



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

TEMA:

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS
CON FIBRA DE CABUYA”

AUTORA: Briseño Sánchez Daniela Yajaira

TUTOR: Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego Sebastián

Ambato – Ecuador
2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego Sebastián en calidad de tutor del presente trabajo experimental bajo el tema “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA” presentado y desarrollado por la egresada Briseño Sánchez Daniela Yajaira, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico que el mismo se desarrolló bajo mi supervisión de manera independiente, personal e inédita.

Ambato, Octubre de 2016

.....
Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego Sebastián

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Briseño Sánchez Daniela Yajaira dejo constancia que los contenidos emitidos en el presente trabajo experimental con el tema: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA” son de mi completa autoría.

Ambato, Octubre de 2016

.....
Briseño Sánchez Daniela Yajaira

C.I: 1804973103

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe del trabajo experimental, sobre el tema: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA” de la egresada Briseño Sánchez Daniela Yajaira, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con la disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Octubre de 2016

Para constancia firman.

Ing. Mg. Christian Medina
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Carlos Navarro
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación bajo la modalidad Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste Trabajo de Titulación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Octubre de 2016

.....
Briseño Sánchez Daniela Yajaira

C.I: 1804973103

AUTORA

DEDICATORIA

A mis padres Milton y Rosa por el amor, la paciencia, el apoyo incondicional y por todos los sacrificios que han hecho por verme alcanzar esta meta.

A mis hermanos Viviana, Milton, David y Santiago por estar siempre junto a mí brindándome su apoyo y sus innumerables muestras de amor y cariño.

Al amor de mi vida Luis, por alegrarme la existencia y luchar junto a mí día a día.

Y de manera muy especial a mi hija Anny que es el regalo más grande que Dios me ha dado y que se ha convertido en el motor y el motivo para mi superación.

Daniela Y. Briseño

AGRADECIMIENTO

A Dios por forjar mi camino en el sendero correcto, por bendecirme y levantarme en los momentos difíciles.

A mis amigos Lizbeth y William por su transparencia y amistad desinteresada.

Al Ing. Mg. Diego Chérrez, por su paciencia y disposición para dirigir este trabajo de investigación.

Al Ing. Mg. Christian Medina y al Ing. Mg. Carlos Navarro, por su colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mi familia en general, por todo el cariño y la confianza brindada.

Daniela Y. Briseño

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XV

B. TEXTO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1.TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2.ANTECEDENTES.....	1
1.3.JUSTIFICACIÓN	3
1.4.OBJETIVOS	4
1.4.1.Objetivo General:	4
1.4.2.Objetivos Específicos:.....	4

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN

2.1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1.Fibras.....	5
2.1.2.Fibras naturales	5

2.1.2.1 Fibras naturales animales	5
2.1.2.2. Fibras naturales vegetales	5
2.1.3.Fibra de cabuya	6
2.1.3.1.Producción de la fibra de cabuya	7
2.1.3.2.Usos de la fibra de cabuya	8
2.1.4.Ingeniería civil	9
2.1.5.Ingeniería estructural.....	9
2.1.6.Viga	9
2.1.6.1.Viga de concreto simplemente armada	10
2.1.6.2.Viga de concreto doblemente armada	11
2.1.6.3.Vigas T	12
2.1.6.4.Parámetros de diseño en vigas	13
2.2.HIPÓTESIS	19
2.3.SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES	19
2.3.1.Variable Independiente: fibra de cabuya.....	19
2.3.2.Variable Dependiente: flexión	19

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	20
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	21
3.2.1. Población.....	21
3.2.2. Muestra.....	21
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	22
3.3.1. Variable independiente	22
3.3.2. Variable dependiente.....	23
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	24
3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	25

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.RECOLECCIÓN DE DATOS	26
4.1.1.Datos informativos	26
4.1.2.Ensayos realizados	26
4.1.3.Porcentaje de la fibra de cabuya en el concreto	38
4.1.4.Caracterización de la fibra de cabuya	38
4.1.4.1.Porcentaje de absorción de agua	39
4.1.4.2.Tratamiento para utilización en vigas	38
4.1.5.Dosificación del Concreto Según el Método de la Densidad Óptima.....	42
4.1.6.Dosificación para vigas de concreto	47
4.1.7.Elaboración de vigas de concreto.....	49
4.1.8.Curado de vigas de concreto	51
4.1.9.Ensayo flexión de vigas de concreto.....	52
4.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	54
4.2.1 Dosificación de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	54
4.2.2. Corrección de humedad para la dosificación $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	55
4.2.3. Propiedades del concreto en cilindros $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	55
4.2.4. Determinación de propiedades del concreto en vigas $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	57
4.2.4.1. Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	58
4.2.4.2. Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	65
4.3.VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	72

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	73
5.2. RECOMENDACIONES	76

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA.....	78
2. ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla # 1: Deflexión máxima admisible calculada	15
Tabla # 2: Número de especímenes de concreto	21
Tabla # 3: Operacionalización de la variable independiente	22
Tabla # 4: Operacionalización de la variable dependiente	23
Tabla # 5: Plan de recolección de información	24
Tabla # 6: Ensayos realizados en los agregados y el cemento	26
Tabla # 7: Rangos agregado fino	27
Tabla # 8: Límites agregado grueso	27
Tabla # 9: Granulometría del agregado grueso	30
Tabla # 10: Granulometría del agregado fino	31
Tabla # 11: Densidad aparente suelta del agregado grueso y fino	32
Tabla # 12: Densidad aparente compactada del agregado grueso y fino	32
Tabla # 13: Densidad aparente compactada de la mezcla	33
Tabla # 14: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso	34
Tabla # 15: Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino	35
Tabla # 16: Contenido de humedad del agregado grueso y fino	36
Tabla # 17: Densidad real del cemento	37
Tabla # 18: Capacidad de absorción de la fibra de cabuya sin tratamiento	41
Tabla # 19: Capacidad de absorción de la fibra de cabuya con tratamiento	42
Tabla # 20: Información obtenida con ensayos de laboratorio	42
Tabla # 21: Resistencia a la compresión - Relación W/C	43
Tabla # 22: Asentamiento - Cantidad de pasta en %	44
Tabla # 23: Vigas considerados en la dosificación	47
Tabla # 24: Cantidades para tres vigas de concreto	48
Tabla # 25: Dosificación al peso - Concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	54
Tabla # 26: Corrección de humedad - Dosificación $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	55
Tabla # 27: Propiedades del concreto fresco en cilindros $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	56
Tabla # 28: Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	56
Tabla # 29: Propiedades del concreto fresco en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$	57
Tabla # 30: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días	59

Tabla # 31: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días	61
Tabla # 32: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 60 días	63
Tabla # 33: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 14 días	65
Tabla # 34: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 28 días	67
Tabla # 35: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 60 días	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico # 1: Penco.....	6
Gráfico # 2: Fibra de cabuya.....	6
Gráfico # 3: Máquina desfibradora	7
Gráfico # 4: Rectángulo de compresión equivalente bajo cargas últimas	10
Gráfico # 5: Deformaciones y esfuerzos en vigas rectangulares con armadura de tracción y de compresión	11
Gráfico # 6: Viga T	12
Gráfico # 7: Armadura transversal y diagonal que cose a las fisuras de cortante ...	13
Gráfico # 8: Viga sometida a flexión pura entre sus apoyos	16
Gráfico # 9: Viga biapoyada trabajado a flexión simple en todas sus secciones	16
Gráfico # 10: Esquema para el ensayo a flexión en el concreto, por el método de la carga en los tercios de la luz.	17
Gráfico # 11: Fibra de cabuya seca.....	40
Gráfico # 12: Muestras saturadas.....	40
Gráfico # 13: Tratamiento de la fibra de cabuya	39
Gráfico # 14: Vigas para concreto	47
Gráfico # 15: Vigas sin fibra.....	50
Gráfico # 16: Vigas con fibra longitudinal	50
Gráfico # 17: Vigas con fibra dispersa.....	50
Gráfico # 18: Desencofrado de vigas.....	51
Gráfico # 19: Curado de vigas	52
Gráfico # 20: Ensayo a flexión en vigas de concreto.....	52
Gráfico # 21: Modo de falla en viga con fibra de cabuya.....	53
Gráfico # 22: Modo de falla en viga sin fibra	53
Gráfico # 23: Rango de curvas carga vs deflexión	58
Gráfico # 24: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días	60
Gráfico # 25: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días	62
Gráfico # 26: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 60 días	64

Gráfico # 27: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$, reforzados con fibra de cabuya y concreto simple sin fibra a los 14 días.....	66
Gráfico # 28: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya y concreto simple sin fibra a los 28 días.....	68
Gráfico # 29: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya y concreto sin fibra a los 60 días.....	70
Gráfico # 30: Resistencia a flexión del concreto vs Edad del concreto.....	71

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA”

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó agregados pétreos de la cantera “VILLACRÉS”, mismos que fueron llevados al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en donde se realizó diversos ensayos para obtener sus propiedades mecánicas.

Obtenidas las propiedades de los materiales se determinó la dosificación del concreto empleando el Método de la Densidad Óptima para la resistencia de diseño de $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ con un asentamiento de 6 – 9 cm, que es el tipo más común en el campo de la construcción.

A partir de estas dosificaciones, se elaboró vigas de concreto simple sin fibra y con fibra de cabuya tratada con ácido esteárico de acuerdo a lo establecido en el ACI 544-1R. Con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre los especímenes se tomó vigas sin fibra y con de fibra de cabuya (1,5 % del peso del cemento) orientada longitudinalmente así como dispersa, mismas que fueron ensayados a flexión a los 14, 28 y 60 días.

Finalmente, se curó los especímenes con una membrana química SIKA–ANTISOL BLANCO, debido a que en ese momento no se encontraba disponible la cámara de curado del laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por la demanda de trabajos experimentales referentes al concreto.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1.TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya”

1.2. ANTECEDENTES

De la información relacionada al concreto reforzado con fibras naturales, podemos mencionar la tesis doctoral de la Universidad Autónoma de Nuevo León titulada “**Concretos base cemento portland reforzados con fibras naturales (agave lechuguilla), como materiales para construcción en México**”, del Sr. Cesar Antonio Juárez Alvarado, de la cual destacan las conclusiones que se muestran a continuación:

- Las fibras de lechuguilla tienen las propiedades físico-mecánicas, tal como su resistencia última a la tensión y su flexibilidad, que les permite ser consideradas como posible refuerzo en el concreto.
- La fibra de lechuguilla permite un comportamiento dúctil del concreto después del agrietamiento de la matriz.
- Es necesario mejorar aún más la durabilidad del concreto con fibras para que sea viable en el desarrollo de la infraestructura en las zonas rurales, tal como tuberías, tanques de almacenamiento y caminos.

Los señores Andrés Guillermo Parra López y Marco Fidel Parra Mejía, desarrollaron en el año 2007 la tesis “**Comportamiento del concreto hidráulico con adiciones de fibra**”, en Bucaramanga, dentro de sus conclusiones rescatamos:

- La fibra de fique es un material que tiene alta resistencia a la tensión, soportando esfuerzos a tensión de hasta 1400 Mpa, lo cual permite afirmar que es una excelente adición para el concreto y el mortero, pues resulta un material compuesto con alta resistencia a la tensión y flexión.
- La resistencia a la flexión también aumento aproximadamente en un 12%, lo cual indica que posición del refuerzo fue adecuada, logrando una excelente efectividad de este refuerzo a flexión.
- La orientación del refuerzo utilizado en el mortero reforzado a tensión y flexión brinda excelentes resultados, pues la cantidad de fibra fue mínima comparada con el porcentaje de mortero en cada molde.

Los señores Carlos Miguel Gordillo Checa y Faber Miguel Arturo Jurado en su tesis: **“Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación”**, previa la obtención del título de Ingenieros Textiles, en la ciudad de Ibarra en 2001, concluyen que:

- El estudio demuestra que los procesos empleados como descrude, blanqueo y suavizado permitieron mejorar el tacto, haciéndola más suave, agradable y flexible la fibra de cabuya, logrando consigo disminuir la dificultad para elaborar las artesanías e incentivando la utilización de este tipo de fibras naturales ya que son una alternativa económica, social cultural y ambiental para nuestro país.
- El artesano cabuyero debe empeñarse en ir aplicando estas nuevas técnicas y aplicarlas en la diversificación y elaboración de artesanías, las mismas que reportan una excelente rentabilidad. Cabe indicar que nuestro país es rico en la producción de cabuya, cabría esperar que, por ser una fibra natural biodegradable atraerían al consumidor consiente de los problemas ecológicos que se encuentran muy notorios en la actualidad.
- La cabuya al ponerse en contacto con la solución que contiene NaOH, esta se amarilla debido al grado de alcalinidad, por tal razón es necesario neutralizar el baño

con el material caso contrario la fibra quedará manchada y amarillenta, dificultando la tonalidad en la tintura.

1.3.JUSTIFICACIÓN

Desde la antigüedad se ha utilizado las fibras naturales para reforzar los materiales constructivos frágiles, se conoce la utilización de paja como refuerzo en el adobe y pelo de caballo como refuerzo en el mortero y yeso. Aunque históricamente muchas fibras se han utilizado para reforzar diversos materiales de construcción, hasta hace poco los científicos han dedicado a la utilización de fibras naturales para reforzamiento de concretos y morteros. [1]

Una investigación desarrollada en 2015 por la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), a cargo del Master en Ingeniería Héctor Pérez Loayza, docente de la Facultad de Ingeniería, determinó un aumento del 15% de la resistencia a flexión en el concreto reforzado con fibra vegetal (cabuya). El estudio denominado “Diseño y Obtención de Concretos Fibroreforzados” se desarrolló con la finalidad de mejorar las propiedades del concreto mediante la adición de fibra vegetal, para usarlo en diferentes elementos estructurales. El uso de este tipo de fibras en el concreto potencia su desempeño ante una carga al darle mayor elasticidad y soporte al fracturamiento total. [2]

Con el objetivo de impulsar el desarrollo de productos que sean más ecológicos y amigables con el medio ambiente, esta investigación centra la atención en el uso de fibra de cabuya en porcentaje del 1,5 % del peso total del cemento para refuerzo del concreto simple, su finalidad es conocer el comportamiento a flexión así como mejorar sus propiedades mecánicas.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General:

- Analizar el comportamiento a flexión de las vigas reforzadas con fibra de cabuya.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Comparar la resistencia del concreto reforzado con fibra de cabuya respecto a la del concreto simple.
- Determinar el comportamiento a flexión de las vigas reforzadas con cabuya según la orientación de las fibras.
- Identificar las ventajas y desventajas de la utilización de fibras naturales en el concreto.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Fibras

La norma ASTM C 1116 define las fibras como “filamentos delgados y alargados en forma de paquetes, redes o cadenas de cualquier material natural o manufacturado que puede ser distribuido en todo el concreto fresco”. [3]

2.1.2. Fibras naturales

Las fibras naturales se originan en la naturaleza, pueden ser obtenidas de plantas o animales. Desde la antigüedad se ha utilizado las fibras naturales para reforzar los materiales constructivos frágiles, se conoce la utilización de paja como refuerzo en el adobe y pelo de caballo como refuerzo en el mortero y yeso. [1]

2.1.2.1 Fibras naturales animales

Las fibras animales son aquellas que provienen de los folículos pilosos o de glándulas de animales domésticos, son extraídas del medio natural y que procesadas de forma correcta se constituyen como un producto de aplicación textil. [4]

2.1.2.2. Fibras naturales vegetales

Las fibras vegetales están constituidos por filamentos o tejidos fibrosos de plantas cultivadas o forestales, son extraídas en todas sus formas como semillas, tallos, hojas, frutos y raíces para emplearlas en la industria textil y la construcción. [5]

Podemos encontrar diversas fibras vegetales, entre las más conocidas tenemos: yute, bagazo de caña de azúcar, madera, plátano, palma, lino, esparto, algodón, bambú, cáñamo, abacá, sisal, y coco.

2.1.3. Fibra de cabuya

La cabuya es una fibra natural áspera, dura y resistente que se obtiene al procesar su materia prima conocida como penco. De acuerdo a la región donde crece, el penco puede adoptar la siguiente denominación: fique, agave, sisal, mezcal, pita y maguey. [6]

El penco es una planta perteneciente a la familia de los agavaceae, originaria de América Tropical, aunque se presenta, específicamente en las regiones andinas. [7]

Crece de manera natural o cultivada en zonas áridas y semiáridas, en terrenos arenosos, pedregosos y de baja productividad agrícola. Su especie se propaga a través de hijuelos o semillas [8]. Las fibras de cabuya se localizan de manera longitudinal en las hojas del penco y son consideradas como una de las fibras naturales más resistentes. [1]

Gráfico # 1: Penco



Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 2: Fibra de cabuya



Fuente: Daniela Y. Briseño

2.1.3.1. Producción de la fibra de cabuya

En nuestro país el penco es cultivado en las provincias de Carchi, Imbabura, Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Azuay, Cañar, Loja, Guayas y Manabí. [9]

El proceso para la extracción de la fibra de cabuya se sintetiza en cinco fases que se detallan a continuación:

- **Cortado (Cosecha)**

Consiste en desprender de la planta cierta cantidad de hojas, el corte debe ser recto desde la base del penco maduro utilizando un machete o cuchillo muy afilado, quedando la planta con un mínimo de 15 y 20 hojas y teniendo cuidado de no lastimar a las hojas restantes para que continúen su proceso biológico de crecimiento. [10]

- **Desfibrado**

Inicia con la separación de la corteza de las fibras que están en el interior de las hojas, mediante un proceso de macerado y raspado hasta dejar libre la fibra. La extracción de las fibras se lo realiza de forma manual o utilizando una máquina desfibradora. [10]

Gráfico # 3: Máquina desfibradora [11].



