



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**“UTILIZACIÓN DEL ECC EN MÉXICO”**

**TESIS**

Que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.**

Presenta:

**RAFAEL HERRERA RODRÍGUEZ**

Asesor de tesis:

**M.I. SILVIA CONTRERAS BONILLA**

Puebla, Pue.

Enero 2017

**M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE:**

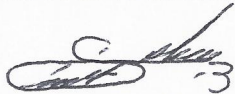
*Por este conducto le envío un cordial saludo y al mismo tiempo le informo que el **C. Rafael Herrera Rodríguez**, alumno de la Maestría en Ingeniería, opción terminal Construcción ha elaborado el trabajo titulado:*

***“Utilización del ECC en México”***

*Como tema de tesis, el cual ha sido revisado y no existe inconveniente alguno en autorizar su impresión. Lo anterior, para efectos académicos a que haya lugar.*

*Agradeciendo su atención, quedo de usted como su segura servidora*

**Atentamente**  
**H. Puebla de Z. 13 de diciembre de 2016**



**M.I. Silvia Contreras Bonilla**  
**Director de la Facultad de Ingeniería**

C.c.p. Dr. Alejandro Bautista Hernández.- Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
C.c.p. Dulce María Castilla Parra



**BUAP**

OFICIO SIEP No. 2930/2016

**ING. RAFAEL HERRERA RODRÍGUEZ**

Maestría en Ingeniería opción terminal Construcción  
Presente.

Por medio del presente, el suscrito M.I. Fernando Daniel Lazcano Hernández, Director de la Facultad de Ingeniería, en atención a su solicitud para actualizar su Tema de Tesis, le autoriza continuar con el tema: **“UTILIZACIÓN DE ECC EN MÉXICO”**, para obtener el grado de Maestro en Ingeniería con opción terminal en Construcción. Asignándose como Asesor de Tesis a la M. I. Silvia Contreras Bonilla.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

“Pensar bien, para vivir mejor”

Puebla, Puebla a 07 de noviembre de 2016

**M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ**

Director de la Facultad de Ingeniería

C.c.p. M.I. Silvia Contreras Borilla. Co-Asesor tema de tesis.

c.c.p. Archivo.

ABH/dsm.

**60**  
AÑOS DE  
**AUTONOMÍA**  
UNIVERSITARIA

Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

## Agradecimientos

Agradezco a la Institución su apoyo prestado para lograr el presente proyecto, así como a los maestros y ayudantes de laboratorio que contribuyeron de alguna forma en mi trabajo. Así mismo agradezco el apoyo de mi asesora, M.I. Silvia Contreras Bonilla, por su calidad de trabajo y recomendaciones para lograr el presente escrito.

Quiero agradecer de manera especial a las siguientes personas; a mi madre y padre, Ruth y Rafael, por impulsar a concluir un logro más en mi vida, de igual manera a mi esposa Marielle, que estuvimos hombro a hombro en la presente investigación, gracias por tu apoyo incondicional. Agradezco a mis hermanas y a mi cuñado, Marilé, Carla y Jorge, por ayudarme a concluir el escrito; a todos ustedes ¡Gracias por creer en mí!

A todos los que estuvieron relacionados directa o indirectamente en mi proyecto les estaré por siempre agradecido, sin el apoyo de todos ustedes no habría podido cumplir con mis objetivos.

## Índice.

INTRODUCCIÓN.....	v
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.2. ECC (Engineered Cement Composites).....	6
1.2.1. El Descubrimiento del ECC.....	6
1.2.2. Fibras de alcohol Polivinílico como refuerzo para el ECC (PVA-ECC)	9
1.3. Fondo teórico.....	10
1.3. 1. Avances científicos .....	11
1.3.2. Resultados del análisis a nano escala.....	11
1.3.3. Tamaño de fallas y distribución de fibras del ECC .....	13
1.3.4. Auto regeneración del ECC.....	24
CAPITULO 2. APLICACIÓN DEL ECC EN CONSTRUCCIONES.....	39
2.1. Aplicaciones en Japón del ECC .....	40
2.1.1. Carpetas para puentes utilizando ECC.....	40
2.1.2. Aplicación del ECC para amortiguadores en estructuras de concreto .....	42
2.1.3. Utilización del ECC en la reparación para caras de diques y presas .....	44
2.1.4. Reparación en las caras de concreto de canales de riego con ECC .....	45
2.1.5. Utilización del ECC para reparación en Muros de Retención. ....	46
2.1.6. Utilización del ECC en Vigas de Viaductos .....	49

2.2. Implementación de nuevos materiales como alternativa en México.....	50
CAPÍTULO 3. BASES PARA PRUEBAS EN LABORATORIO.....	54
3.1. Norma Mexicana NMX-C-191-ONNCCE-2004 para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro .....	54
3.2. Norma Mexicana NMX-C-163-1997-O. Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto .....	56
3.3. Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE 2002. Prueba de resistencia a la compresión del concreto. (IMCYC, 2008). .....	58
CAPÍTULO 4. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES.....	59
4.1. Mezclas.....	59
4.1. Instrumentos.....	69
4.2. Procedimiento.....	70
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	71
5.1. Resultados de las pruebas a Compresión simple en cilindros .....	71
5.2. Resultados de pruebas a cilindros en compresión diametral.....	73
5.3. Resultados de resistencia a compresión con especímenes cúbicos.....	76
5.4. Resultados de vigas a flexión.....	77
CONCLUSIONES.....	79
Recomendaciones.....	82
Índice de figuras.....	87
Índice de tablas .....	88
Índice de ecuaciones .....	89
Índice de gráficas.....	89
Anexo 1	90

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el concreto tradicional, formado por cemento y sus agregados, lo empleamos para dar resistencia, diseño y funcionalidad a las estructuras, siendo un material fácil de trabajar; pero una de sus características nos crea desventajas ya que solo admite deformaciones menores al 0.01% antes de fallar cuando se le aplica una carga a tensión, es decir, es un material sumamente frágil. De ahí surgió la necesidad de crear un nuevo material que tuviera la capacidad de no solo trabajar a compresión, sino también a tensión.

En la Universidad de Michigan, en el 2009, el profesor Víctor Li y su equipo desarrollaron el concreto flexible denominado Engineered Cementitious Composites (ECC's) el cual es capaz de soportar hasta un 5% de deformación cuando es cargado a tensión sin perder su capacidad de carga. Este material no solo es flexible, también cuenta con la característica de auto repararse; al ser deformado presenta pequeñas grietas o fisuras, las cuales quedan expuestas al aire y al hacer contacto con el medio ambiente, los iones de calcio del concreto generan reacciones con el CO<sub>2</sub> del medio ambiente, creando carbonato de calcio, el cual ayuda al concreto a regenerarse.

El tema que se pretende desarrollar está enfocado a la utilización de los estudios del ECC como material de construcción y de conservación de elementos o estructuras, esto como primera instancia; de ahí se analizarán sus componentes y procesos de mezclado, así como la influencia de los materiales que lo componen, lo anterior con la finalidad de tener un amplio panorama del ECC y sus posibles usos en la industria de la construcción.

Lo que se pretende hacer con este trabajo de grado es dar los “primeros pasos” para poder producir un material más económico que cumpla con las propiedades mecánicas que las distintas obras civiles demandan.

Es importante el desarrollo de este tema debido a que puede representar un ahorro considerable en las estructuras construidas en nuestro país; si bien el ECC es un material que rebaza 3 veces el precio del concreto tradicional, éste puede representar ahorros

desde la parte del diseño estructural proyectando una disminución de costos al inicio de la obra, así como ahorros por mantenimiento los cuales proyectan un bajo costo a lo largo de la vida útil de la estructura o edificio.

Es importante conocer el material y los componentes del ECC para así poder proponer la sustitución de uno o varios elementos y lograr el mejoramiento en cuanto a propiedades mecánicas y aspectos económicos.

Actualmente en México existe poco interés por el desarrollo de nuevas tecnologías, principalmente en el área de ingeniería civil, ya que las personas en esta área no se interesan en gran medida por la investigación y aunado a esto existe la falta de impulso tecnológico. Partiendo del punto de que se pretende lograr que el material sea factible, podemos afirmar que sería un gran paso para dar pauta a otras personas a hacer investigación sobre estos temas que tanto podrían ayudar a la nación.

Se realizará la investigación para dar los primeros pasos en el desarrollo de un prototipo para lograr una patente de material de construcción que beneficiará a la infraestructura de nuestro país, por lo tanto es necesario conocer las propiedades y cualidades de los materiales que están siendo punteros en la implementación de nuevas tecnologías en la rama de la construcción.

Se debe tomar en cuenta que el ECC es un material nuevo, es por esto que presenta un camino muy largo por descubrir y muchos retos constructivos que resolver.

Así pues, el objetivo general de este trabajo de grado es demostrar las características y propiedades mecánicas del ECC; basando en experimentos y en las normas técnicas para el diseño de estructuras de concreto. Con el fin de obtener las bases para elaborar un prototipo de material que se adecúe a las necesidades en la construcción mexicana.

Anexo a esto, se pretende llevar a cabo ciertos objetivos particulares como lo es el conocer las características mecánicas que la estructura molecular de los agregados aportan al ECC para así entender sus diferentes aplicaciones; también es importante analizar las aplicaciones existentes del material, las cuales nos ayudarán a proponer una

posible solución de los problemas actuales en México en cuanto a estructuras de concreto se refiere.

