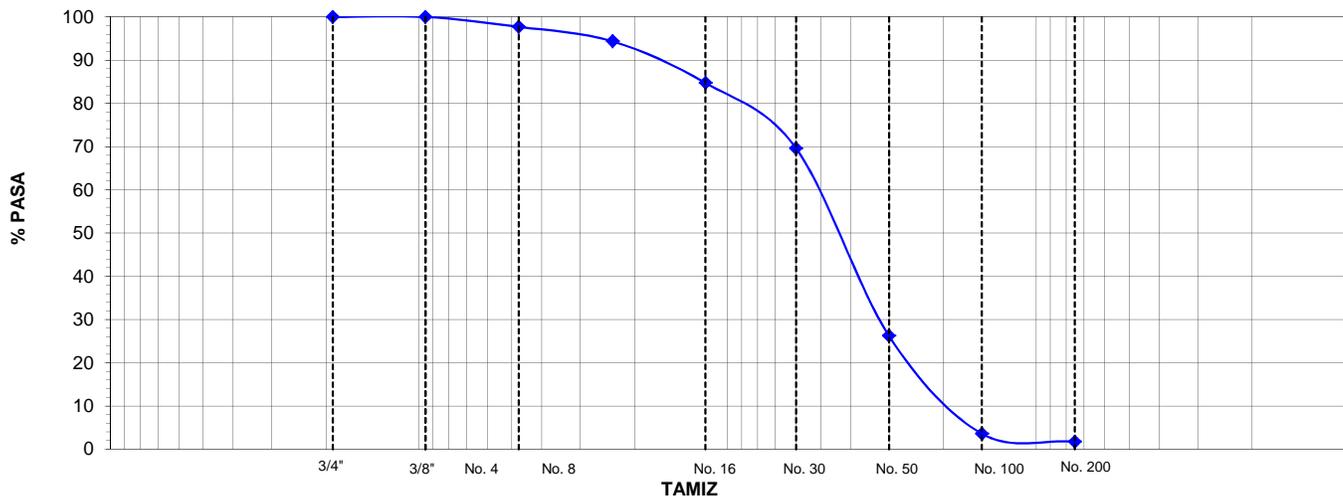
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: ARENA RIO CAUCA

PROCEDENCIA: PUERTO TEJADA

FECHA ENSAYO: 28-jul-2015

GRANULOMETRIA					
Peso Seco Antes de Lavar (g) =		470.7	Peso seco después de lavar (g) =		467.8
Tamiz		Peso Ret (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
(Pulg.)	(mm)				
3/4"	19.0	0	0.0	0	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
No. 4	4.75	10.7	2.3	2.3	97.7
No. 8	2.36	15.8	3.4	5.6	94.4
No. 16	1.18	45.3	9.6	15.3	84.7
No. 30	0.60	71.2	15.1	30.4	69.6
No. 50	0.3	204.3	43.4	73.8	26.2
No. 100	0.150	106.5	22.6	96.4	3.6
No. 200	0.075	8.6	1.8	98.2	1.8
Pasa No. 200		8.3			
Módulo de finura =			2.237		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR:

APROBADO POR:

 GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
 GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

 ING. ROGER ORTEGA C.

 ING. GERARDO RIVERA L.



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

NORMA DE ENSAYO I.N.V. E - 222 y 223

Página 1 de 1

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: TRITURADO DE 3/4" COMERCIAL - ARENA RIO CAUCA
 PROCEDENCIA: TRITURADORA CONEXPE - PUERTO TEJADA
 FECHA ENSAYO: 29-jul-2015

AGREGADO FINO - ARENA RIO CAUCA PUERTO TEJADA

PRUEBA Nº:	1	2		PROMEDIO
MATRAZ No. :	6	12		
A.- MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, g	492.6	492.7		g/cm ³
B.- MASA DEL MATRAZ AFORADO+ AGUA A TEMPERATURA DE ENSAYO, g	660.2	654.7		
C.- MASA DEL MATRÁZ AFORADO + MUESTRA SSS + AGUA, g	970.5	965.1		
S.- MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SSS, g	500.9	501.0		
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) = $A / (B + S - C)$ g/cm ³	2.584	2.585		2.585
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) SSS = $S / (B + S - C)$ g/cm ³	2.628	2.629		2.629
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad espec. aparente) = $A / (B + A - C)$ g/cm ³	2.702	2.703		2.703
% ABSORCIÓN = $(S - A) / A \times 100$	1.68	1.68		1.68
TEMPERATURA DEL AGUA DE ENSAYO (°C) =	24.0	24.0		

AGREGADO GRUESO - TRITURADO DE 3/4" COMERCIAL TRITURADORA CONEXPE

PRUEBA No.:	1	2		PROMEDIO
A - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA, g	2085.0	2233.0		g/cm ³
B - MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SSS, g	2138.0	2289.0		
C- MASA EN EL AGUA DE LA MUESTRA SSS , g	1330.0	1425.0		
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) = $A / (B - C)$ g/cm ³	2.580	2.584		2.582
DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) SSS = $B / (B - C)$ g/cm ³	2.646	2.649		2.648
DENSIDAD RELATIVA APARENTE (Gravedad espec. aparente) = $A / (A - C)$ g/cm ³	2.762	2.764		2.763
% ABSORCIÓN = $(B - A) / A \times 100$	2.54	2.51		2.53

DENSIDAD RELATIVA		
% MATERIAL		DENSIDAD RELATIVA (Gravedad específica) g/cm ³
AGREGADO FINO	NA	NA
AGREGADO GRUESO	NA	

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
 GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.

DENSIDAD BULK (MASA UNITARIA) Y % DE VACÍOS DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO Y COMPACTO

NORMA DE ENSAYO INV E - 217

Página 1 de 1

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: TRITURADO DE 3/4" COMERCIAL

PROCEDENCIA: TRITURADORA CONEXPE

FECHA ENSAYO: 28-jul-2015

DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO

PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra, g.	18716	18910	19982	g/cm ³
Volumen del molde, V, cm ³	13980	13980	13980	
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.339	1.353	1.429	1.37
Humedad, %	1.1	1.2	1.3	1.2
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1.324	1.337	1.411	1.36

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DENSIDAD BULK (MASA UNITARIA) DE LOS AGREGADOS EN ESTADO SUELTO

NORMA DE ENSAYO INV E - 217

Página 1 de 1

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: ARENA RIO CAUCA

PROCEDENCIA: PUERTO TEJADA

FECHA ENSAYO: 29-jul-2015

DENSIDAD BULK EN ESTADO SUELTO

PRUEBA No.	1	2	3	PROMEDIO
Masa de la muestra, g.	3478	3462	3467	g/cm ³
Volumen del molde, V, cm ³	2994.2	2994.2	2994.2	
Densidad Bulk suelta Húmeda por paladas, M, g/cm ³	1.162	1.156	1.158	1.16
Humedad, %	4.7	4.6	4.8	4.7
Densidad Bulk suelta seca por paladas, g/cm ³	1.110	1.106	1.105	1.107

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



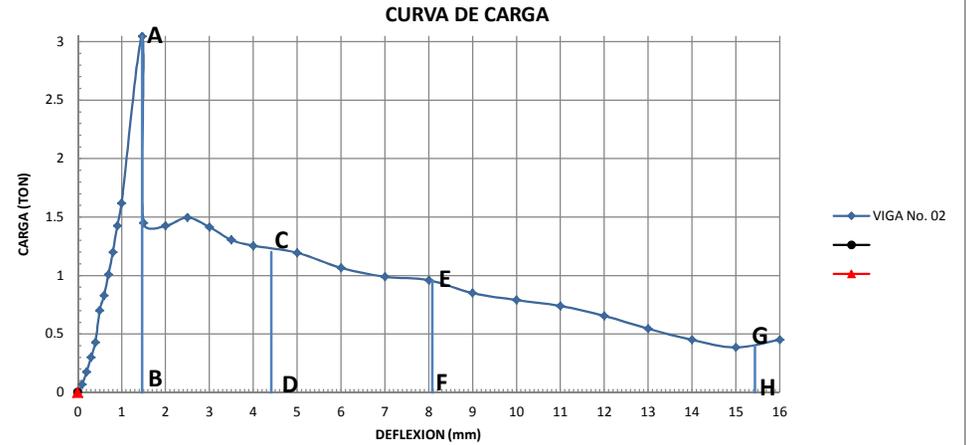
TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	VIGA DE PRUEBA No. 02, DE CONCRETO LANZADO DE 15.3 x 15.3 x 54 cm CON 30 Kg DE FIBRA SIKAFIBER CHO 35-65 POR m ³ .	
FECHA DE ENSAYO:	26-ago-2015	FECHA DE TOMA 13-ago-2015
EDAD DE ENSAYO:	13 días	

VIGA No. 02			VIGA No. 02			VIGA No. 02		
DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0		0	0		0	0
0.1	0.07	0.1						
0.2	0.175	0.2						
0.3	0.3	0.4						
0.4	0.43	0.5						
0.5	0.7	0.9						
0.6	0.83	1.0						
0.7	1.01	1.3						
0.8	1.2	1.5						
0.9	1.425	1.8						
1.0	1.62	2.0						
1.47	3.045	3.8						
1.5	1.45	1.8						
2.0	1.425	1.8						
2.5	1.495	1.9						
3.0	1.42	1.8						
3.5	1.31	1.6						
4.0	1.255	1.6						
5.0	1.195	1.5						
6.0	1.065	1.3						
7.0	0.99	1.2						
8.0	0.96	1.2						
9.0	0.85	1.1						
10.0	0.79	1.0						
11.0	0.74	0.9						
12.0	0.655	0.8						
13.0	0.545	0.7						
14.0	0.45	0.6						
15.0	0.385	0.5						
16.0	0.45	0.57						
AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS
OAB	1.7913							
ABCD	4.0732							
CDEF	3.9339							
EFGH	4.7922							
OACD	5.8645							
OAEF	9.7984							
OAGH	14.5906							



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3			
ANCHO, cm	15.3			
P (TON)=	3.045			3.045
RESIST. (Mpa)=	3.8			3.8

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
I ₅	3.3			3.3
I ₁₀	5.5			5.5
I ₂₀	8.1			8.1

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL			
R _{5,10}	43.9		43.9
R _{10,20}	26.8		26.8

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	5.5	FAIR
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR:	APROBADO POR:	
GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIÁN BELALCAZAR	ING. ROGER ORTEGA CARABALLO	ING. GERARDO RIVERA LÓPEZ



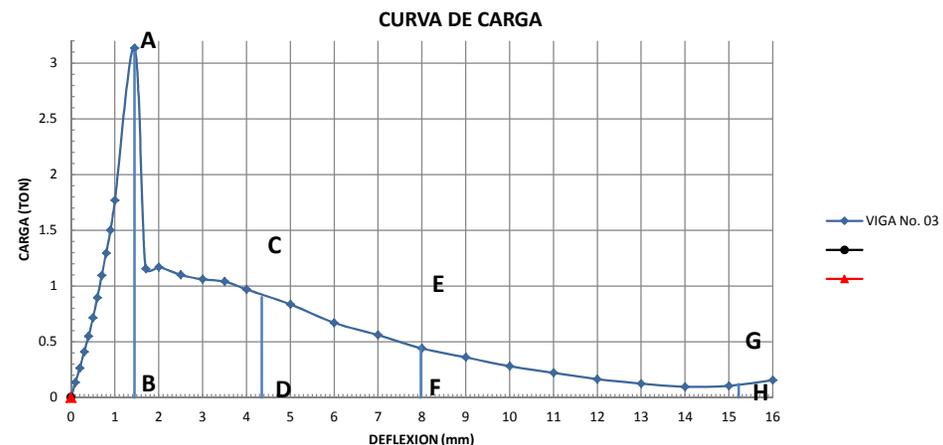
TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	VIGA DE PRUEBA No. 03, DE CONCRETO LANZADO DE 15.3 x 15.3 x 54 cm CON 30 Kg DE FIBRA SIKA FIBER CHO 35-65 POR m ³ .	
FECHA DE ENSAYO:	03-sep-2015	FECHA DE TOMA 13-ago-2015
EDAD DE ENSAYO:	21 días	

VIGA No. 03			VIGA No. 03			VIGA No. 03		
DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0		0	0		0	0
0.1	0.135	0.2						
0.2	0.265	0.3						
0.3	0.41	0.5						
0.4	0.55	0.7						
0.5	0.715	0.9						
0.6	0.895	1.1						
0.7	1.095	1.4						
0.8	1.295	1.6						
0.9	1.5	1.9						
1.0	1.77	2.2						
1.45	3.135	3.9						
1.7	1.155	1.5						
2.0	1.17	1.5						
2.5	1.1	1.4						
3.0	1.06	1.3						
3.5	1.04	1.3						
4.0	0.97	1.2						
5.0	0.835	1.0						
6.0	0.67	0.8						
7.0	0.56	0.7						
8.0	0.44	0.6						
9.0	0.36	0.5						
10.0	0.28	0.4						
11.0	0.22	0.3						
12.0	0.165	0.2						
13.0	0.125	0.2						
14.0	0.095	0.1						
15.0	0.105	0.1						
16.0	0.155	0.19						
AREAS	AREAS		AREAS	AREAS		AREAS	AREAS	
OAB	1.8781							
ABCD	3.3512							
CDEF	2.4299							
EFGH	1.5518							
OACD	5.2293							
OAEF	7.6592							
OAGH	9.211							



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3			
ANCHO, cm	15.3			
P (TON)=	3.135			3.135
RESIST. (Mpa)=	3.9			3.9

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
I ₅	2.8			2.8
I ₁₀	4.1			4.1
I ₂₀	4.9			4.9

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	25.9			25.9
R _{10,20}	8.3			8.3

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	4.1	FAIR
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA CARABALLO

ING. GERARDO RIVERA LÓPEZ



TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

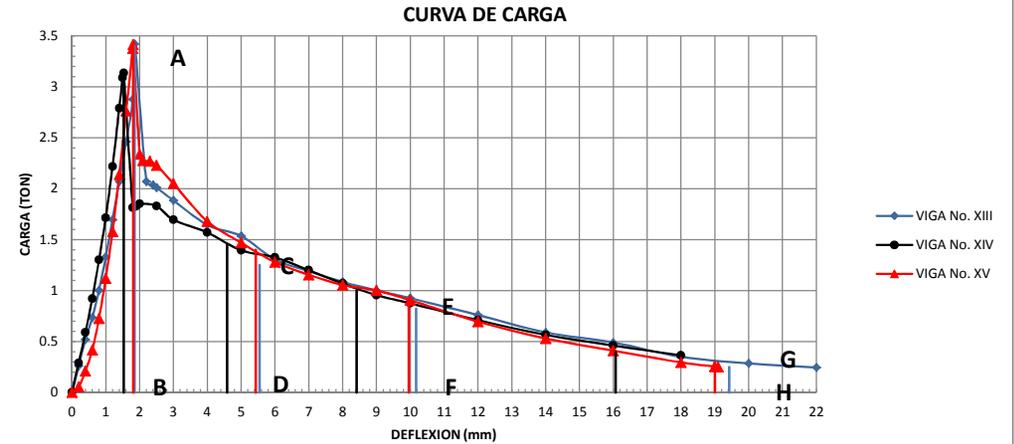
NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	MEZCLA No. 5 DE CONCRETO LANZADO CON 55 Kg DE FIBRA SIKA FIBER CHO 35-65 POR m3.	
FECHA DE ENSAYO:	03-nov-2015	FECHA DE TOMA: 05-oct-2015
EDAD DE ENSAYO:	29 días	

VIGA No. XIII			VIGA No. XIV			VIGA No. XV		
DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0.260	0.33	0.2	0.290	0.35	0.2	0.055	0.07
0.4	0.520	0.7	0.4	0.590	0.7	0.4	0.210	0.26
0.6	0.735	0.9	0.6	0.920	1.1	0.6	0.416	0.5
0.8	1.000	1.3	0.8	1.300	1.6	0.8	0.725	0.9
1.0	1.330	1.7	1.0	1.715	2.0	1.0	1.120	1.4
1.2	1.695	2.1	1.2	2.218	2.6	1.2	1.580	2.0
1.4	2.070	2.6	1.4	2.790	3.3	1.4	2.140	2.7
1.6	2.460	3.1	1.5	3.090	3.7	1.6	2.765	3.5
1.8	2.875	3.6	1.53	3.135	3.7	1.8	3.375	4.2
1.85	3.420	4.3	1.8	1.815	2.2	1.81	3.415	4.3
2.2	2.070	2.6	1.9	1.825	2.2	2.0	2.340	2.9
2.4	2.035	2.6	2.0	1.850	2.2	2.1	2.275	2.9
2.5	2.010	2.5	2.5	1.830	2.2	2.3	2.270	2.9
3.0	1.885	2.4	3.0	1.695	2.0	2.5	2.230	2.8
4.0	1.645	2.1	4.0	1.570	1.9	3.0	2.050	2.6
5.0	1.535	1.9	5.0	1.395	1.7	4.0	1.680	2.1
6.0	1.305	1.6	6.0	1.325	1.6	5.0	1.470	1.8
7.0	1.190	1.5	7.0	1.200	1.4	6.0	1.280	1.6
8.0	1.085	1.4	8.0	1.070	1.3	7.0	1.155	1.5
9.0	1.000	1.3	9.0	0.955	1.1	8.0	1.055	1.3
10.0	0.925	1.2	10.0	0.875	1.0	9.0	1.000	1.3
12.0	0.760	1.0	12.0	0.710	0.8	10.0	0.905	1.1
14.0	0.590	0.7	14.0	0.565	0.7	12.0	0.695	0.9
16.0	0.490	0.6	16.0	0.460	0.5	14.0	0.530	0.7
18.0	0.350	0.4	18.0	0.365	0.4	16.0	0.410	0.5
20.0	0.285	0.4				18.0	0.295	0.4
22.0	0.245	0.3				19.0	0.255	0.3
						19.1	0.250	0.3