Fuente: ONGD Atelier, “FIQUE. Historia y Futuro de una Fibra Vegetal”, Valencia-España, 2011.

- **Lavado**

La fibra se sumerge en tanques con agua limpia con la finalidad de retirar los residuos que acompañan a la fibra, es recomendable utilizar tanques para evitar la contaminación de las aguas.

- **Secado**

Se realiza colocando la fibra previamente lavada sobre alambres o secadores aéreos con la finalidad de que la misma se seque a temperatura ambiente.

- **Escarmentado**

Esta fase se procesa desenredando las fibras de cabuya, pasándola a través de un cepillo de clavos o colocándola en una máquina peinadora donde las aspas a gran velocidad liberan la cabuya de impurezas que quedaron en la fase de lavado. [10]

2.1.3.2. Usos de la fibra de cabuya

En el Ecuador se identifican dos especies de penco, el agave negro (agave americano Linné) y la cabuya blanca (*Furcraea andina*). [12]

La fibra de esta planta es considerada rústica, inadecuada para la confección de vestimenta, pero muy utilizada en la elaboración de hilos, cuerdas y costales, aptos para el transporte de carga de productos agrícolas como el café y el cacao; es empleada en la fabricación de zapatos, esteras, alfombras, tapetes, cortinas, artículos decorativos, entre otros, también como componente del papel corrugado y sus desperdicios como fertilizante. [13]

En la construcción es utilizada en la fabricación de morteros para elementos como paneles para techos, vigas y baldosas, en los que esta fibra interviene para mejorar su resistencia y propiedades físicas [14].

En la fabricación de materiales para cisternas de agua en lugar de la fibra de vidrio y amianto se puede utilizar fibra de cabuya. [13]

La cabuya corta que se desecha al desfibrar el penco puede emplearse para reforzar elementos estructurales vigas y columnas, además en el reforzamiento de tejas, adoquines y otros afines. [15]

2.1.4. Ingeniería civil

La ingeniería civil es la rama de la ingeniería que se encarga de diseñar, construir y dar mantenimiento a construcciones como edificios, autopistas, puentes, represas, entre otras, mediante la aplicación de conocimientos en matemáticas, cálculo, física, hidráulica y mecánica.

2.1.5. Ingeniería estructural

La ingeniería estructural es una de las áreas más importantes de ingeniería civil, se ocupa del diseño y cálculo de elementos estructurales. Su propósito es la obtención de estructuras seguras, sismoresistentes y funcionales.

Una estructura se define como “un conjunto de elementos resistentes convenientemente dispuestos y vinculados, que interaccionan entre sí con el objeto de soportar cargas”. [16]

2.1.6. Viga

Es un elemento estructural por lo general dispuesto horizontalmente, soporta cargas externas y las transmite a los elementos de apoyo. Posee una sección transversal de dimensiones menores a su longitud.

Estos elementos trabajan con cargas puntuales o distribuidas aplicadas perpendiculares al su eje longitudinal, por esta particularidad predomina el diseño a flexión y corte.

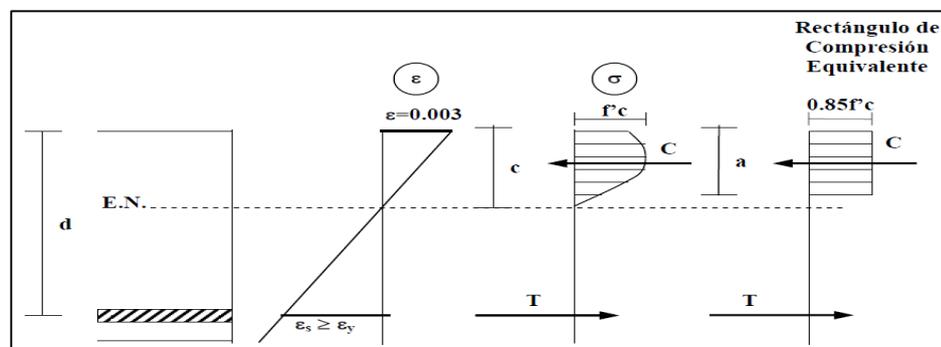
Las vigas pueden construirse con diferentes materiales, cuando se lo hace en madera y concreto presentan generalmente una sección transversal cuadrada o rectangular, mientras que cuando se emplea acero se tiene diversos tipos de perfiles laminados. [17]

2.1.6.1. Viga de concreto simplemente armada

Una viga simplemente armada es aquella que tiene únicamente el refuerzo para la zona traccionada. Según [18], [19] los posibles tipos de fallas a flexión que se presentan en vigas simplemente armadas son:

- Falla a tensión.-** Inicia con la fluencia del acero antes que el concreto llegue a su capacidad máxima $0.85 f'c$, es decir $f_s = f_y$. Los indicios de peligro son evidentes con aparición de grandes deflexiones y fisuras en el concreto. Se puede señalar que esta falla ocurre por un bajo contenido de acero de refuerzo. Entonces tenemos vigas sub-reforzada.
- Falla a compresión.-** se da cuando el concreto alcanza su límite $0.85 f'c$ (colapso) antes que el acero ceda. La falla es instantánea y se produce por el alto contenido de acero de refuerzo. La viga es sobre-reforzada.
- Falla balanceada.-** ocurre cuando simultáneamente el concreto llega a su límite de deformación máxima en compresión de 0.003, mientras que el acero alcanza su punto de fluencia.

Gráfico # 4: Rectángulo de compresión equivalente bajo cargas últimas [20].



Fuente: M. Romo, “Diseño a Flexión de Vigas de Hormigón Armado”, Ecuador, 2008.

Donde:

$f'c$: resistencia a la compresión del concreto

f_s : esfuerzo unitario de tensión en el refuerzo longitudinal.

f_y : esfuerzo de fluencia del acero

ϵ_s : deformación unitaria del acero

ϵ_y : deformación unitaria de fluencia

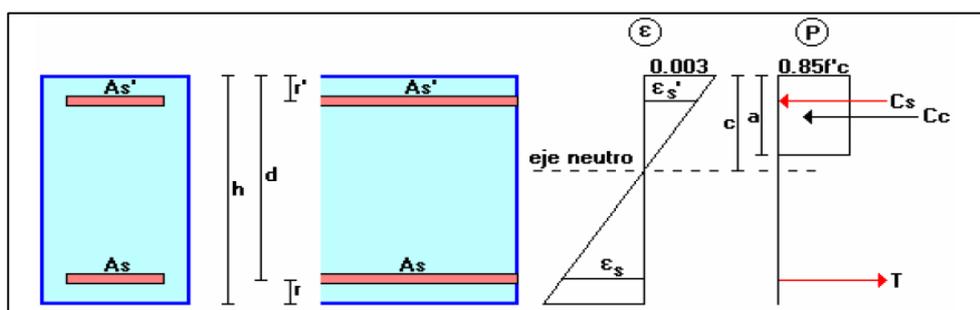
d : peralte efectivo, medido desde la cara en compresión de la viga hasta el centro del acero de refuerzo longitudinal en tracción.

2.1.6.2. Viga de concreto doblemente armada

Una viga sometida a flexión puede requerir a más del refuerzo de tracción refuerzo a compresión, esto se conoce como viga doblemente armada o viga con refuerzo a compresión.

Debido a limitaciones arquitectónicas, constructivas, u otras circunstancias no es posible incrementar la sección transversal de la viga por lo que es necesario una viga doblemente reforzada. La colocación del acero de refuerzo en la zona de compresión, se debe a la necesidad constructiva del elemento ya que es imprescindible tener varillas a lo largo de la luz, de manera que sirvan de soporte de los estribos. Se ha encontrado que el introducir acero de refuerzo en la zona de compresión produce una disminución de deflexiones que se producen a largo plazo dentro del elemento. [19]

Gráfico # 5: Deformaciones y esfuerzos en vigas rectangulares con armadura de tracción y de compresión [20].



Fuente: M. Romo, “Diseño a Flexión de Vigas de Hormigón Armado”, Ecuador, 2008.

Donde:

r: recubrimiento en la zona de tracción

r': recubrimiento en la zona de compresión

h: altura de la viga

d: peralte efectivo, medido desde la cara en compresión de la viga hasta el centro del acero de refuerzo longitudinal en tracción.

As: área de refuerzo longitudinal a tracción

A's: área del refuerzo longitudinal a compresión

ϵ_s : deformación unitaria en el acero de tracción

$\epsilon's$: deformación unitaria en el acero de compresión

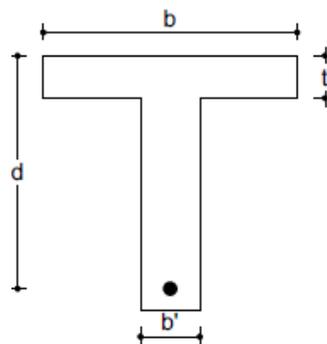
Cs: fuerzas de compresión en el acero

Cc: fuerzas de compresión en el concreto

2.1.6.3. Vigas T

Consiste en vigas que soportan losas de concreto construidas monolíticamente con ellas, resultando una sección transversal de la viga en forma de T en vez de rectangular. Una viga T está formada por el patín que es la parte que forma la losa y el alma que es la nervadura o la parte proyectada debajo de la losa. Al momento de construir estas vigas se obtiene una reducción en su peso si la comparamos con una viga rectangular, pero se emplea más encofrados y se dificulta la elaboración de estos. Estas vigas son uno de los sistemas de piso más utilizados en estructuras de concreto reforzado. [19], [21].

Gráfico # 6: Viga T [19].



Fuente: W. Medina, “Hormigón Armado- Nivel I”, Ambato, 2011.

Donde:

b: ancho efectivo del ala

b': ancho del alma

t: espesor del ala

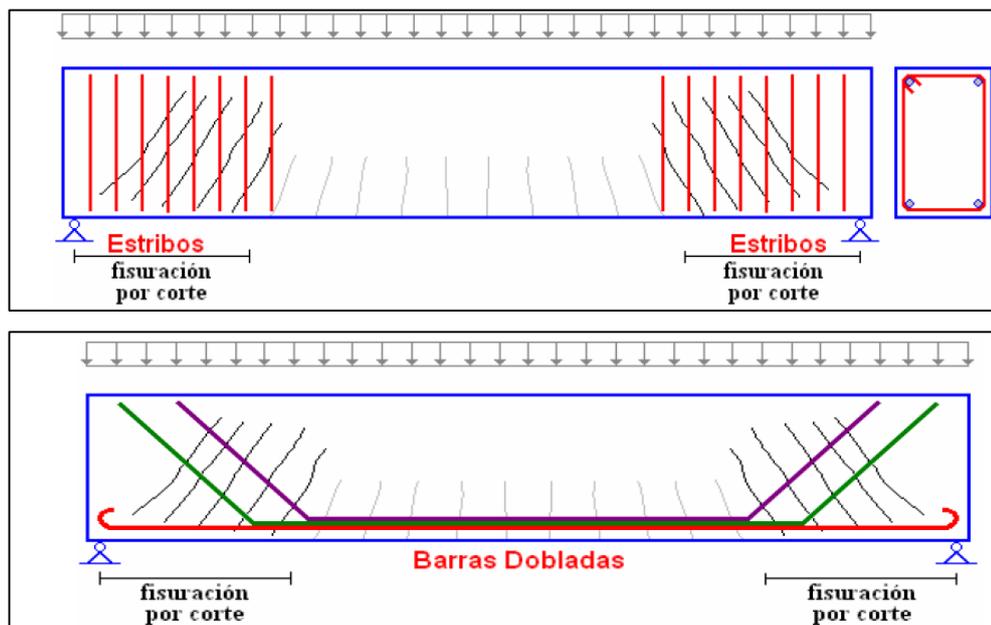
d: peralte efectivo, medido desde la cara en compresión de la viga hasta el centro del acero de refuerzo longitudinal en tracción.

2.1.6.4. Parámetros de diseño en vigas

2.1.6.4.1. Cortante

Según [22] el cortante suele definirse como la tendencia de una parte de la viga a deslizarse verticalmente con respecto a la parte adyacente; su magnitud en cualquier punto a lo largo de la viga es la suma algebraica de las fuerzas verticales a uno u otro lado de la sección. La fisuración de tracción por cortante domina la zona cercana a los apoyos y es contrarrestada con estribos transversales y varillas longitudinales dobladas a 45°. [23]

Gráfico # 7: Armadura transversal y diagonal que cose a las fisuras de cortante [23].



Fuente: M. Romo, “Diseño a Cortante de Vigas de Hormigón Armado”, Ecuador, 2008.

2.1.6.4.2. Torsión

La torsión es la tendencia del elemento estructural a retorcerse por la acción de un momento, que lo constituyen un par de fuerzas que generan un giro [24]. Las fuerzas de torsión rara vez actúan solas y casi siempre están acompañadas por momentos flectores, por cortantes transversales y algunas veces por fuerzas axiales. [25]

La zona crítica a cortante por torsión (cerca a los apoyos en pórticos espaciales) generalmente ocupa la misma posición que la posición crítica a cortante puro. [26]

2.1.6.4.3. Deflexión

Para [27] la deflexión es el grado que se desplaza un elemento estructural en dirección perpendicular a su eje, bajo la aplicación de una carga o una fuerza.

Las deflexiones de los elementos de concreto armado están en función del tiempo y por lo tanto son de dos clases:

- Deflexión instantáneas (Δ_i).- se deben al comportamiento elástico de la estructura y se producen inmediatamente después de la aplicación de la carga, también tiene relación con las condiciones de apoyo al que está sometida la viga.
- Deflexión a largo plazo (Δ_p).- son consecuencia del creep y la contracción del concreto ocasionado por cargas sostenidas a lo largo del tiempo, influye también la temperatura, la humedad, las condiciones de curado, la cantidad de refuerzo de compresión y la edad del concreto al aplicar la carga.

El ACI-318-08 especifica que la deflexión total es decir la deflexión instantánea más la deflexión a largo plazo ($\Delta_t = \Delta_i + \Delta_p$) calculadas de acuerdo a las fórmulas señaladas en este código no debe exceder de los límites establecidos en la tabla 1.

Tabla # 1: Deflexión máxima admisible calculada [28].

TIPO DE ELEMENTO	DEFLEXIÓN CONSIDERADA	LÍMITE DE DEFLEXIÓN
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	L / 180
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	L / 360
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)	L / 480
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		L / 240

Fuente: American Concrete Institute (ACI), “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S - 08) y Comentario”, 2008.

2.1.6.4.4. Flexión

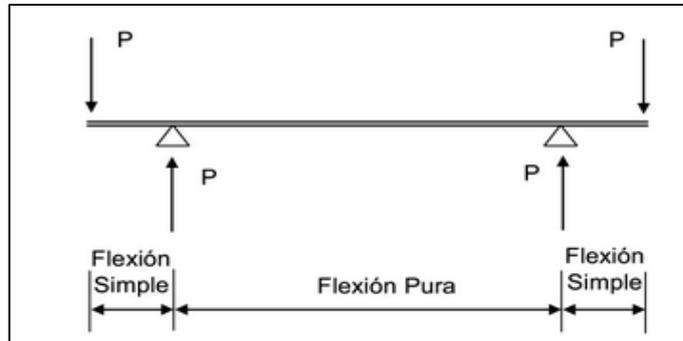
La flexión es la deformación que presenta un elemento estructural al ser sometido a un esfuerzo o carga determinada, los elementos estructurales sujetos frecuentemente a flexión son vigas y losas. La flexión provoca esfuerzos de compresión en la parte superior del elemento, mientras que en la parte inferior de este provoca esfuerzos de tracción.

2.1.6.4.4.1. Tipos de flexión

En [29] afirma que dependiendo de los esfuerzos que acompañen al momento flector se pueden distinguir los siguientes tipos a flexión:

- Flexión pura.- se origina cuando en toda la sección recta del elemento solo existe un momento flector, siendo nulos los demás esfuerzos.

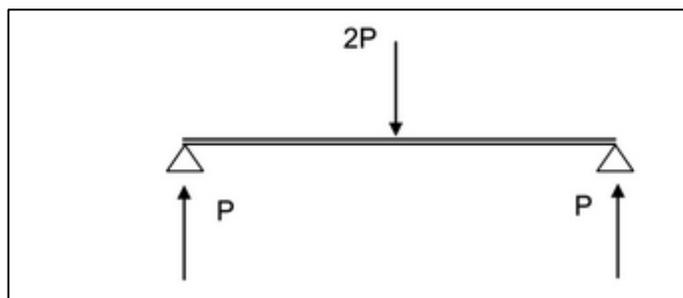
Gráfico # 8: Viga sometida a flexión pura entre sus apoyos [29].



Fuente: E. Rincón, L. Castro y D. Iglesias, “Medidas en Flexión”, Determinación de Tensiones y Deformaciones, Madrid: Visión Net, 2006, pp. 17-18.

- Flexión simple.- un elemento está sometido a flexión simple cuando en toda la sección recta del elemento existe, además del momento flector, un esfuerzo cortante, siendo nulos los demás esfuerzos, es uno de los casos más frecuentes de flexión.

Gráfico # 9: Viga biapoyada trabajada a flexión simple en todas sus secciones [29].