Otro objetivo particular es el conocimiento de las normas técnicas para el diseño de estructuras de concreto, ya que así se garantizara la correcta utilización del ECC en México, así como la posible implementación de un nuevo material utilizando agregados que aporten las mismas cualidades al concreto con un costo reducido, comparado con el del ECC, para el desarrollo de construcciones y restauración de estructuras.

La hipótesis en la cual se basa ésta investigación funge en que si logramos entender la interacción y características de los agregados del ECC podremos llegar a responder las preguntas en cuanto a la posible creación de un material distinto, que sea viable económicamente en nuestro país.

Ya que el desarrollo de la investigación gira en torno a un material nuevo, se pretende realizar una recopilación de documentos y publicaciones sobre el mismo, para después llevarlo a un área experimental en laboratorio, realizando pruebas al ECC para comprobar sus beneficios y comparándolo con los beneficios que puede obtenerse de sustituir uno de sus componentes.

El presente documento consta de cinco capítulos; en el primer capítulo se hablará de los avances científicos y experimentos realizados al ECC para conocer sus propiedades y capacidades mecánicas y físicas; pasando a la presentación de distintas estructuras y edificaciones en las que se ha empleado, así como una posible adecuación del material para México, formando el capítulo dos; en el capítulo tres, se especifican las normas en las cuales se basarán los experimentos que se realizaran al material así como los tipos de ensayos a los que se pondrán a prueba los especímenes; dando lugar al capítulo cuatro, en el cual se presentan los procedimientos para llevar a cabo las mezclas y especímenes con distintas combinaciones de materiales; por último, en el capítulo cinco se presentan los resultados, observaciones y comparaciones de los ensayos realizados en laboratorio.

## CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

Desde tiempos ancestrales y puntualmente cuando el hombre se convierte en sedentario, se ve en la necesidad de formar un refugio para su protección de los fenómenos naturales, utilizando diversos materiales para construirlos, entre ellos el cemento, aunque no como es en la actualidad.

Las primeras pautas para crear el cemento como actualmente se conoce fue en Roma, con un material volcánico en una región llamada Pozzuoli con el que se desarrolló el material que actualmente lo llamamos puzolana. Posteriormente y después de muchas investigaciones surge en Inglaterra el cemento Portland que es una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla, el cual, al agregarle agua producía una pasta, que nuevamente era calcinada, molida y batida hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo del cemento actual. En 1845 Isaac Johnson logra temperaturas suficientemente altas para clinkerizar la materia prima.

En México se comenzó a producir el cemento hasta 1905, por parte de la Cooperativa Cruz Azul en Tula de Allende, Hidalgo donde se instala la primera fábrica, con una capacidad de 20,000 toneladas por año.

El cemento, también llamado “piedra líquida” (Pelleq. Et al. 2009) es el material más utilizado en la actualidad para la construcción de diversas estructuras; es un material conglomerante antiguo, que se forma a base de la combinación de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas. Al combinarlo con agregados pétreos (grava y arena) y agua, se forma una mezcla uniforme plástica, la cual es maleable y se puede adaptar a moldes. El siguiente paso de esta mezcla es el fraguado, que consiste en la pérdida de agua y endurecimiento de su estructura, dando lugar al concreto.

Pero el problema principal de este material es su fragilidad al aplicar una fuerza a tensión, problema por el cual comienzan a surgir micro fisuras en su estructura hasta convertirse en grietas, las cuales pueden provocar la exposición del refuerzo de acero que conllevan a su erosión y posteriormente el colapso de la estructura.

La formación de las grietas está completamente ligada a la acción de esfuerzos en compresión y en tensión que actúan sobre un elemento, pero se inicia por una característica natural del material, los cambios de volumen en la pasta del cemento debido a los cambios de temperatura y el fraguado (D. Darwin et. al. 1990). Lo que da como resultado las micro-fisuras o micro grietas, que forman el punto de partida para la formación de una grieta de gran importancia para el comportamiento mecánico y el nivel de resistencia del concreto.

La formación de estas pequeñas grietas, en principal medida, es generada en el punto de interacción entre el cemento y los agregados (gruesos y finos) e incluso los estudios demuestran que llegan a existir antes de aplicar una carga, estas micro-grietas (grietas primarias), como se mencionó, son a causa del cambio del volumen, pero ¿Por qué existe este cambio de volumen en el concreto? Principalmente es por la influencia del aire en nuestra mezcla, al cambiar la temperatura y dar lugar al tiempo de fraguado, las moléculas del cemento comienzan a endurecerse y cambian de estado plástico a sólido, causando una restricción de su movimiento, de esta forma, los espacios vacíos en el material crean deformaciones diferenciales producidos por esfuerzos de tensión. Dando lugar a dos diferentes tipos de grietas: grietas por asentamiento plástico (GPAP) y grietas por contracción plástica (GPCP) (Cárcamo-Reyes M. O. 2006). Para dejarlo más claro se puede decir que la pérdida de la resistencia debido a la inclusión de aire puede relacionarse con el nivel de la resistencia en el concreto (P. Kumar-Mehta, J.M. Monteiro-Paulo 1993).

Los dos tipos de grietas mencionadas, son creadas principalmente por factores condicionados por la falta de experiencia para trabajarlos; por ejemplo, en el caso de las GPAP, son principalmente causadas por la mala utilización de la teoría en la práctica, esto puede ser por una mala medición de la relación agua-cemento ( $A/C$ ) o por hacer un mal proceso de vibrado, este último es de gran importancia, ya que si el material tiene demasiados espacios de aire o de agua evaporada, los vacíos jamás serán rellenados y se verán reflejados alrededor del acero de refuerzo, lo cual provocará grietas exteriores de gran importancia, tan grandes que podrían llegar al acero de refuerzo y afectar la resistencia del elemento a causa de la corrosión y oxidación. En las GPCP también

influye de manera radical la relación A/C, a diferencia de las GPAP no son grietas que presenten grandes afectaciones hacia la resistencia de la estructura, ya que estas se presentan generalmente en la parte de contacto con el exterior del elemento, pero no por eso se les debe desatender, en estas, el factor que influye en su desarrollo son los esfuerzos de tensión generados por la contracción del cemento en la parte superficial, provocadas por la pérdida descontrolada de agua.

El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC 2005) fundamenta que existen dos tipos de grietas principalmente.

1. Grietas de pre fraguado: las cuales surgen antes de que el concreto se endurezca y son causados por distintas razones:

- Mal uso de técnicas en el colado.
- Mal uso de técnicas en la compactación.
- Acabado.
- Movimiento en el concreto antes de secar.

Este tipo de grietas se separan en tres tipos:

- (i) Por asentamiento plástico: se producen poco después de colocarse (concreto en estado plástico).
- (ii) Por contracción plástica: Temperaturas extremas, poca humedad o poco viento después del colado.
- (iii) Por movimiento de la cimbra.
- (iv) Por choque térmico: cambio brusco de temperatura a la hora del curado.

Se pueden corregir compactando, allanando o aplanando nuevamente la superficie del concreto.

2. Grietas por endurecimiento: las cuales se producen después del endurecimiento.

Principalmente causadas por:

- Asentamientos en el terreno de construcción.
- Por exceso de carga.

Por lo general este tipo de grietas no tienen reparación y son las que más riesgo implican en una construcción ya que podrían provocar su colapso.

Para poder evitar cualquier tipo de grietas es fundamental prestar atención en el periodo de hidratación del concreto, a continuación se mencionan sus periodos: (M. A. Gabalec, rev M. Barreda, 2008)

1. Periodo inicial: dispersión de los granos de *clínker* sin reaccionar en el agua, las partículas con el agua se encuentran en estado de disolución, existiendo una intensa reacción exotérmica inicial. Dura aproximadamente diez minutos.
2. Periodo durmiente: Después de unos minutos, los productos de hidratación crecen hacia dentro y hacia fuera de la superficie de cada grano. en las partículas se produce una película gelatinosa, la cual inhibe la hidratación del material durante una hora aproximadamente.
3. Inicio de rigidez: Después de unas horas, interaccionan las capas que recubren los diferentes granos de *clínker*, volviéndose así el conjunto un gel continuo (fraguado). Al continuar la hidratación de las partículas de cemento, la película gelatinosa comienza a crecer, generando puntos de contacto entre las partículas, las cuales en conjunto inmovilizan la masa de cemento. También se le llama fraguado. Por lo tanto, el fraguado sería el aumento de la viscosidad de una mezcla de cemento con agua.
4. Ganancia de resistencia: Al continuar la hidratación de las partículas de cemento, y en presencia de cristales de  $\text{CaOH}_2$ , la película gelatinosa (la cual está saturada en este punto) desarrolla unos filamentos tubulares llamados «agujas fusiformes», que al aumentar en número generan una trama que favorece la resistencia mecánica entre los granos de cemento ya hidratados.
5. Fraguado y endurecimiento: Después de unos días ha surgido una masificación del gel. El principio de fraguado es el tiempo de una pasta de cemento de difícil moldeado y de alta viscosidad. Luego la pasta se endurece y se transforma en un

sólido resistente que *no puede ser deformado*. El tiempo en el que alcanza este estado se llama «final de fraguado».