AREAS	AREAS	AREAS	AREAS
OAB	2.4589	2.073	2.1737
ABCD	6.7117	5.3636	6.8065
CDEF	5.1657	4.7834	5.0267
EFGH	5.2571	5.4053	4.7826
OACD	9.1706	7.4366	8.9802
OAEF	14.3363	12.22	14.0069
OAGH	19.5934	17.6253	18.7895



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. XIII	VIGA No. XIV	VIGA No. XV	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.5	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.7	15.3	
P (TON)=	3.420	3.135	3.415	3.323
RESIST. (Mpa)=	4.3	3.7	4.3	4.1

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. XIII	VIGA No. XIV	VIGA No. XV	PROMEDIO
I ₅	3.7	3.6	4.1	3.8
I ₁₀	5.8	5.9	6.4	6.1
I ₂₀	8.0	8.5	8.6	8.4

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	42.0	46.1	46.3	44.8
R _{10,20}	21.4	26.1	22.0	23.2

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO PROMEDIO I ₁₀	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	6.1	GOOD
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIAN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA CARABALLO

ING. GERARDO RIVERA LOPEZ

ANEXO B CALCULO DE DISEÑO DE CONCRETO, CANTIDAD DE MATERIALES A MEZCLAR Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

**DISEÑO CONCRETO 26MPa
DOSIFICACIÓN MATERIALES SEGÚN ESPECIFICACIÓN EFNARC**

Página 1 de 2

OBRA: EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO

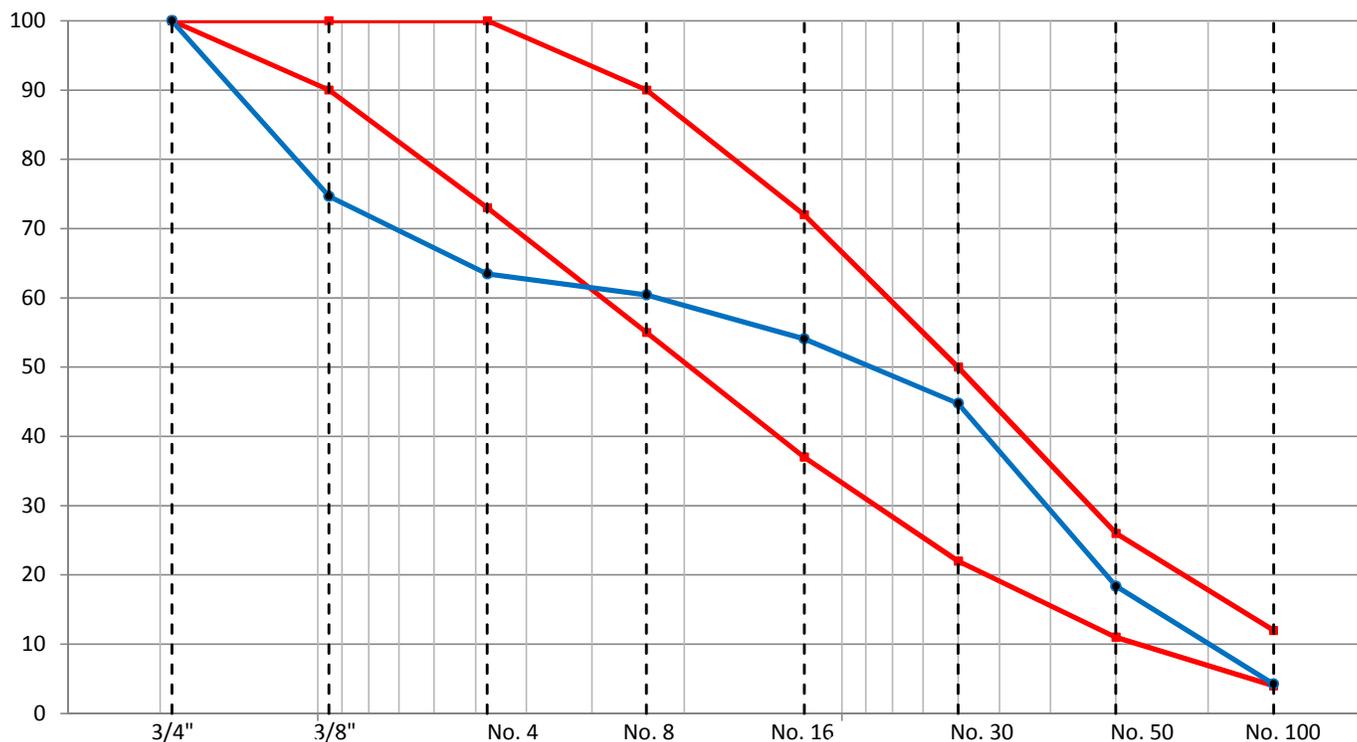
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: TRITURADO DE 3/4" COMERCIAL - ARENA RIO CAUCA

PROCEDENCIA: TRITURADORA CONEXPE - PUERTO TEJADA

FECHA ENSAYO: 30-jul-2015

GRANULOMETRIA			ESPECIFICACION EFNARC		CURVAS AJUSTADA %PASA	
TAMIZ	mm	AG. GRUESO %PASA	AG. FINO %PASA	LIM. INFERIOR %PASA		LIM. SUPERIOR
3/4"	19.0	100.0	100.0	100	100	100.0
3/8"	9.5	36.6	100.0	90	100	74.7
No. 4	4.8	12.1	97.7	73	100	63.5
No. 8	2.4	9.5	94.4	55	90	60.4
No. 16	1.2	8.1	84.7	37	72	54.1
No. 30	0.6	7.5	69.6	22	50	44.8
No. 50	0.3	6.6	26.2	11	26	18.4
No. 100	0.2	5.3	3.6	4	12	4.3

% a Utilizar
Ag. Grueso:
40
Ag. Fino:
60



OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR: _____

APROBADO POR: _____

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

DISEÑO CONCRETO 26MPa

Página 2 de 2

Fecha de elaboración: 30-jul-2015

Característica del agregado grueso: TRITURADO CONEXPE DE 3/4"

Densidad aparente seca	2.582 g/cm ³
Porcentaje de absorción	2.53 %
Masa unitaria seca suelta	1.36 g/cm ³
Tamaño máximo del agregado	3/4 "

Características del agregado fino: ARENA PUERTO TEJADA

Densidad aparente seca	2.585 g/cm ³
Porcentaje de absorción	1.68 %
Modulo de finura	2.24
Masa unitaria seca suelta	1.11 g/cm ³

Características del cemento ARGOS Tipo I Convencional

Peso específico	3.05 g/cm ³
Masa unitaria seca suelta	1.1 g/cm ³

Datos generales

Asentamiento =	=	6 Pulgadas
Tamaño máximo del agregado	=	3/4 "
Agua de mezcla	=	230 Kg
Resistencia de diseño	=	260 Kg/cm ²
Relación agua/cemento	=	0.50
Contenido de cemento	=	460.0 Kg/m ³
% de Agregados	Grueso:	40 %
	Fino:	60 %
% de Aditivo plastificante, Viscocrete 2100 =		0.4 %
Volumen absoluto agregados	=	1000 - Vol abs agua - Vol abs cemento
	=	617.6 dm ³
G promedio	=	2.584 g/cm ³
Peso del agregado	=	1595.8 Kg/m ³ de ccto.
Peso del ag. Fino	=	957.5 Kg/m ³ de ccto.
Peso del ag. Grueso	=	638.3 Kg/m ³ de ccto.

Proporciones iniciales en peso

	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Viscocrete 2100	SUMATORIA
PESO MAT. (Kg/m ³ de ccto)	230	460.0	957.5	638.3	1.84	2288
Vol abs. Materiales (dm ³ /m ³ de ccto)	230	150.8	370.4	247.2	1.5	1000.0
Prop. En peso seco	0.50	1	2.1	1.4	0.004	

Proporciones en volumen

Agregado fino en volumen suelto	=	865.0 dm ³ /m ³ de concreto
Agregado grueso en volumen suelto	=	469.4 dm ³ /m ³ de concreto
Cemento	=	150.8 dm ³ /m ³ de concreto
Agua	=	230 dm ³ /m ³ de concreto
VISCOCRETE 2100 al 0.4 %	=	1.84 L / m ³ de concreto

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

6 CILINDROS, 1 VIGA Y 1 SLUMP

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
SLUM	0.0055	1	0.0055
CILINDRO	0.0056	6	0.0336
VIGAS	0.013	1	0.013
SUBTOTAL. m ³ =			0.052
15% DESPERDICIO			0.008
VOLUMEN TOTAL. m ³			0.0599

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.060
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	27.547

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	5.3
Hum Ag Grueso (%):	3.2

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	13.773	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	27.55	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	57.3	60.358	3.02	0.96	2.05	2.33
Ag. Grueso	1.4	38.2	39.467	1.24	0.97	0.27	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		11.446					
Cantidad de cemento (Kg):		27.547					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		60.358					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		39.467					
Agua Total (Kg):		13.77					
			Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):				
			11.45				
			Nueva Relación A/C:				0.50

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		
MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0
MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR: _____

APROBADO POR: _____

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.

**ANEXO C. CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES A
MEZCLAR PARA VIGAS DE PRUEBA Y MEZCLAS DEL
PROYECTO**



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 0 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	3.0
Hum Ag Grueso (%):	3.1

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	42.219	1.23	0.69	0.54	0.69
Ag. Grueso	1.4	27.3	28.174	0.85	0.69	0.15	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		9.156					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		42.219					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		28.174					
Agua Total (Kg):		9.85					
			Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):				
			9.16				
			Nueva Relación A/C:				0.50

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR: _____

APROBADO POR: _____

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 20 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	3.0
Hum Ag Grueso (%):	3.1

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	42.219	1.23	0.69	0.54	0.69
Ag. Grueso	1.4	27.3	28.174	0.85	0.69	0.15	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		9.156					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		42.219					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		28.174					
Agua Total (Kg):		9.85					
			Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):				
			9.16				
			Nueva Relación A/C:				0.50

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: Peso de Fibra: 856.25 g

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 30 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	5.3
Hum Ag Grueso (%):	3.6

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	43.176	2.18	0.69	1.49	1.78
Ag. Grueso	1.4	27.3	28.310	0.98	0.69	0.29	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		8.062					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		43.176					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		28.310					
Agua Total (Kg):		9.85	Nueva Relación A/C:		0.50		

Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):
8.06

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: Peso de Fibra: 1284.38 g

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 40 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	5.3
Hum Ag Grueso (%):	3.6

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	43.176	2.18	0.69	1.49	1.78
Ag. Grueso	1.4	27.3	28.310	0.98	0.69	0.29	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		8.062					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		43.176					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		28.310					
Agua Total (Kg):		9.85					
			Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):				
			8.06				
			Nueva Relación A/C:				0.50

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: Peso de Fibra: 1712.5 g

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 55 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	5.2
Hum Ag Grueso (%):	2.3

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	43.130	2.14	0.69	1.45	1.38
Ag. Grueso	1.4	27.3	27.957	0.63	0.69	-0.06	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		8.462					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		43.130					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		27.957					
Agua Total (Kg):		9.85	Nueva Relación A/C:		0.50		

Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):
8.46

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: Peso de Fibra: 2354.69 g

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

3 VIGAS CON 70 KG DE FIBRA SIKA FIBER CHO 65/35 POR METRO CÚBICO

MUESTRA	VOLUMEN m ³	CANTIDAD	VOLUMEN m ³
VIGAS	0.013	3	0.039
SUBTOTAL, m ³ =			0.039
10% DESPERDICIO =			0.004
VOLUMEN TOTAL, m ³ =			0.0428

Volumen de concreto a preparar (m ³):	0.043
Cantidad de cemento para mezcla (Kg):	19.694

Humedad de los Materiales	
Hum Ag. Fino (%):	5.2
Hum Ag Grueso (%):	2.3

MATERIAL	Proporciones iniciales	Peso seco (Kg)	Peso húmedo (Kg)	Agua en Ag. (Kg)	Agua Absorbida (Kg)	Agua Libre (Kg)	Aporte de agua (Kg)
AGUA	0.50	9.847	-	-	-	-	-
CEMENTO	1	19.69	-	-	-	-	-
Ag. Fino	2.1	41.0	43.130	2.14	0.69	1.45	1.38
Ag. Grueso	1.4	27.3	27.957	0.63	0.69	-0.06	
Agua de Mezcla (Teórica) (Kg):		8.462					
Cantidad de cemento (Kg):		19.694					
Cantidad de Ag. Fino (Kg):		43.130					
Cantidad de Ag. Grueso (Kg):		27.957					
Agua Total (Kg):		9.85	Nueva Relación A/C:		0.50		

Agua utilizada para asentamiento de diseño (Kg):
8.46

AJUSTE POR ASENTAMIENTO

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	0.50C	C	2.1C	1.4C	
Vol Abs(dm ³)	0.50C	0.328C	0.805C	0.537C	2.171C
Por tanto: Cemento (Kg) =			461		

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Prop en peso	0.50	1	2.08	1.39	
Wmat(Kg)	230.35618	461	959.0	639.3	2289.4
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.6	1000.0

MATERIAL	Agua	Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	SUMATORIA
Vol Abs(dm ³)	230.35618	151.1	371.0	247.61	1000
Wmat(Kg)	230.35618	460.7	959.0	639.33	2289.4
Prop ajustad.	0.50	1.00	2.08	1.39	

PROPORCIONES AJUSTADAS: **0.50 : 1.0 : 2.1 : 1.4**

OBSERVACIONES: Peso de Fibra: 2996.88 g

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.

ANEXO D. CALIBRACIÓN DE PRENSAS



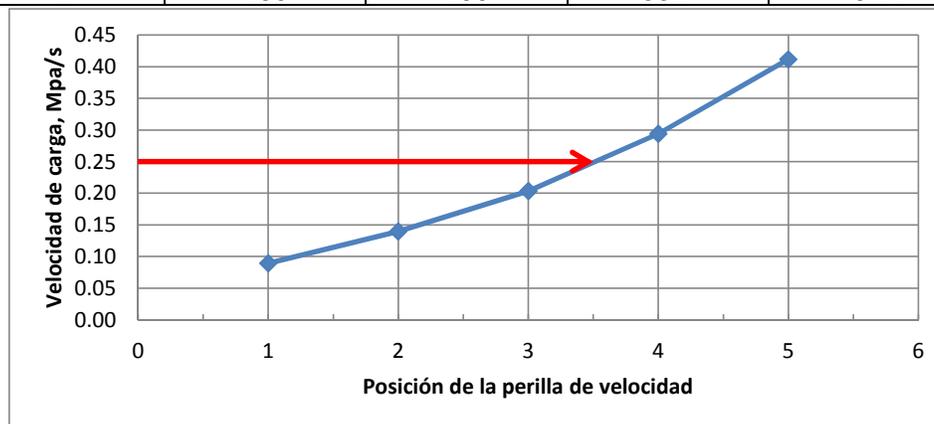
CALIBRACIÓN DE VELOCIDAD PRESA COMPRESIÓN DE CILINDROS

EQUIPO: PRESA DE COMPRESIÓN DE CILINDROS R & R



VELOCIDAD ESPECIFICADA: 0.25 ± 0.05 Mpa/s

Posición de la perilla de velocidad	Carga inicial KN	Carga final KN	Tiempo s	Velocidad Mpa/s
1	165	190	155.1	0.09
2	165	190	99.4	0.14
3	165	190	68.2	0.20
4	165	190	47.2	0.29
5	165	190	33.7	0.41



RESULTADO: La velocidad especificada se logra en la posición **No. 3 1/2** de la perilla de velocidad.

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

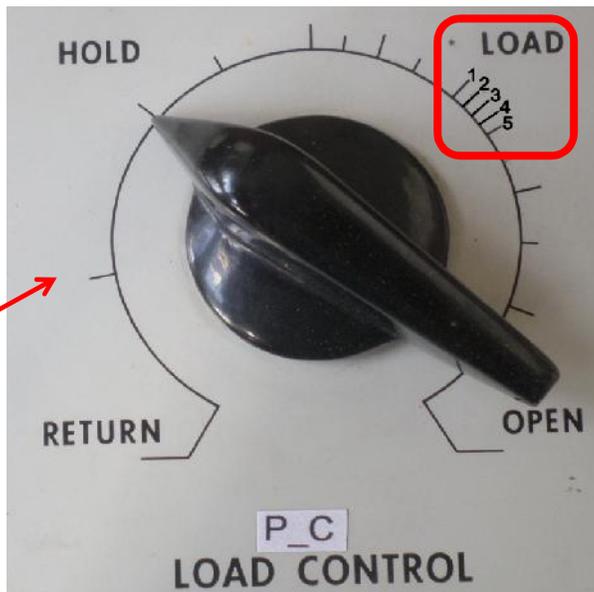
ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.



CALIBRACIÓN DE VELOCIDAD PRENSA UNIVERSAL

EQUIPO: MAQUINA UNIVERSAL SHIMADZU UDH50



VELOCIDAD ESPECIFICADA: Primera rotura entre 30 segundos y 1 minuto

DEFORMACIÓN ESPERADA: 1.5 mm

CÁLCULO DE RANGO DE VELOCIDAD:

1.5 mm	==>	30 s	
X	==>	60 s	X = 3.0 mm/min
1.5 mm	==>	60 s	
X	==>	60 s	X = 1.5 mm/min

RANGO DE VELOCIDAD: 1.5 a 3.0 mm/min

Posición LOAD CONTROL	Deformación inicial mm	Deformación final mm	Tiempo s	Velocidad mm/min
1	0.5	1	46.2	0.6
2	0.5	1	40.1	0.7
3	0.5	1	30.2	1.0
4	0.5	1	16.7	1.8
5	0.5	1	9.9	3.0

RESULTADO: La velocidad especificada se logra en la posición **No. 4** de la perilla LOAD CONTROL.