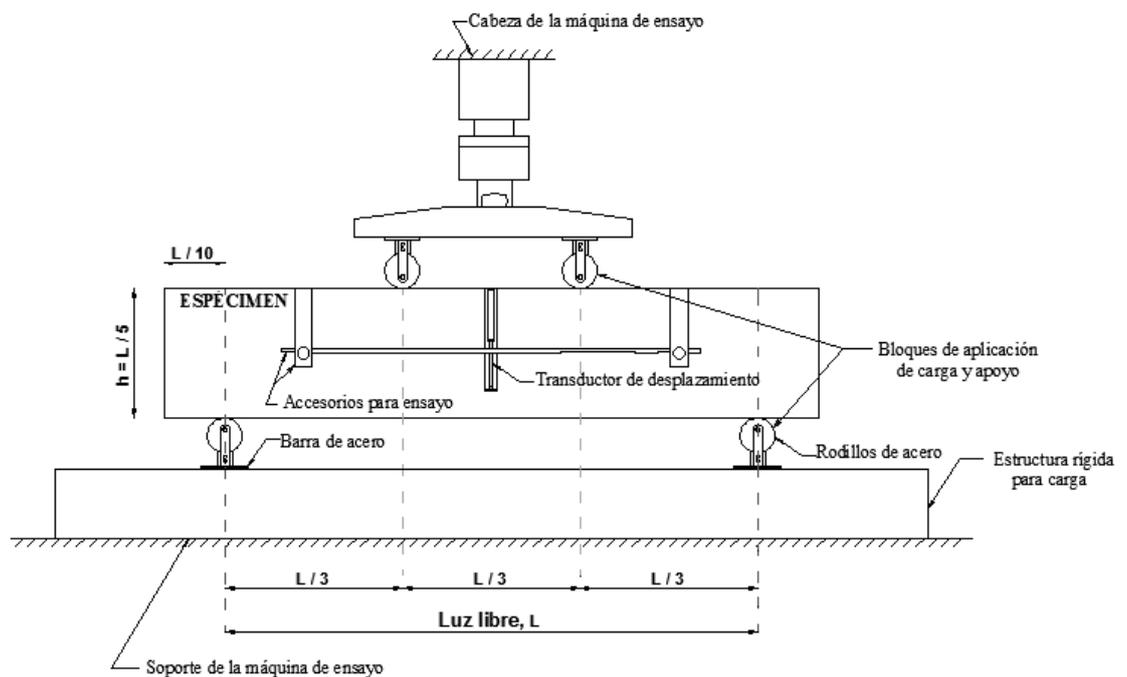
Fuente: E. Rincón, L. Castro y D. Iglesias, “Medidas en Flexión”, Determinación de Tensiones y Deformaciones, Madrid: Visión Net, 2006, pp. 17-18.

- Flexión compuesta.- se produce cuando en toda la sección recta del elemento existe, además de los casos de flexión considerados anteriormente, un esfuerzo normal de tracción o compresión.

2.1.6.4.4.2. Método de ensayo a flexión

Con el aporte de la norma NTE INEN 2554 se determina la resistencia a flexión del concreto mediante el uso de una viga simple apoyada cerca a los extremos y cargada en los tercios de la luz libre.

Gráfico # 10: Esquema para el ensayo a flexión en el concreto, por el método de la carga en los tercios de la luz.



Fuente: Daniela Y. Briseño

Procedimiento:

En [30] menciona que los especímenes deben ser ensayados tan pronto sean extraídos del almacenamiento húmedo, puesto que al mostrar superficies secas puede producir una reducción en la resistencia a flexión.

Los especímenes deben ser girados sobre un lado con respecto a su posición como fue moldeado, sus lados deben formar ángulo recto con la parte superior e inferior,

además las superficies deben estar lisas y libres de desportilladuras, agujeros o marcas de identificación ilustradas.

Posteriormente se debe colocar los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen en el tercio medio de la luz libre.

Si el contacto entre el espécimen y el bloque de aplicación de carga no es completo es necesario limar las superficies para eliminar cualquier diferencia mayor a 0.1 mm.

Finalmente se debe aplicar la carga de manera continua a una velocidad constante de 0,010 Mpa/s, hasta el punto de rotura del espécimen.

Si la fractura se origina en la superficie de tracción dentro del tercio medio de la luz libre, calcular la resistencia a flexión mediante el módulo de rotura con la ecuación:

$$Mr = \frac{P * L}{b * h^2}$$

Donde:

Mr = módulo de rotura, en Kg/cm²

P = carga máxima aplicada, indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L = Luz libre, en cm,

b = promedio del ancho del espécimen, en la fractura, en cm,

h = promedio de la altura del espécimen, en la fractura, en cm.

Si la fractura inicia en la zona de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, por no más allá del 5% de la luz libre se determina así:

$$Mr = \frac{3 * P * a}{b * h^2}$$

Donde:

a = distancia media entre la línea de fractura y el apoyo más cercano medido en la superficie de la tracción de la viga, en cm.

Pero si la fractura se produce en la superficie de tracción fuera del tercio medio de la luz libre, en más de un 5% de la luz libre, descartar los resultados del ensayo.

2.2. HIPÓTESIS

Las vigas reforzadas con fibra de cabuya mejoran su comportamiento a flexión.

2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.3.1. Variable Independiente: fibra de cabuya

2.3.2. Variable Dependiente: flexión

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tipo exploratoria

De acuerdo a [31] el tipo exploratorio se efectúa, cuando el objeto es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes.

Esta investigación es de tipo exploratoria ya que el tema de estudio: “Análisis del comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya” ha sido poco estudiado, mediante la inclusión de estas fibras de cabuya en el concreto se busca determinar su influencia sobre las propiedades mecánicas y el comportamiento a flexión.

Tipo descriptiva

En [31] menciona que el tipo descriptivo busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

La investigación es descriptiva porque a más de conocer parte de las propiedades físicas de los agregados, se podrá recolectar información verídica sobre el uso de la fibra de cabuya en el concreto, así como relacionar los resultados de ensayo a flexión de vigas de concreto simple sin fibra y vigas reforzadas con fibra de cabuya.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Esta investigación posee un universo infinito ya que no existe una cantidad específica de concreto con la que se vaya a elaborar especímenes (vigas), no se está trabajando con el volumen cuantificado de una obra particular ni con la producción local en un período, más bien se trata de experimentar con una muestra de concreto con la adicción de fibra de cabuya.

3.2.2. Muestra

Según la norma NTE INEN 1855-1 debe elaborarse al menos dos especímenes para cada ensayo. En esta investigación se elaborará tres especímenes para cada ensayo, para realizar un análisis comparativo ensayaremos vigas a los 14, 28 y 60 días; mismas que serán de concreto simple sin fibra y con fibra de cabuya orientada longitudinalmente así como dispersa.

La muestra es de 27 especímenes de concreto de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla # 2: Número de especímenes de concreto

TIPO DE VIGA	EDAD EN DÍAS			SUBTOTAL
	14	28	60	
Concreto simple sin fibra	3	3	3	9
Concreto con fibra de cabuya longitudinal	3	3	3	9
Concreto con fibra de cabuya dispersa	3	3	3	9
TOTAL (MUESTRA)				27

Fuente: Daniela Y. Briseño

Los especímenes son vigas de 15x15x75 cm, mismas que serán elaboradas y curadas según la norma NTE INEN 1576 y ensayadas para determinar su resistencia a flexión mediante la norma NTE INEN 2554.

3.3.2. Variable dependiente: flexión

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Flexión</p> <p>La flexión es la deformación que presenta un elemento estructural al ser sometido a un esfuerzo o carga determinada. La flexión provoca esfuerzos de compresión en la parte superior del elemento, mientras que en la parte inferior de este provoca esfuerzos de tracción.</p>	<p>Tipos de flexión</p> <p>Ensayo a flexión</p> <p>Esfuerzos por flexión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Flexión pura • Flexión Simple • Flexión compuesta • Con cargas en los tercios de la luz • Con cargas en el punto medio • Compresión • Tracción 	<p>¿Qué tipo de flexión presenta la viga ensayada?</p> <p>¿Qué método de ensayo a flexión se emplea con mayor frecuencia en nuestro medio?</p> <p>¿A qué clase de esfuerzos están sometidos los elementos sujetos a flexión?</p>	<p>Observación</p> <p>Cuaderno de notas</p>

Tabla # 4: Operacionalización de la variable dependiente

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

PREGUNTAS	EXPLICACIÓN
¿Qué evaluar?	Las Propiedades del concreto fresco <ul style="list-style-type: none"> • Trabajabilidad o docilidad • Asentamiento • Homogeneidad • Densidad Las Propiedades del concreto endurecido <ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Resistencia a flexión del concreto con cargas en los tercios de la luz
¿Sobre qué evaluar?	Concreto y sus componentes <ul style="list-style-type: none"> • Agregado fino y grueso • Cemento • Agua Fibra de cabuya
¿Sobre qué aspectos?	El comportamiento a flexión de vigas reforzadas con fibra de cabuya. La resistencia del concreto reforzado con fibra de cabuya respecto a la del concreto simple sin fibra.
¿Quién evalúa?	Briseno Sánchez Daniela Yajaira y el Ing. Mg. Chérrez Gavilanes Diego
¿A quiénes evalúa?	A los especímenes de concreto que serán ensayados
¿Dónde evalúa?	Laboratorio de ensayo de materiales y mecánica de suelos de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato (UTA).
¿Cómo y con qué?	Observación: Cuaderno de notas y la máquina de ensayo a flexión CONTROLS mod 50-C1200/BFR

Tabla # 5: Plan de recolección de información

3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis de la información obtenida se regirá en los siguientes procedimientos:

- Revisión crítica de la información recolectada; es decir depuración de información defectuosa, contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Tabulación de datos mediante el uso de hojas electrónicas de Excel para una mayor precisión.
- Representación gráfica mediante barras de los resultados obtenidos.
- Análisis e interpretación de resultados de acuerdo con los objetivos y la hipótesis planteada.
- Verificación de hipótesis.
- Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Datos informativos

Para el desarrollo de esta investigación se dosificará el concreto con fibra de cabuya y agregados pétreos de la cantera Villacrés.

La Cantera Villacrés se encuentra ubicada en la parte baja de la parroquia La Península – Cantón Ambato. El material extraído por explotación es mediante cielo abierto y el proceso de obtención de agregados de diferente tamaño se lo consigue mediante trituración del material pétreo, posteriormente son clasificados por zarandeo mecánico.

Los diferentes ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

4.1.2. Ensayos realizados

Tabla # 6: Ensayos realizados en los agregados y el cemento

ENSAYOS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO
Análisis granulométrico	x	x	
Densidad aparente suelta y compactada	x	x	
Densidad real	x	x	x
Capacidad de absorción	x	x	
Contenido de humedad	x	x	

Fuente: Daniela Y. Briseño

La finalidad de los ensayos es determinar que ciertas propiedades de los materiales a emplearse y compararlas con lo establecido en las normas NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) o las normas ASTM (American Society for Testing and Materials).

Una vez concluidos los ensayos y verificando que el material es apto para concreto, se obtienen las proporciones en que se mezclan los componentes del concreto, a través del método de densidad óptima.

a) Análisis Granulométrico

El ensayo granulométrico consiste en determinar la distribución de los tamaños de partículas de los agregados, mediante el cribado y respetando los límites establecidos en la norma ASTM C33.

Tabla # 7: Rangos agregado fino [32].

TAMIZ ASTM	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	100
N° 4	95 a 100
N° 8	80 a 100
N° 16	50 a 85
N° 30	25 a 60
N° 50	10 a 30
N° 100	2 a 10

Fuente: ASTM C 33, "Standard Specification for Concrete Aggregates", 1999.

Tabla # 8: Límites agregado grueso [32].

TAMIZ ASTM	PORCENTAJE QUE PASA
2"	100
1 1/2"	95 a 100
1"	-
3/4"	35 a 70
1/2"	-
3/8"	10 a 30
N° 4	0 a 5

Fuente: ASTM C 33, "Standard Specification for Concrete Aggregates", 1999.

b) Densidad aparente suelta y compactada

Se define como la relación entre la masa del agregado y su volumen, en el caso de la suelta la masa contiene mayor número de vacíos por el procedimiento del ensayo, mientras que para la compactada estos vacíos disminuyen.

Los ensayos con los que se determinó estas densidades respetan la norma NTE INEN 858.

c) Densidad real y capacidad de absorción

La densidad real es el cociente entre el peso y el volumen de una masa determinada, la misma que luego se emplea para el cálculo del volumen ocupado por el agregado dentro de una mezcla de concreto, cabe recalcar que la densidad real depende de las características del material.

La determinación de la densidad real del agregado fino debe cumplir la norma NTE INEN 856, para agregado grueso se sigue la norma NTE INEN 857.

Al momento de efectuar las densidades reales se obtiene además la capacidad de absorción, que es la cantidad de agua que puede absorber el agregado durante su inmersión en agua por 24 horas hasta que alcance la condición saturada superficie seca (S_{ss}).

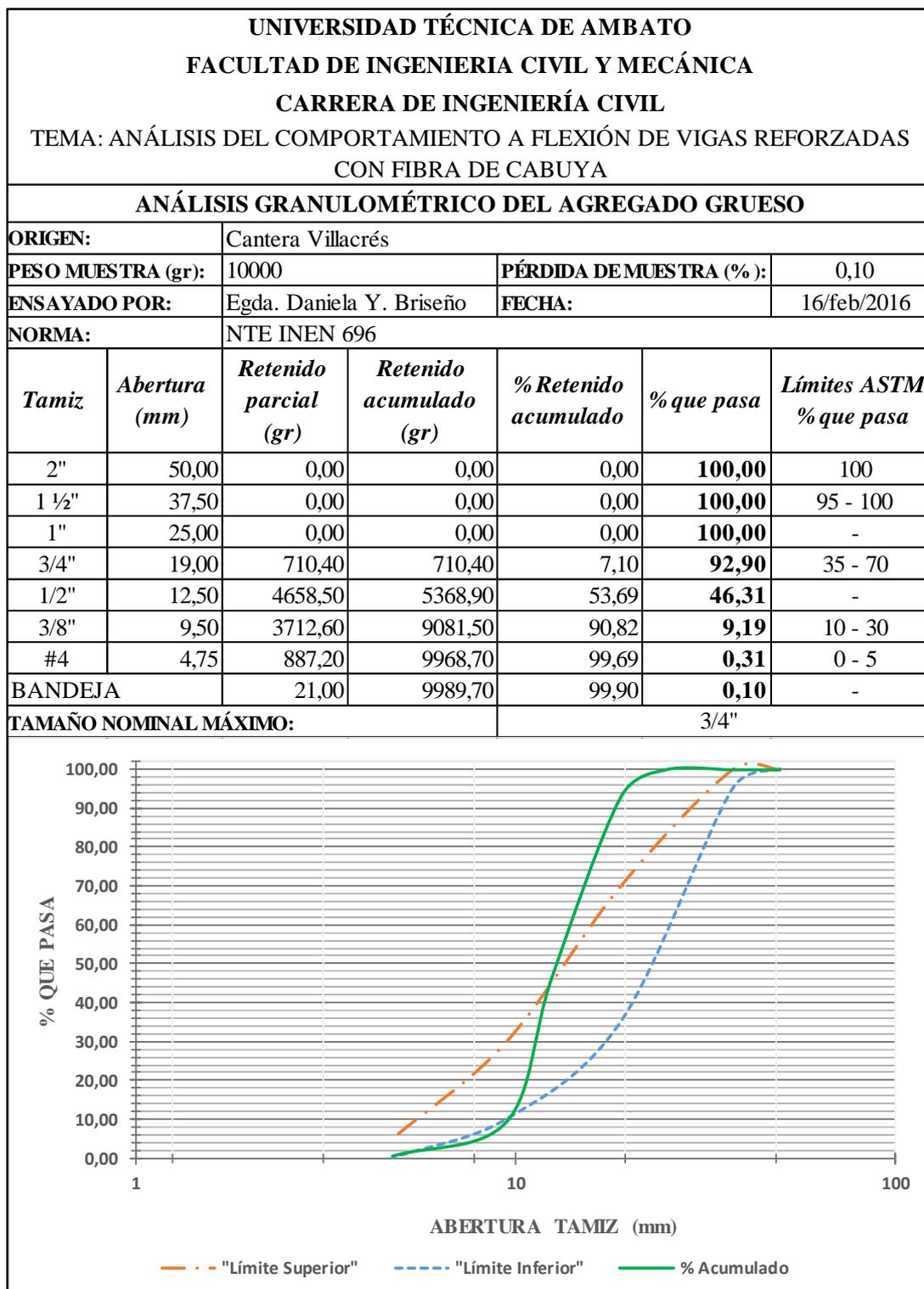
d) Contenido de humedad

El contenido de humedad es la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, depende de la porosidad de las partículas y del ambiente donde se encuentra dispuesto el material. La determinación de esta propiedad está basada en la norma NTE INEN 862.

e) Densidad real del cemento

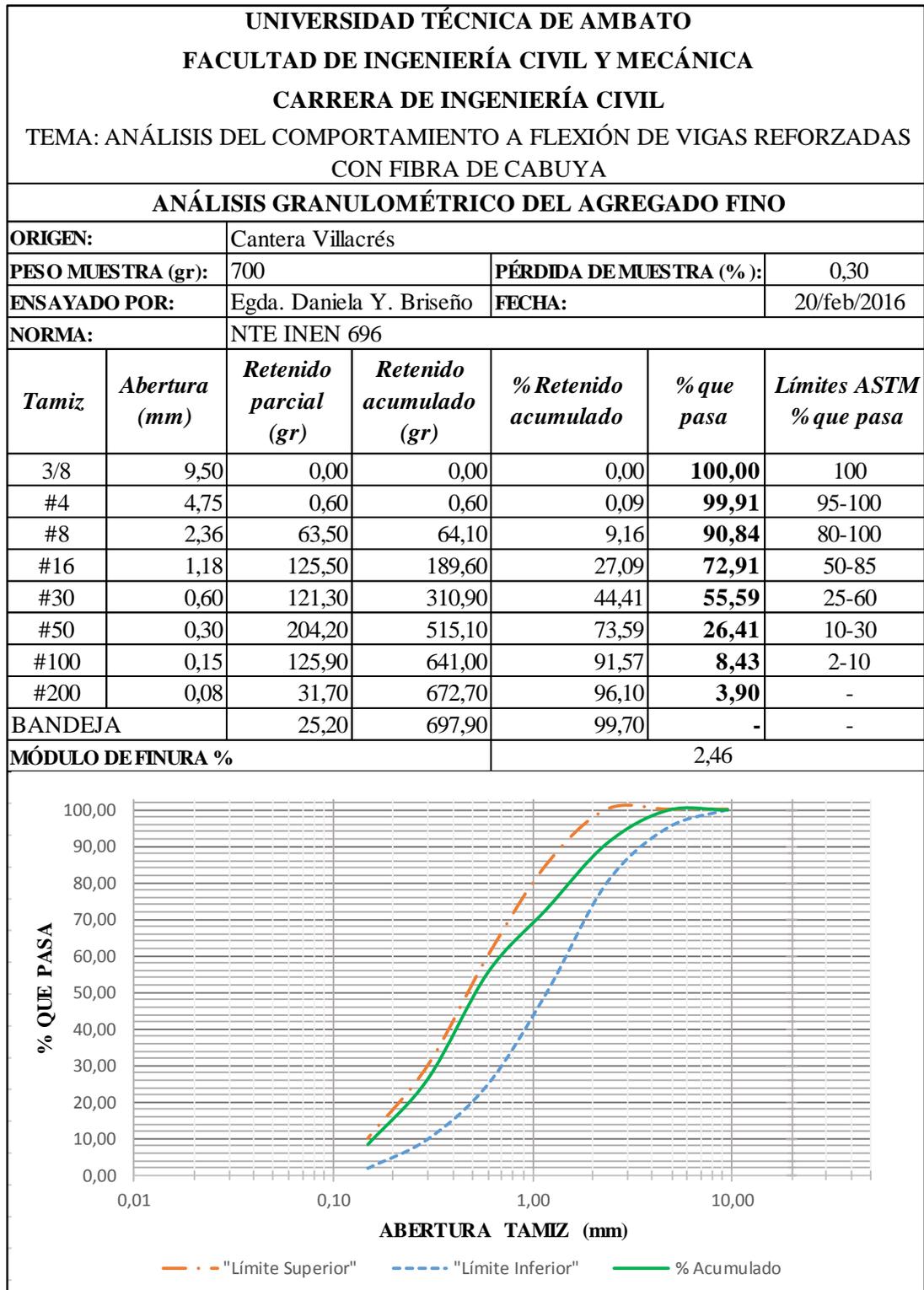
De acuerdo a la norma NTE INEN 156 la densidad del cemento hidráulico está definida como la masa de un volumen unitario de los sólidos, se determina mediante la relación entre la masa de cemento y el volumen de líquido no reactivo (gasolina) que esta masa desplaza en el picnómetro.