Se puede pensar que el punto más importante de este proceso, o el que nos concierne, es cuando se forman las «agujas fusiformes», ya que esto es lo que da pauta a la estructura del concreto y su característica mecánica principal, el trabajar a compresión.

Gracias a los avances de la ciencia, se ha encontrado la estructura molecular del cemento hidratado, lo cual nos da un impulso gigante para el desarrollo de este tema (Pelleq. Et al. 2009).

Ahora surge una pregunta: ¿cuál es el paso a dar en la investigación? Aseguran que el concreto es un material que puede ser mejorado si se relaciona con un material específico y con especificaciones variables, tales como tamaño y granulometría del agregado, y las proporciones de la mezcla, y si en el cálculo se toma en cuenta la respuesta no lineal del concreto (Cárcamo-Reyes M. O. 2003). Pero esto no da respuesta a nuestra pregunta, todo indica que el primer paso a dar es el conocer a fondo la estructura molecular del cemento y la cohesión con sus agregados, así como comprobar la importancia del tamaño de los agregados y cantidades adecuadas. Tomando los recientes experimentos sobre el modelo molecular del cemento (R. J.-M. Pelleq 2009), se puede demostrar la unión entre nano partículas provocado por un complejo oxido hidratado llamado calcio-silicato-hidrato (C-S-H), con lo cual podremos comparar la estructura del concreto tradicional con un nuevo material patentado en el 2009, este material es el ECC (Engineered Cement Composites) como antes mencionamos, este material tiene la capacidad de trabajar a tensión y auto regenerarse.

## 1.2. ECC (Engineered Cement Composites)

### 1.2.1. El Descubrimiento del ECC.

La característica de del concreto tradicional de ser frágil, ha inquietado a los científicos a descubrir y desarrollar nuevas formas para trabajar el concreto, esto ha llevado a concluir que la matriz principal del cemento, reforzada correctamente, es lo que puede darle la ductilidad necesaria que se busca en distintos proyectos constructivos para que el concreto no tenga una fatiga súbita. Hace diez años fue demostrado que la mejor forma de darle esta capacidad al concreto es por medio de micro fibras que aportan capacidad de tensión a los elementos. (Judith, 2004 november)

Las fibras que aportan la ductilidad, basada en comportamiento micro mecánico del concreto se les ha dado el nombre de engineered cementitious composites (ECC). La “primera generación” de estos compuestos está compuesta por cemento y humo de sílice en la matriz, sin agregados.

En 1995 nuevos descubrimientos dieron la pauta de diseñar el ECC con nuevos agregados que se sitúan en la matriz base del concreto, dando como resultado mejor comportamiento ante cargas a tensión.

El nuevo reto del ECC es convertirse en un material menos costoso, ya que su producción es tres veces más costoso que la del concreto tradicional. Aunque sus beneficios son a largo plazo.

El ECC es el material en el cual nuestra investigación estará enfocada. Es un material innovador y considerado un material del futuro. Sus características han sido desarrolladas a lo largo de muchos años de investigación y experimentos. Entre los cuales destacan:

- Aaron Richard Sakulich, Victor C. Li, Nanoscale characterization of engineered cementitious composites (ECC), *Cement and Concrete Research*, Volume 41, Issue 2, February 2011, Pages 169-175, ISSN 0008-8846.
- Kamile Tosun-Felekoğlu, Burak Felekoğlu, Ravi Ranade, Bang Y. Lee, Victor C. Li, The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC, *Composites Part B: Engineering*, Volume 56, January 2014, Pages 536-545, ISSN 1359-8368.
- Li-li Kan, Hui-sheng Shi, Investigation of self-healing behavior of Engineered Cementitious Composites (ECC) materials, *Construction and Building Materials*, Volume 29, April 2012, Pages 348-356, ISSN 0950-0618.
- Zhigang Zhang, Shunzhi Qian, Hui Ma, Investigating mechanical properties and self-healing behavior of micro-cracked ECC with different volume of fly ash, *Construction and Building Materials*, Volume 52, 15 February 2014, Pages 17-23, ISSN 0950-0618.

En cuanto al primer artículo mencionado, características a nano escala del ECC, el profesor Li destaca una de las propiedades mas importantes de este materia, su alto grado de ductilidad. El ECC es un material que acepta deformaciones a tensión mayores a 3% lo cual es cientos de veces mayor que las deformaciones admitidas por el concreto tradicional. La razón de su alto grado de ductilidad es producto de micro fisura distribuida y controlada causada por fuerzas de tensión provocadas por una carga baja (menores de 2% de su peso) de fibras de polímero cortas.

De esto se puede deducir que las características y propiedades únicas del ECC son los resultados de las propiedades mecánicas que tienen su origen en el comportamiento de sus agregados a nano escala. En este escrito se plantean tres objetivos:

1. Comprensión de las propiedades mecánicas del ECC a micro escala.
2. Influencia de nano materiales en las propiedades del ECC (carbono black y nanotubos de carbono de pared única).

3. Observar la ubicación y disposición de nanotubos de carbono que funcionan de “puentes” en las grietas de tamaño submicrónico.

Usando la microscopía electrónica para el análisis elemental de los nanotubos de carbono y morfología en general. Estos experimentos de nano identificación proporcionan una descripción detallada de los módulos y sus variaciones a través de la fibra matriz del ECC.

En los experimentos que llevó a cabo el profesor Li y su equipo de investigación se prepararon tres muestras poniendo a prueba tres fórmulas: M45, CB-ECC y CNT-ECC.

- i. Fórmula M45: Fórmula sin aditivos, proporcionando datos base de algunos componentes mecánicos y químicos del ECC (como cuarzo, ceniza volante sin reaccionar y fibras) utilizados como base para su nano identificación y espectroscopia de energía dispersiva (*Energy-Dispersive Diffraction EDD*).
- ii. Fórmula CB-ECC: con 1% del peso de carbono negro el cual se agregó al ECC para buscar aumentar su conductividad.
- iii. Fórmula CNT-ECC: con 0.3% del peso de nanotubos.

Los reactivos incluidos en la muestra son:

- Cemento Portland Tipo I.
- Arcilla Sílica tamaño 110 micras.
- Ceniza volante clase F.
- Reductor de agua de alto rango (*High Range Water Reducer Admixture HRWRA*) en conformidad con la ASTM-618.
- Carbono negro (*Cabot Corp*).
- Nanotubos de pared única (de 8 a 15 nm).
- Fibras de alcohol polivinílico (*PVA*).

Las mezclas fueron preparadas usando un mezclador Hobart. Los especímenes fueron desmoldados 24 horas después, cubiertos con plástico y curados en el laboratorio a temperatura ambiente y humedad. Todos el montaje, pulido y pruebas de hicieron por lo menos 56 días después, a fin de asegurar las reacciones puzolánicas debido a la presencia de cenizas volantes. Para asegurar que las pruebas fueran óptimas, los especímenes pasaron por diferentes procesos de pulido y se encontró que el óptimo es cuando la muestra tiene al menos 6 meses de edad y con un periodo corto de exposición al agua para minimizar cualquier efecto sobre su nivel de hidratación. Después de los análisis nanoscópicos en las pruebas se obtuvieron los resultados que utilizaremos como base para comenzar por una comparación entre el comportamiento del ECC y el del concreto tradicional. De igual forma utilizaremos los resultados de las investigaciones y experimentos que el profesor Li y su equipo ha publicado, con el fin de crear conclusiones (sustentadas de igual forma por la NTC) que nos sirvan para alcanzar cada uno de los objetivos de la investigación.

### 1.2.2. Fibras de alcohol Polivinílico como refuerzo para el ECC (PVA-ECC)

El contenido del PVA es de un 2% de volumen en el ECC; fibras que proveen capacidad a resistir cargas a tensión en el elemento.

La utilización de PVA en el concreto ha sido patentada por el Profesor Víctor Li de la universidad de Michigan, estructura que se ha diseñado micro mecánicamente en una solo matriz.

El ECC es también ultra dúctil cuando el material es cargado a tensión. La prueba uniaxial (figura 1.1.) muestra una curva de tensión/ deformación (figura 1.2.) en la cual arroja un resultado de capacidad antes de ceder por lo menos de dos veces más que un concreto reforzado tradicional.

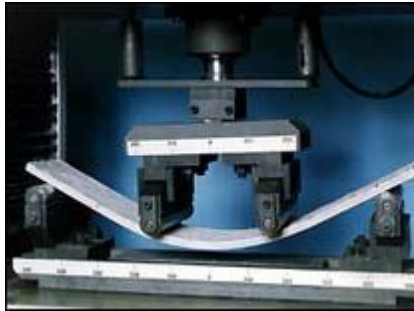


Figura 1. 1. Prueba uniaxial (TDK Konferencia, 2004)

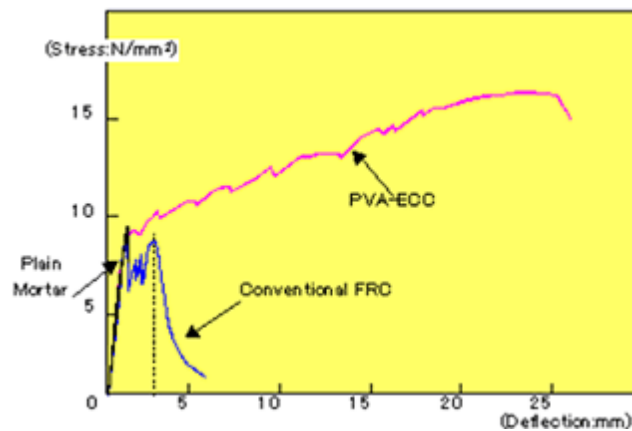


Figura 1. 2. Resultados de prueba uniaxial (TDK Konferencia, 2004)

### 1.3. Fondo teórico

La propiedad fundamental del refuerzo de fibra es el “puente” que genera a lo largo de las micro fracturas, reflejado en los resultados de la curva de esfuerzo-deformación del concreto. Esta propiedad genera la distribución del esfuerzo aplicado, transmitido uniformemente a lo largo de toda la fractura.