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR:

APROBADO POR:

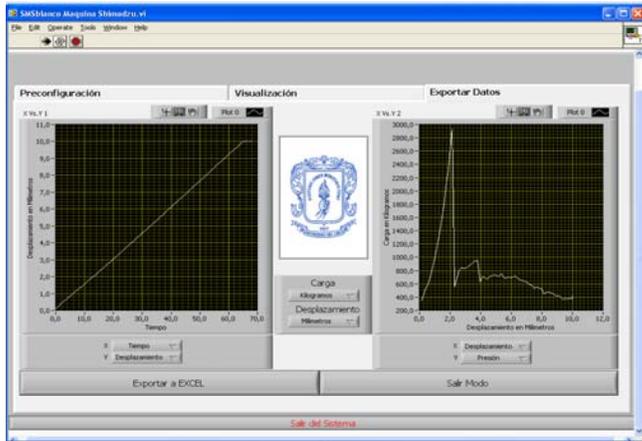
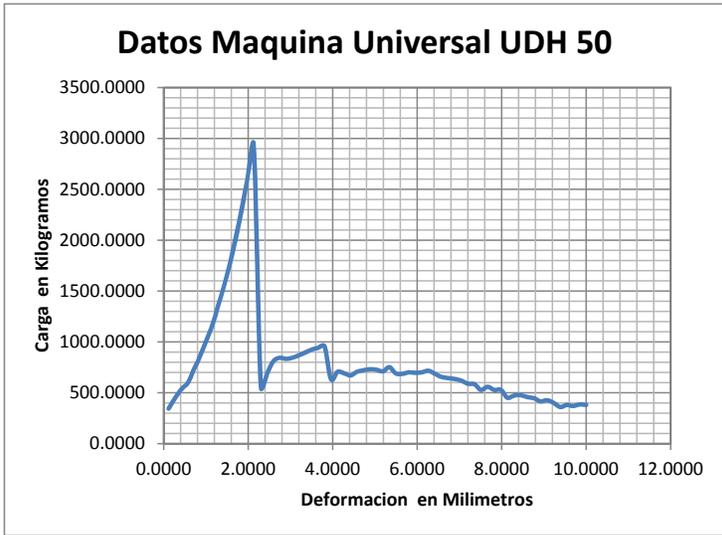
GEOT. JUAN CARLOS PAZ E.
GEOT. OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA C.

ING. GERARDO RIVERA L.

**ANEXO E. REGISTROS SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE
MAQUINA UNIVERSAL**

Datos del Ensayo		
Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	12_08_15_hora_17_18_52
0.1167	344.7721	Cantidad de Datos
0.2667	446.5825	69
0.4250	538.2119	Tipo de Ensayo
0.5750	599.2981	Viga prueba 01
0.7167	731.6516	Material a Ensayar
0.8583	853.8241	CRF 26 MPa
1.0083	1016.7208	Forma del Material
1.1500	1159.2553	prismatica
1.2917	1362.8762	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.4333	1551.2254	15x15 cm
1.5750	1785.3894	Longitud Inicial
1.7167	2045.0059	54 cm
1.8583	2330.0750	Longitud Final
2.0000	2645.6873	
2.1333	2930.7564	Carga Maxima
2.3000	553.4834	
2.4500	690.9275	
2.5917	808.0094	
2.7417	843.6431	
2.8917	833.4620	
3.0417	843.6431	
3.2000	869.0957	
3.3500	894.5483	
3.5000	925.0914	
3.6500	940.3630	
3.8083	955.6345	
3.9583	634.9317	
4.1167	706.1990	
4.2750	690.9275	
4.4250	670.5654	
4.5750	706.1990	
4.7333	721.4706	
4.8833	731.6516	
5.0333	726.5611	
5.1917	711.2895	
5.3417	752.0137	
5.4917	690.9275	
5.6500	685.8369	
5.8000	701.1085	
5.9583	696.0180	
6.1083	701.1085	
6.2667	716.3801	
6.4250	685.8369	
6.5750	655.2938	
6.7333	645.1128	
6.8917	634.9317	
7.0417	619.6602	
7.2000	589.1171	
7.3583	584.0265	
7.5083	528.0308	
7.6667	558.5739	
7.8250	528.0308	
7.9833	528.0308	
8.1333	451.6730	
8.2917	472.0351	
8.4500	477.1256	
8.6083	456.7635	
8.7667	446.5825	
8.9167	416.0394	
9.0750	426.2204	
9.2333	400.7678	
9.3833	360.0436	
9.5417	380.4057	
9.6917	370.2247	
9.8500	385.4962	
10.0000	380.4057	
10.0083	360.0436	
10.0083	400.7678	
10.0083	421.1299	





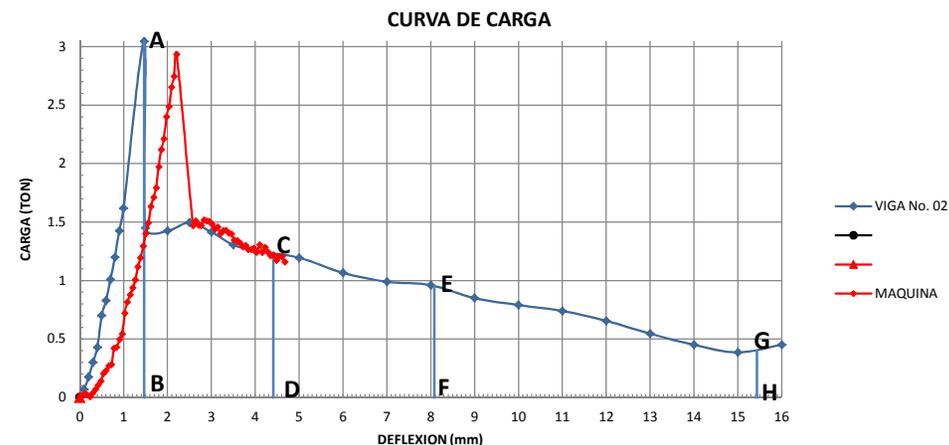
TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	VIGA DE PRUEBA No. 02, DE CONCRETO LANZADO DE 15.3 x 15.3 x 54 cm CON 30 Kg DE FIBRA SIKA FIBER CHO 35-65 POR m ³ .	
FECHA DE ENSAYO:	26-ago-2015	FECHA DE TOMA 13-ago-2015
EDAD DE ENSAYO:	13 días	

VIGA No. 02			VIGA No. 02			VIGA No. 02		
DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0		0	0		0	0
0.1	0.07	0.1						
0.2	0.175	0.2						
0.3	0.3	0.4						
0.4	0.43	0.5						
0.5	0.7	0.9						
0.6	0.83	1.0						
0.7	1.01	1.3						
0.8	1.2	1.5						
0.9	1.425	1.8						
1.0	1.62	2.0						
1.47	3.045	3.8						
1.5	1.45	1.8						
2.0	1.425	1.8						
2.5	1.495	1.9						
3.0	1.42	1.8						
3.5	1.31	1.6						
4.0	1.255	1.6						
5.0	1.195	1.5						
6.0	1.065	1.3						
7.0	0.99	1.2						
8.0	0.96	1.2						
9.0	0.85	1.1						
10.0	0.79	1.0						
11.0	0.74	0.9						
12.0	0.655	0.8						
13.0	0.545	0.7						
14.0	0.45	0.6						
15.0	0.385	0.5						
16.0	0.45	0.57						
AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS
OAB	1.7913							
ABCD	4.0732							
CDEF	3.9339							
EFGH	4.7922							
OACD	5.8645							
OAEF	9.7984							
OAGH	14.5906							



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3			
ANCHO, cm	15.3			
P (TON)=	3.045			3.045
RESIST. (Mpa)=	3.8			3.8

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
I ₅	3.3			3.3
I ₁₀	5.5			5.5
I ₂₀	8.1			8.1

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL			
R _{5,10}	43.9		43.9
R _{10,20}	26.8		26.8

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	5.5	FAIR
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES: _____

REVISADO POR: _____

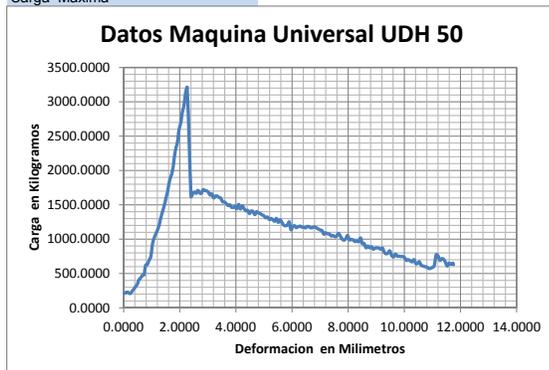
APROBADO POR: _____

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

ING. ROGER ORTEGA CARABALLO

ING. GERARDO RIVERA LÓPEZ

Datos del Ensayo				
Deformación en Milímetros	Carga en Kilogramos	Deformación en Milímetros	Carga en Kilogramos	Fecha realización
0.0417	212.4185	5.9000	1250.8847	26_08_15_hora_16_17_28
0.1083	227.6901	5.9583	1138.8933	Cantidad de Datos
0.1667	222.5996	6.0250	1184.7079	187
0.2333	207.3280	6.0917	1194.8890	Tipo de Ensayo
0.2917	237.8712	6.1500	1169.4364	flexion
0.3583	268.4143	6.2167	1179.6174	Material a Ensayar
0.4167	304.0479	6.2833	1189.7985	concreto
0.4833	339.6816	6.3500	1174.5269	Forma del Material
0.5417	405.8583	6.4167	1174.5269	viga con fibra refuerzo O2
0.6000	431.3109	6.4750	1164.3459	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.6667	472.0351	6.5417	1184.7079	15*15 cm
0.7250	482.2161	6.6083	1179.6174	Longitud Inicial
0.7833	619.6602	6.6750	1164.3459	45cm
0.8417	629.8412	6.7333	1169.4364	Longitud Final
0.9083	696.0180	6.8000	1179.6174	Carga Maxima
0.9667	741.8327	6.8667	1164.3459	
1.0250	920.0009	6.9333	1149.0743	
1.0833	1016.7208	7.0000	1133.8027	
1.1500	1077.8070	7.0667	1123.6217	
1.2083	1138.8933	7.1333	1072.7165	
1.2667	1205.0700	7.1917	1093.0786	
1.3250	1317.0615	7.2583	1077.8070	
1.3833	1393.4193	7.3250	1077.8070	
1.4500	1495.2297	7.3917	1047.2639	
1.5083	1602.1306	7.4583	1052.3544	
1.5667	1693.7600	7.5250	1037.0829	
1.6250	1831.2040	7.5833	1042.1734	
1.6833	1912.6524	7.6500	1082.8975	
1.7417	1994.1007	7.7167	1047.2639	
1.8000	2172.2689	7.7833	1001.4492	
1.8583	2319.8940	7.8500	986.1776	
1.9167	2411.5234	7.9167	1006.5397	
1.9750	2599.8726	7.9750	1052.3544	
2.0333	2686.4115	8.0417	991.2682	
2.0917	2854.3986	8.1083	996.3587	
2.1500	2946.0280	8.1750	986.1776	
2.2083	3134.3773	8.2417	965.8156	
2.2667	3205.6445	8.3083	970.9061	
2.4000	1622.4927	8.3750	965.8156	
2.4583	1663.2169	8.4417	1016.7208	
2.5250	1683.5789	8.5000	935.2724	
2.5833	1668.3074	8.5667	935.2724	
2.6417	1709.0315	8.6333	874.1862	
2.7083	1673.3979	8.7000	899.6388	
2.7667	1668.3074	8.7667	874.1862	
2.8333	1719.2126	8.8333	889.4578	
2.8917	1709.0315	8.8917	853.8241	
2.9583	1703.9410	8.9583	869.0957	
3.0167	1683.5789	9.0250	874.1862	
3.0833	1642.8548	9.0917	869.0957	
3.1417	1658.1263	9.1583	853.8241	
3.2083	1602.1306	9.2250	869.0957	
3.2750	1627.5832	9.2833	808.0094	
3.3333	1627.5832	9.3500	787.6474	
3.4000	1607.2211	9.4167	797.8284	
3.4583	1597.0401	9.4833	828.3715	
3.5250	1546.1349	9.5500	762.1948	
3.5917	1541.0444	9.6167	741.8327	
3.6500	1520.6823	9.6833	782.5568	
3.7167	1490.1392	9.7500	752.0137	
3.7833	1500.3202	9.8083	752.0137	
3.8417	1464.6866	9.8750	746.9232	
3.9083	1464.6866	9.9417	746.9232	
3.9667	1474.8676	10.0083	731.6516	
4.0333	1444.3245	10.0750	690.9275	
4.1000	1505.4107	10.1417	701.1085	
4.1583	1439.2340	10.2083	685.8369	
4.2250	1485.0486	10.2750	670.5654	
4.2917	1444.3245	10.3417	701.1085	
4.3500	1413.7814	10.4083	645.1128	
4.4167	1418.8719	10.4667	645.1128	
4.4833	1373.0572	10.5333	670.5654	
4.5417	1408.6908	10.6000	619.6602	
4.6083	1403.6003	10.6667	609.4791	
4.6750	1357.7856	10.7333	599.2981	
4.7333	1398.5098	10.8000	594.2076	
4.8000	1383.2382	10.8667	573.8455	
4.8667	1373.0572	10.9333	573.8455	
4.9333	1352.6951	11.0000	589.1171	
4.9917	1342.5141	11.0667	614.5697	
5.0583	1311.9710	11.1333	772.3758	
5.1250	1322.1520	11.2000	757.1042	
5.1917	1286.5184	11.2667	690.9275	
5.2500	1301.7899	11.3333	716.3801	
5.3167	1281.4278	11.4000	706.1990	
5.3833	1261.0658	11.4583	670.5654	
5.4417	1301.7899	11.5250	609.4791	
5.5083	1245.7942	11.5917	650.2033	
5.5750	1281.4278	11.6583	634.9317	
5.6417	1240.7037	11.7250	650.2033	
5.7000	1205.0700	11.7500	629.8412	
5.7667	1194.8890	11.7500	599.2981	
5.8333	1205.0700	11.7500	573.8455	
		11.7500	563.6645	





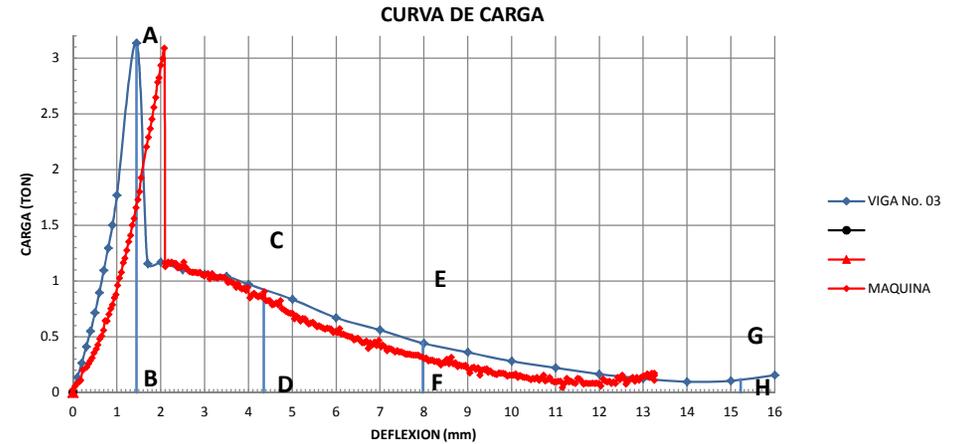
TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	VIGA DE PRUEBA No. 03, DE CONCRETO LANZADO DE 15.3 x 15.3 x 54 cm CON 30 Kg DE FIBRA SIKA FIBER CHO 35-65 POR m ³ .	
FECHA DE ENSAYO:	03-sep-2015	FECHA DE TOMA 13-ago-2015
EDAD DE ENSAYO:	21 días	

VIGA No. 03			VIGA No. 03			VIGA No. 03		
DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXIO N	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0		0	0		0	0
0.1	0.135	0.2						
0.2	0.265	0.3						
0.3	0.41	0.5						
0.4	0.55	0.7						
0.5	0.715	0.9						
0.6	0.895	1.1						
0.7	1.095	1.4						
0.8	1.295	1.6						
0.9	1.5	1.9						
1.0	1.77	2.2						
1.45	3.135	3.9						
1.7	1.155	1.5						
2.0	1.17	1.5						
2.5	1.1	1.4						
3.0	1.06	1.3						
3.5	1.04	1.3						
4.0	0.97	1.2						
5.0	0.835	1.0						
6.0	0.67	0.8						
7.0	0.56	0.7						
8.0	0.44	0.6						
9.0	0.36	0.5						
10.0	0.28	0.4						
11.0	0.22	0.3						
12.0	0.165	0.2						
13.0	0.125	0.2						
14.0	0.095	0.1						
15.0	0.105	0.1						
16.0	0.155	0.19						
AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS	AREAS
OAB	1.8781							
ABCD	3.3512							
CDEF	2.4299							
EFGH	1.5518							
OACD	5.2293							
OAEF	7.6592							
OAGH	9.211							



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3			
ANCHO, cm	15.3			
P (TON)=	3.135			3.135
RESIST. (Mpa)=	3.9			3.9

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. 1	VIGA No. 2	VIGA No. 3	PROMEDIO
I ₅	2.8			2.8
I ₁₀	4.1			4.1
I ₂₀	4.9			4.9

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	25.9			25.9
R _{10,20}	8.3			8.3

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO I ₁₀ PROMEDIO	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	4.1	FAIR
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