Tabla # 9: Granulometría del agregado grueso



Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 10: Granulometría del agregado fino



Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 11: Densidad aparente suelta del agregado grueso y fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Villacrés			
MASA RECIPIENTE (Kg):	10			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño	FECHA:	20/feb/2016	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):	20,290			
NORMA:	NTE INEN 858			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm³)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm³)</i>
GRUESO	35,85	25,85	1,27	1,28
	35,95	25,95	1,28	
FINO	42,20	32,20	1,59	1,58
	42,10	32,10	1,58	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 12: Densidad aparente compactada del agregado grueso y fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Villacrés			
MASA RECIPIENTE (Kg):	10			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño	FECHA:	20/feb/2016	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):	20,290			
NORMA:	NTE INEN 858			
<i>Agregado</i>	<i>Agregado + Recipiente (kg)</i>	<i>Agregado (kg)</i>	<i>Peso Unitario (kg/dm³)</i>	<i>Peso Unitario Promedio (kg/dm³)</i>
GRUESO	39,00	29,00	1,43	1,43
	39,10	29,10	1,43	
FINO	45,20	35,20	1,73	1,73
	45,10	35,10	1,73	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 13: Densidad aparente compactada de la mezcla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA								
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA								
ORIGEN:		Cantera Villacrés						
MASA RECIPIENTE (Kg):		10						
ENSAYADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño			FECHA:		20/feb/2016	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):		20,290						
NORMA:		NTE INEN 858						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm ³)	Peso unitario promedio
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO			
100	0	40,00	0,00	0,00	39,00	29,00	1,43	1,43
					39,20	29,20	1,44	
90	10	40,00	4,44	4,44	42,30	32,30	1,59	1,59
					42,10	32,10	1,58	
80	20	40,00	10,00	5,56	45,60	35,60	1,75	1,76
					45,70	35,70	1,76	
70	30	40,00	17,14	7,14	47,10	37,10	1,83	1,83
					47,30	37,30	1,84	
60	40	40,00	26,67	9,53	47,70	37,70	1,86	1,86
					47,70	37,70	1,86	
50	50	40,00	40,00	13,33	47,20	37,20	1,83	1,84
					47,30	37,30	1,84	
40	60	40,00	60,00	20,00	46,90	36,90	1,82	1,82
					46,80	36,80	1,81	

A. FINO

- - - % Máximo
 - - - % Óptimo
 ● Curva
 — Polinómica (Curva)

Porcentaje máximo de agregado fino	42,00	%
Porcentaje máximo de agregado grueso	58,00	%
Porcentaje óptimo de agregado fino	38,00	%
Porcentaje óptimo de agregado grueso	62,00	%
Peso unitario máximo	1,86	gr/cm ³
Peso unitario óptimo	1,85	gr/cm ³

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 14: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Villacrés			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño	FECHA:	23/feb/2016	
NORMA:	NTE INEN 857			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1229,00	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1119,00	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	4776,00	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3309,00	
DA	Densidad real del agua	gr/cm ³	1,00	
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	3547,00	
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2190,00	
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm ³	1357,00	
DR=M5/VR	Densidad real del ripio	gr/cm ³	2,61	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	24,00	28,80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	173,60	178,80
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	149,60	150,00
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	171,00	176,20
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	147,00	147,40
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	1,77	1,76
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	1,77	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 15: Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA				
DENSIDAD REAL Y CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Cantera Villacrés			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño	FECHA:	24/feb/2016	
NORMA:	NTE INEN 856			
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	161,30	
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	442,20	
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	830,20	
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	388,00	
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	657,20	
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	495,90	
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	0,99	
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	107,90	
M _{sss} =M2-M1	Masa del agregado	gr	280,90	
V _{sss} =M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	108,79	
DRA=M _{sss} /V _{sss}	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2,58	
CÁLCULO DE LACAPACIDAD DE ABSORCIÓN				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	23,70	22,70
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	253,40	258,10
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	229,70	235,40
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	252,00	256,60
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	228,30	233,90
CA=((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	%	0,61	0,64
P2=(CA1+CA2)/2	Capacidad de absorción promedio	%	0,63	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 16: Contenido de humedad del agregado grueso y fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
ORIGEN:	Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño				
FECHA:	30/mar/2016				
NORMA:	NTE INE 862				
CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS					
DESCRIPCIÓN	NOMEN.	ARENA		RIPIO	
Recipiente número		26	37	6	10
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	201,80	213,50	137,20	157,00
Peso seco + recipiente	Ws+rec	199,60	211,40	136,70	156,00
Peso recipiente	rec	24,00	26,60	25,20	22,80
Peso del agua	Ww	2,20	2,10	0,50	1,00
Peso de los sólidos	Ws	175,60	184,80	111,50	133,20
Contenido de humedad	w%	1,25	1,14	0,45	0,75
Contenido de humedad promedio	w%	1,19		0,60	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 17: Densidad real del cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
TIPO:	HOLCIM GU			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño	FECHA:	16/feb/2016	
NORMA:	NTE INEN 156			
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	163,30	161,10
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	283,30	299,02
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	618,80	630,10
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	335,50	331,08
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	528,40	526,40
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	365,10	365,30
DG=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0,73	0,73
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	29,60	34,22
M _c =M2-M1	Masa del cemento	gr	120,00	137,92
V _G =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm ³	40,54	46,84
DRC=M _c /V _G	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2,96	2,94
	Densidad real promedio	gr/cm ³	2,95	

Fuente: Daniela Y. Briseño

4.1.3. Porcentaje de la fibra de cabuya en el concreto

El ACI 544-1R en su reporte del concreto reforzado con fibras, menciona que el porcentaje en volumen de fibras naturales no procesadas, utilizado en una mezcla varia de 3% al 30% en función del tipo de fibra utilizada y el procedimiento de fabricación.

En virtud, que el porcentaje mínimo recomendado resulta alto, debido a ya que con anterioridad se determinó su valor dando como resultado 658 gr por cada viga (valor influenciado por la densidad de la cabuya $1,3 \text{ gr/cm}^3$ [33]), y que no se está trabajando en relación a las proporciones de los agregados más bien la fibra simplemente se añade en el concreto fresco, se opta por añadir el 1,5% del peso del cemento (93,4 gr).

4.1.4. Caracterización de la fibra de cabuya

La fibra de cabuya utilizada fue adquirida en una planta de producción artesanal ubicada en la parroquia el Rosario, a un kilómetro del pueblo Salasaca, perteneciente al cantón Pelileo.

Las fibras obtenidas al no tener tratamiento químico alguno, que les proteja de la descomposición, la absorción de agua y el álcali del cemento fueron expuestas a uno de los tratamientos que recomienda el código ACI 544-1R, en el que se emplea ácido esteárico.

4.1.4.1. Tratamiento para utilización en vigas

La absorción de agua en las fibras naturales causa variaciones en sus dimensiones, constituyendo una desventaja pues al colocar la fibra en el concreto fresco esta se satura, y en el momento que el concreto se endurece, la fibra saturada se seca (contracción) afectando la adherencia entre los dos componentes (fibra – concreto).

En las investigaciones realizadas por [34] se sostiene que cualquier material de refuerzo puede ser afectado por el álcali del cemento porque se libera gran cantidad de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , siendo las fibras naturales más vulnerables a la alcalinidad.

Por esto surge la necesidad de darle tratamiento a la fibra, con la finalidad de disminuir la absorción de agua y mejorar la durabilidad de esta en un ambiente alcalino, el procedimiento con el que se logra este propósito es el siguiente:

Las fibras fueron secadas en un horno a 110°C durante 24 horas, se cortaron a una longitud aproximada de 6 cm para las vigas con fibra dispersa y 75 cm para las vigas con fibra longitudinal, con ellas se formaron muestras de 93,4g (1,5% del peso del cemento) por cada viga y se pesaron en una balanza digital con precisión de 0,1 gramos obteniendo el peso seco. Posteriormente se sumergió la fibra en ácido esteárico alrededor de cinco segundos hasta su completa saturación, luego se la retiró del ácido y se dejó secar al ambiente durante 24 horas antes de usarlas como refuerzo en el concreto.

Gráfico # 11: Tratamiento de la fibra de cabuya



Fuente: Daniela Y. Briseño

4.1.4.2. Porcentaje de absorción de agua

El tratamiento químico realizado en las fibras de cabuya contribuye a la reducción en la absorción de agua en un 18% con respecto a las fibras sin tratamiento, no obstante,

con el porcentaje obtenido no es posible asegurar la estabilidad volumétrica de la fibra dentro del concreto.

Para determinar la absorción de agua de las fibras de cabuya con y sin tratamiento, las fibras fueron secadas en un horno a 110°C durante 24 horas, posteriormente fueron cortadas a una longitud aproximada de 4 cm, con ellas se formó 3 muestras de 1 gramo cada una por ensayo.

Gráfico # 12: Fibra de cabuya seca



Fuente: Daniela Y. Briseño

Para las fibras sin tratamiento se pesaron las 3 muestras en una balanza digital con precisión de 0,1 gramos obteniendo el peso seco (W_s). Posteriormente las mismas se saturaron con agua destilada 24 horas, buscando obtener la condición saturada superficie seca (WS_{ss}) estas se frotran con papel absorbente para retirar el agua superficial visible entre ellas, hecho esto se procede a pesarlas.

Gráfico # 13: Muestras saturadas



Fuente: Daniela Y. Briseño

El porcentaje de absorción se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{WS_{ss} - W_s}{W_s} * 100 \quad \text{Ec. 3 [34]}$$

Tabla # 18: Capacidad de absorción de la fibra de cabuya sin tratamiento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA					
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA CABUYA SIN TRATAMIENTO					
ORIGEN:		Parroquia el Rosario - Pelileo			
ENSAYADO POR:		Daniela Y. Briseño	FECHA:		16/mar/2016
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA CABUYA SIN TRATAMIENTO					
Muestra N°	Tiempo de saturación (h)	Ws (g)	W Sss (g)	W del agua absorbida (g)	% Absorción
1	24	0,7	1,4	0,7	100
2	24	0,7	1,5	0,8	114
3	24	0,6	1,2	0,6	100
ABSORCIÓN PROMEDIO					105

Fuente: Daniela Y. Briseño

En el caso de las fibras con tratamiento las 3 muestras fueron sumergidas en ácido esteárico, se secaron al ambiente durante 24 horas, y se pesaron en una balanza digital con precisión de 0,1 gramos obteniendo el peso seco de la fibra tratada (W_{st}).

Posteriormente las mismas se saturaron en agua destilada durante 24 horas, buscando obtener la condición saturada superficie seca (WS_{st}) estas se frotran con papel absorbente para retirar el agua superficial visible entre ellas, hecho esto se procede a pesarlas.

El porcentaje de absorción se obtiene con la ecuación:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{WS_{st} - W_{st}}{W_s} * 100 \quad \text{Ec. 4 [34]}$$

Para determinar el porcentaje de absorción de la fibra tratada relativo al peso seco, se resta de W_{Sst} el W_{st} (esta diferencia es la cantidad de agua que absorbe la fibra) y se divide para el peso seco de la fibra sin tratamiento (W_s).

Tabla # 19: Capacidad de absorción de la fibra de cabuya con tratamiento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA						
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA CABUYA CON TRATAMIENTO						
ORIGEN:		Parroquia el Rosario - Pelileo				
ENSAYADO POR:		Daniela Y. Briseño		FECHA:	23/mar/2016	
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LA CABUYA CON TRATAMIENTO						
Muestra N°	Tiempo de saturación (h)	W_s (g)	W_{st} (g)	W_{Sst} (g)	W del agua absorbida (g)	% Absorción
1	24	1	1,8	2,7	0,9	90
2	24	1	2,0	2,9	0,9	90
3	24	1	2,1	2,9	0,8	80
ABSORCIÓN PROMEDIO						87

Fuente: Daniela Y. Briseño

4.1.5. Dosificación del Concreto Según el Método de la Densidad Óptima

Esta investigación utiliza el método de la densidad óptima, la información obtenida con los ensayos de laboratorio se emplea en el diseño del concreto y se detalla a continuación:

Tabla # 20: Información obtenida con ensayos de laboratorio

Densidad real del cemento: DRC	2,95	Kg/dm ³
Densidad real de la arena: DRA	2,58	Kg/dm ³
Densidad real del ripio: DRR	2,61	Kg/dm ³
Porcentaje óptimo de arena: POA	38	%
Porcentaje óptimo de ripio: POR	62	%
Densidad óptimo de la mezcla: DOM	1,85	Kg/dm ³
Capacidad de absorción de la arena: CAA	0,63	%
Capacidad de absorción del ripio: CAR	1,77	%

Fuente: Daniela Y. Briseño

Los datos obtenidos en laboratorio permiten el cálculo de las diferentes proporciones de los componentes del concreto y se particulariza entre los literales a - j.

a) **Relación agua/cemento (W/C)**, en base a la resistencia requerida a la compresión del concreto se toma el valor correspondiente de la relación agua/cemento de esta tabla:

Tabla # 21: Resistencia a la compresión - Relación W/C [35].

Resistencia a la compresión a los 28 días en Kg/cm²(f'c)	Relación agua/cemento (W/C)
450	0,37
420	0,40
400	0,42
350	0,46
320	0,50
300	0,51
280	0,52
250	0,55
240	0,56
210	0,58
180	0,60

Fuente: M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”, Quito, 2010

b) **Densidad real de la mezcla (DRM) de agregado fino con grueso**, se determina en base a los volúmenes reales y a los porcentajes óptimos de la arena y el ripio.

$$DRM = \frac{DRA \times POA + DRR \times POR}{100}$$

$$DRM = \frac{2,58 \times 38 + 2,61 \times 62}{100}$$

Ec. 5 [36].

$$DRM = 2,602 \text{ Kg/dm}^3$$

c) **Porcentaje óptimo de vacíos (%OV)**, es el porcentaje permisible de los espacios entre las partículas de los agregados, mismo que debe ser llenado con pasta de agua y cemento, se determina mediante la siguiente expresión.

$$\%OV = \frac{DRM - DOM}{DRM} * 100$$

$$\%OV = \frac{2,602 - 1,85}{2,602} * 100$$

Ec. 6 [36].

$$\%OV = 28,86\%$$

d) **Cantidad de pasta (CP)**, está en función del asentamiento necesario por lo cual para calcularla su formulación es tomada de la tabla # 21.

Tabla # 22: Asentamiento - Cantidad de pasta en % [35].