Para poder entender el comportamiento dúctil del ECC es necesario conocer el comportamiento de las fibras. Para esto, la curva esfuerzo-deformación se puede pensar como la descripción de unos “resortes” que actúan de manera no lineal conectados a la pared opuesta dentro de la fisura, representando la resistencia que oponen las fibras contra la abertura de la fisura cuando trabajan ante una carga a tensión.

Existen dos criterios principales en cuanto a las micro grietas del ECC:

El criterio que explica la multifisura del ECC por acción de carga y el criterio de la propagación de las mismas. Fundamentalmente estos dos criterios rigen la capacidad del ECC de resistir fuerzas a tensión. En el siguiente capítulo nos adentraremos en las capacidades del ECC a nano escala, profundizando el tema del refuerzo PVA.

### 1.3.1. Avances científicos

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el profesor Víctor Li y sus colaboradores realizaron diversos estudios para comprender y explicar el comportamiento de la estructura del ECC; en este capítulo se pretende desglosar los resultados de los estudios con mayor relevancia para poder llegar a conclusiones prácticas y poder elaborar hipótesis acertadas para el desarrollo de este trabajo de grado.

Los primeros resultados que se plasmarán son del estudio ya antes mencionado, debido a que los comportamientos a nano escala de este material nos podrán revelar grandes ventajas de estudio para nuestro fin.

### 1.3.2. Resultados del análisis a nano escala

La rugosidad del material es de gran importancia para los estudios de nano identificación. La prueba ASTM Standard E2546, determina que el acabado de la superficie de los especímenes a prueba es de vital importancia para que los resultados sean verídicos. Como adicional, de la ISO 14577- materiales metálicos - ensayo de penetración para los parámetros de dureza de materiales en su anexo E, describe que la rugosidad de los elementos no debe de exceder 1/20th. Por tanto el equipo del profesor Li tomó medidas extremas en cuanto a esto se refiere, mejorando y sobrepasando 4 veces el límite estándar de las especificaciones (Aaron Richard Sakulich, 2011).

El grado al que el ECC puede ser pulido para los estudios de la nano identificación está asociada a la heterogeneidad del material. A micro escala, el ECC está compuesto por distintos materiales (cuarzo, ceniza volante, partículas sin hidratarse y cierto grado de impurezas de los materiales) rodeados por la matriz de cemento

(aglomerante). Esta matriz es bastante heterogénea cuando se estudia a nano escala, contiene distintas densidades y por último el ECC contiene bajo volumen de fibras de PVA como se ha mencionado anteriormente.

Después de haber tomado todas las precauciones para elaborar los experimentos; las conclusiones de los resultados a los que se llegaron son las siguientes (Aaron Richard Sakulich, 2011):

- La matriz de cemento, lejos de la influencia de las fibras PVA, presentan los módulos más altos (alrededor de 30 GPa) y decrece en las partículas que se encuentran cerca o en contacto con las partículas de *fly ash*. La zona de tensión alrededor de las fibras de PVA es aproximadamente de 30 micras de ancho. Los resultados de bajo módulo en esta zona, aparentemente es debido a la combinación de un reducido contenido de Ca, a las alteraciones en tamaño de poro y a las dificultades del pulido.
- El análisis de espectroscopia de energía dispersiva no reveló gran correlación entre el Ca/Si, por esto, es más probable que las propiedades mecánicas a nano escala sean afectadas mas bien por su porosidad y el grado de hidratación.
- La difícil localización del carbono negro sugiere la dispersión de estas partículas en el elemento, por otra parte, la fácil localización de los nanotubos de carbono en las micro fisuras indica un cierto grado de aglomeración de estos alrededor de las fibras de PVA.
- Al variar las cantidades del carbono negro y de los nanotubos no se observaron efectos negativos en ninguna propiedad a nano escala del ECC, lo cual sugiere que este material puede hacer de alguna manera que las propiedades eléctricas del ECC sean estabilizadas, sin consecuencias a sus propiedades mecánicas a nano escala para futuras aplicaciones.
- Con ayuda de estos resultados podremos determinar qué elementos son fundamentales para la elaboración de un nuevo concreto que cumpla con las especificaciones que requerimos para este trabajo.

Para seguir entendiendo el comportamiento del ECC es necesario conocer uno de sus elementos principales que le dan la posibilidad de ser “flexible”, por esto

tomaré el tema de las fibras polivinílicas (PVA) para comprender su comportamiento dentro de la matriz de concreto y qué tan importante es la relación que se forma con sus agregados.

### 1.3.3. Tamaño de fallas y distribución de fibras del ECC

Como se ha mencionado, las capacidades mecánicas del ECC son fundamentadas en su micro escala, presentando una alta ductilidad y límites de micro fisuras, que rondan en medidas de 100 micras. La capacidad de tensión del ECC se basa en la fibra que lo compone y la distribución de las fallas. Por lo tanto, fue de vital importancia el hacer un estudio, cuantificando las capacidades de las fibras y las propiedades que la distribución de las micro fisuras aportan al comportamiento mecánico del material y así tener una base científica que fundamente la relación entre las propiedades a micro escala y el comportamiento mecánico a macro escala. Para llevar a cabo los experimentos y lograr resultados contundentes, fue necesario utilizar microscopia de fluorescencia y análisis de imágenes digitales avanzados. A los especímenes puesto a prueba fueron analizados por sección transversal para poder determinar el tamaño máximo de distribución de la falla. (Kamile Tosun-Felekog, 2013)

El profesor Víctor Li y su equipo de estudiantes, resaltan en este estudio la importancia del proceso de mezclado de los materiales, la velocidad de mezclado y a experiencia del personal que lo realiza; estas características resultan en la homogeneidad del ECC que es de vital importancia para la correcta distribución de las fibras y lograr que la distribución de las fallas en el espécimen analizado sea óptima. También resaltan la importancia de la alineación de las fibras, ya que esto puede mejorar la ductilidad del material a más del 100%.

En este apartado se plasmará la relación que existe entre la fuerza de tensión del ECC y su ductilidad, considerando los efectos de tres distintos parámetros; longitud de las fallas, coeficiente de dispersión de las fibras y la orientación de las mismas, actuando simultáneamente. Lo cual nos dará un panorama acerca de cómo se relaciona la variación de la ductilidad con respecto a la micro estructura del ECC.

Para esto, el ECC con fibras polivinílicas (PVA-ECC) se mezcló, para su estudio, con dos distintas cantidades de agregados reductores de agua<sup>1</sup> (HRWR). La fluidez de los dos especímenes fue medida con la prueba de cono *Marsh*. Las propiedades de su resistencia a la tensión se hicieron utilizando especímenes “*dogbone*<sup>2</sup>”. También fue determinada la medida máxima de distribución de las fallas en los especímenes.

La importancia que tiene el determinar la relación de la homogeneidad, la distribución de las fibras polivinílicas y la distribución de las fallas, así como la orientación de las dos últimas, es precisa para poder entender el comportamiento a macro escala del ECC y de esta manera poder tener la certeza de utilizarlo para la construcción de proyectos ingenieriles.

Algunas especificaciones de los materiales utilizados para las mezclas de los especímenes del experimento se enlistan a continuación:

Materiales:

- Cemento Portland ordinario (CPO) tipo I, de acuerdo a la norma ASTM C150.
- Fly Ash tipo F, la cual contiene gran cantidad de óxido de calcio (CaO). Aproximadamente el 83% de las partículas de la ceniza volante que se utilizaron presentaban un tamaño menor a 44 micras (estudio de la ceniza volante en tabla 1.1.).
- Arena Sílica, con un tamaño máximo de 250 micras.
- Reductores de alto rango de agua se utilizaron para alterar la fluidez de los elementos.
- Fibras de PVA con diámetros de 39 micras y 12 mm de longitud. Con densidad de 1.3 g/cm<sup>3</sup>, fuerza de tensión de 1620 MPa, módulo de Young de 42.8 GPa y una elongación del 6%.

---

<sup>1</sup> Los aditivos reductores de agua de alto rango se pueden utilizar para conferir al concreto las mismas propiedades obtenidas por los aditivos reductores de agua normales, pero con mayor eficiencia. En la ASTM C 494 (AASHTO M 194), corresponden a los tipo F (reductores de agua) y G (reductores de agua y retardador de fraguado)

<sup>2</sup> Son especímenes realizados en moldes especiales con forma de hueso de perro.