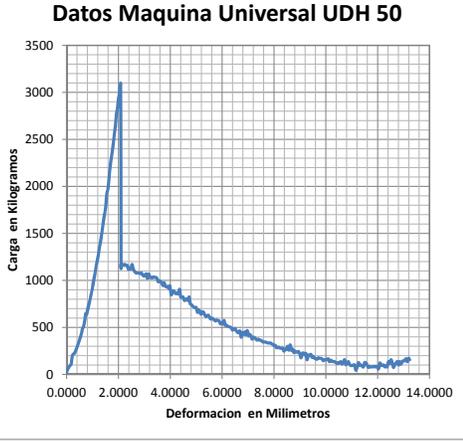
APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIÁN BELALCAZAR

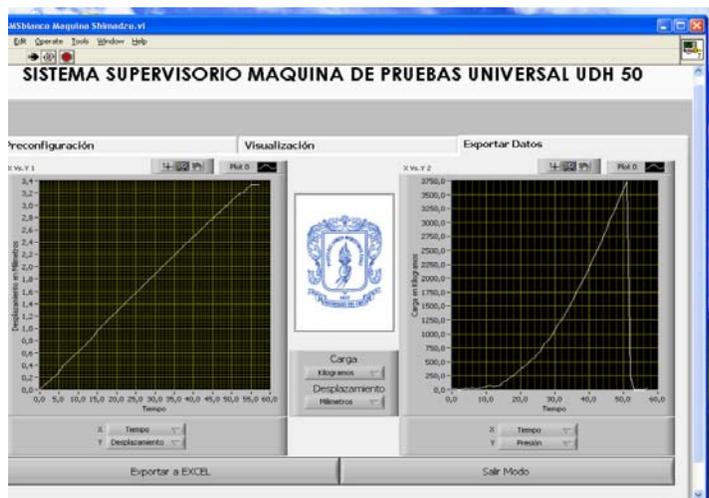
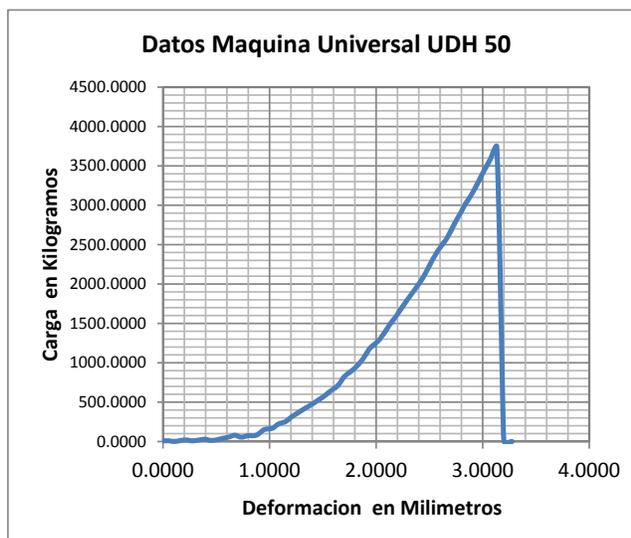
ING. ROGER ORTEGA CARABALLO

ING. GERARDO RIVERA LÓPEZ

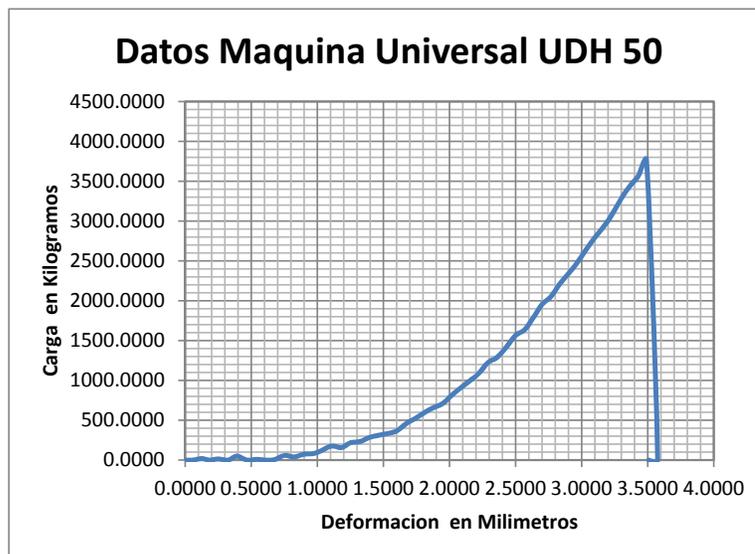
Datos del Ensayo								Fecha realización
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Deformación	Carga	Deformación	Carga	03_09_15_hora_16_02_25
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	Cantidad de Datos
0.0000	24.0693	3.1667	1067.6260	6.5917	446.5825	10.0917	166.6039	291
0.0417	54.6124	3.2083	1031.9923	6.6333	446.5825	10.1417	136.0607	Tipo de Ensayo
0.0917	80.0650	3.2583	1031.9923	6.6833	461.8540	10.1917	151.3323	Flexion
0.1333	95.3366	3.3000	1026.9018	6.7333	395.6773	10.2417	141.1513	Material a Ensayar
0.1750	110.6081	3.3500	1037.0829	6.7750	446.5825	10.2833	136.0607	Cctofibro reforzado
0.2250	202.2375	3.3917	1031.9923	6.8250	426.2204	10.3333	136.0607	Forma del Material
0.3083	227.6901	3.4417	1031.9923	6.8750	451.6730	10.3833	125.8797	Prismatica
0.3500	258.2332	3.4833	1021.8113	6.9167	421.1299	10.4333	115.6987	Dimensiones(largo,ancho,Diámetro)
0.3917	283.6858	3.5333	986.1776	6.9667	466.9446	10.4833	125.8797	Longitud Inicial
0.4333	309.1384	3.5750	996.3587	7.0167	410.9488	10.5250	120.7892	45.00
0.4750	354.9531	3.6250	986.1776	7.0583	426.2204	10.5750	136.0607	Longitud Final
0.5250	390.5868	3.6667	975.9966	7.1083	410.9488	10.6250	110.6081	Carga Maxima
0.5667	426.2204	3.7167	945.4535	7.1583	375.3152	10.6750	130.9702	
0.6083	482.2161	3.7583	975.9966	7.2000	395.6773	10.7250	156.4228	
0.6500	507.6687	3.8083	940.3630	7.2500	390.5868	10.7667	105.5176	
0.6917	558.5739	3.8500	930.1819	7.2917	380.4057	10.8167	115.6987	
0.7333	645.1128	3.8917	935.2724	7.3417	365.1342	10.8667	136.0607	
0.7750	640.0223	3.9417	914.9104	7.3917	375.3152	10.9167	105.5176	
0.8167	701.1085	3.9833	940.3630	7.4333	365.1342	10.9667	95.3366	
0.8583	752.0137	4.0333	848.7336	7.4833	365.1342	11.0167	95.3366	
0.9000	787.6474	4.0833	874.1862	7.5333	354.9531	11.0583	100.4271	
0.9417	848.7336	4.1250	889.4578	7.5750	344.7721	11.1083	100.4271	
0.9750	879.2767	4.1750	869.0957	7.6250	344.7721	11.1583	44.4311	
1.0167	960.7250	4.2167	858.9146	7.6750	344.7721	11.2083	80.0650	
1.0583	1026.9018	4.2667	869.0957	7.7167	339.6816	11.2583	125.8797	
1.1000	1077.8070	4.3083	858.9146	7.7667	334.5910	11.3083	95.3366	
1.1417	1164.3459	4.3583	904.7293	7.8167	334.5910	11.3500	100.4271	
1.1833	1205.0700	4.4000	823.2810	7.8667	334.5910	11.4000	90.2466	
1.2250	1276.3373	4.4500	823.2810	7.9083	324.4100	11.4500	80.0650	
1.2667	1352.6951	4.4917	823.2810	7.9583	319.3195	11.5000	125.8797	
1.3083	1408.6908	4.5417	787.6474	8.0083	304.0479	11.5500	120.7892	
1.3500	1500.3202	4.5833	792.7379	8.0500	309.1384	11.5917	100.4271	
1.3917	1561.4065	4.6333	802.9189	8.1000	283.6858	11.6417	74.9745	
1.4333	1658.1263	4.6750	787.6474	8.1500	288.7764	11.6917	85.1555	
1.4750	1729.3936	4.7250	823.2810	8.1917	288.7764	11.7417	80.0650	
1.5167	1800.6609	4.7667	752.0137	8.2417	278.5953	11.7917	80.0650	
1.5500	1927.9239	4.8167	741.8327	8.2917	278.5953	11.8417	85.1555	
1.5917	1968.6481	4.8583	726.5611	8.3417	278.5953	11.8917	80.0650	
1.6333	2075.5490	4.9083	716.3801	8.3833	248.0522	11.9333	85.1555	
1.6750	2202.8120	4.9583	711.2895	8.4333	268.4143	11.9833	80.0650	
1.7167	2289.3509	5.0000	711.2895	8.4833	268.4143	12.0333	59.7022	
1.7583	2365.7087	5.0500	660.3843	8.5250	298.9574	12.0833	120.7892	
1.8000	2452.2475	5.0917	685.8369	8.5750	258.2332	12.1333	100.4271	
1.8417	2559.1485	5.1417	670.5654	8.6250	314.2290	12.1750	95.3366	
1.8833	2645.6873	5.1833	640.0223	8.6667	258.2332	12.2250	100.4271	
1.9250	2783.1313	5.2333	665.4749	8.7167	268.4143	12.2750	80.0650	
1.9583	2823.8555	5.2833	660.3843	8.7667	232.7806	12.3250	95.3366	
2.0000	2935.8470	5.3250	634.9317	8.8083	248.0522	12.3667	80.0650	
2.0417	2996.9332	5.3750	614.5697	8.8583	237.8712	12.4167	136.0607	
2.0833	3088.5626	5.4167	624.7507	8.9083	237.8712	12.4667	115.6987	
2.1000	1128.7122	5.4667	629.8412	8.9500	242.9617	12.5167	156.4228	
2.0917	1164.3459	5.5083	609.4791	9.0000	212.4185	12.5667	120.7892	
2.1667	1169.4364	5.5583	589.1171	9.0417	176.7849	12.6083	74.9745	
2.2083	1159.2553	5.6083	599.2981	9.0917	222.5996	12.6583	100.4271	
2.2500	1169.4364	5.6500	589.1171	9.1417	227.6901	12.7083	120.7892	
2.3000	1159.2553	5.7000	578.9360	9.1833	207.3280	12.7583	136.0607	
2.3417	1159.2553	5.7417	568.7550	9.2333	222.5996	12.8083	100.4271	
2.3833	1118.5312	5.7917	578.9360	9.2750	156.4228	12.8500	136.0607	
2.4333	1128.7122	5.8417	573.8455	9.3250	202.2375	12.9000	110.6081	
2.4750	1123.6217	5.8833	568.7550	9.3750	207.3280	12.9500	136.0607	
2.5250	1169.4364	5.9333	538.2119	9.4250	212.4185	13.0000	146.2418	
2.5667	1123.6217	5.9833	548.3929	9.4667	181.8754	13.0417	146.2418	
2.6167	1098.1691	6.0250	538.2119	9.5167	192.0565	13.0917	166.6039	
2.6583	1082.8975	6.0750	573.8455	9.5667	171.6944	13.1417	136.0607	
2.7083	1077.8070	6.1167	522.9403	9.6167	166.6039	13.1917	171.6944	
2.7500	1077.8070	6.1667	522.9403	9.6583	161.5133	13.2333	156.4228	
2.8000	1077.8070	6.2167	512.7593	9.7083	176.7849	13.2500	171.6944	
2.8417	1072.7165	6.2583	507.6687	9.7583	171.6944	13.2500	151.3323	
2.8917	1077.8070	6.3083	502.5782	9.8083	171.6944	13.2500	110.6081	
2.9333	1057.4449	6.3500	497.4877	9.8500	166.6039			
2.9833	1047.2639	6.4000	472.0351	9.9000	146.2418			
3.0250	1057.4449	6.4500	482.2161	9.9500	156.4228			
3.0750	1067.6260	6.4917	487.3067	10.0000	156.4228			
3.1167	1021.8113	6.5417	466.9446	10.0417	156.4228			



Datos del Ensayo		
Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	07_09_15_hora_15_06_10
0.0000	8.7977	Cantidad de Datos
0.0583	8.7977	58
0.1167	0.0000	Tipo de Ensayo
0.1667	13.8883	Flexion
0.2250	18.9788	Material a Ensayar
0.2833	8.7977	Concreto Simple
0.3917	29.1598	Forma del Material
0.4417	13.8883	Prismatica #1
0.5000	18.9788	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.5583	39.3409	15,3x15,3x53,5
0.6167	54.6124	Longitud Inicial
0.6750	80.0650	45.00
0.7333	54.6124	Longitud Final
0.8000	74.9745	Carga Maxima
0.8750	80.0650	
0.9500	151.3323	
1.0250	166.6039	
1.0833	222.5996	
1.1500	253.1427	
1.2083	314.2290	
1.2667	365.1342	
1.3333	421.1299	
1.3917	466.9446	
1.4583	528.0308	
1.5167	578.9360	
1.5750	645.1128	
1.6417	711.2895	
1.7000	823.2810	
1.7583	884.3672	
1.8250	965.8156	
1.8833	1062.5355	
1.9417	1184.7079	
2.0083	1261.0658	
2.0667	1357.7856	
2.1250	1479.9581	
2.1833	1581.7685	
2.2417	1703.9410	
2.3083	1826.1135	
2.3667	1938.1050	
2.4250	2050.0964	
2.4833	2187.5405	
2.5417	2340.2561	
2.6000	2462.4286	
2.6667	2584.6011	
2.7250	2742.4072	
2.7833	2879.8512	
2.8417	3027.4763	
2.9000	3144.5583	
2.9583	3297.2739	
3.0167	3449.9895	
3.0750	3592.5241	
3.1333	3735.0587	
3.1917	258.2332	
3.2000	0.0000	
3.2750	0.0000	
3.3333	0.0000	
3.3333	0.0000	
3.3333	0.0000	
3.3333	24.0693	

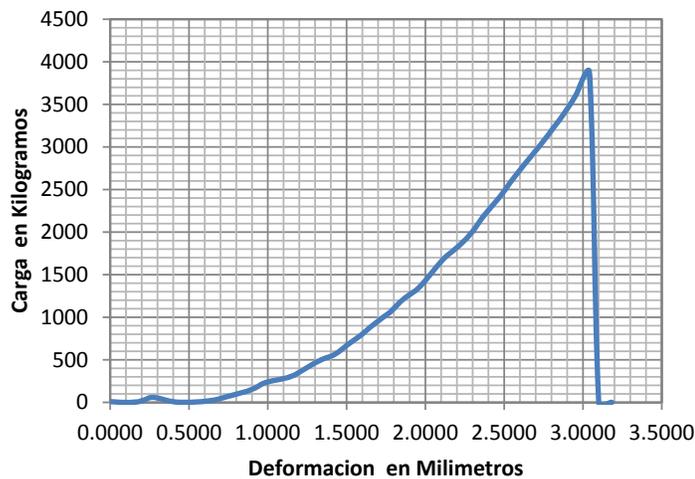


Datos del Ensayo		
Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	07_09_15_hora_15_19_41
0.0000	0.0000	Cantidad de Datos
0.0583	0.0000	59
0.1250	18.9788	Tipo de Ensayo
0.1833	0.0000	Flexion
0.2500	13.8883	Material a Ensayar
0.3250	0.0000	Ccto Fibroreforzado
0.3917	49.5219	Forma del Material
0.4667	0.0000	Prismatico # 2
0.5417	8.7977	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.6083	0.0000	15,3x15,3x53,5
0.6833	8.7977	Longitud Inicial
0.7500	59.7029	45.00
0.8250	39.3409	Longitud Final
0.9000	74.9745	Carga Maxima
0.9667	80.0650	
1.0333	120.7892	
1.1083	176.7849	
1.1833	156.4228	
1.2500	217.5091	
1.3250	232.7806	
1.3917	283.6858	
1.4583	309.1384	
1.5333	334.5910	
1.6000	365.1342	
1.6750	461.8540	
1.7417	522.9403	
1.8083	594.2076	
1.8750	655.2938	
1.9500	711.2895	
2.0167	813.1000	
2.0833	904.7293	
2.1583	1001.4492	
2.2250	1093.0786	
2.2917	1225.4321	
2.3583	1286.5184	
2.4333	1423.9624	
2.5000	1566.4970	
2.5667	1632.6737	
2.6333	1785.3894	
2.7000	1953.3765	
2.7667	2050.0964	
2.8333	2207.9025	
2.9000	2340.2561	
2.9667	2477.7001	
3.0333	2640.5968	
3.1000	2793.3124	
3.1667	2930.7564	
3.2333	3088.5626	
3.3000	3287.0929	
3.3667	3439.8085	
3.4333	3577.2525	
3.4917	3760.5113	
3.5750	0.0000	
3.5083	0.0000	
3.5083	0.0000	
3.5083	0.0000	
3.5083	0.0000	
3.5083	0.0000	
3.5083	34.2503	
3.6000	0.0000	