Asentamiento en cm	Cantidad de pasta en %
0 - 3	%OV + 2% + 3% (%OV)
3 - 6	%OV + 2% + 6% (%OV)
6 - 9	%OV + 2% + 8% (%OV)
9 - 12	%OV + 2% + 11% (%OV)
12 - 15	%OV + 2% + 13% (%OV)

Fuente: M. Garzón, “Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón”, Quito, 2010

$$CP = \%OV + 2\% + 8\%(\%OV)$$

$$CP = 28,86 + 2 + 0,08(28,86)$$

Ec. 7 [36].

$$CP = 33,17\%$$

$$CP = 0,3317 * 1000 = 331,67 dm^3$$

e) **Cantidad de cemento (C)**, se obtiene sabiendo que la pasta está formada por agua y cemento en volumen, por lo que expresando en la misma magnitud obtendremos la cantidad de cemento en peso por metro cúbico de concreto.

$$CP = W + C$$

$$CP = \frac{W}{1} + \frac{C}{DRC}$$

$$CP = C \left(\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC} \right)$$

$$C = \frac{CP}{\frac{W}{C} + \frac{1}{DRC}}$$

Ec. 8 [36].

$$C = \frac{331,67 dm^3}{0,56 + \frac{1}{2,95}}$$

$$C = 368,94 \text{ Kg por cada } m^3 \text{ de concreto}$$

f) **Cantidad de agua (W)**, conocida la cantidad de cemento en un metro cúbico y la dosificación del agua se obtiene la cantidad de este último con la ecuación 9:

$$\text{Cantidad de agua} = \text{Dosificación de agua} * \text{Cantidad de cemento}$$

Ec. 9 [36].

$$W = \frac{W}{C} * C$$

$$W = 0,56 * 368,94 \text{ Kg}$$

Ec. 10 [36].

$$W = 206,60 \text{ Kg ó lt por cada } m^3 \text{ de concreto}$$

g) **Cantidad de agregados**, si al metro cubico de concreto le restamos la cantidad de pasta nos quedará la cantidad de agregados en volumen, multiplicándola en cada

caso por su respectiva densidad real y porcentaje óptimo se obtiene la cantidad de cada uno en kilogramos.

Cantidad arena (A)

$$A = (1000 - CP) * DRA * POA / 100$$

$$A = (1000 - 331,67) * 2,58 * 38 / 100 \quad \text{Ec. 11 [36].}$$

$$A = 655,74 \text{Kg por cada } m^3 \text{ de concreto}$$

Cantidad de ripio (R)

$$P = (1000 - CP) * DRR * POR / 100$$

$$R = (1000 - 331,67) * 2,61 * 62 / 100 \quad \text{Ec. 12 [36].}$$

$$R = 1083,15 \text{ Kg por cada } m^3 \text{ de hormigón}$$

h) Cantidad de plastificante (CPL), se usó el plastificante SikaCem, la dosificación recomendada por el fabricante varía entre 250 y 500 gramos por saco de cemento de 50 kg. En esta investigación se emplearon 250 gramos a razón de que mejoraron la trabajabilidad del concreto con fibras de cabuya.

i) Dosificación al peso, se transforman a cantidades al peso las cantidades al volumen determinadas en los literales e, f y g.

- Cálculo de la dosificación de un material para un metro cúbico de concreto [37].

$$\text{Dosificación de un material } (W, A, R) = \frac{\text{Cantidad del material } (W, A, R) * 1 m^3}{\text{Cantidad de cemento } (C)} \quad \text{Ec. 13}$$

j) **Corrección de humedad a la dosificación**, consiste en determinar el contenido de humedad del agregado fino así como del grueso un día antes de preparar el concreto, siguiendo las normas NTE INEN 856 – 857. Posteriormente con los contenidos de humedad determinados se procede a efectuar las correcciones por humedad a las cantidades de cada material, con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Arena} = \text{Peso (arena)} * \frac{100 + \% \text{ humedad (arena)}}{100 + \% \text{ absorción (arena)}} \quad \text{Ec. 15 [37].}$$

$$\text{Ripio} = \text{Peso (ripio)} * \frac{100 + \% \text{ humedad (ripio)}}{100 + \% \text{ absorción (ripio)}} \quad \text{Ec. 16 [37].}$$

4.1.6. Dosificación para vigas de concreto

Gráfico # 14: Vigas para concreto



Fuente: Daniela Y. Briseño

La dosificación se hizo considerando tres vigas en cada caso y para las edades de 14, 28 y 60 días.

Tabla # 23: Vigas considerados en la dosificación

CASO	EDAD (14DÍAS)	EDAD (14DÍAS)	EDAD (14DÍAS)
Concreto simple sin fibra	3 vigas	3 vigas	3 vigas
Concreto con fibra longitudinal	3 vigas	3 vigas	3 vigas
Concreto con fibra dispersa	3 vigas	3 vigas	3 vigas

Fuente: Daniela Y. Briseño

Datos:

Agua: 206,60 Lt

Cemento: 368,94 Kg

Arena: 655,74 Kg

Ripio: 1083,15 Kg

Longitud de viga (Lv): 0,75 m

Ancho de viga (Av): 0,15 m

Altura de viga (Hv): 0,15 m

Numero de vigas (# vigas): 3 por ensayo

VVC: volumen de concreto en vigas

DVC: dosificación de concreto en vigas

$$VVC = (Lv * Av * Hv) * \# \text{ vigas}$$

$$VVC = (0,75 * 0,15 * 0,15) m * 3$$

$$VVC = 0,051 m^3$$

Ec. 17

Las cantidades de cada material necesarias para tres vigas de concreto se obtienen aplicando la ecuación 18, que nace de una regla de tres simple que se muestra a continuación:

1 m³ —————> Cantidad de cada material (W,C,A,R)

VVC —————> DVC

$$DVC = \frac{\text{Cantidad del material (W,C,A,R)} * VVC}{1}$$

Ec. 18

Tabla # 24: Cantidades para tres vigas de concreto

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD
Agua	10,5	Lt
Cemento	18,7	Kg
Arena	33,2	Kg
Ripio	54,8	Kg
Plastificante	94,0	ml

Fuente: Daniela Y. Briseño

En el caso de las vigas que contienen fibra de cabuya se añadió 93,4 gramos de fibra que corresponden al 1,5% del peso del cemento, como se indica en la ecuación 19.

$$DVC = \frac{\text{Cantidad del material (W,C,A,R)} * VVC}{1} + 1,5\% \text{ del peso del cemento}$$

Ec. 19

4.1.7. Elaboración de vigas de concreto

Determinadas las cantidades de material (ver tabla # 22) necesarias para elaborar tres vigas de concreto se procedió de la siguiente manera:

Se pesó los materiales empleados en la mezcla de concreto como son: agua, arena, ripio, cemento, cabuya, y aditivo plastificante.

La mezcla se realizó en una concretera de un saco, antes se cercioró que la misma se encuentre limpia y sin restos de material. Con la concretera encendida se colocó en su interior un poco de agua, la totalidad de ripio y cemento; posteriormente el arena y el resto de agua, y se mezcló durante dos minutos. Inicialmente el plastificante fue incluido en el agua (94,0 ml por cada tres vigas).

Para las vigas con fibra dispersa, luego de los dos minutos de mezcla, con la concretera aún encendida se adicionó el porcentaje correspondiente de cabuya tratada en segmentos de 4 centímetros de longitud y se mezcló un minuto más.

La mezcla se vertió en carretillas, luego se transportó hacia los moldes metálicos donde se elaboró los especímenes en dos capas de iguales proporciones, se compactó con un vibrador a gasolina, evitando el contacto con el molde, hasta que la superficie vista de la capa se torne lisa.

Después del vibrado se golpeó exteriormente al molde 12 veces con un martillo de goma con la finalidad de cerrar los agujeros dejados por el vibrado y eliminar las burbujas de aire atrapado, adicionalmente la superficie de la segunda capa se enrazó con una varilla de acero de sección circular.

Luego de 24 horas de conformar las vigas estas se desencofraron y pasaron a ser curadas de acuerdo al numeral 4.1.8.

Gráfico # 15: Vigas sin fibra



Fuente: Daniela Y. Briseño



Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 16: Vigas con fibra longitudinal



Fuente: Daniela Y. Briseño



Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 17: Vigas con fibra dispersa



Fuente: Daniela Y. Briseño



Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 18: Desencofrado de vigas



Fuente: Daniela Y. Briseño



Fuente: Daniela Y. Briseño

4.1.8. Curado de vigas de concreto

El reporte ACI 308 R- 01 define al “curado” como el proceso por el cual el concreto de cemento hidráulico madura, endurece y desarrolla sus propiedades con el tiempo, como resultado de la continua hidratación del cemento en presencia de suficiente agua y calor. [38]

Adicionalmente, pone de manifiesto que existen muchos métodos para curar el concreto, mismos que dependerán de la demanda de cada circunstancia así como de la disponibilidad de los materiales a emplearse.

El documento en mención indica que se debe curar en una cámara con agua a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido a que en ese momento no se encontraba disponible la cámara de curado del laboratorio de ensayo de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por la demanda de trabajos experimentales referentes a concreto, se empleó otra alternativa técnica. Las vigas fueron recubiertas con una membrana química comercializada como SIKA–ANTISOL BLANCO, este producto fue empleado de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Para precautelar el curado, además se cubrió los especímenes con plástico transparente adhesivo.

Gráfico # 19: Curado de vigas



Fuente: Daniela Y. Briseño



Fuente: Daniela Y. Briseño

4.1.9. Ensayo a flexión de vigas de concreto

Transcurrido el tiempo necesario de curado de las vigas de concreto simple sin fibra, y reforzadas con fibra de cabuya dispersa y longitudinal, son extraídas del lugar de curado, pesadas y ensayadas a flexión de acuerdo a la norma INEN 2554.

La resistencia a flexión de los especímenes se calcula mediante el módulo de rotura de acuerdo al numeral 2.1.6.4.4.2.

Gráfico # 20: Ensayo a flexión en vigas de concreto



Fuente: Daniela Y. Briseño

- **Fallas en vigas de concreto**

Todas las vigas de concreto ensayadas a los 14, 28 y 60 días presentaron la falla en el tercio medio de la luz libre en el sitio donde se produce el momento máximo, sin formación de fisuras adicionales a la primera creada a 90°. Esta falla se generó por los esfuerzos de tracción por flexión.

La incorporación de fibra de cabuya le proporciona al concreto, cohesión y capacidad para soportar carga aun en condición fisurada. Las fibras de pequeña longitud evitan que se propaguen las fisuras y que la viga tenga una falla total, mientras que las fibras largas incrementan la capacidad de absorción de energía y por ende la ductilidad del material.

Gráfico # 21: Modo de falla en viga con fibra de cabuya

Fibra Dispersa



Fuente: Daniela Y. Briseño

Fibra Longitudinal



Fuente: Daniela Y. Briseño

En el caso del concreto simple sin fibra la falla es frágil, separando a la viga en dos fragmentos por la presión de la carga.

Gráfico # 22: Modo de falla en viga sin fibra



Fuente: Daniela Y. Briseño

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1 Dosificación de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla # 25: Dosificación al peso - Concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA			
DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO MÉTODO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA			
ENSAYADO POR:	Egda. Daniela Y. Briseño		DATOS DE TABLAS
FECHA:	03/mar/2016		W/C
			0,56
DATOS DE ENSAYO		Cantidad de Pasta (CP) en %	
$f'c$	240	kg/cm ²	%OV + 2% + 8% (%OV)
CÁLCULOS			
Asentamiento	6 - 9	cm	DRM
DRC	2,95	gr/cm ³	%OV
DRA	2,58	gr/cm ³	CP
DRR	2,61	gr/cm ³	W
POA	38	%	C
POR	62	%	A
DOM	1,85	gr/cm ³	R
			2,60
			28,86
			331,67
			206,66
			369,03
			655,74
			1.083,15
DOSIFICACIÓN AL PESO			
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR m ³ DE CONCRETO		CANTIDAD EN Kg POR CADA TRES VIGAS
W	206,66		10,47
C	369,03		18,70
A	655,74		33,23
R	1083,15		54,89
TOTAL	2314,58		kg/m ³ (Densidad del hormigón)
NOMENCLATURA			
DRC	Densidad real del cemento	%OV	Porcentaje óptimo de vacios
DRA	Densidad real de la arena	CP	Cantidad de pasta
DRR	Densidad real del ripio	W	Cantidad de agua
POA	Porcentaje óptimo de arena	C	Cantidad de cemento
POR	Porcentaje óptimo de ripio	A	Cantidad de arena
DOM	Densidad óptima de la mezcla	R	Cantidad de ripio
DRM	Densidad real de la mezcla		

Fuente: Daniela Y. Briseño

Las cantidades al volumen de cada material se transformaron a cantidades al peso necesarias para tres vigas de concreto.

4.2.2. Corrección de humedad para la dosificación $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla # 26: Corrección de humedad - Dosificación $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA							
CORRECCIÓN A LA DOSIFICACIÓN DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$							
ENSAYADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño					
FECHA:		03/mar/2016					
MATERIAL	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR CADA TRES VIGAS	C.A.	C.H.	CORRECCIÓN HUMEDAD		CANTIDAD CORREGIDA EN Kg POR CADA TRES VIGAS
			(%)	(%)	(%)	(Kg)	
W	0,56	10,47	-	-	-	0,46	10,93
C	1,00	18,70	-	-	-	-	18,70
A	1,78	33,29	0,63	1,19	-0,56	-0,19	33,47
R	2,94	54,98	1,77	0,60	1,17	0,64	54,33
NOMENCLATURA							
C.A.	Capacidad de absorción			C	Cantidad de cemento		
C.H.	Contenido de humedad de muestras de 24h antes			A	Cantidad de arena		
W	Cantidad de agua			R	Cantidad de ripio		

Fuente: Daniela Y. Briseño

Una vez determinado los contenidos de humedad de los agregados un día antes de preparar el concreto, se procede a efectuar las correcciones de humedad a las cantidades de cada material necesario para tres vigas de concreto.

4.2.3. Propiedades del concreto en cilindros $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Se elaboraron tres especímenes de concreto en cilindros para verificar si la dosificación calculada logra la resistencia de diseño, misma que es la resistencia requerida para esta investigación. Al momento de preparar las muestras se verificó el asentamiento y ciertas propiedades que se detallan en la tabla 25, al cabo de siete días los especímenes fueron ensayados a compresión y se comprobó que el $f'c$ obtenido se encuentra dentro del rango del $f'c$ de diseño (ver tabla # 26).

Tabla # 27: Propiedades del concreto fresco en cilindros $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA											
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO EN CILINDROS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$											
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño									
NORMA:		NTE INEN 1578 - NTE INE 1579									
ALTURA DE CILINDRO (m):		0,3									
PROBETA	FECHA DE ELABORACIÓN	DIÁMETRO	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO	MASA DEL RECIPIENTE VACÍO	PESO DEL CILINDRO	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	CONSISTENCIA	TRABAJABILIDAD	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA
		cm	Kg	Kg	Kg	m^3	cm			Kg/m^3	Kg/m^3
1	10/mar/2016	15,20	24,00	11,5	12,5	0,005	7	Media	Buena	2296,21	2290,09
2		15,20	23,90	11,4	12,5	0,005	7	Media	Buena	2296,21	
3		15,20	24,00	11,6	12,4	0,005	7	Media	Buena	2277,84	

Fuente: Daniela Y. Briseño

Tabla # 28: Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA																
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE CILINDROS $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$																
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño														
NORMA:		NTE INEN 1573 - ASTM C 39														
ALTURA DE CILINDRO (m):		0,3														
PROBETA	% FIBRA DE CABUYA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO	ÁREA	VOLUMEN	PESO CILINDRO	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA	CARGA		ESFUERZO COMPRESIÓN	EDAD DÍAS	LÍMITE INFERIOR	VALOR OBTENIDO	LÍMITE SUPERIOR
				cm	cm^2	m^3	Kg	Kg/m^3	Kg/m^3	KN	KG	Kg/cm^2		%	%	%
1	1,50	10/mar/2016	17/mar/2016	15,20	181,71	0,005	12,40	2274,71	2268,59	289,70	29531,09	162,52	7	65	67,72	75
2				15,20	181,71	0,005	12,40	2274,71		299,10	30489,30	167,79		65	69,91	75
3				15,20	181,71	0,005	12,30	2256,36		298,40	30417,94	167,40		65	69,75	75

Fuente: Daniela Y. Briseño

4.2.4. Determinación de propiedades del concreto en vigas $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

Tabla # 29: Propiedades del concreto fresco en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA												
PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO EN VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$												
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño					ANCHO DE VIGA (m):		0,15			
NORMA:		NTE INEN 1578 - NTE INE 1579					LONGITUD DE VIGA (m):		0,75			
ALTURA DE VIGA (m):		0,15					% FIBRA CABUYA:		1,5% del Peso del cemento			
PROBETA	EDAD DÍAS	FECHA DE ELABORACIÓN	ORIENTACIÓN DE LA FIBRA	MASA DEL RECIPIENTE LLENO DE CONCRETO	MASA DEL RECIPIENTE VACÍO	PESO VIGA	VOLUMEN DEL RECIPIENTE	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD	HOMOGENEIDAD	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA
				Kg	Kg	Kg	m ³	cm			Kg/m ³	Kg/m ³
1	14	31/mar/2016	Sin Fibra	46,6	6,6	40,0	0,017	7	Media	Buena	2370,37	2330,86
2				45,8	6,6	39,2	0,017	7			2322,96	
3				45,4	6,6	38,8	0,017	7			2299,26	
4			Longitudinal	46,2	6,6	39,6	0,017	7	Media	Buena	2346,67	2332,84
5				46,1	6,6	39,5	0,017	7			2340,74	
6				45,6	6,6	39,0	0,017	7			2311,11	
7			Dispersa	46,6	6,6	40,0	0,017	6	Media	Buena	2370,37	2356,54
8				46,5	6,6	39,9	0,017	6			2364,44	
9				46,0	6,6	39,4	0,017	6			2334,81	
10	28	06/abr/2016	Sin Fibra	46,7	6,6	40,1	0,017	7	Media	Buena	2376,30	2338,77
11				45,9	6,6	39,3	0,017	7			2328,89	
12				45,6	6,6	39,0	0,017	7			2311,11	
13			Longitudinal	46,8	6,6	40,2	0,017	7	Media	Buena	2382,22	2324,94
14				45,5	6,6	38,9	0,017	7			2305,19	
15				45,2	6,6	38,6	0,017	7			2287,41	
16			Dispersa	46,9	6,6	40,3	0,017	6	Media	Buena	2388,15	2340,74
17				45,8	6,6	39,2	0,017	6			2322,96	
18				45,6	6,6	39,0	0,017	6			2311,11	
19	60	04/abr/2016	Sin Fibra	46,3	6,6	39,7	0,017	7	Media	Buena	2352,59	2326,91
20				45,8	6,6	39,2	0,017	7			2322,96	
21				45,5	6,6	38,9	0,017	7			2305,19	
22			Longitudinal	46,8	6,6	40,2	0,017	7	Media	Buena	2382,22	2326,91
23				45,5	6,6	38,9	0,017	7			2305,19	
24				45,3	6,6	38,7	0,017	7			2293,33	
25			Dispersa	46,9	6,6	40,3	0,017	6	Media	Buena	2388,15	2348,64
26				45,9	6,6	39,3	0,017	6			2328,89	
27				45,9	6,6	39,3	0,017	6			2328,89	

Fuente: Daniela Y. Briseño

En la tabla anterior se determinó para las vigas de concreto simple sin fibra y aquellas reforzadas con fibra de cabuya de manera dispersa y longitudinal, su asentamiento, trabajabilidad, homogeneidad y densidad.