- Para reducir la unión química excesiva entre la matriz del cemento y la fibra PVA, esta última fue cubierta por aceite (1.2% de su peso).

Analysis results of class F fly ash from Headwaters DTE Monroe.

Chemical analysis (%)		Physical analysis	
SiO <sub>2</sub>	44.09	Fineness (retained on 44 μm) (%)	16.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.21	Strength activity index 7d (%)	83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.39	Strength activity index 28d (%)	92
SO <sub>3</sub>	1.46	Water requirement (% of control)	97
CaO	14.04	Autoclave soundness (%)	0
LOI	0.56	Density	2.45

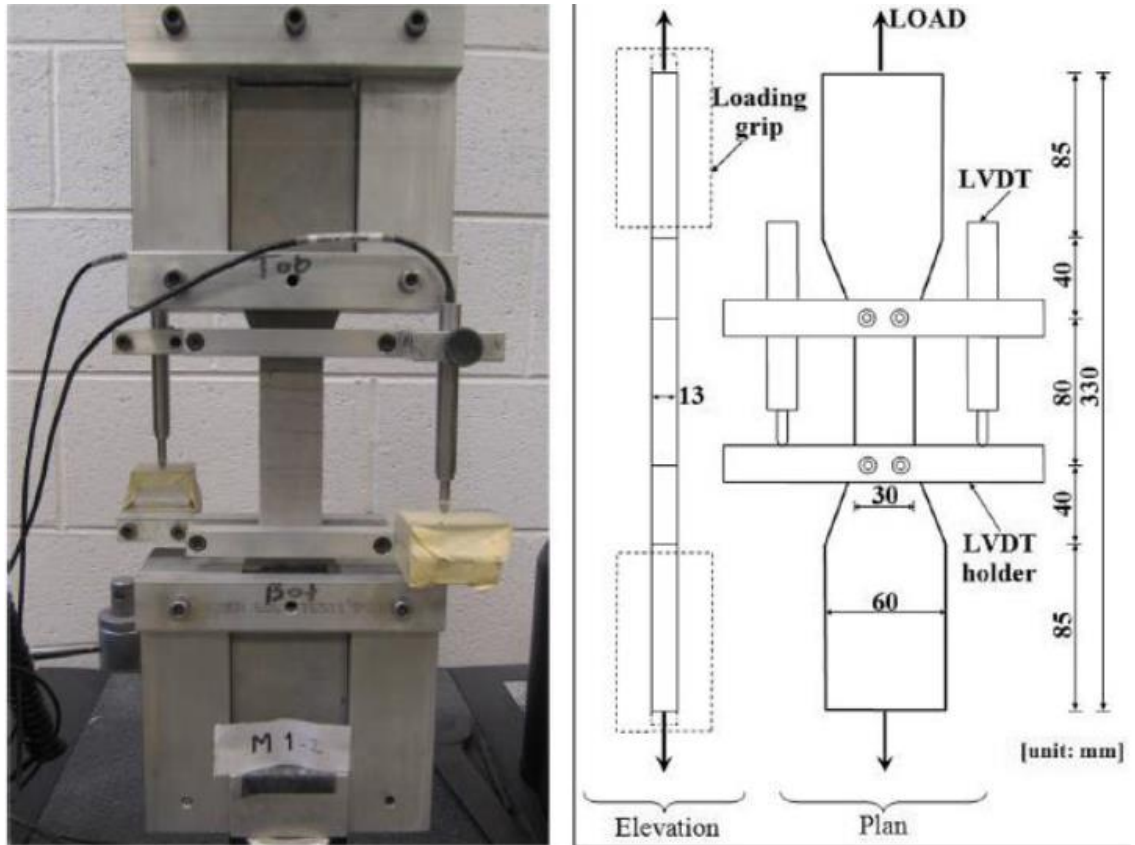
**Tabla 1.1. Estudio de la ceniza volante.**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC*. Elsevier, 536–545.

Para obtener el mezclado óptimo de los elementos, se utilizó el mezclador Hobart con una capacidad de 5 l. Todos los agregados sólidos de los especímenes fueron mezclados secos durante 2 minutos, para después mezclar el agua más sus reductores. A este mezclado se le dio 1 minuto a baja velocidad y 2 más a baja velocidad. Se realizaron dos mezclas idénticas con un 2% de fibras PVA, con la única diferencia del agregado reductor de agua (HRWRA), lo que resulta en distinto estado de fluidez de los dos elementos; esperando con esto alterar su estructura de poro y relacionar el tamaño máximo de falla entre el espécimen ECC-I y ECC-II.

Los especímenes fueron hechos en moldes para “dogbone”, vibrados y desmoldados después de 24 horas. De ahí fueron curados en cuartos de temperatura y humedad óptima ( $23^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ) por 7 días y almacenados en el cuarto de temperatura hasta la edad de 28 días.

A la edad de los 28 días se realizó la prueba de tensión, basada en la norma ASTM C109. El esquema de esta prueba es mostrado en la figura 1.3.



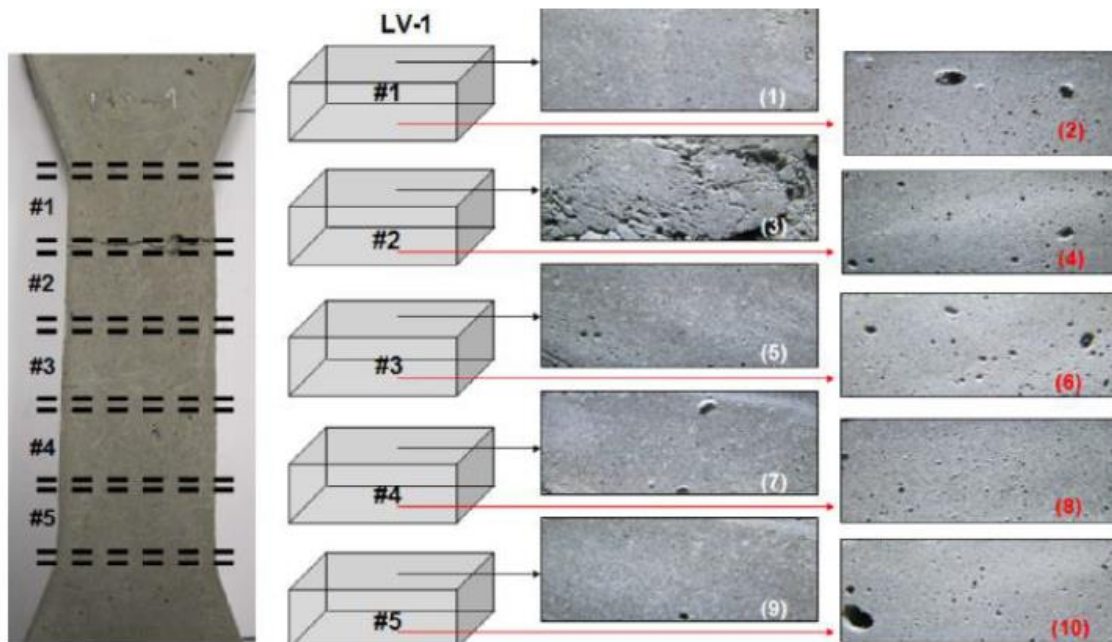
**Figura 1. 3. Esquema de la prueba de tensión utilizando especímenes "dogbone"**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC*. Esevier, 536–545.

Después del análisis de tensión se realizó el análisis de la sección transversal de los elementos, lo cual se realizó dividiendo la sección en cinco partes iguales de  $30 \times 12.7 \text{ mm}^2$  como se muestra en la figura 1.4.

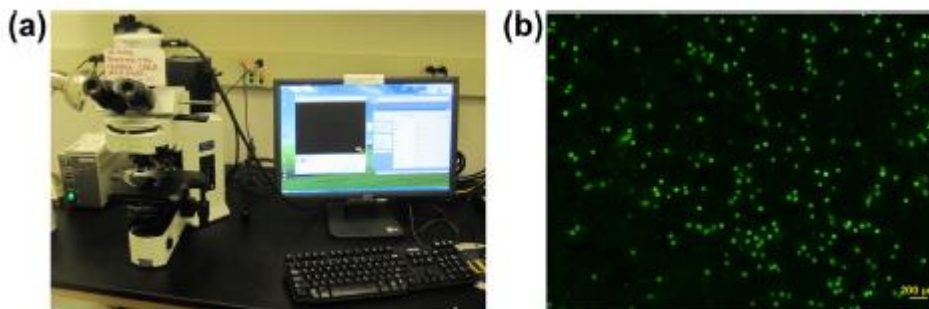
Para la determinación del coeficiente de dispersión de las fibras PVA fue necesario utilizar la técnica de microscopia por fluorescencia combinado con análisis digital de imágenes, transmisión de fotografías de rayos-X y pruebas espectroscópicas. La microscopia fluorescente combinado con el análisis de imágenes digitales fueron utilizados para detectar a las fibras polivinílicas de alcohol en el ECC y para este estudio fue utilizado para la determinación de su distribución. En la figura 1.5. se

muestra: (a) Aparato utilizado para la prueba de Fluorescencia, Olympus BX-51; y en (b) Corte transversal del espécimen, donde los puntos fluorescentes son las fibras PVA.