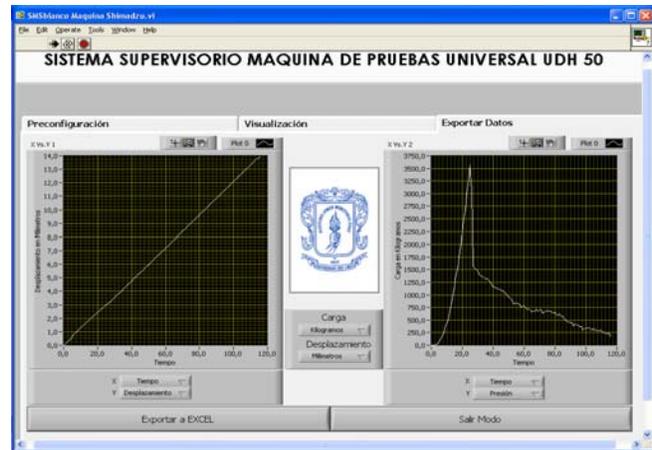
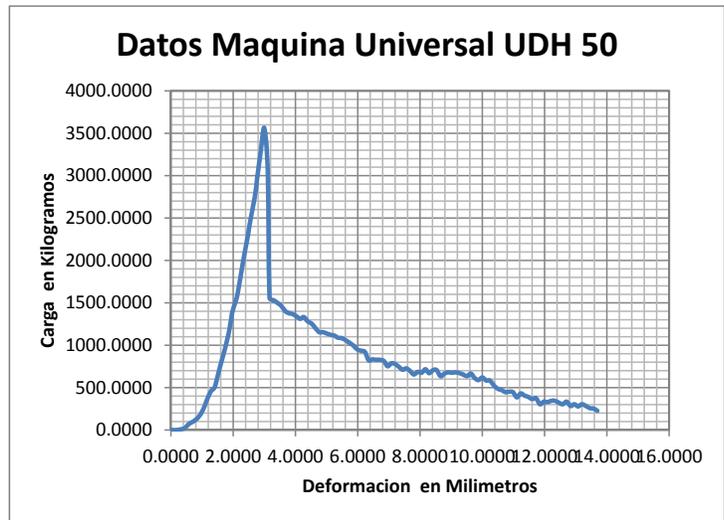


Datos del Ensayo		
Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	07_09_15_hora_15_33_24
0.0000	8.7977	Cantidad de Datos
0.0917	0.0000	41
0.1833	8.7977	Tipo de Ensayo
0.2667	59.7029	Flexion
0.3583	24.0693	Material a Ensayar
0.4500	0.0000	Ccto Simple
0.6333	18.9788	Forma del Material
0.7167	54.6124	Prismatica # 3
0.8083	100.4271	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.9000	151.3323	15,3x15,3x53,5
0.9833	232.7806	Longitud Inicial
1.0750	268.4143	45.00
1.1667	319.3195	Longitud Final
1.2500	410.9488	
1.3417	502.5782	Carga Maxima
1.4250	563.6645	
1.5167	690.9275	
1.6000	802.9189	
1.6917	945.4538	
1.7750	1057.4449	
1.8583	1210.1609	
1.9500	1332.3330	
2.0333	1505.4107	
2.1167	1688.6699	
2.2083	1831.2040	
2.2917	1989.0102	
2.3750	2202.8120	
2.4583	2380.9802	
2.5417	2589.6916	
2.6250	2788.2219	
2.7083	2971.4806	
2.7917	3175.1014	
2.8750	3378.7222	
2.9583	3617.9767	
3.0417	3867.4122	
3.1000	0.0000	
3.1750	0.0000	
3.1833	0.0000	
3.1833	0.0000	
3.1833	0.0000	
3.1833	49.5219	

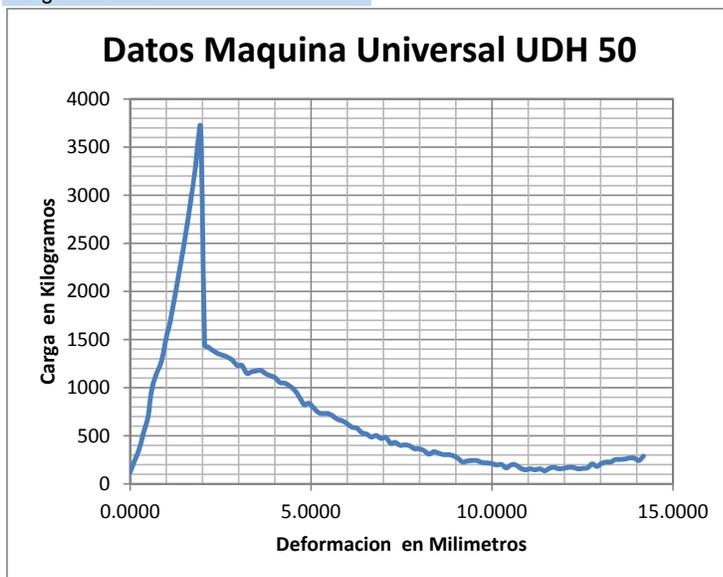
Datos Maquina Universal UDH 50



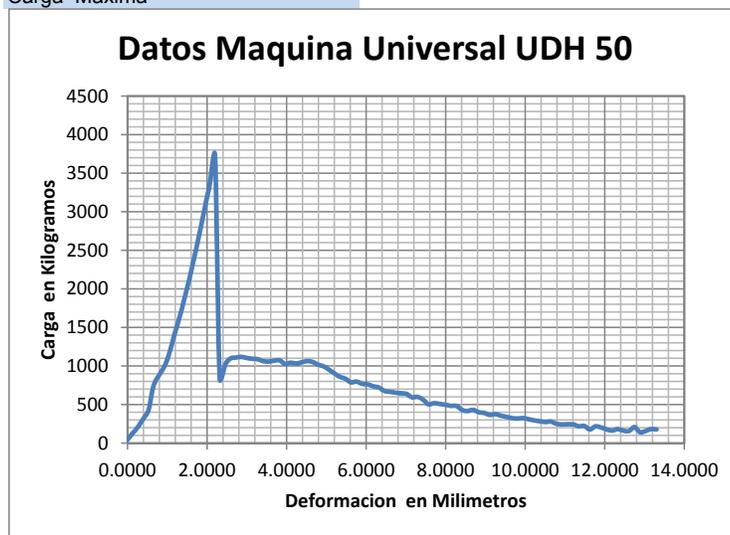
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	07_09_15_hora_16_37_12
0.0000	0.0000	6.9583	752.0137	Cantidad de Datos
0.0833	0.0000	7.0833	787.6474	117
0.2000	0.0000	7.2000	777.4663	Tipo de Ensayo
0.3250	8.7977	7.3167	746.9232	Flexion
0.4500	24.0693	7.4417	711.2895	Material a Ensayar
0.5750	69.8840	7.5583	726.5611	Ctto Fibroreforzado
0.8167	125.8797	7.6833	696.0180	Forma del Material
0.9333	176.7849	7.8000	655.2938	Prismatica # 4
1.0500	253.1427	7.9250	685.8369	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.1667	365.1342	8.0500	675.6559	15,3x15,3x53,5
1.2833	456.7635	8.1750	716.3801	Longitud Inicial
1.4083	507.6687	8.2917	670.5654	45.00
1.5250	675.6559	8.4167	706.1990	Longitud Final
1.6417	828.3715	8.5333	706.1990	Carga Maxima
1.7583	991.2682	8.6583	634.9317	
1.8750	1179.6174	8.7833	665.4749	
1.9833	1408.6908	8.9000	680.7464	
2.1000	1541.0444	9.0250	675.6559	
2.2167	1759.9367	9.1417	680.7464	
2.3250	2009.3722	9.2667	670.5654	
2.4417	2223.1741	9.3833	655.2938	
2.5500	2477.7001	9.5083	9.5083	
2.6667	2686.4115	9.6333	665.4749	
2.7750	2986.7522	9.7500	614.5697	
2.8833	3282.0023	9.8750	589.1171	
3.0000	3561.9810	10.0000	619.6602	
3.1083	3083.4721	10.1250	584.0265	
3.1667	1561.4065	10.2417	584.0265	
3.3000	1530.8633	10.3667	528.0308	
3.4167	1500.3202	10.4917	487.3067	
3.5417	1464.6866	10.6167	472.0351	
3.6667	1403.6003	10.7417	446.5825	
3.7833	1378.1477	10.8583	451.6730	
3.9083	1367.9667	10.9833	446.5825	
4.0250	1342.5141	11.1083	385.4962	
4.1500	1311.9710	11.2333	431.3109	
4.2667	1332.3330	11.3583	405.8583	
4.3917	1281.4278	11.4750	390.5868	
4.5167	1255.9752	11.6000	365.1342	
4.6333	1205.0700	11.7250	375.3152	
4.7583	1154.1648	11.8500	304.0479	
4.8833	1154.1648	11.9750	334.5910	
5.0000	1138.8933	12.0917	329.5005	
5.1250	1123.6217	12.2167	344.7721	
5.2500	1113.4407	12.3417	344.7721	
5.3667	1087.9881	12.4667	319.3195	
5.4917	1082.8975	12.5833	304.0479	
5.6167	1057.4449	12.7083	334.5910	
5.7417	1026.9018	12.8333	283.6858	
5.8583	996.3587	12.9583	304.0479	
5.9833	950.5440	13.0750	278.5953	
6.1083	935.2724	13.2000	304.0479	
6.2333	920.0009	13.3250	283.6858	
6.3500	823.2810	13.4500	258.2332	
6.4750	833.4620	13.5750	253.1427	
6.6000	828.3715	13.6917	227.6901	
6.7167	828.3715	13.8083	232.7806	
6.8417	813.1000	13.8667	242.9617	
		13.9000	171.6944	



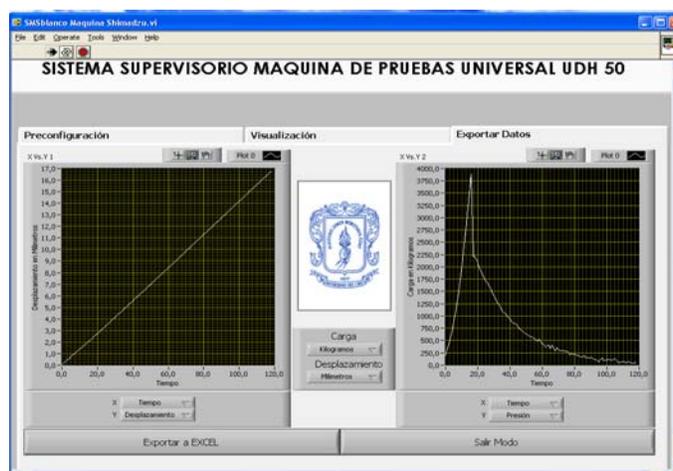
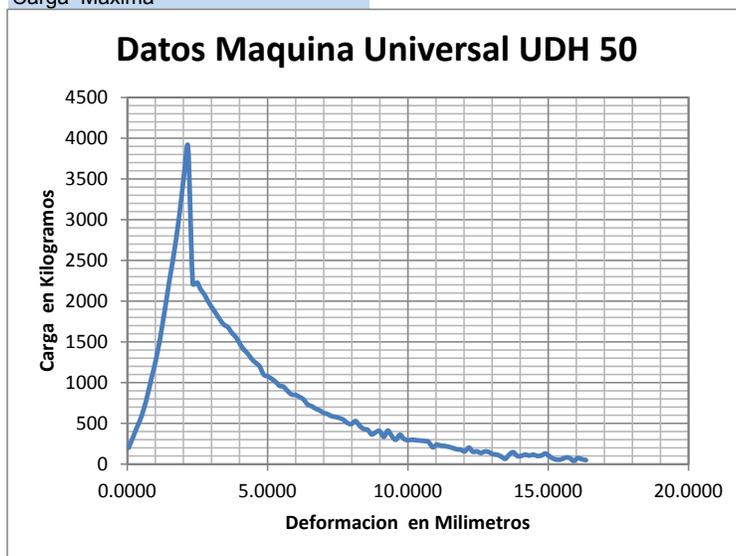
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	07_09_15_hora_17_09_58
0.0000	120.7892	7.2000	421.1299	Cantidad de Datos
0.1250	242.9617	7.3250	431.3109	112
0.2500	360.0436	7.4583	400.7678	Tipo de Ensayo
0.3750	538.2119	7.5917	405.8583	Flexion
0.5000	706.1990	7.7250	395.6773	Material a Ensayar
0.6167	1016.7208	7.8583	365.1342	ccto Fibroreforzado
0.8667	1276.3373	7.9917	365.1342	Forma del Material
0.9833	1495.2297	8.1250	344.7721	Prismatico # 5
1.1083	1688.6695	8.2583	309.1384	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.2333	1948.2860	8.3917	334.5910	15,3x15,3x53,5
1.3500	2182.4499	8.5250	319.3195	Longitud Inicial
1.4750	2457.3380	8.6583	304.0479	45.00
1.5917	2737.3167	8.7833	304.0479	Longitud Final
1.7083	3032.5668	8.9167	293.8669	Carga Maxima
1.8250	3353.2696	9.0500	268.4143	
1.9500	3689.2440	9.1833	227.6901	
2.0583	1444.3245	9.3167	237.8712	
2.1500	1423.9624	9.4500	242.9617	
2.3000	1383.2382	9.5833	242.9617	
2.4333	1352.6951	9.7167	222.5996	
2.5667	1337.4236	9.8500	217.5091	
2.6917	1317.0615	9.9917	212.4185	
2.8250	1286.5184	10.1250	197.1470	
2.9583	1230.5226	10.2583	202.2375	
3.0917	1230.5226	10.3917	166.6039	
3.2250	1149.0743	10.5250	197.1470	
3.3500	1164.3459	10.6583	197.1470	
3.4833	1174.5269	10.7917	161.5133	
3.6167	1179.6174	10.9250	146.2418	
3.7500	1143.9838	11.0583	156.4228	
3.8833	1123.6217	11.1917	146.2418	
4.0083	1103.2596	11.3250	156.4228	
4.1417	1052.3544	11.4583	136.0607	
4.2750	1047.2639	11.5833	161.5133	
4.4083	1016.7208	11.7167	171.6944	
4.5417	975.9966	11.8500	156.4228	
4.6750	904.7293	11.9833	161.5133	
4.8083	823.2810	12.1167	171.6944	
4.9333	838.5526	12.2417	171.6944	
5.0667	792.7379	12.3750	156.4228	
5.2000	741.8327	12.5083	161.5133	
5.3333	731.6516	12.6417	166.6039	
5.4667	731.6516	12.7667	207.3280	
5.6000	706.1990	12.9000	181.8754	
5.7333	670.5654	13.0250	212.4185	
5.8667	655.2938	13.1583	227.6901	
6.0000	624.7507	13.2833	227.6901	
6.1333	589.1171	13.4083	253.1427	
6.2667	578.9360	13.5417	253.1427	
6.4000	533.1213	13.6667	258.2332	
6.5333	517.8498	13.8000	268.4143	
6.6667	487.3067	13.9250	268.4143	
6.8000	502.5782	14.0583	242.9617	
6.9333	472.0351	14.1833	288.7764	
7.0667	482.2161	14.2000	222.5996	
		14.2000	171.6944	
		13.3333	0.0000	



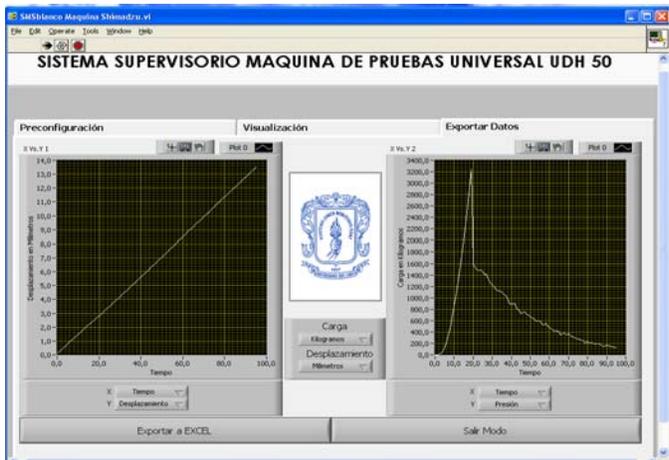
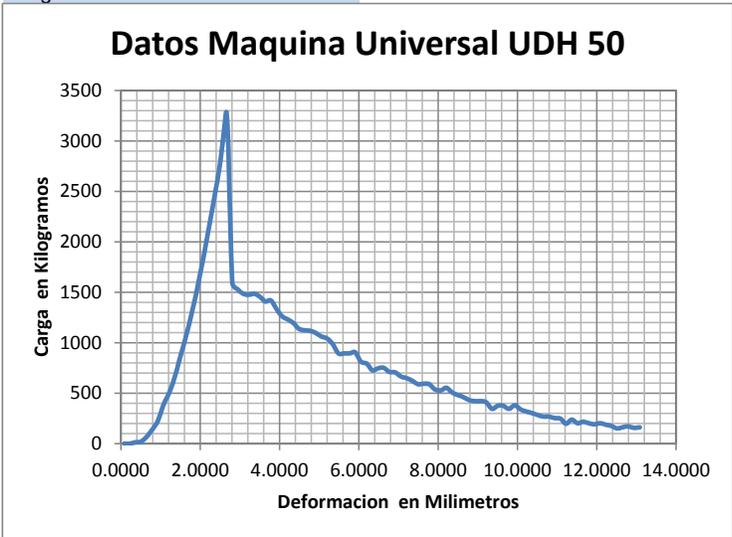
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	
0.0000	44.4314	6.8667	645.1128	07_09_15_hora_17_29_34
0.1333	130.9702	7.0083	640.0223	Cantidad de Datos
0.2667	212.4185	7.1500	594.2076	100
0.4000	319.3195	7.2917	599.2981	Tipo de Ensayo
0.5333	436.4014	7.4333	563.6645	Flexion
0.6667	762.1948	7.5667	502.5782	Material a Ensayar
0.9250	991.2682	7.7083	517.8498	ccto Fibroreforzado
1.0583	1179.6174	7.8500	507.6687	Forma del Material
1.1833	1413.7814	7.9917	497.4877	Prismatico # 6
1.3167	1642.8548	8.1333	482.2161	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.4417	1892.2903	8.2667	482.2161	15,3x15,3x53,5
1.5750	2177.3594	8.4083	431.3109	Longitud Inicial
1.7000	2457.3380	8.5500	416.0394	45.00
1.8250	2752.5882	8.6917	431.3109	Longitud Final
1.9500	3073.2910	8.8250	400.7678	Carga Maxima
2.0750	3378.7222	8.9667	390.5868	
2.2000	3724.8776	9.1083	365.1342	
2.3167	833.4620	9.2500	375.3152	
2.4583	1021.8113	9.3917	354.9531	
2.5917	1098.1691	9.5250	339.6816	
2.7250	1108.3501	9.6667	324.4100	
2.8583	1118.5312	9.8083	319.3195	
3.0000	1103.2596	9.9500	324.4100	
3.1333	1093.0786	10.0917	309.1384	
3.2750	1087.9881	10.2250	293.8669	
3.4083	1062.5355	10.3667	283.6858	
3.5500	1057.4449	10.5083	273.5048	
3.6833	1067.6260	10.6500	278.5953	
3.8250	1072.7165	10.7917	248.0522	
3.9583	1026.9018	10.9250	242.9617	
4.1000	1042.1734	11.0667	242.9617	
4.2417	1031.9923	11.2083	242.9617	
4.3750	1047.2639	11.3500	217.5091	
4.5167	1062.5355	11.4833	222.5996	
4.6500	1052.3544	11.6250	176.7849	
4.7917	1016.7208	11.7667	217.5091	
4.9250	996.3587	11.9083	202.2375	
5.0667	950.5440	12.0500	176.7849	
5.2000	904.7293	12.1833	161.5133	
5.3417	858.9146	12.3250	181.8754	
5.4833	833.4620	12.4667	161.5133	
5.6167	787.6474	12.6083	156.4228	
5.7583	797.8284	12.7500	207.3280	
5.9000	767.2853	12.8833	141.1513	
6.0333	762.1948	13.0250	156.4228	
6.1750	736.7421	13.1583	181.8754	
6.3167	721.4706	13.3000	176.7849	
6.4583	675.6559	13.3167	130.9702	
6.5917	665.4749	13.3167	146.2418	
6.7333	655.2938	13.3083	171.6944	