Las vigas sin fibra y con orientación longitudinal presentaron un asentamiento de 7 cm, mientras que las vigas con fibra dispersa tuvieron un asentamiento de 6 cm otorgando a todas las vigas una trabajabilidad media.

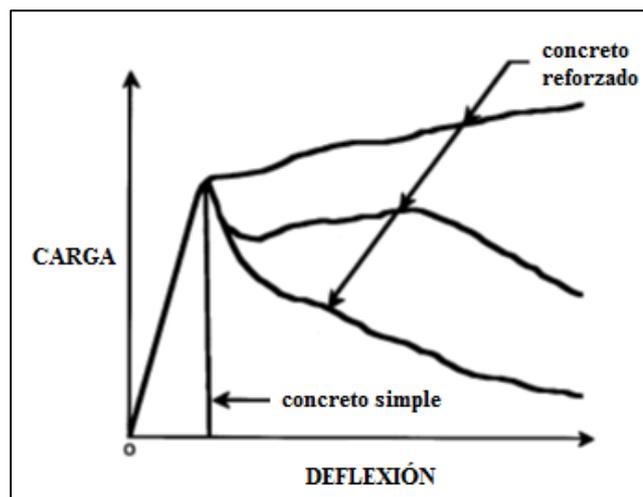
En todas las vigas se presentó buena homogeneidad, esto es el reflejo de la distribución uniforme de los diferentes componentes del concreto.

La densidad de las vigas sin fibra y con orientación longitudinal se encuentra alrededor de 2330 Kg/m³, mientras que las vigas con fibra dispersa presentan un incremento en su densidad llegando alrededor de 2350 Kg/m³.

4.2.4.1. Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

El ACI 544-1R muestra el rango de curvas de carga vs deflexión para vigas de concreto simple y reforzado con fibras.

Gráfico # 23: Rango de curvas carga vs deflexión [1].



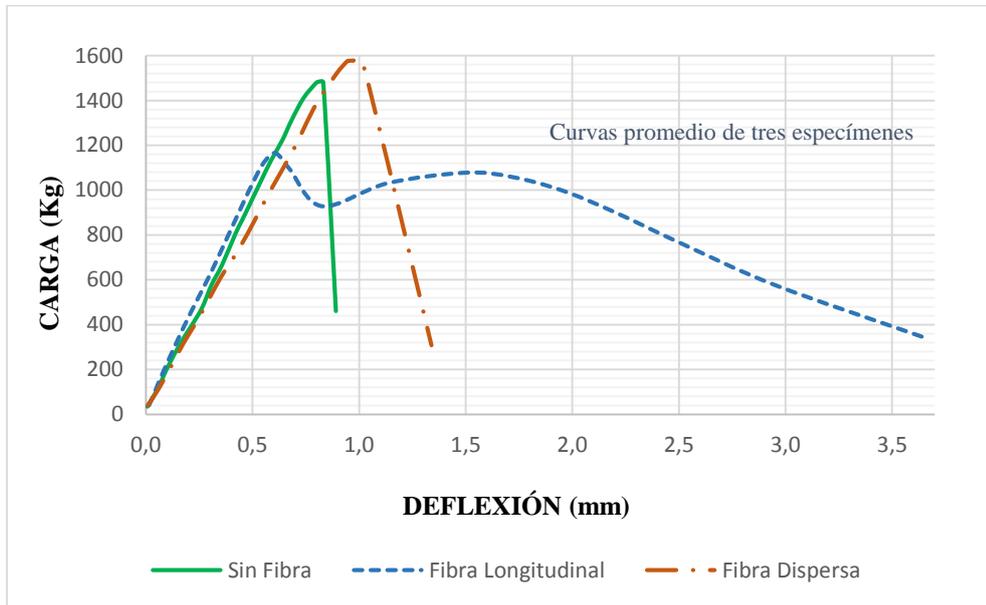
Fuente: ACI Committe 544, “State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI Manual of Concrete Practice”, Reapproved 2002.

Tabla # 30: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																			
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA																			
DEFLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$																			
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño																	
FECHA DE ELABORACIÓN:		31/mar/2016																	
FECHA DE ENSAYO:		13/abr/2016																	
VIGA 15x15x75; EDAD 14 DÍAS																			
SIN FIBRA						FIBRA LONGITUDINAL						FIBRA DISPERSA							
VIGA 1		VIGA 2		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		PROMEDIO	
CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm
33,89	0,004	34,24	0,010	34,06	0,007	44,46	0,015	35,02	0,016	40,82	0,011	40,10	0,014	39,35	0,006	39,96	0,011	39,65	0,008
112,76	0,069	114,32	0,042	113,54	0,056	103,40	0,043	105,31	0,046	106,26	0,041	104,99	0,044	112,76	0,052	115,54	0,067	114,15	0,060
217,12	0,117	189,56	0,081	203,34	0,099	165,37	0,066	153,76	0,064	175,78	0,078	164,97	0,069	192,85	0,114	236,45	0,122	214,65	0,118
310,90	0,172	321,30	0,151	316,10	0,162	322,17	0,145	285,85	0,125	338,81	0,152	315,61	0,140	309,43	0,172	329,54	0,184	319,48	0,178
395,50	0,226	388,65	0,198	392,07	0,212	471,34	0,209	417,08	0,185	490,92	0,244	459,78	0,213	406,42	0,233	426,27	0,245	416,34	0,239
477,14	0,272	470,64	0,254	473,89	0,263	622,76	0,296	552,38	0,247	658,21	0,337	611,11	0,294	496,90	0,277	525,59	0,311	511,25	0,294
579,25	0,321	578,47	0,297	578,86	0,309	778,08	0,381	687,07	0,311	815,95	0,409	760,37	0,367	602,82	0,344	625,18	0,362	614,00	0,353
661,24	0,367	666,96	0,346	664,10	0,356	926,98	0,458	812,92	0,373	973,87	0,480	904,59	0,437	681,35	0,397	727,89	0,433	704,62	0,415
851,32	0,446	762,04	0,395	806,68	0,421	1079,18	0,544	959,05	0,446	1134,74	0,551	1057,66	0,514	783,97	0,446	832,86	0,510	808,41	0,478
863,62	0,453	865,88	0,449	864,75	0,451	1169,85	0,612	1017,91	0,491	1212,66	0,579	1133,47	0,561	889,37	0,509	929,50	0,559	909,43	0,534
945,36	0,495	936,26	0,485	940,81	0,490	1193,25	0,667	1046,42	0,560	1254,44	0,602	1164,70	0,610	982,89	0,564	1032,12	0,615	1007,50	0,590
1038,45	0,537	1035,67	0,539	1037,06	0,538	1150,00	0,728	863,54	0,648	1268,74	0,646	1094,09	0,674	1073,29	0,624	1131,28	0,669	1102,28	0,646
1135,18	0,595	1125,64	0,577	1130,41	0,586	1063,84	0,814	903,49	0,870	819,16	0,790	928,83	0,825	1170,11	0,681	1233,90	0,727	1202,00	0,704
1217,26	0,631	1228,44	0,649	1222,85	0,640	1140,98	1,109	1000,05	1,208	952,12	1,078	1031,05	1,132	1252,27	0,713	1338,77	0,789	1295,52	0,751
1317,11	0,676	1313,21	0,694	1315,16	0,685	1209,63	1,392	1048,93	1,590	976,65	1,519	1078,40	1,501	1354,90	0,780	1429,78	0,828	1392,34	0,804
1421,98	0,733	1400,31	0,747	1411,15	0,740	1233,12	1,571	1050,58	1,697	892,40	1,890	1058,70	1,719	1454,22	0,850	1585,02	0,938	1519,62	0,894
1480,92	0,793	1476,67	0,804	1478,80	0,799	1233,72	1,718	1001,26	1,907	761,78	2,230	998,92	1,952	1532,23	0,903	1616,91	0,984	1574,57	0,943
1482,91	0,799	1478,84	0,809	1480,88	0,804	1224,54	1,820	838,40	2,283	650,58	2,475	904,51	2,193	1535,44	0,913	1619,43	0,995	1577,43	0,954
1485,25	0,804	1481,61	0,816	1483,43	0,810	1194,20	1,962	590,34	2,741	513,37	2,806	765,97	2,503	1534,57	0,936	1621,25	1,007	1577,91	0,972
1484,30	0,825	1477,19	0,840	1480,75	0,832	894,48	2,645	420,37	3,098	415,34	3,109	576,73	2,951	1534,31	0,998	1610,24	1,035	1572,28	1,017
479,31	0,840	441,52	0,943	460,41	0,891	504,36	3,532	278,75	3,619	255,60	3,770	346,24	3,640	586,09	1,075	29,64	1,605	307,87	1,340

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 24: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación del Gráfico:

Se visualizan las curvas Carga vs Deflexión de tres diferentes especímenes ensayados a la edad de 14 días, se puede apreciar que el comportamiento y capacidad de carga en el concreto simple sin fibra es similar al concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa. Es importante mencionar que durante el ensayo las vigas sin fibra cuando aparece la primera fisura colapsan bruscamente, sin embargo las vigas con fibra dispersa evitan esta falla.

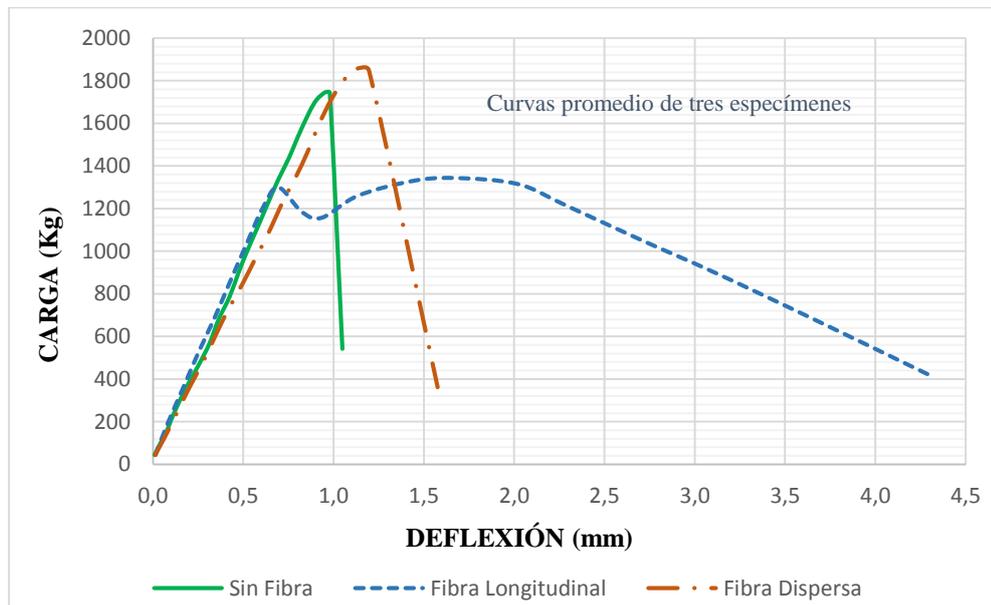
Por otro lado las vigas con fibra longitudinal absorben más energía y presentan mayor capacidad de deformación pero su capacidad de carga se ve reducida.

Tabla # 31: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																			
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA																			
DEFLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$																			
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño																	
FECHA DE ELABORACIÓN:		06/abr/2016																	
FECHA DE ENSAYO:		03/may/2016																	
VIGA 15x15x75; EDAD 28 DÍAS																			
SIN FIBRA						FIBRA LONGITUDINAL								FIBRA DISPERSA					
VIGA 1		VIGA 2		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		PROMEDIO	
CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm	CARGA Kg	DEFLEXIÓN mm
38,14	0,010	48,74	0,007	43,44	0,008	42,42	0,013	41,20	0,019	50,27	0,010	44,63	0,014	39,97	0,013	48,23	0,012	44,10	0,013
101,97	0,060	100,54	0,025	101,26	0,043	205,16	0,084	165,09	0,068	189,36	0,081	185,13	0,078	101,77	0,039	101,05	0,060	101,41	0,049
132,66	0,082	134,50	0,049	133,58	0,066	383,82	0,175	333,24	0,147	391,56	0,178	358,53	0,167	139,60	0,062	127,97	0,078	133,78	0,070
228,62	0,126	246,46	0,104	237,54	0,115	564,10	0,255	490,68	0,217	577,56	0,287	527,39	0,253	226,88	0,135	278,17	0,144	252,53	0,139
354,96	0,199	358,42	0,165	356,69	0,182	739,38	0,354	643,23	0,288	756,21	0,388	691,31	0,343	348,94	0,197	370,86	0,206	359,90	0,201
458,66	0,262	460,50	0,236	459,58	0,249	935,47	0,456	801,38	0,362	953,32	0,480	868,43	0,432	478,14	0,275	494,25	0,287	486,19	0,281
578,58	0,326	553,70	0,299	566,14	0,312	1104,13	0,543	949,44	0,436	1148,69	0,565	1026,79	0,515	595,30	0,330	614,88	0,364	605,09	0,347
674,84	0,376	680,55	0,349	677,69	0,362	1300,73	0,659	1107,90	0,516	1338,15	0,651	1204,32	0,609	709,20	0,405	732,25	0,422	720,72	0,413
770,89	0,430	797,92	0,417	784,40	0,423	1401,88	0,813	1197,54	0,577	1424,01	0,692	1299,71	0,694	825,75	0,475	862,97	0,514	844,36	0,494
896,01	0,479	894,58	0,464	895,30	0,472	1352,94	0,900	1015,93	0,827	1489,17	0,747	1184,43	0,824	942,81	0,533	969,43	0,590	956,12	0,561
998,29	0,524	1001,04	0,517	999,66	0,521	1251,58	1,019	1062,94	1,033	1492,33	0,754	1157,26	0,935	1016,13	0,585	1110,56	0,669	1063,34	0,627
1115,55	0,585	1111,27	0,575	1113,41	0,580	1342,33	1,303	1176,53	1,325	1492,64	0,770	1259,43	1,133	1078,23	0,621	1214,26	0,724	1146,24	0,673
1204,67	0,625	1218,44	0,635	1211,56	0,630	1423,09	1,729	1234,04	1,765	963,72	0,801	1328,57	1,431	1194,48	0,684	1311,44	0,778	1252,96	0,731
1328,47	0,695	1332,24	0,687	1330,35	0,691	1450,73	1,910	1235,98	1,961	1120,14	1,151	1343,35	1,674	1273,40	0,741	1431,35	0,846	1352,38	0,793
1440,63	0,747	1434,62	0,759	1437,62	0,753	1451,44	2,344	1177,96	2,358	1149,00	1,360	1314,70	2,021	1394,03	0,807	1547,39	0,910	1470,71	0,859
1532,51	0,789	1537,81	0,814	1535,16	0,802	1440,63	2,364	986,36	2,776	1049,88	1,728	1213,49	2,289	1527,51	0,875	1668,03	0,966	1597,77	0,920
1662,62	0,855	1637,64	0,873	1650,13	0,864	1404,94	2,547	694,52	3,398	896,21	2,186	1049,73	2,710	1638,15	0,940	1796,20	1,041	1717,17	0,991
1711,06	0,894	1710,04	0,918	1710,55	0,906	1305,52	2,802	494,55	3,851	765,39	2,677	900,04	3,110	1760,10	1,030	1867,27	1,104	1813,69	1,067
1747,36	0,946	1743,08	0,960	1745,22	0,953	1052,33	3,243	327,94	4,457	603,97	3,207	690,13	3,636	1806,40	1,074	1907,35	1,185	1856,87	1,129
1746,24	0,970	1737,87	0,988	1742,06	0,979	593,36	4,193	237,59	5,031	488,64	3,700	415,48	4,308	1805,07	1,174	1894,40	1,217	1849,74	1,196
563,89	0,988	519,44	1,110	541,66	1,049	431,13	4,475	225,15	5,053	300,71	4,208	328,14	4,579	689,52	1,265	34,87	1,888	362,20	1,576

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 25: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación del Gráfico:

Se visualizan las curvas Carga vs Deflexión de tres diferentes especímenes ensayados a la edad de 28 días, se puede apreciar que el comportamiento y capacidad de carga en el concreto simple sin fibra es similar al concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa. Es importante mencionar que durante el ensayo las vigas sin fibra cuando aparece la primera fisura colapsan bruscamente, sin embargo las vigas con fibra dispersa evitan esta falla.