**Figura 1.4. Análisis transversal de los especímenes.**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Esevier, 536–545.



**Figura 1.5. Análisis para determinar el coeficiente de distribución de PVA en el ECC.**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Esevier, 536–545.

Para la determinación del coeficiente de distribución se dividió el área transversal como muestra la figura 1.6. y se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\phi(x) = \frac{\sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}}{\bar{x}}$$

Ecuacion 1. 1. Coeficiente de variación. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013)

$$\alpha_{Torigoe} = \exp[-\phi(x)]$$

Ecuacion 1. 2. Coeficiente de distribución. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013)

Dónde:

$x_i$  = es el número de fibras en la unidad de área  $i$

$\bar{x}$  = promedio de las fibras en todas las áreas

$n$  = número de áreas.

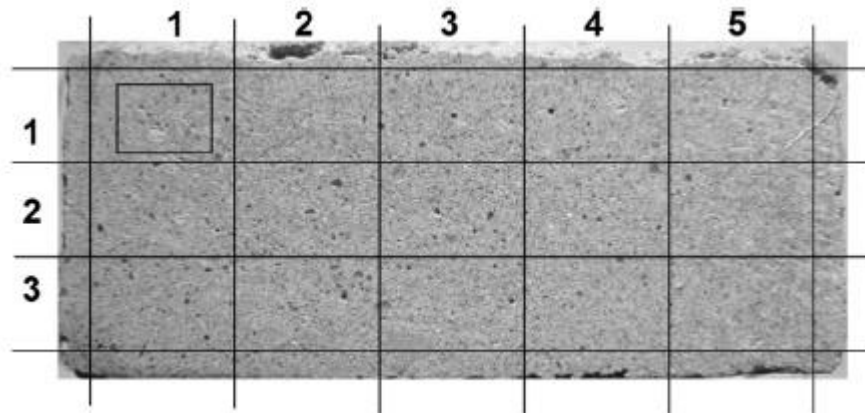


Figura 1. 6. División del área para la determinación del coeficiente de dispersión.

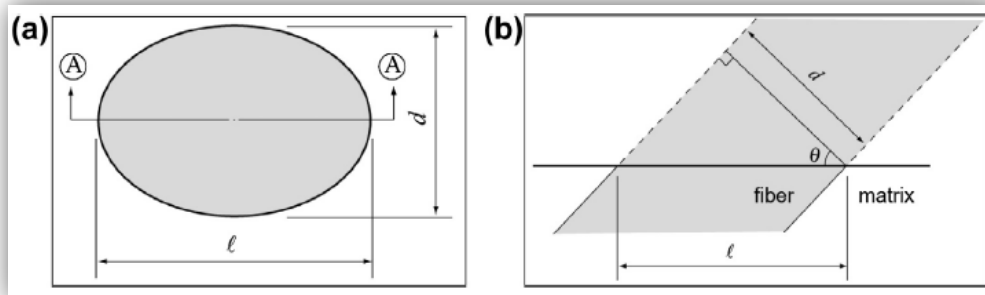
Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Esevier, 536–545.

Un coeficiente de distribución que se acerca a 1 indica que la mezcla es homogénea, mientras que un coeficiente cercano a 0 indica que la mezcla es poco homogénea. Para la prueba, el profesor Lee modifica el método, igualando el número de áreas totales al número de fibras dispersas, lo cual hace que el  $\bar{x} = 1$ ; por lo tanto el grado de dispersión de la fibra se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha_{Lee} = \exp \left[ -\sqrt{\frac{\sum (x_i - 1)^2}{n}} \right]$$

**Ecuacion 1. 3. Dispersión según Lee (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013)**

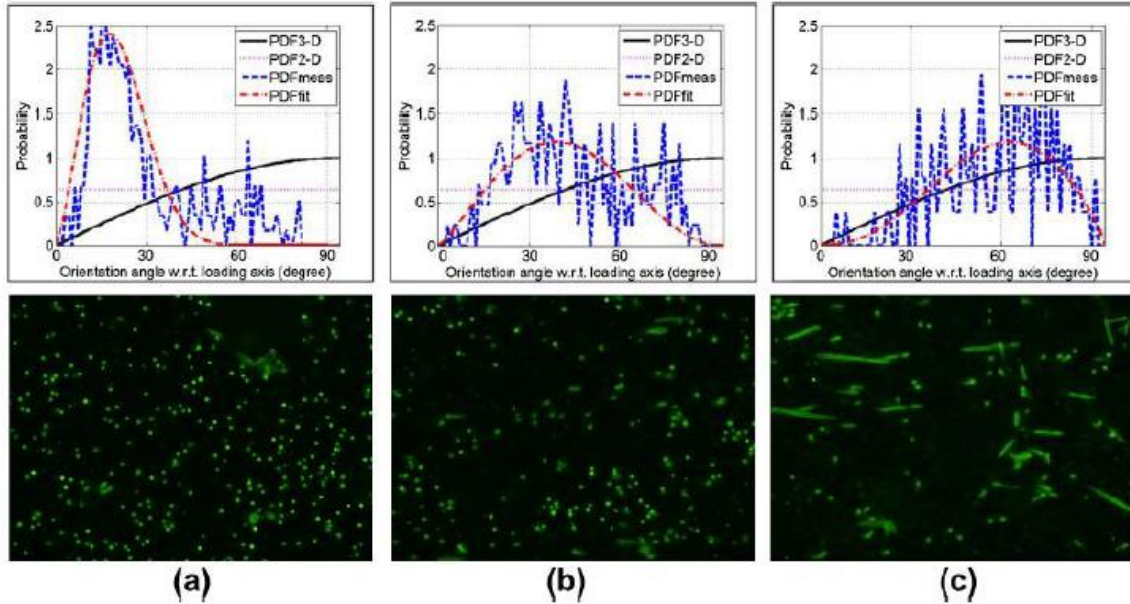
Para determinar la orientación de las fibras de PVA se utilizó geometría, lo cual podemos explicarlo de la siguiente manera; cuando se presenta un corte se proyectará una elipse, con el menor de sus diámetros igual al diámetro de la matriz y el diámetro mayor igual a  $d/\cos\theta$ , donde  $\theta$  es el ángulo que se crea con respecto a la horizontal o a la inclinación de la fibra en cuestión (figura 1.7.).



**Figura 1.7. Plano de corte de una fibra PVA.**

**Fuente:** Kamile Tosun-Felekog̃, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Esvier, 536–545.

Resultados de tres pruebas de fluorescencia, arrojan las siguientes gráficas (figura 1.8.) en las cuales se explica la distribución y orientación de las fibras PVA.



**Figura 1.8. Pruebas para orientación de fibras.**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Esvier, 536–545.

Los resultados de las pruebas a tensión de los elementos puestos a prueba después de los 28 días, resultaron diferentes para los dos tipos de mezclas de ECC (figura 1.9). En promedio, las diferencias son la siguientes; para la resistencia la tensión 6.3 MPa y 6.8 MPa, en cuanto a la ductilidad 1.42% y 1.66% resultados correspondientes al ECC-1 y ECC-2 respectivamente. Los resultados para obtener los datos de ductilidad de los elementos fueron muy variados en los experimentos (desde 0.40% hasta 2.54%) esto se podría explicar con un análisis de distribución de las fibras PVA. Resultados de las pruebas de plasman en la tabla 2.

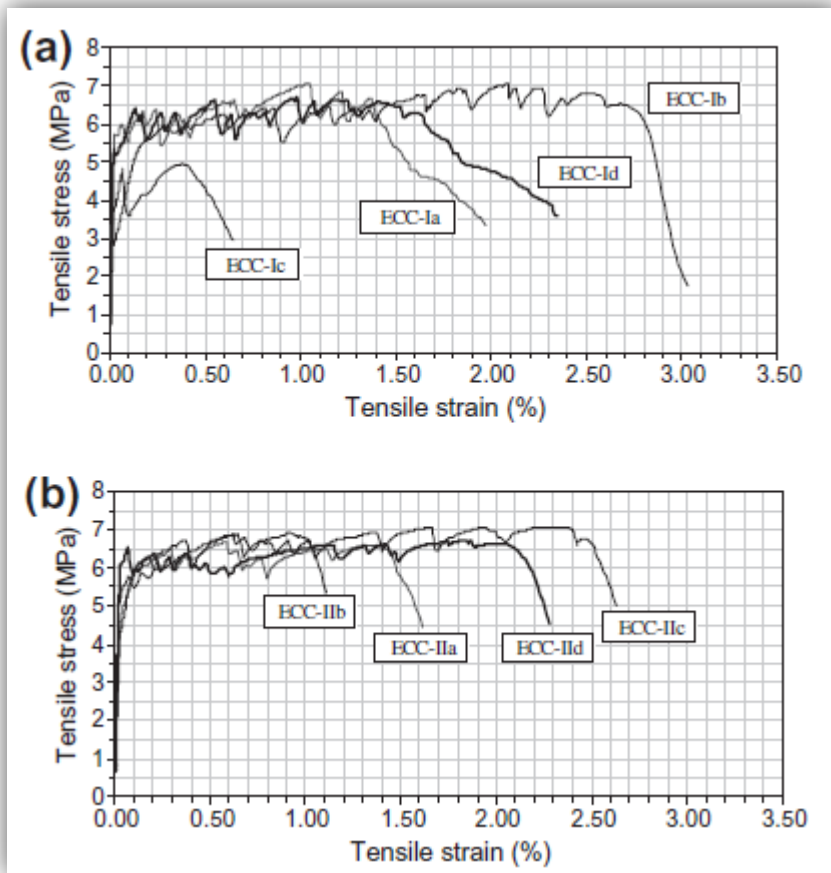


Figura 1.9. Gráficas de resultados de prueba a la tensión.