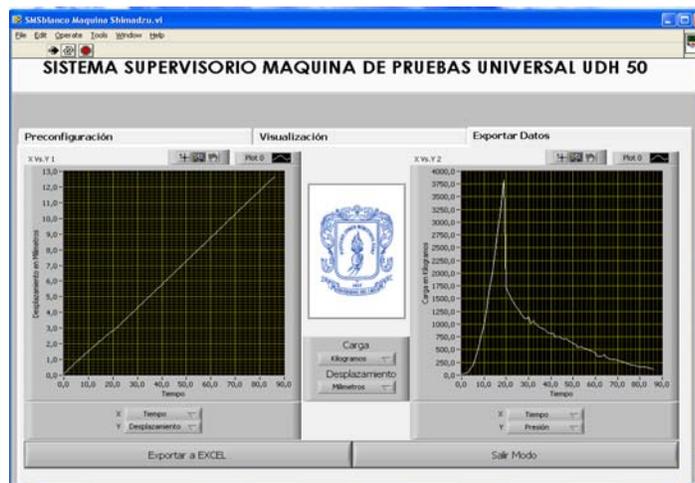
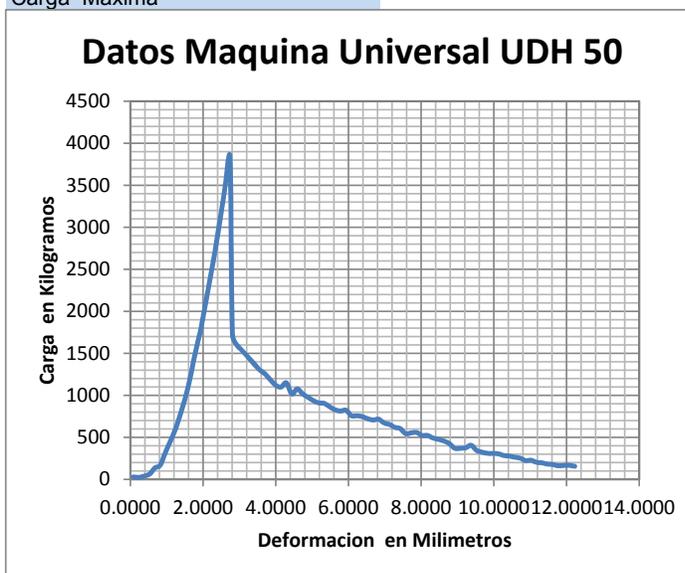
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_17_08_47
0.0500	202.2375	8.4250	431.3109	Cantidad de Datos
0.1917	319.3195	8.5667	421.1299	119
0.3250	436.4014	8.7083	365.1342	Tipo de Ensayo
0.4583	543.3024	8.8500	390.5868	Flexion
0.6000	690.9275	8.9917	405.8583	Material a Ensayar
0.7333	864.0052	9.1417	334.5910	ccto Fibroreforzado
0.8667	1062.5355	9.2833	410.9488	Forma del Material
1.0000	1245.7942	9.4250	344.7721	Prismatico # 7
1.1333	1485.0486	9.5667	298.9574	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.2667	1729.3936	9.7167	360.0436	15,3x15,3x56,5
1.3917	2019.5533	9.8583	309.1384	Longitud Inicial
1.5250	2304.6224	10.0083	293.8669	45.00
1.6583	2569.3295	10.1500	298.9574	Longitud Final
1.7833	2884.9418	10.3000	293.8669	Carga Maxima
1.9167	3215.8256	10.4417	288.7764	
2.0417	3617.9767	10.5917	283.6858	
2.1667	3887.7743	10.7333	273.5048	
2.3333	2212.9931	10.8833	207.3280	
2.4917	2228.2646	11.0250	237.8712	
2.6083	2146.8163	11.1667	227.6901	
2.7500	2080.6395	11.3083	222.5996	
2.8917	1989.0102	11.4500	212.4185	
3.0333	1912.6524	11.6000	197.1470	
3.1667	1846.4756	11.7417	181.8754	
3.3083	1770.1178	11.8833	176.7849	
3.4500	1709.0315	12.0250	156.4228	
3.5917	1678.4884	12.1750	202.2375	
3.7333	1607.2211	12.3167	151.3323	
3.8750	1556.3159	12.4583	156.4228	
4.0167	1474.8676	12.6000	136.0607	
4.1583	1403.6003	12.7500	156.4228	
4.3000	1352.6951	12.8917	146.2418	
4.4417	1286.5184	13.0333	120.7892	
4.5833	1240.7037	13.1750	115.6987	
4.7167	1199.9795	13.3167	95.3366	
4.8583	1098.1691	13.4667	64.7935	
5.0000	1077.8070	13.6083	115.6987	
5.1417	1047.2639	13.7500	146.2418	
5.2833	1011.6303	13.8917	100.4271	
5.4250	960.7250	14.0333	100.4271	
5.5667	950.5440	14.1750	115.6987	
5.7167	894.5483	14.3250	105.5176	
5.8583	853.8241	14.4667	115.6987	
6.0000	848.7336	14.6083	100.4271	
6.1417	823.2810	14.7583	105.5176	
6.2833	792.7379	14.9000	130.9702	
6.4250	731.6516	15.0417	95.3366	
6.5667	711.2895	15.1917	64.7935	
6.7083	680.7464	15.3333	54.6124	
6.8500	660.3843	15.4750	59.7029	
6.9917	629.8412	15.6167	80.0650	
7.1333	614.5697	15.7667	74.9745	
7.2750	589.1171	15.9083	39.3409	
7.4250	578.9360	16.0500	74.9745	
7.5667	563.6645	16.2000	59.7029	
7.7083	543.3024	16.3417	49.5219	
7.8500	502.5782	16.4833	39.3409	
7.9917	492.3972	16.6333	44.4314	
8.1333	528.0308	16.7583	49.5219	
8.2750	472.0351			



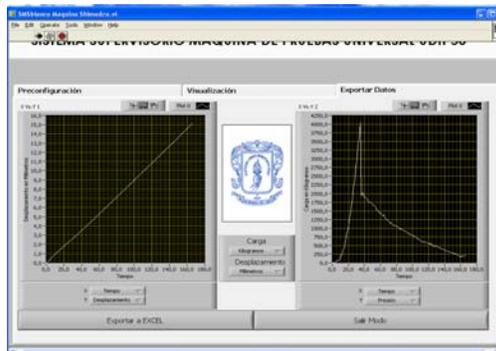
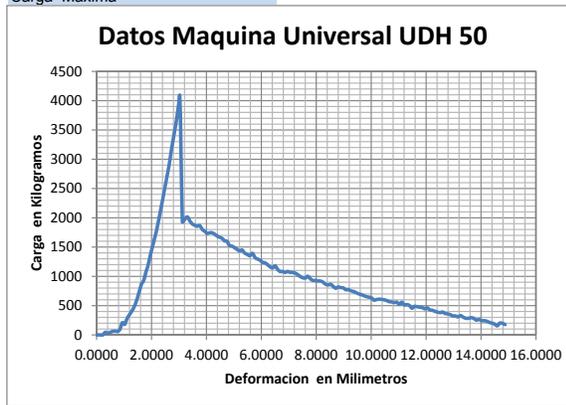
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_17_21_04
0.0833	0.0000	6.7667	711.2895	Cantidad de Datos
0.2167	0.0000	6.9167	706.1990	96
0.3667	13.8883	7.0583	665.4749	Tipo de Ensayo
0.5000	18.9788	7.2000	650.2033	Flexion
0.6417	64.7935	7.3417	624.7507	Material a Ensayar
0.7833	136.0607	7.4917	589.1171	Cto Fibroreforzado
0.9333	227.6901	7.6333	594.2076	Forma del Material
1.0667	380.4057	7.7750	589.1171	Prismatico # 8
1.2083	497.4877	7.9167	538.2119	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.3500	650.2033	8.0667	528.0308	15,3x15,3x53,5
1.4833	843.6431	8.2083	553.4834	Longitud Inicial
1.6167	1026.9018	8.3500	507.6687	45.00
1.7583	1245.7942	8.4917	482.2161	Longitud Final
1.8917	1485.0486	8.6333	461.8540	Carga Maxima
2.0250	1729.3936	8.7833	431.3109	
2.1500	1994.1007	8.9250	421.1299	
2.2833	2279.1698	9.0667	421.1299	
2.4167	2584.6011	9.2083	410.9488	
2.5500	2915.4849	9.3583	344.7721	
2.6750	3246.3687	9.5000	375.3152	
2.8083	1591.9496	9.6417	375.3152	
2.9417	1530.8633	9.7833	344.7721	
3.0833	1485.0486	9.9333	380.4057	
3.2250	1474.8676	10.0750	339.6816	
3.3667	1485.0486	10.2167	319.3195	
3.5083	1454.5055	10.3583	304.0479	
3.6417	1408.6908	10.5083	283.6858	
3.7833	1418.8719	10.6500	268.4143	
3.9250	1332.3330	10.7917	268.4143	
4.0667	1261.0658	10.9417	253.1427	
4.2083	1230.5226	11.0833	248.0522	
4.3500	1194.8890	11.2250	197.1470	
4.4833	1138.8933	11.3667	237.8712	
4.6250	1123.6217	11.5167	202.2375	
4.7667	1118.5312	11.6583	217.5091	
4.9083	1098.1691	11.8000	202.2375	
5.0500	1062.5355	11.9417	192.0565	
5.2000	1042.1734	12.0917	202.2375	
5.3417	986.1776	12.2333	186.9659	
5.4833	894.5483	12.3583	176.7849	
5.6250	894.5483	12.5083	151.3323	
5.7667	894.5483	12.6500	161.5133	
5.9083	904.7293	12.7917	171.6944	
6.0500	813.1000	12.9333	156.4228	
6.2000	792.7379	13.0833	161.5133	
6.3417	726.5611	13.2250	141.1513	
6.4833	746.9232	13.3667	141.1513	
6.6250	752.0137	13.5167	130.9702	



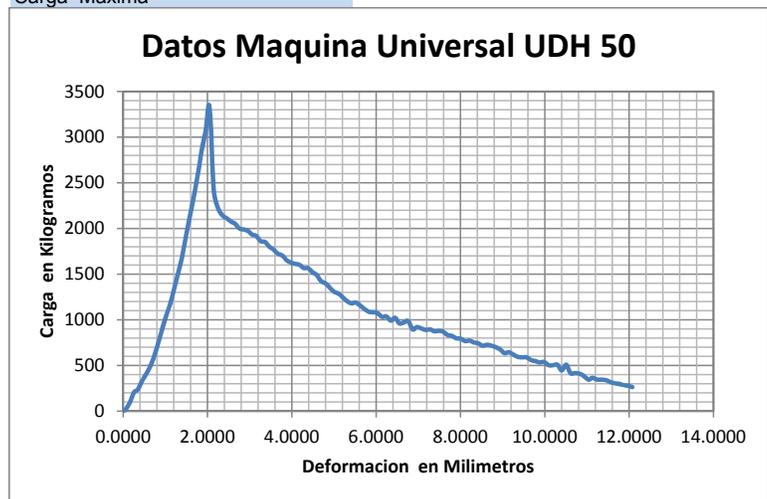
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_17_30_40
0.0833	29.1598	6.0833	757.1042	Cantidad de Datos
0.2333	24.0693	6.2333	757.1042	87
0.3833	39.3409	6.3833	746.9232	Tipo de Ensayo
0.5333	64.7935	6.5333	721.4706	Flexion
0.6750	136.0607	6.6833	706.1990	Material a Ensayar
0.8250	171.6944	6.8333	716.3801	Ccto Fibroreforzado
0.9667	324.4100	6.9833	670.5654	Forma del Material
1.1083	461.8540	7.1250	655.2938	Prismatica # 9
1.2500	609.4791	7.2750	619.6602	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.3917	797.8284	7.4250	604.3886	15,3x15,3x53,5
1.5250	991.2682	7.5750	543.3024	Longitud Inicial
1.6583	1235.6131	7.7250	553.4834	45.00
1.8000	1535.9539	7.8750	558.5739	Longitud Final
1.9333	1775.2083	8.0250	522.9403	
2.0667	2090.8206	8.1750	522.9403	Carga Maxima
2.2000	2401.3423	8.3250	492.3972	
2.3417	2747.4977	8.4750	477.1256	
2.4750	3114.0152	8.6250	456.7635	
2.6083	3480.5326	8.7750	426.2204	
2.7417	3826.6880	8.9250	370.2247	
2.8083	1724.3031	9.0750	370.2247	
2.9417	1591.9496	9.2250	375.3152	
3.0917	1525.7728	9.3750	405.8583	
3.2417	1454.5055	9.5250	344.7721	
3.3917	1383.2382	9.6750	324.4100	
3.5417	1306.8804	9.8250	309.1384	
3.6917	1261.0658	9.9750	309.1384	
3.8417	1189.7985	10.1250	304.0479	
3.9917	1123.6217	10.2750	283.6858	
4.1417	1098.1691	10.4250	278.5953	
4.2917	1149.0743	10.5750	263.3238	
4.4417	1016.7208	10.7250	253.1427	
4.5917	1077.8070	10.8750	222.5996	
4.7417	1016.7208	11.0250	227.6901	
4.8917	975.9966	11.1750	202.2375	
5.0417	935.2724	11.3250	197.1470	
5.1833	909.8198	11.4750	181.8754	
5.3333	904.7293	11.6250	176.7849	
5.4833	864.0052	11.7750	161.5133	
5.6333	828.3715	11.9250	166.6039	
5.7833	813.1000	12.0750	166.6039	
5.9333	823.2810	12.2250	156.4228	
		12.3667	136.0607	
		12.5167	136.0607	
		12.6500	115.6987	