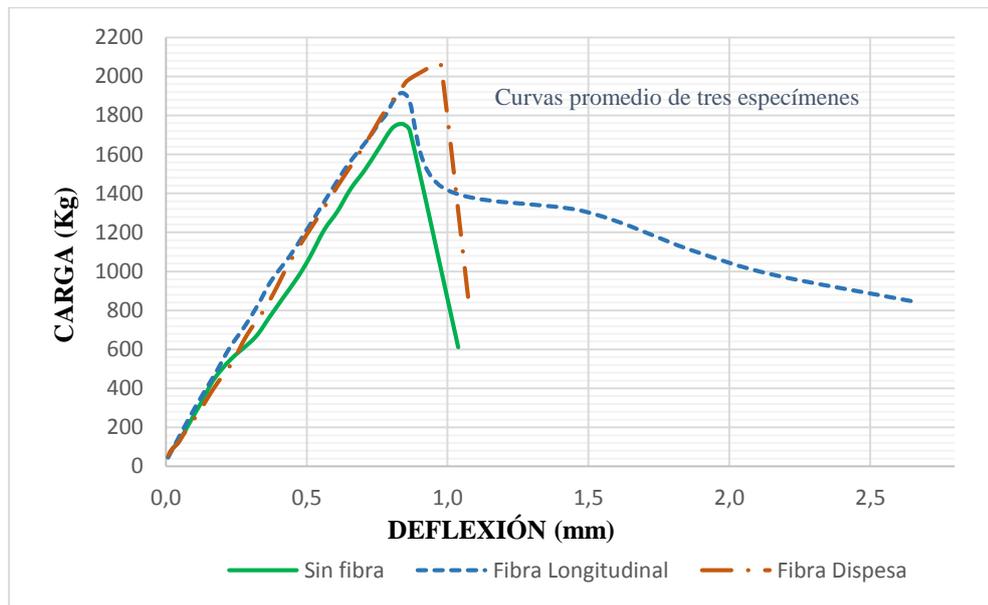
Por otro lado las vigas con fibra longitudinal absorben más energía y presentan mayor capacidad de deformación pero su capacidad de carga se ve reducida.

Tabla # 32: Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 60 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																							
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA																							
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL																							
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA																							
DEFLEXIÓN EN VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$																							
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño																					
FECHA DE ELABORACIÓN:		04/abr/2016																					
FECHA DE ENSAYO:		02/jun/2016																					
VIGA 15x15x75; EDAD 60 DÍAS																							
SIN FIBRA								FIBRA LONGITUDINAL								FIBRA DISPERSA							
VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		PROMEDIO		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		PROMEDIO	
CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN	CARGA	DEFLEXIÓN
Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm	Kg	mm
45,68	0,005	47,82	0,010	45,48	0,008	46,33	0,008	46,40	0,008	45,68	0,008	43,85	0,007	45,31	0,008	57,82	0,006	60,67	0,009	47,93	0,012	55,47	0,009
82,80	0,022	81,27	0,021	80,45	0,017	81,51	0,020	140,62	0,036	126,03	0,034	133,78	0,050	133,48	0,040	81,68	0,032	81,37	0,023	133,48	0,133	81,58	0,018
101,66	0,030	102,48	0,033	101,77	0,027	101,97	0,030	264,82	0,077	261,96	0,095	248,40	0,088	258,39	0,086	121,55	0,046	120,32	0,043	122,26	0,045	121,38	0,045
129,60	0,039	138,17	0,053	117,47	0,049	128,41	0,047	395,34	0,128	359,14	0,131	358,42	0,135	370,97	0,131	168,35	0,070	156,01	0,054	159,79	0,060	161,38	0,061
231,78	0,078	223,11	0,097	267,98	0,099	240,96	0,091	522,39	0,183	462,13	0,165	485,58	0,194	490,03	0,181	285,41	0,128	284,50	0,117	275,73	0,112	281,88	0,119
321,10	0,109	350,57	0,154	343,23	0,127	338,30	0,130	633,03	0,229	582,86	0,209	603,15	0,238	606,35	0,225	391,97	0,182	418,79	0,180	416,55	0,160	409,10	0,174
424,30	0,161	450,40	0,181	460,19	0,168	444,96	0,170	756,92	0,278	706,86	0,289	719,70	0,285	727,83	0,284	526,47	0,261	549,31	0,233	519,95	0,212	531,91	0,235
513,93	0,204	556,76	0,280	570,52	0,204	547,07	0,229	891,01	0,339	803,22	0,329	819,53	0,323	837,92	0,330	674,12	0,321	683,50	0,274	650,98	0,264	669,54	0,286
616,41	0,343	674,12	0,351	687,38	0,253	659,30	0,316	1004,40	0,379	906,11	0,369	943,43	0,372	951,31	0,373	795,06	0,393	828,10	0,341	785,27	0,313	802,81	0,349
723,17	0,395	787,92	0,414	776,71	0,290	762,60	0,367	1139,00	0,449	1037,44	0,438	1071,09	0,438	1082,51	0,441	866,95	0,429	910,80	0,377	909,47	0,350	895,74	0,385
806,79	0,426	887,65	0,479	880,21	0,334	858,21	0,413	1259,43	0,495	1150,83	0,492	1181,12	0,492	1197,13	0,493	1022,15	0,486	1059,06	0,422	1033,47	0,400	1038,22	0,436
919,36	0,467	1001,14	0,556	986,97	0,379	969,16	0,468	1390,36	0,559	1260,55	0,529	1283,90	0,539	1311,61	0,542	1162,87	0,548	1196,21	0,479	1167,45	0,455	1175,51	0,494
1019,60	0,495	1094,55	0,609	1097,10	0,426	1070,41	0,510	1517,52	0,611	1373,03	0,574	1425,13	0,606	1438,56	0,597	1289,92	0,624	1327,55	0,529	1301,14	0,506	1306,20	0,553
1213,41	0,535	1211,10	0,667	1210,79	0,483	1211,77	0,561	1648,14	0,667	1481,22	0,623	1521,49	0,652	1550,28	0,647	1414,22	0,691	1479,07	0,589	1429,11	0,553	1440,80	0,611
1322,42	0,592	1307,66	0,715	1289,61	0,518	1306,56	0,608	1768,47	0,714	1607,76	0,690	1639,07	0,736	1671,76	0,713	1548,62	0,751	1585,43	0,637	1562,69	0,616	1565,58	0,668
1419,90	0,639	1431,35	0,770	1417,08	0,558	1422,78	0,655	1885,73	0,764	1732,37	0,772	1756,43	0,787	1791,51	0,774	1693,52	0,812	1706,16	0,694	1686,99	0,670	1695,56	0,725
1512,18	0,687	1514,56	0,826	1537,91	0,607	1521,55	0,706	2008,71	0,847	1821,39	0,869	1871,97	0,850	1900,69	0,855	1802,93	0,868	1829,85	0,741	1807,32	0,713	1813,37	0,774
1615,68	0,744	1631,01	0,874	1634,17	0,644	1626,95	0,754	2009,42	0,882	1305,62	1,076	984,62	0,982	1433,22	0,980	1909,80	0,941	1974,04	0,806	1945,38	0,767	1943,07	0,838
1784,21	0,791	1703,71	0,931	1716,77	0,688	1734,90	0,803	1466,02	0,969	1404,94	1,585	1051,11	1,909	1307,36	1,488	1992,39	0,996	1960,27	0,799	1999,94	0,794	1984,20	0,863
1796,65	0,828	1726,35	0,981	1746,44	0,713	1756,48	0,841	1179,69	1,484	1110,76	1,993	1046,42	2,100	1112,29	1,859	2033,18	1,085	2093,14	0,935	2050,62	0,841	2058,98	0,954
1692,67	0,853	1722,78	1,010	1748,79	0,735	1721,41	0,866	1113,51	1,669	860,22	2,439	979,12	2,348	984,28	2,152	2035,02	1,111	2091,30	0,967	2052,35	0,851	2059,56	0,976
585,58	1,080	706,55	1,028	539,83	1,005	610,65	1,037	889,72	2,631	801,18	2,545	851,76	2,767	847,55	2,648	879,49	1,199	874,80	1,028	838,19	0,992	864,16	1,073

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 26: Carga vs Deflexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ a los 60 días



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación del Gráfico:

Se visualizan las curvas Carga vs Deflexión de tres diferentes especímenes ensayados a la edad de 60 días, se puede apreciar que el comportamiento y capacidad de carga en el concreto simple sin fibra es similar al concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa. Es importante mencionar que durante el ensayo las vigas sin fibra cuando aparece la primera fisura colapsan bruscamente, sin embargo las vigas con fibra dispersa evitan esta falla.

Por otro lado las vigas con fibra longitudinal absorben más energía y presentan mayor capacidad de deformación, incrementando ligeramente su capacidad de carga.

4.2.4.2. Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$

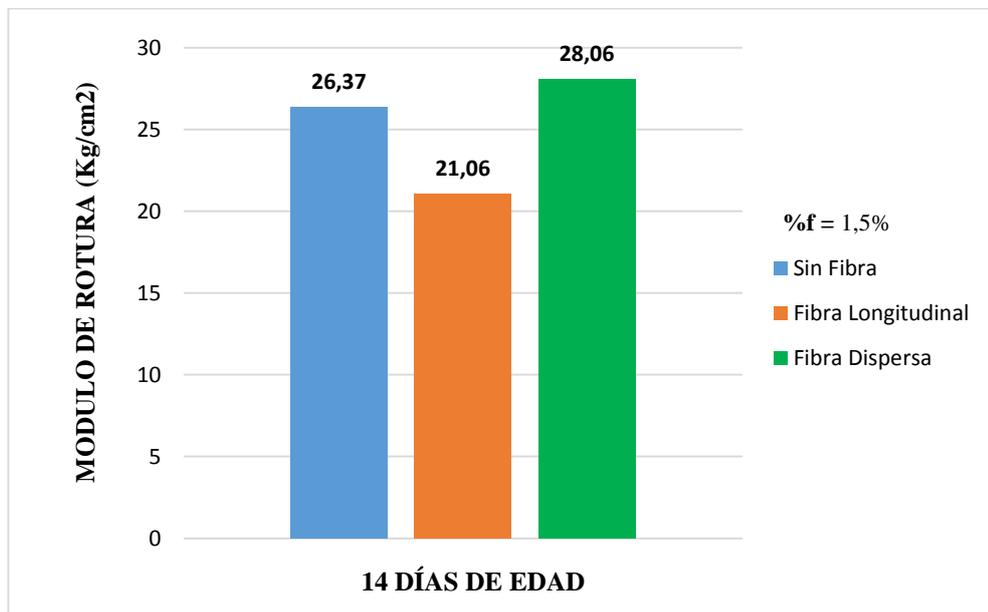
De acuerdo al ACI 318 – 08 [28] la resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión (módulo de ruptura) es una propiedad más variable que la resistencia a la compresión, y es aproximadamente del 10 a 15% de la resistencia a la compresión.

Tabla # 33: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 14 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA														
ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$														
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño												
NORMA:		NTE INEN 2554												
DIMENSIONES VIGA (cm):		15X15X75												
PROBETA	ORIENTACIÓN DE LA FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	VOLUMEN VIGA	PESO VIGA	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA	CARGA		MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA MEDIO	LÍMITE INFERIOR 10%	LÍMITE SUPERIOR 15%
					m ³	Kg	Kg/m ³	Kg/m ³	KN	KG	Kg/cm ²	Kg/cm ²		
1	Sin Fibra	31/mar/2016	13/abr/2016	14	0,017	39,60	2346,67	2325,93	14,57	1485,25	26,40	26,37	20,40	30,60
2					0,017	38,90	2305,19		14,53	1481,61	26,34			
3	Longitudinal				0,017	39,20	2322,96	2295,31	12,10	1233,72	21,93	21,06		
4					0,017	38,60	2287,41		10,30	1050,58	18,68			
5					0,017	38,40	2275,56		12,44	1268,74	22,56			
6	Fibra Dispersa				0,017	39,40	2334,81	2314,07	15,06	1535,44	27,30	28,06		
7					0,017	38,70	2293,33		15,90	1621,25	28,82			

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 27: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$, reforzados con fibra de cabuya y concreto simple sin fibra a los 14 días



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación de Resultados:

Terminados los ensayos a flexión en las vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14 días de edad, se aprecia que el concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa presenta un incremento en la resistencia a flexión del 6,0%, mientras que el concreto reforzado con fibra longitudinal una disminución del 20,1%, en relación al concreto sin fibra.

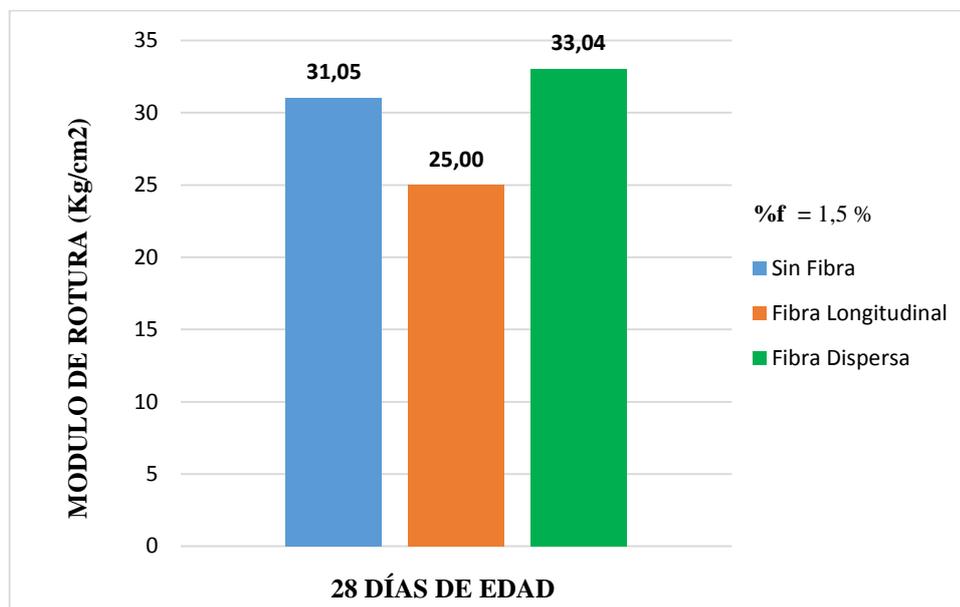
En la tabla # 31 se evidencia que a los 14 días de edad la resistencia de los especímenes alcanza los límites establecidos.

Tabla # 34: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 28 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA														
ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$														
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño												
NORMA:		NTE INEN 2554												
DIMENSIONES VIGA (cm):		15X15X75												
PROBETA	ORIENTACIÓN DE LA FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	VOLUMEN VIGA	PESO VIGA	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA	CARGA		MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA MEDIO	LÍMITE INFERIOR 10%	LÍMITE SUPERIOR 15%
					m ³	Kg	Kg/m ³	Kg/m ³	KN	KG	Kg/cm ²	Kg/cm ²		
1	Sin Fibra	06/abr/2016	03/may/2016	28	0,017	39,90	2364,44	2325,93	17,14	1747,36	31,10	31,05	24	36
3					0,017	38,60	2287,41		17,09	1743,08	31,00			
4	Longitudinal				0,017	39,90	2364,44	2289,38	14,23	1451,44	26,50			
5					0,017	38,10	2257,78		12,12	1235,98	21,97	25,00		
6					0,017	37,90	2245,93		14,64	1492,64	26,54			
8	Dispersa				0,017	40,20	2382,22	2325,93	17,72	1806,40	32,12	33,04		
9		0,017	38,30	2269,63					18,71	1907,35	33,96			

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 28: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya y concreto simple sin fibra a los 28 días



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación de Resultados:

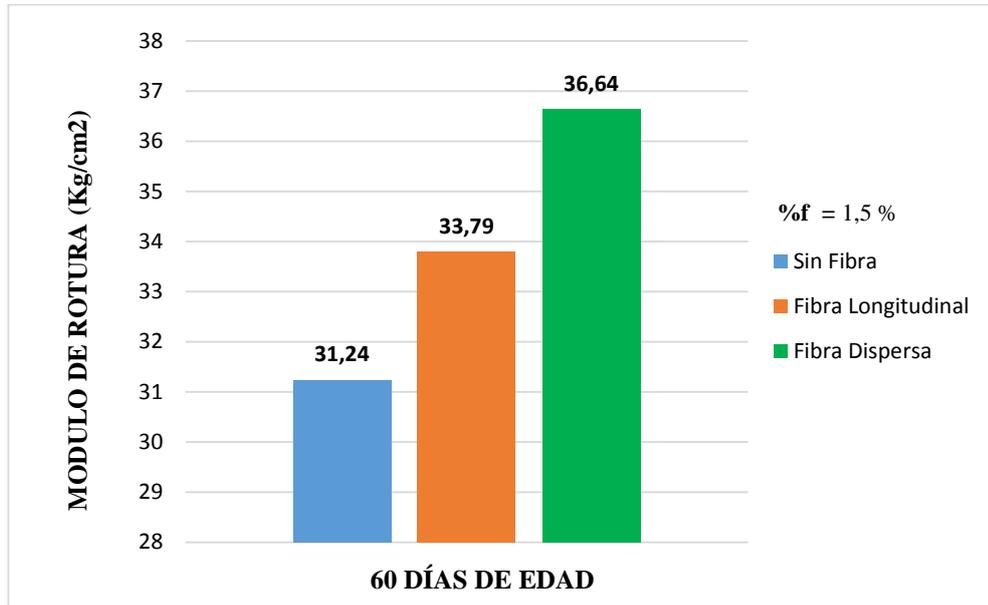
Los resultados obtenidos en los ensayos a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días de edad, señalan que el concreto reforzado con fibra de cabuya dispersa incrementa su resistencia a flexión en 6,0%, mientras que el concreto reforzado con fibra longitudinal disminuye un 19,5% en relación al concreto sin fibra, alcanzando los límites señalados por el código (ver tabla # 32).