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Eсевier, 536–545.

Tensile properties of ECC-I and ECC-II specimens.

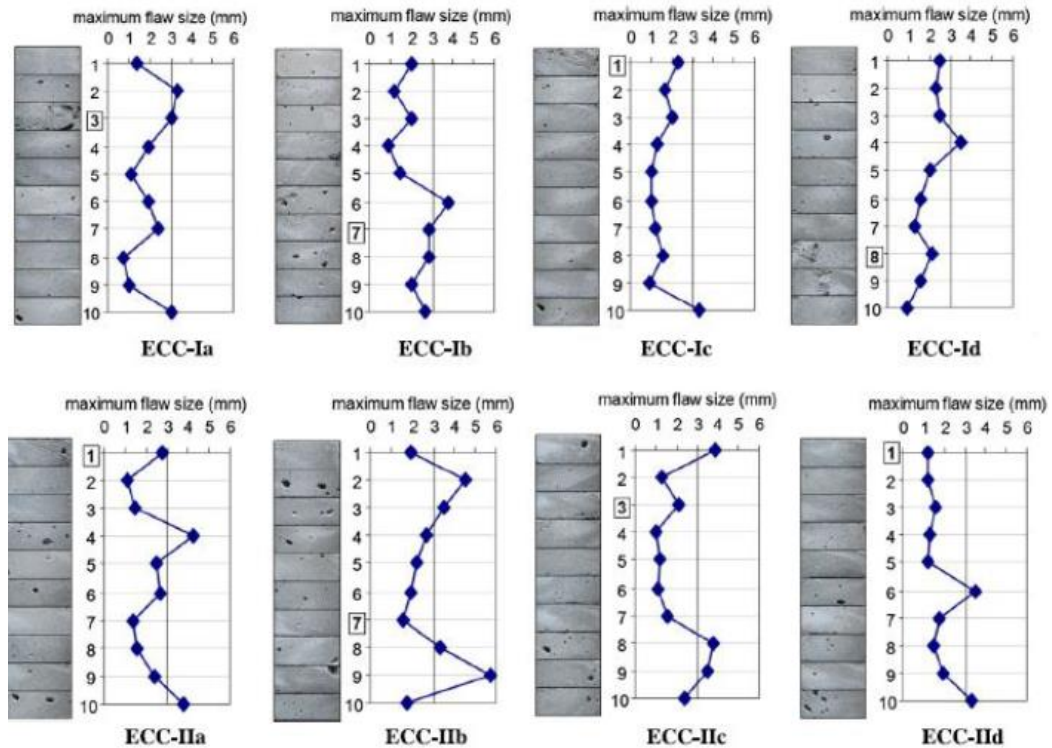
Mixture code	First crack strength (MPa)	Ultimate tensile strength (MPa)	Tensile ductility (%)	Number of cracks	Residual crack width ( $\mu\text{m}$ )
ECC-Ia	5.70	6.86	1.22	11	39
ECC-Ib	2.77	6.81	2.54	20	35
ECC-Ic	3.72	4.93	0.40	2	64
ECC-Id	5.33	6.58	1.42	21	38
ECC-I <sup>a</sup>	4.38 $\pm$ 1.38	6.30 $\pm$ 0.92	1.40 $\pm$ 0.88	18 $\pm$ 9	44 $\pm$ 13
ECC-IIa	4.54	6.59	1.36	13	38
ECC-IIb	5.31	6.90	0.93	9	80
ECC-IIc	4.33	7.08	2.29	18	53
ECC-IId	5.99	6.63	2.04	21	41
ECC-II <sup>a</sup>	5.04 $\pm$ 0.76	6.80 $\pm$ 0.23	1.66 $\pm$ 0.62	15 $\pm$ 5	53 $\pm$ 19

<sup>a</sup> average  $\pm$  standard deviation.

Tabla 1.2. Resumen de resultados

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC.* Eсевier, 536–545.

En cuanto a los resultados obtenidos de la medición de la mayor longitud de falla (ensayo realizado en 10 distintos cortes de cada uno de los especímenes) se aprecian en la figura 1.10.



**Figura 1.10. Máximo tamaño de falla.**

Fuente: Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC*. Elsevier, 536–545.

Las secciones que se encuentran encerradas en un cuadro son las secciones más cercanas a la zona de la falla. No se encontró relación entre la localización de la falla y la sección transversal donde se obtuvo la mayor medida de fallas. Esto indica que la falla máxima depende solo de la parte más débil del elemento, mas no de la sección donde se encuentra el tamaño máximo de micro falla. El resto de los resultados de todas las pruebas se pueden revisar en el artículo “*The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC*” los cuales, para fines prácticos no se colocan en este escrito.

Los resultados en estas pruebas han sido de vital importancia para la comprensión del ECC. En especial el comportamiento que causa la relación de la distribución de las fallas con la posición y distribución de las fibras PVA.

A continuación enlistaré los puntos en los cuales nos debemos enfocar para lograr el objetivo de este tema de grado:

- La ductilidad y la fuerza de tensión del ECC se encuentra fuertemente ligado a los resultados de los coeficientes de dispersión de las fibras  $\alpha_{Lee}$ . Entre mayor sea este coeficiente, mejor comportamiento a tensión presenta el elemento.
- Se encontró una relación entre la primera fuerza en la que falla el elemento y la raíz cuadrada inversa del tamaño máximo de falla en los especímenes de ECC; mientras que no se encontró relación entre la última fuerza de tensión y el tamaño de las fallas.
- Una mayor cohesión en la matriz del concreto (como la presente en el ECC-2) beneficiará en el comportamiento mecánico del elemento, debido a la estrecha dispersión de las fibras y orientación de las mismas bajo estas condiciones.
- La inclinación de las fibras en los elementos reduce significativamente su propiedad de ductilidad y resistencia a la tensión.
- La mejor forma para determinar la dispersión de las fibras en el ECC es por el método de Lee  $\alpha_{Lee}$  debido a la sensibilidad de la fórmula para la determinación de resultados más cercanos a la realidad.
- Las fibras PVA en el concreto ECC son de vital importancia para su comportamiento mecánico, aunque no descarto la posibilidad de encontrar otro material que se pueda ocupar para remplazar las propiedades de este mismo.

Para continuar con este trabajo de grado, es necesario conocer acerca de todas las propiedades del ECC, una de ellas es la propiedad de “auto regeneración”, tema que se plasmará a continuación, con el fin de conocer todos los beneficios que el ECC trae a las construcciones modernas y al mismo tiempo dar la pauta para crear un material que supere al ECC en todos los aspectos.

### 1.3.4. Auto regeneración del ECC

Como ya es conocido, el problema del agrietamiento en el concreto es de suma importancia, ya que esto repercute completamente en contra de la durabilidad de las construcciones e impide que se cumpla su vida útil. Después de años de estudio se ha tratado de dar solución a este tipo de problemas, los cuales pueden surgir por un mal colado del material, una mala dosificación, falta o ausencia de curado, así como por problemas externos, tales como los asentamientos o cargas excesivas que afecten a las estructuras. Estas grietas pueden surgir en cualquier momento de la vida de la estructura. Por lo anterior, las grietas han sido un punto muy importante en la historia de investigaciones al concreto, ya que siempre se ha buscado la clave para que no sucedan y/o para repararlas. Experimentos científicos han comprobado que las grietas en materiales cementantes pueden llegar a sellarse a lo largo de mucho tiempo y en casos extremos los materiales pueden ser completamente auto reparados.

Los diversos estudios que se han realizado para el análisis de auto reparación de los materiales tomaron en cuenta diversos aspectos que pueden afectar o ayudar a esta propiedad, tales como la temperatura, el pH, la presión del agua, el ancho de las grietas, etc.

En este apartado se plasmarán los experimentos realizados por el profesor Li junto con su equipo de investigadores, estudios que se encuentran publicados en la revista Cement and Concrete Reserch; tratando de ser breve se expondrán los resultados para lograr conclusiones que servirán para formular hipótesis acertadas y lograr resultados positivos en nuestro trabajo.

A lo largo de todos los estudios realizados, se han tratado de dar solución a la auto reparación del concreto con temas como la expansión del concreto en las caras de la grieta, cristalización<sup>3</sup> (carbonatación del calcio), sellar la grieta con impurezas en el agua, sellar la grieta con partículas perdidas del mismo concreto; pero estudios recientes

---

<sup>3</sup> La cristalización es el proceso por el cual partir de un gas, un líquido o una disolución, los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina.

indican que la parte fundamental para lograr la auto regeneración del concreto en grietas es la cristalización del carbonato de calcio (Yingzi Yang, 21 January 2009).

Como ya se ha mencionado, el ECC es un material altamente dúctil, con el contenido de fibras PVA del 2 % normalmente, tal capacidad, permite que se generen grietas muy estrechas, cerca de las 60 micras, antes de fallar; es por esto que la capacidad de la auto regeneración del ECC se puede dar.