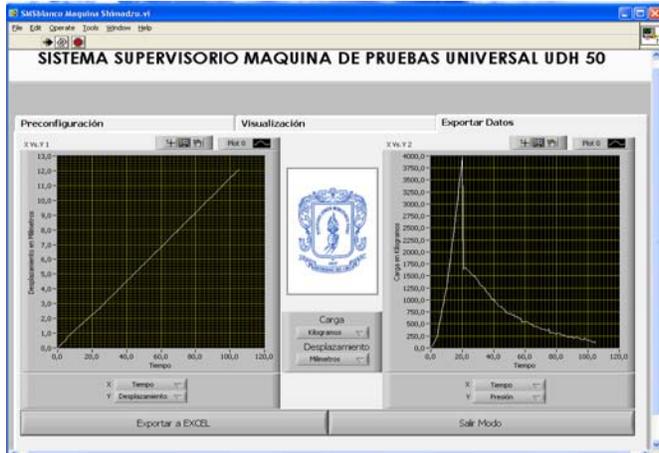
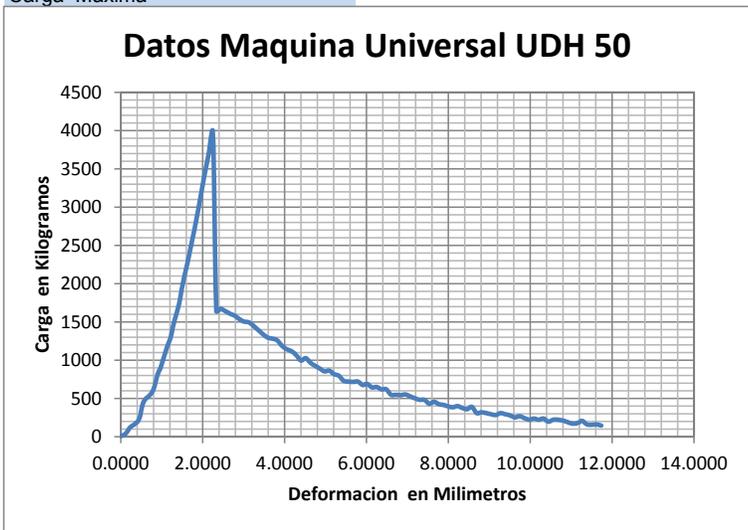
Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_15_37_38
0.0000	0.0000	7.4167	996.3587	Cantidad de Datos
0.0667	0.0000	7.5083	975.9966	167
0.1500	0.0000	7.6000	970.9061	Tipo de Ensayo
0.2250	0.0000	7.6917	1001.4492	Flexion
0.3167	44.4314	7.7917	955.6345	Material a Ensayar
0.4000	29.1598	7.8833	930.1819	Ccto Fibrorreforzado
0.5833	59.7029	7.9750	930.1819	Forma del Material
0.6750	64.7935	8.0667	920.0009	Prismatica # 10
0.7583	59.7029	8.1583	920.0009	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.8500	95.3366	8.2500	899.6388	15,3x15,3x53.5
0.9333	207.3280	8.3417	864.0052	Longitud Inicial
1.0250	181.8754	8.4333	853.8241	45.00
1.1083	278.5953	8.5250	864.0052	Longitud Final
1.2000	349.8626	8.6167	828.3715	Carga Maxima
1.2833	405.8583	8.7083	797.8284	
1.3750	487.3067	8.8000	818.1905	
1.4583	589.1171	8.8917	808.0094	
1.5417	716.3801	8.9833	802.9189	
1.6250	858.9146	9.0750	772.3758	
1.7167	930.1819	9.1750	772.3758	
1.8000	1077.8070	9.2667	752.0137	
1.8833	1199.9795	9.3583	741.8327	
1.9667	1383.2382	9.4500	721.4706	
2.0500	1530.8633	9.5417	701.1085	
2.1333	1688.6695	9.6333	690.9275	
2.2167	1841.3851	9.7250	670.5654	
2.3000	2055.1869	9.8167	655.2938	
2.3833	2274.0793	9.9083	645.1128	
2.4667	2447.1570	10.0083	634.9317	
2.5500	2681.3209	10.1000	594.2076	
2.6333	2879.8512	10.1917	604.3886	
2.7167	3108.9247	10.2833	609.4791	
2.7917	3348.1791	10.3750	609.4791	
2.8750	3592.5241	10.4667	599.2981	
2.9583	3806.3259	10.5583	589.1171	
3.0333	4065.9425	10.6500	568.7550	
3.1250	1933.0144	10.7417	563.6645	
3.2167	1978.8291	10.8333	553.4834	
3.3083	2014.4628	10.9333	558.5739	
3.4000	1943.1955	11.0250	522.9403	
3.4917	1892.2903	11.1167	558.5739	
3.5833	1871.9282	11.2083	512.7593	
3.6667	1856.6566	11.3000	517.8498	
3.7583	1866.8377	11.3917	502.5782	
3.8500	1800.6609	11.4833	456.7635	
3.9417	1770.1178	11.5750	487.3067	
4.0250	1734.4841	11.6667	482.2161	
4.1167	1744.6652	11.7667	472.0351	
4.2083	1744.6652	11.8583	466.9446	
4.3000	1719.2126	11.9500	446.5825	
4.3917	1688.6695	12.0417	461.8540	
4.4833	1668.3074	12.1417	426.2204	
4.5750	1647.9453	12.2333	421.1299	
4.6583	1607.2211	12.3250	400.7678	
4.7500	1597.0401	12.4167	390.5868	
4.8417	1525.7728	12.5167	380.4057	
4.9333	1515.5918	12.6000	390.5868	
5.0250	1490.1392	12.6917	365.1342	
5.1167	1459.5960	12.7833	360.0436	
5.2083	1434.1434	12.8833	344.7721	
5.3000	1449.4150	12.9750	324.4100	
5.3917	1398.5098	13.0667	324.4100	
5.4917	1373.0572	13.1583	309.1384	
5.5833	1352.6951	13.2583	329.5005	
5.6750	1393.4193	13.3500	304.0479	
5.7667	1322.1520	13.4417	283.6858	
5.8583	1296.6994	13.5417	283.6858	
5.9500	1276.3373	13.6333	293.8669	
6.0417	1240.7037	13.7333	283.6858	
6.1333	1230.5226	13.8250	253.1427	
6.2250	1199.9795	13.9250	263.3238	
6.3167	1164.3459	14.0250	242.9617	
6.4083	1143.9838	14.1167	242.9617	
6.5000	1179.6174	14.2167	232.7806	
6.5917	1118.5312	14.3083	212.4185	
6.6833	1082.8975	14.4000	202.2375	
6.7750	1082.8975	14.5000	181.8754	
6.8667	1067.6260	14.5917	156.4228	
6.9583	1082.8975	14.6833	202.2375	
7.0500	1067.6260	14.7833	197.1470	
7.1417	1067.6260	14.8750	176.7849	
7.2333	1052.3544	14.9667	197.1470	
7.3250	1031.9923	15.0667	212.4185	
		15.1583	212.4185	



Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_15_52_28
0.0000	0.0000	6.0333	1072.7165	Cantidad de Datos
0.0667	24.0693	6.1417	1031.9923	123
0.1583	95.3366	6.2417	1037.0829	Tipo de Ensayo
0.2583	207.3280	6.3500	991.2682	Flexion
0.3417	232.7806	6.4500	1021.8113	Material a Ensayar
0.4417	324.4100	6.5500	960.7250	Ccto Fibroreforzado
0.5333	395.6773	6.6583	970.9061	Forma del Material
0.6333	482.2161	6.7583	986.1776	Prismatico # 11
0.7333	594.2076	6.8667	894.5483	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
0.8250	736.7421	6.9667	920.0009	15,3x15,3x53,5
0.9250	894.5483	7.0750	904.7293	Longitud Inicial
1.0167	1042.1734	7.1750	889.4578	45.00
1.1167	1174.5269	7.2833	894.5483	Longitud Final
1.2083	1337.4236	7.3833	874.1862	Carga Maxima
1.3083	1520.6823	7.4917	879.2767	
1.4000	1693.7600	7.5917	869.0957	
1.4917	1933.0144	7.6917	833.4620	
1.5917	2146.8163	7.8000	823.2810	
1.6833	2360.6182	7.9000	797.8284	
1.7750	2615.1442	8.0083	792.7379	
1.8667	2869.6702	8.1083	767.2853	
1.9583	3073.2910	8.2167	772.3758	
2.0500	3327.8170	8.3167	752.0137	
2.1500	2411.5234	8.4250	741.8327	
2.2500	2223.1741	8.5250	716.3801	
2.3583	2141.7258	8.6333	726.5611	
2.4583	2111.1827	8.7333	716.3801	
2.5583	2075.5490	8.8333	701.1085	
2.6583	2050.0964	8.9417	675.6559	
2.7583	1999.1912	9.0417	634.9317	
2.8583	1989.0102	9.1500	645.1128	
2.9583	1973.7386	9.2500	619.6602	
3.0583	1933.0144	9.3583	594.2076	
3.1583	1917.7429	9.4583	589.1171	
3.2583	1861.7472	9.5667	589.1171	
3.3667	1851.5661	9.6750	558.5739	
3.4667	1800.6609	9.7750	548.3929	
3.5667	1770.1178	9.8750	533.1213	
3.6667	1724.3031	9.9833	538.2119	
3.7750	1703.9410	10.0917	502.5782	
3.8750	1653.0358	10.1917	502.5782	
3.9750	1627.5832	10.3000	507.6687	
4.0833	1612.3117	10.4000	446.5825	
4.1833	1602.1306	10.5083	507.6687	
4.2833	1566.4970	10.6083	416.0394	
4.3833	1566.4970	10.7167	416.0394	
4.4917	1520.6823	10.8167	410.9488	
4.5917	1490.1392	10.9250	385.4962	
4.6917	1423.9624	11.0333	344.7721	
4.8000	1398.5098	11.1333	365.1342	
4.9000	1352.6951	11.2417	344.7721	
5.0000	1306.8804	11.3417	344.7721	
5.1083	1286.5184	11.4500	339.6816	
5.2083	1245.7942	11.5500	319.3195	
5.3083	1205.0700	11.6583	304.0479	
5.4167	1179.6174	11.7667	298.9574	
5.5167	1189.7985	11.8667	283.6858	
5.6250	1154.1648	11.9750	278.5953	
5.7250	1118.5312	12.0750	263.3238	
5.8250	1087.9881	12.1833	253.1427	
5.9333	1082.8975	12.2917	263.3238	
		12.3917	263.3238	



Datos del Ensayo				
Deformación	Carga	Deformación	Carga	Fecha realización
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos	09_09_15_hora_16_08_01
0.0000	8.7977	6.0167	690.9275	Cantidad de Datos
0.1167	39.3409	6.1333	645.1128	106
0.2250	120.7892	6.2500	650.2033	Tipo de Ensayo
0.3417	166.6039	6.3667	619.6602	Flexion
0.4500	232.7806	6.4833	619.6602	Material a Ensayar
0.5583	456.7635	6.6000	548.3929	Ccto Fibroreforzado
0.7750	589.1171	6.7167	548.3929	Forma del Material
0.8833	787.6474	6.8333	543.3024	Prismatico # 12
0.9917	930.1819	6.9500	553.4834	Dimensiones(largo,ancho,Diametro)
1.1000	1128.7122	7.0667	528.0308	15,3x15,3x53,5
1.2083	1281.4278	7.1833	502.5782	Longitud Inicial
1.3167	1530.8633	7.3000	482.2161	45.00
1.4167	1719.2126	7.4167	482.2161	Longitud Final
1.5250	2029.7343	7.5333	431.3109	Carga Maxima
1.6250	2263.8983	7.6500	456.7635	
1.7333	2543.8769	7.7667	426.2204	
1.8333	2808.5839	7.8833	416.0394	
1.9417	3103.8341	8.0000	395.6773	
2.0417	3419.4464	8.1167	385.4962	
2.1500	3704.5155	8.2250	400.7678	
2.2500	3974.3131	8.3417	375.3152	
2.3333	1642.8548	8.4583	360.0436	
2.4333	1673.3979	8.5750	390.5868	
2.5500	1642.8548	8.6917	309.1384	
2.6667	1607.2211	8.8083	319.3195	
2.7833	1581.7685	8.9250	309.1384	
2.9000	1535.9539	9.0417	293.8669	
3.0083	1505.4107	9.1583	283.6858	
3.1250	1495.2297	9.2750	309.1384	
3.2417	1449.4150	9.3917	293.8669	
3.3583	1393.4193	9.5083	278.5953	
3.4667	1342.5141	9.6250	253.1427	
3.5833	1296.6994	9.7417	268.4143	
3.7000	1281.4278	9.8583	242.9617	
3.8167	1261.0658	9.9750	222.5996	
3.9333	1189.7985	10.0917	237.8712	
4.0500	1143.9838	10.2083	222.5996	
4.1667	1118.5312	10.3250	237.8712	
4.2833	1067.6260	10.4417	197.1470	
4.4000	996.3587	10.5583	222.5996	
4.5167	1026.9018	10.6750	222.5996	
4.6333	965.8156	10.7917	212.4185	
4.7500	925.0914	10.9083	192.0565	
4.8667	889.4578	11.0250	171.6944	
4.9750	853.8241	11.1500	176.7849	
5.0917	864.0052	11.2667	207.3280	
5.2083	818.1905	11.3833	161.5133	
5.3250	797.8284	11.5000	156.4228	
5.4417	731.6516	11.6167	161.5133	
5.5583	721.4706	11.7333	146.2418	
5.6750	716.3801	11.8500	115.6987	
5.7917	721.4706	11.9667	141.1513	
5.9083	675.6559	12.0833	95.3366	





TENACIDAD DEL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRA METODO ASTM C 1018

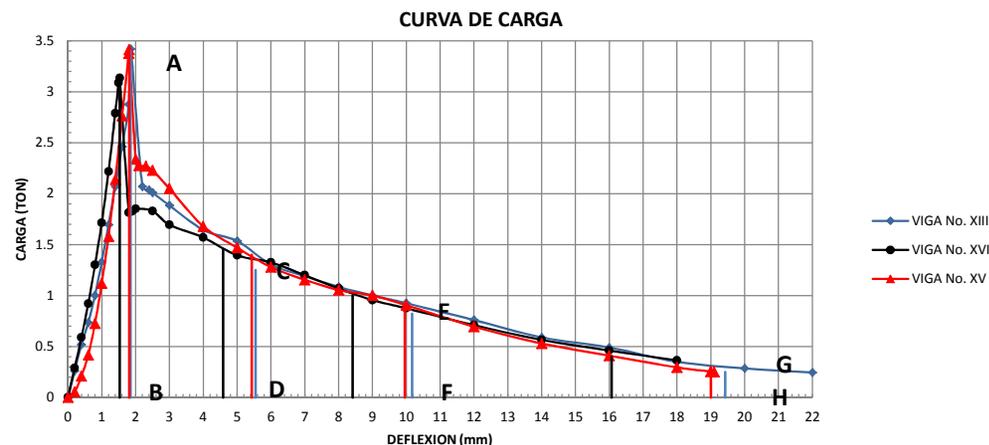
NORMA DE ENSAYO ASTM C 1018

Página 1 de 1

OBRA:	EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL CONTENIDO DE FIBRA METÁLICA DE REFUERZO PARA CONCRETO LANZADO	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	MEZCLA No. 5 DE CONCRETO LANZADO CON 55 Kg DE FIBRA SIKA FIBER CHO 35-65 POR m3.	
FECHA DE ENSAYO:	03-nov-2015	FECHA DE TOMA: 05-oct-2015
EDAD DE ENSAYO:	29 días	

VIGA No. XIII			VIGA No. XVI			VIGA No. XV		
DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa	DEFLEXION (mm)	CARGA TON	RESISTENCIA Mpa
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.2	0.260	0.33	0.2	0.290	0.35	0.2	0.055	0.07
0.4	0.520	0.7	0.4	0.590	0.7	0.4	0.210	0.26
0.6	0.735	0.9	0.6	0.920	1.1	0.6	0.416	0.5
0.8	1.000	1.3	0.8	1.300	1.6	0.8	0.725	0.9
1.0	1.330	1.7	1.0	1.715	2.0	1.0	1.120	1.4
1.2	1.695	2.1	1.2	2.218	2.6	1.2	1.580	2.0
1.4	2.070	2.6	1.4	2.790	3.3	1.4	2.140	2.7
1.6	2.460	3.1	1.5	3.090	3.7	1.6	2.765	3.5
1.8	2.875	3.6	1.53	3.135	3.7	1.8	3.375	4.2
1.85	3.420	4.3	1.8	1.815	2.2	1.81	3.415	4.3
2.2	2.070	2.6	1.9	1.825	2.2	2.0	2.340	2.9
2.4	2.035	2.6	2.0	1.850	2.2	2.1	2.275	2.9
2.5	2.010	2.5	2.5	1.830	2.2	2.3	2.270	2.9
3.0	1.885	2.4	3.0	1.695	2.0	2.5	2.230	2.8
4.0	1.645	2.1	4.0	1.570	1.9	3.0	2.050	2.6
5.0	1.535	1.9	5.0	1.395	1.7	4.0	1.680	2.1
6.0	1.305	1.6	6.0	1.325	1.6	5.0	1.470	1.8
7.0	1.190	1.5	7.0	1.200	1.4	6.0	1.280	1.6
8.0	1.085	1.4	8.0	1.070	1.3	7.0	1.155	1.5
9.0	1.000	1.3	9.0	0.955	1.1	8.0	1.055	1.3
10.0	0.925	1.2	10.0	0.875	1.0	9.0	1.000	1.3
12.0	0.760	1.0	12.0	0.710	0.8	10.0	0.905	1.1
14.0	0.590	0.7	14.0	0.565	0.7	12.0	0.695	0.9
16.0	0.490	0.6	16.0	0.460	0.5	14.0	0.530	0.7
18.0	0.350	0.4	18.0	0.365	0.4	16.0	0.410	0.5
20.0	0.285	0.4				18.0	0.295	0.4
22.0	0.245	0.3				19.0	0.255	0.3
						19.1	0.250	0.3

AREAS	AREAS	AREAS	AREAS
OAB	2.4589	2.073	2.1737
ABCD	6.7117	5.3636	6.8065
CDEF	5.1657	4.7834	5.0267
EFGH	5.2571	5.4053	4.7826
OACD	9.1706	7.4366	8.9802
OAEF	14.3363	12.22	14.0069
OAGH	19.5934	17.6253	18.7895



	RESISTENCIA FLEXURAL (Mpa)			
	VIGA No. XIII	VIGA No. XVI	VIGA No. XV	PROMEDIO
ALTURA, cm	15.3	15.5	15.3	
ANCHO, cm	15.3	15.7	15.3	
P (TON)=	3.420	3.135	3.415	3.323
RESIST. (Mpa)=	4.3	3.7	4.3	4.1

INDICES DE TENACIDAD	VIGA No. XIII	VIGA No. XVI	VIGA No. XV	PROMEDIO
I ₅	3.7	3.6	4.1	3.8
I ₁₀	5.8	5.9	6.4	6.1
I ₂₀	8.0	8.5	8.6	8.4

FACTORES DE RESISTENCIA RESIDUAL				
R _{5,10}	42.0	46.1	46.3	44.8
R _{10,20}	21.4	26.1	22.0	23.2

CLASIFICACION EN FUNCION DE LA DUCTILIDAD ASTM C 1018				
CATEGORY	RATING	I ₁₀	RESULTADO PROMEDIO I ₁₀	RESULTADO CATEGORY
I	MARGINAL	< 4	6.1	GOOD
II	FAIR	4		
III	GOOD	6		
IV	EXCELENT	8		

OBSERVACIONES:

REVISADO POR:

APROBADO POR:

GEOT. JUAN CARLOS PAZ E. - OSCAR JULIAN BELALCAZAR

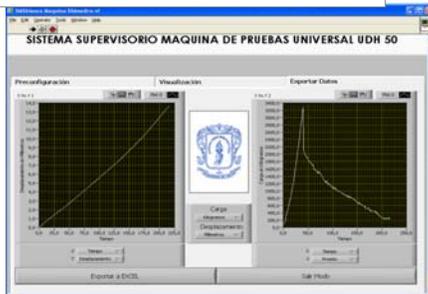
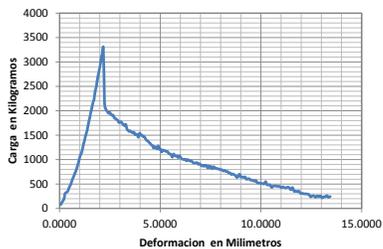
ING. ROGER ORTEGA CARABALLO

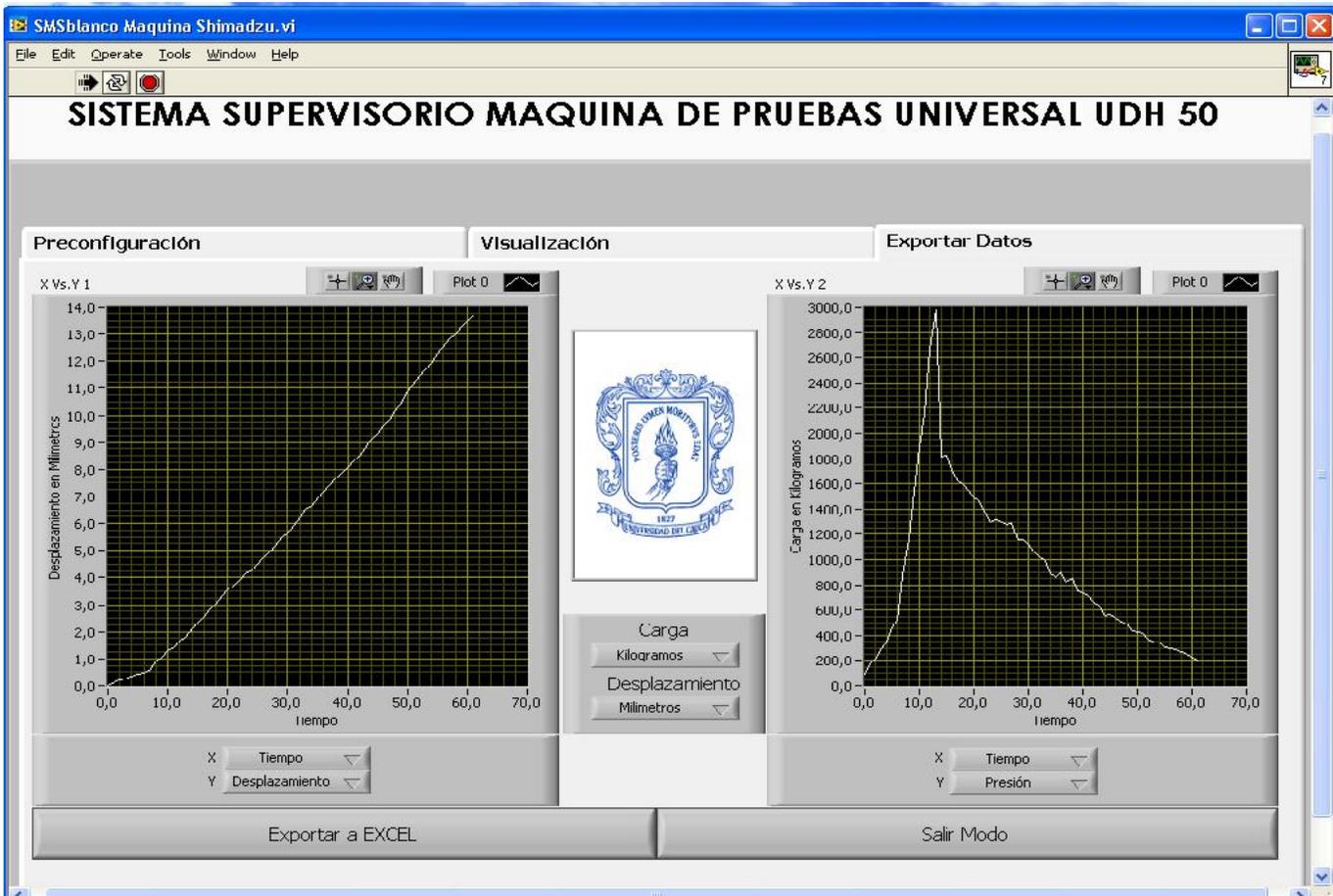
ING. GERARDO RIVERA LOPEZ

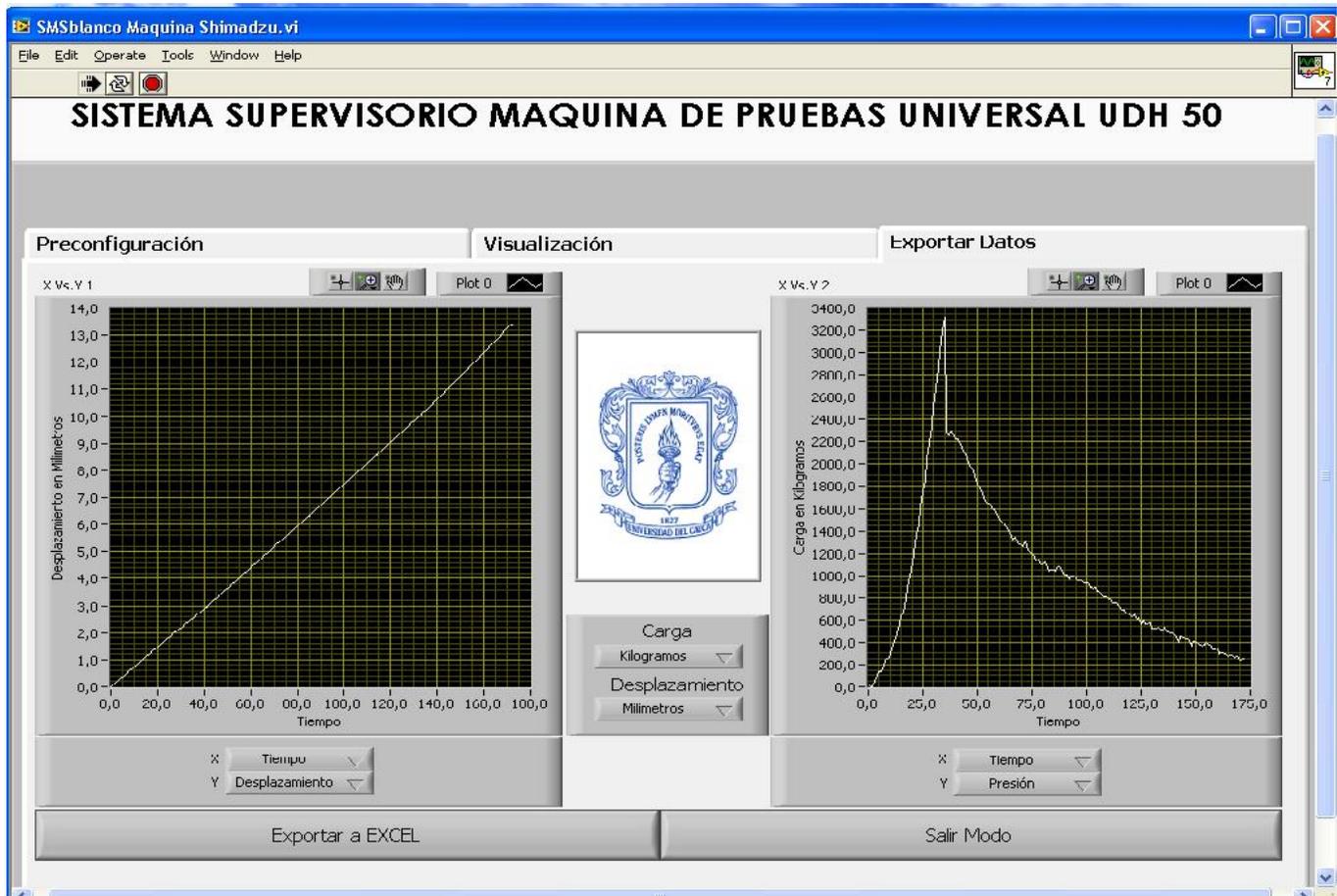
Datos del Ensayo			
Deformación	Carga	Deformación	Carga
en Milímetros	en Kilogramos	en Milímetros	en Kilogramos
0.0000	80.0650	6.0667	1016.7208
0.0583	80.0650	6.1250	1006.5397
0.1167	120.7892	6.1833	1001.4492
0.1667	156.4228	6.2417	1006.5397
0.2250	197.1470	6.3000	975.9966
0.2750	304.0479	6.3583	1001.4492
0.3833	339.6816	6.4167	986.1776
0.4417	385.4962	6.4750	970.9061
0.4917	441.4920	6.5333	975.9966
0.5500	482.2161	6.5917	955.6345
0.6000	548.3929	6.6583	930.1819
0.6583	609.4791	6.7167	930.1819
0.7083	660.3843	6.7750	935.2724
0.7667	726.5611	6.8333	935.2724
0.8167	767.2853	6.8917	904.7293
0.8750	848.7336	6.9500	914.9104
0.9250	914.9104	7.0083	894.5483
0.9833	1011.6303	7.0667	869.0957
1.0333	1087.9881	7.1250	884.3672
1.0917	1133.8027	7.1833	864.0052
1.1417	1220.3416	7.2417	884.3672
1.1917	1317.0615	7.3000	874.1862
1.2500	1403.6003	7.3583	828.3715
1.3000	1500.3202	7.4167	869.0957
1.3500	1561.4065	7.4750	828.3715
1.4083	1683.5789	7.5333	858.9146
1.4583	1780.2988	7.5917	813.1000
1.5083	1871.9282	7.6583	853.8241
1.5583	1978.8291	7.7250	823.2810
1.6167	2075.5490	7.7917	823.2810
1.6667	2182.4499	7.8583	808.0094
1.7167	2233.3551	7.9250	808.0094
1.7667	2396.2518	7.9917	792.7379
1.8250	2482.7906	8.0583	792.7379
1.8750	2635.5063	8.1333	767.2853
1.9250	2732.2261	8.2000	777.4663
1.9750	2828.9460	8.2667	757.1042
2.0250	2951.1185	8.3333	757.1042
2.0750	3093.6531	8.4000	726.5611
2.1250	3170.0109	8.4667	726.5611
2.1750	3287.2739	8.5333	696.0180
2.2333	2177.3594	8.6000	706.1990
2.2867	2060.2775	8.6667	690.9275
2.3250	2014.4628	8.7333	675.6559
2.3833	1978.8291	8.8000	634.9317
2.4417	1948.2860	8.8667	655.2938
2.5000	1963.5576	8.9333	701.1085
2.5500	1933.0144	9.0000	645.1128
2.6083	1907.5618	9.0667	645.1128
2.6667	1907.5618	9.1333	634.9317
2.7250	1851.5661	9.2083	645.1128
2.7833	1841.3851	9.2750	599.2981
2.8333	1821.0230	9.3417	604.3886
2.8917	1805.7514	9.4083	609.4791
2.9500	1759.9367	9.4750	584.0265
3.0083	1770.1178	9.5417	578.9360
3.0667	1770.1178	9.6083	573.8455
3.1167	1739.5747	9.6750	558.5739
3.1750	1714.1221	9.7500	573.8455
3.2333	1693.7600	9.8167	528.0308
3.2917	1719.2126	9.8833	522.8403
3.3500	1622.4927	9.9500	517.8498
3.4083	1597.0401	10.0167	512.7593
3.4583	1576.6780	10.0833	507.6687
3.5167	1586.8591	10.1583	502.5782
3.5750	1566.4970	10.2333	548.3929
3.6333	1551.2254	10.3000	487.3067
3.6917	1561.4065	10.3750	482.2161
3.7500	1510.5012	10.4500	482.2161
3.8000	1520.6823	10.5333	431.3109
3.8583	1505.4107	10.6083	456.7635
3.9167	1459.5960	10.6917	461.8540
3.9750	1541.0444	10.7667	456.7635
4.0333	1505.4107	10.8500	451.6730
4.0917	1500.3202	10.9333	451.6730
4.1500	1469.7771	11.0083	426.2204
4.2083	1469.7771	11.0917	441.4920
4.2667	1429.0529	11.1667	426.2204
4.3250	1393.4193	11.2500	421.1299
4.3833	1383.2382	11.3250	436.4014
4.4417	1352.6951	11.4083	421.1299
4.5000	1332.3330	11.4833	385.4962
4.5583	1301.7899	11.5667	426.2204
4.6167	1286.5184	11.6500	349.8626
4.6750	1235.6131	11.7250	354.9531
4.7250	1266.1563	11.8083	344.7721
4.7833	1245.7942	11.8833	354.9531
4.8417	1220.3416	11.9667	309.1384
4.9000	1281.4278	12.0583	309.1384
4.9583	1215.2511	12.1417	298.9574
5.0167	1215.2511	12.2250	298.9574
5.0750	1159.2553	12.3083	293.8669
5.1333	1194.8890	12.3833	283.6858
5.1917	1184.7079	12.4667	237.8712
5.2500	1179.6174	12.5500	258.2332
5.3083	1164.3459	12.6333	258.2332
5.3667	1164.3459	12.7083	227.6901
5.4250	1123.6217	12.7917	258.2332
5.4833	1118.5312	12.8667	237.8712
5.5417	1098.1691	12.9500	258.2332
5.6000	1052.3544	13.0333	217.5091
5.6583	1113.4407	13.1083	237.8712
5.7167	1087.9881	13.1917	237.8712
5.7750	1072.7165	13.2750	263.3238
5.8333	1077.8070	13.3500	227.6901
5.8917	1042.1734	13.4333	242.9617
5.9500	1077.8070	13.5083	268.4143
6.0083	1047.2639	13.5917	222.5996
		13.6667	242.9617

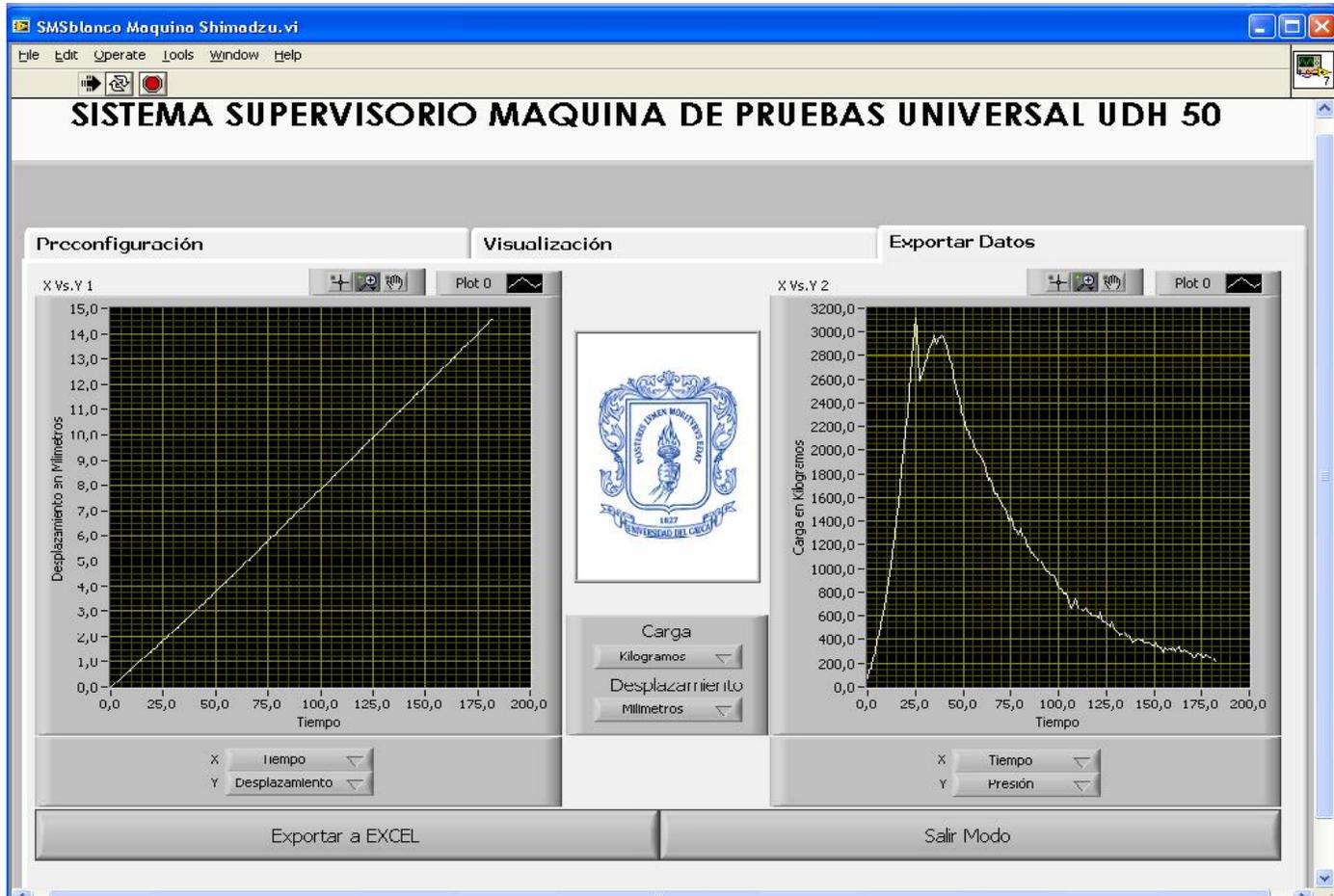
03_11_15_hora_15_59_45
Cantidad de Datos 217
Tipo de Ensayo flexion
Material a Ensayar octo fibroreforzado
Forma del Material prismatica
Dimensiones(largo,ancho,Diametro) 15,3x15,3x54
Longitud Inicial 45.00
Longitud Final
Carga Maxima

Datos Maquina Universal UDH 50









Viga # 17



Viga # 18