Tabla # 35: Resistencia a flexión de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ con carga en el tercio de la luz libre a los 60 días

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL														
TEMA: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS REFORZADAS CON FIBRA DE CABUYA														
ENSAYO A FLEXIÓN DE VIGAS DE CONCRETO $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$														
REALIZADO POR:		Egda. Daniela Y. Briseño												
NORMA:		NTE INEN 2554												
DIMENSIONES VIGA (cm):		15X15X75												
PROBETA	ORIENTACIÓN DE LA FIBRA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD DÍAS	VOLUMEN VIGA	PESO VIGA	DENSIDAD	DENSIDAD MEDIA	CARGA		MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA MEDIO	LÍMITE INFERIOR 10%	LÍMITE SUPERIOR 15%
					m ³	Kg	Kg/m ³	Kg/m ³	KN	KG	Kg/cm ²	Kg/cm ²		
1	Sin Fibra	04/abr/2016	02/jun/2016	60	0,017	39,40	2334,81	2307,16	17,62	1796,65	31,94	31,24	30	45
2					0,017	38,90	2305,19		16,93	1726,35	30,69			
3					0,017	38,50	2281,48		17,15	1748,79	31,09			
4	Longitudinal				0,017	39,60	2346,67	2299,26	19,71	2009,42	35,72	33,79		
5					0,017	38,80	2299,26		17,86	1821,39	32,38			
6					0,017	38,00	2251,85		18,36	1871,97	33,28			
7	Dispersa				0,017	39,80	2358,52	2324,94	19,96	2035,02	36,20	36,64		
8					0,017	39,10	2317,04		20,53	2093,14	37,22			
9					0,017	38,80	2299,26		20,13	2052,35	36,51			

Fuente: Daniela Y. Briseño

Gráfico # 29: Resistencia a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ reforzados con fibra de cabuya y concreto sin fibra a los 60 días

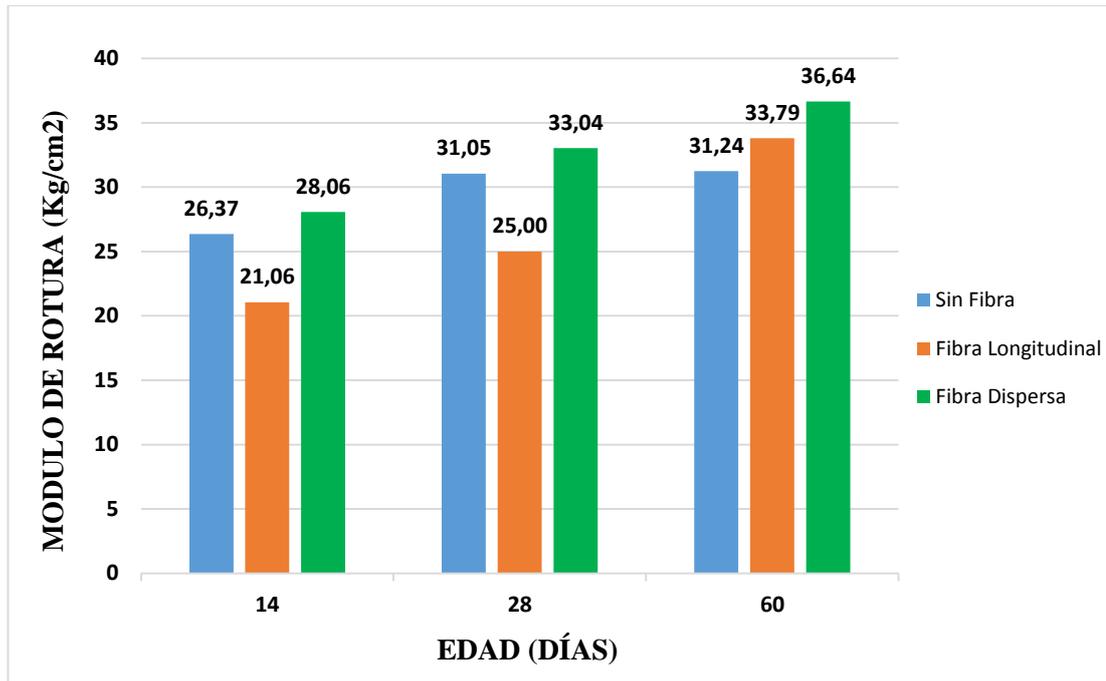


Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación de Resultados:

De los ensayos a flexión en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 60 días de edad, se visualizó un incremento en la resistencia a flexión en el concreto reforzado con fibra de cabuya, alrededor del 14,7% para concreto con fibra dispersa, y del 7,5% para concreto con fibra longitudinal, en comparación al concreto sin fibra, obteniendo resistencias a flexión adecuadas y dentro de los límites señalados en la tabla # 33.

Gráfico # 30: Resistencia a flexión del concreto vs Edad del concreto



Fuente: Daniela Y. Briseño

Interpretación de Resultados:

Los ensayos a flexión ejecutados en vigas de concreto $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ a los 14, 28 y 60 días, muestran que el concreto con fibra dispersa siempre presenta la mayor resistencia.

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

La hipótesis plantada en el capítulo II fue “Las vigas reforzadas con fibra de cabuya mejoran su comportamiento a flexión”.

Luego de analizar los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio se verifica que las vigas con fibra de cabuya dispersa mejoran su comportamiento a flexión, mientras que en las vigas con fibra longitudinal existe un ligero incremento en su resistencia a flexión a los 60 días pero sus deflexiones se aumentan.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La adición del 1,5% del peso de cemento en fibra de cabuya dispersa se hizo con segmentos de 6 centímetros de longitud, tratados con ácido estérico, buscando conservar la relación agua cemento.
- La adición del 1,5% del peso de cemento en fibra de cabuya longitudinal se hizo con segmentos de 75 centímetros de longitud, tratados con ácido estérico, buscando conservar la relación agua cemento.
- El tratamiento de las fibras con ácido estérico, redujo la capacidad absorción de las mismas en un 18%, no obstante, con el porcentaje obtenido no es posible asegurar la estabilidad volumétrica de la fibra dentro del concreto.
- El uso del plastificante SikaCem en vigas de concreto reforzadas con fibras, es aceptable porque mejoró la trabajabilidad del concreto fresco y facilitó la fundición de los especímenes.
- La membrana química SIKA-ANTISOL BLANCO empleada para el curado de vigas cumplió con las funciones de hidratación permitiendo al concreto desarrollar sus propiedades mecánicas.
- El asentamiento del concreto con fibra dispersa de 6 cm no presento un variación significativa, disminuyó de 7 a 6 centímetros, debido a que la fibra tratada absorbió cierta cantidad de agua de la mezcla dejándola con menor fluidez, esta disminución no afectó la trabajabilidad manteniéndola como media (ver tabla # 29).
- La incorporación de fibra longitudinal ocasiona una disminución del 6% de la resistencia a flexión a los 14 y 28 días, en relación al concreto simple sin fibra, esto

debido a los vacíos entre las fibras así como a su humedad, creando adherencia tardía entre el componente concreto – fibra.

- La incorporación de fibra longitudinal ocasiona un aumento del 7,5% de la resistencia a flexión a los 60 días, en relación al concreto simple sin fibra, esto debido a que el concreto adquiere mayor resistencia con el transcurso del tiempo y la fibra alcanza sus propiedades mecánicas ideales. Cabe mencionar también que el concreto y la fibra trabaja como un material compuesto pretensado, en donde la fibra traccionada se añade al concreto esperando que fragüe quedando los dos elementos adheridos, al destensar la fibra esta tiende a acortarse y arrastrar con ella al concreto provocando compresión dejándolo pre-comprimido, de esta manera mejora la capacidad para resistir mejor los esfuerzos a tracción.
- El concreto con fibra dispersa presentó un incremento de 20,1%; 19,5%; y 14,7% en su resistencia a flexión a los 14, 28 y 60 días respectivamente, en relación al concreto simple sin fibra.
- El concreto con fibra dispersa presentó un incremento de 24,9%; 24,3%; y 7,8% en su resistencia a flexión a los 14, 28 y 60 días respectivamente, en relación al concreto con fibra longitudinal.
- Durante el ensayo a flexión el concreto simple sin fibra presentó una falla frágil, las cargas separaron a la viga en dos partes.
- La incorporación de fibra dispersa en las vigas de concreto proporcionó cohesión, evitando que se propaguen las fisuras y que tenga una falla total el elemento.
- La fibra longitudinal le otorgó a la viga capacidad para soportar carga aun en condición fisurada, sin embargo para su uso habría que analizar sus limitaciones a largo plazo.

- En el proceso constructivo la fibra longitudinal presentó una desventaja por la complejidad y el tiempo necesarios para colocar la misma en capas y temprarlas.
- Las vigas de concreto de $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$ reforzadas con fibra de cabuya dispersa son las que mejor se comportaron ante los diferentes ensayos, por esto se podría iniciar con su uso en la construcción dando así la posibilidad de estudiar el comportamiento del elemento en su tamaño real.

5.2. RECOMENDACIONES

- Buscar y emplear otros tratamientos químicos que permitan disminuir en mayor porcentaje la capacidad de absorción en la fibra de cabuya y así lograr la durabilidad de la misma.
- Un ingeniero químico o alguien a fin a esta rama de estudio podría desarrollar un tratamiento químico adecuado para que la fibra de cabuya furcraea andina pueda ser empleada conjuntamente con el concreto.
- Utilizar agregados pétreos en iguales condiciones de humedad para la elaboración de las vigas a los 14, 28 y 60 días, para de esta manera contribuir a un desarrollo constante de las propiedades mecánicas del concreto.
- Ser minucioso al momento de enrasar la superficie superior de las vigas porque en el caso de que se produzcan irregularidades en esta superficie, las mismas dificultan la colación de los accesorios al momento del ensayo a flexión.
- El molde metálico adquirido para la elaboración de vigas, al no poseer demasiada rigidez, en la parte media es necesario hacer un amarre con alambre galvanizado # 22 para que al momento de la fundición no se ensanchen las caras laterales del molde, ya que esto se traduciría en la pérdida de la sección constante que debe tener la viga.
- Antes de efectuar los ensayos a flexión a las vigas, controlar los parámetros de funcionamiento de la máquina de ensayo a flexión CONTROLS mod 50-C1200/BFR como: dimensiones de la viga, activación de canales, área de la viga, carga, velocidad de carga y tiempo de duración del ensayo; para conseguir resultados verídicos.
- Utilizar guantes de látex jersette durante los diferentes ensayos y específicamente en la fundición de las vigas con el fin de evitar afecciones en la piel por el contacto con el concreto.

- Continuar con estudios e investigaciones donde se incorporen diferentes porcentajes de fibra de cabuya en el concreto al usado en el presente trabajo para conocer la influencia que puedan tener en la resistencia a flexión del concreto.
- Ejecutar trabajos experimentales sobre deflexiones en vigas de concreto simple con y sin fibras naturales de refuerzo, que sirvan de apoyo a investigaciones futuras, ya que actualmente no se encontró material bibliográfico referente a esta temática.
- La incorporación de fibra de cabuya dispersa le proporciona al concreto cohesión, evita que las fisuras se propaguen y que la viga presente una falla frágil, mejorando así las propiedades mecánicas del concreto simple por lo que favorecería su uso en la construcción aprovechando recursos renovables.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACI Committee 544, «State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete, ACI Manual of Concrete Practice,» Reapproved 2002.
- [2] H. Pérez, «Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación,» Cajamarca, 2015.
- [3] ASTM C 1116 - 03, «Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete and Shotcrete,» 2003.
- [4] Red Textil Argentina, «Fibras animales,» [En línea]. Available: <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/fibras/f-diseno/fibras-animales>. [Último acceso: 15 diciembre 2015].
- [5] Red textil Argentina, «Fibras Vegetales,» [En línea]. Available: <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/fibras/f-diseno/fibras-vegetales>. [Último acceso: 15 diciembre 2015].
- [6] C. M. Checa y F. M. Jurado, Mejoramiento de la Calidad de la Fibra de Cabuya y su Aplicación, Ibarra- Ecuador, 2001.
- [7] W. A. Lozano, Uso del Extracto de Fique (*furcraea sp.*) como Coadyuvante de Coagulación en el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales y como Disruptor del Proceso de Nitrificación para la Recuperación de Cuerpos de Agua Hipereutrofizados, España, 2011.
- [8] M. F. de la Torre y T. K. Estrella, Estudio de Factibilidad para Determinar la Viabilidad de Exportación de Accesorios de Cabuya a Holanda y los Países Bajos, Quito, 2014.
- [9] FAO, «Consulta de Expertos sobre Productos Forestales no Madereros para América Latina y el Caribe,» Chile, 1995.

- [10] Eurofique, «Fique y su Proceso de Transformación,» [En línea]. Available: <http://eurofique.info/fique-y-su-proceso-de-transformacion/>. [Último acceso: 04 Enero 2016].
- [11] ONGD Atelier, «FIQUE. Historia y Futuro de una Fibra Vegetal,» Valencia - España, 2011.
- [12] O. H. Criollo, Establecimiento de un Protocolo para la Propagación Masiva in Vitro de Cabuya Azul (agave americano L.) y Cabuya Blanca (furcraea andina Trel.), Sangolquí, 2011.
- [13] CICO, Perfil de las demás Cuerdas y Cordajes del Género Agave (fibras de cabuya, sisal,etc.), 2009.
- [14] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, «Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción - Vivienda: pasado, presente y futuro,» Siasa Congresos S.A., Madrid, 2013.
- [15] AUPEC, «Casa de Cabuya,» [En línea]. Available: <http://aupec.univalle.edu.co/informes/anteriores/cabuya.html>. [Último acceso: 04 Enero 2016].
- [16] M. E. Castro y M. A. Battaglia, Estructuras Resistentes, Tomo I, Colombia: Nobuko S.A., 2012.
- [17] T. Pérez, J. M. Mateos y P. A. Gómez, «Estudio de vigas,» de Resistencia de Materiales, Salamanca(España), Ediciones Universidad de Salamanca, 1992, p. 71.
- [18] V. Pérez, «Elementos sometidos a flexión,» de Diseño y Cálculo de Estructuras de Concreto Reforzado, México, Trillas, 1993, pp. 24-25-26.
- [19] W. Medina, Hormigón Armado- Nivel I, Ambato, 2011, pp. 22-23-24-25.
- [20] M. Romo, Diseño a Flexión de Vigas de Hormigón Armado, Ecuador, 2008, p. 107.

- [21] Ó. M. González, «Secciones T,» de Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado, México, Limusa S.A., 2005, p. 468.
- [22] H. Parker, «Cortante y Momento Flexionante en Vigas,» de Diseño Simplificado de Concreto Reforzado, México, Limusa, 1978, p. 49.
- [23] M. Romo, Diseño a Cortante de Vigas de Hormigón Armado, Ecuador, 2008.
- [24] S. E. Menéndez y Y. Velasco, «Esfuerzos y Cargas en una Estructura,» de Control de Ejecución de Estructuras, España, Lex Nova, 2005, p. 46.
- [25] A. H. Nilson, «Torsión,» de Diseño de Estructuras de Concreto, Colombia, McGRAW, 1999, p. 222.
- [26] M. Romo, Torsión en Elementos de Hormigón Armado, Ecuador, 2008.
- [27] J. Cevallos, Apuntes de Hormigón, Ambato, 2014.
- [28] American Concrete Institute (ACI), Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S - 08) y Comentario, 2008.
- [29] E. Rincón, L. Castro y D. Iglesias, «Medidas en Flexión,» de Resistencia de Materiales. Determinación de Tensiones y Deformaciones, Madrid, Visión Net, 2006, pp. 17- 18.
- [30] NTE INEN 2554, Hormigón de Cemento Hidráulico. Determinación de la Resistencia a la Flexión del Hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios), Quito - Ecuador, 2011.
- [31] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, «Definición del Alcance de la Investigación a Realizar: Exploratoria, Descriptiva, Correlacional o Explicativa,» de Fundamentos de Metodología de la Investigación, España, McGRAW - HILL, 2007, p. 59.
- [32] ASTM C 33, «Standard Specification for Concrete Aggregates,» 1999.
- [33] J. Paredes, Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster

Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses, Ambato, 2012.

[34] C. Juárez, Concretos Base Cemento Portland Reforzados con Fibras Naturales (agave lechuguilla), como Materiales para Construcción en México, México, 2002.

[35] M. Garzón, Seminario de investigación sobre el módulo de elasticidad del hormigón, Quito, 2010.

[36] S. Medina, «Hormigón,» Ambato, 2015.

[37] L. Silva, Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras de Acero y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, Ambato, 2014.

[38] American Concrete Institute (ACI), Guide to Curing Concrete (ACI 308R - 01), 2001.

[39] E. Simba, La Impermeabilización en Construcciones Nuevas y Existentes, Quito, 2007.

2. ANEXOS

2.1 ANEXO FOTOGRÁFICO

Densidad real del cemento



Densidad real de la arena



Densidad real del ripio



Densidad aparente compactada del arena

Densidad aparente compactada del ripio



Densidad aparente suelta del arena

Densidad aparente suelta del ripio



Granulometría del agregado fino	Granulometría del agregado grueso
	
Capacidad de absorción del ripio	Elaboración de cilindros
	
Curado de cilindros	Ensayo de cilindros
	

<p>Fibra de cabuya</p>	<p>Tratamiento de la fibra</p>
	
<p>Fibra de cabuya tratada de 6 cm</p>	<p>Fibra de cabuya tratada de 75 cm</p>
	
<p>Capacidad de absorción de la fibra</p>	<p>Peso de la viga</p>
	

<p>Peso de material</p>	<p>Elaboración de vigas de concreto simple</p>
	
<p>Adición de fibra al concreto</p>	<p>Elaboración de vigas de concreto con fibra dispersa</p>
	
<p>Elaboración de vigas de concreto con fibra longitudinal</p>	
	

<p>Vigas elaboradas</p>	<p>Desencofrado de vigas</p>
	
<p>Curado de vigas</p>	
	
<p>Preparación de la viga para ensayo</p>	<p>Ensayo devigas</p>
	

Fallas en vigas sin fibra



Fallas en vigas con fibra longitudinal



Fallas en vigas con fibra dispersa