La capacidad del ECC de mantener micro fisuras se debe a que las grietas no incrementan su ancho, en lugar de esto las grietas incrementan a lo largo indefinidamente; esto provee en el ECC una capacidad de controlar su agrietamiento, independientemente del acero de refuerzo y las dimensiones de la estructura. Con todas estas características, es fácil llevar al laboratorio casos verdaderos de grietas en el ECC, con solo aplicar la fuerza a tensión en el elemento, las micro fisuras aparecen para su posterior análisis; de manera distinta que con el concreto tradicional o concretos reforzados con fibras, en las cuales se debe llevar un sistema riguroso de cuidados y control.

Existen muchos métodos por los cuales se ha probado el concreto tradicional para el proceso de auto regeneración, mientras que para el ECC se encuentran limitados, especialmente los referentes a la exposición al medio ambiente, tales como la acción del sol, del viento, de la lluvia, lluvia acida<sup>4</sup>, acción del congelamiento y deshielo, ataque de sulfuros y cloruros. En este apartado se plasmarán los experimentos realizados por el profesor Lee y su equipo, tema expuesto en la revista “Cement and Concrete Research” en el cual se estudia al ECC a los seis meses de edad bajo procesos de humedad y secado, para acelerar el proceso y simular el proceso de deterioro ambiental. El espécimen puesto a prueba se sometió a cargas a tensión para generar daños en él. La auto regeneración del elemento fue monitoreada por sus cambios de frecuencia de resonancia.

---

<sup>4</sup> La lluvia acida se forma cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre y el trióxido de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctrica, calderas de calefacción y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo que contengan azufre. Al combinarse estos gases con el agua de lluvia forman ácidos y al precipitarse forman la lluvia acida.

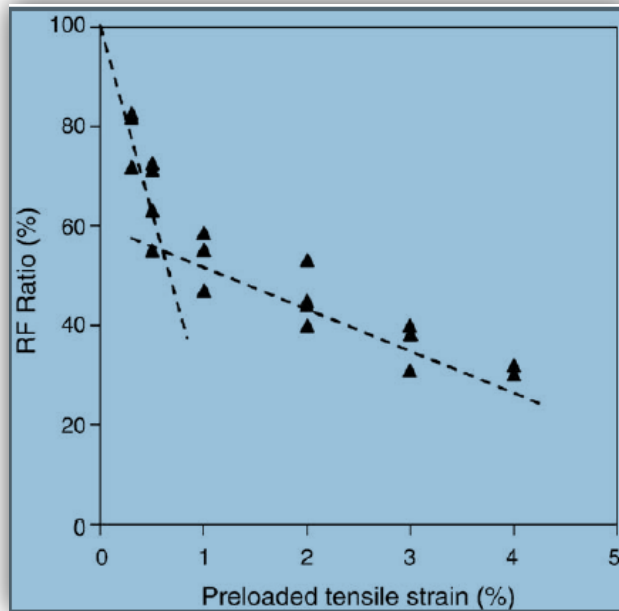
En el experimento fueron ocupados tres formas de medición para llevar un control adecuado y exacto de los resultados, estos son: medición de frecuencia de resonancia, prueba a la tensión uniaxial y pruebas de permeabilidad del elemento.

La medición de resonancia se llevó a cabo basada en la norma ASTM C215<sup>5</sup>, método relativamente sencillo para medir la extensión y velocidad de la auto regeneración del elemento, para esta prueba se prepararon especímenes de 230 mm por 76 mm por 13 mm.

Estudios preliminares mostrados en la publicación “*Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet–dry cycles.*” el autor Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009), indican que existe una relación entre el valor de frecuencia de resonancia y el incremento de daño de micro grietas en el ECC, esta relación es debido a la naturaleza del comportamiento en el material; mientras se incrementa el número de grietas, también incrementa el valor de la fuerza de tensión, así mismo la fuerza de tensión hace que la las grietas aumenten en cantidad, manteniendo casi constante el ancho de ellas. Esto resulta en un decremento de valores de frecuencia de resonancia y un decremento gradual de las fuerzas de tensión (figura 1.11)

---

<sup>5</sup> Standard Test Method for Fundamental Transverse, Longitudinal, and Torsional Resonant Frequency of Concrete Specimens



**Figura 1.11. Relación de resonancia con resistencia a la tensión.**

**Fuente:** Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles. Cement and Concrete Research, 382–390.*

En la figura 1.11, el “RF Ratio %” representa la frecuencia de resonancia a cualquier fuerza de tensión, comenzando desde cero que representa el espécimen del ECC “virgen” o sin carga aplicada. De esta manera, el cambio de frecuencia de resonancia en el elemento sirve para medir el incremento en el daño y el grado de regeneración del mismo después de ser sometido a ciclos para su regeneración.

La prueba de tensión uniaxial fue utilizada para medir la calidad de auto regeneración del ECC, con lo cual se logró medir la recuperación de sus propiedades mecánicas ante cargas aplicadas a tensión. Se prestó mayor importancia a la medición de la resistencia a la tensión, su capacidad de deformación y su rigidez.

Para la prueba de permeabilidad de agua se utilizaron dos pruebas, la prueba de permeabilidad con carga variable (para especímenes con baja permeabilidad) y con carga constante (para especímenes con permeabilidad muy alta); descritos en la figura 1.12 (a) y (b) respectivamente.

El coeficiente de permeabilidad  $k$  se determinaron con las siguientes fórmulas<sup>6</sup>:

**Ecuación 1.1. Coeficiente de permeabilidad con carga variable. (Yingzi Yang, et.al. 2009).**

$$k = \frac{a \cdot L}{A \cdot t_f} \cdot \frac{h_0}{h_f}$$

**Ecuación 1.2. Coeficiente de permeabilidad con carga constante. (Yingzi Yang, et.al. 2009).**

$$k = \frac{V \cdot L}{A \cdot h_0 \cdot t_f}$$

Dónde:

$a$  = área del tubo vertical.

$L$  = espesor de la muestra en la dirección del flujo.

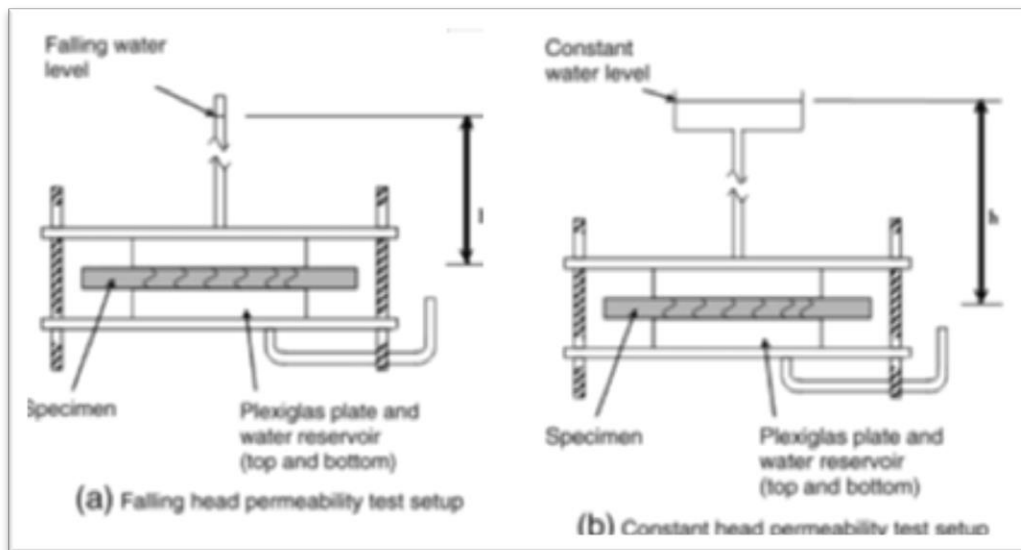
$A$  = sección transversal en la materia en dirección del flujo

$t_f$  = duración de la prueba

$h_0$  = carga hidráulica inicial

$IC$  = carga hidráulica final

$V$  = volumen de líquido pasa a través de la muestra durante el ensayo.



**Figura 1.12. Pruebas de permeabilidad.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. Cement and Concrete Research, 382–390.

<sup>6</sup> Estas ecuaciones se encuentran en el estudio: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. Cement and Concrete Research, 382–390.

La prueba de permeabilidad que se utilizó fue para analizar la propiedad de auto regeneración del ECC después de ser expuesto a ciclos de humedad y secado.

Los experimentos de basan en dos ensayos cíclicos de humedecimiento y secado, el primero (CR1) consiste en sumergir el elemento en agua a temperatura de 20 °C por 24 horas y secado en laboratorio a  $21 \pm 1$  °C también por 24 horas; estos ensayos se realizaron de esta manera para simular el efecto de los días lluviosos y días soleados. El segundo ciclo (CR2) consiste en sumergir el elemento en agua a 20 °C por 24 horas, posteriormente el secado en horno a 55 °C por 22 horas y finalmente llevado a una temperatura, con solo contacto al aire, de  $21 \pm 1$  °C durante 2 horas; ciclo llevado a cabo para simular los días lluviosos y días calurosos.

La mezcla del ECC utilizada se presenta en la tabla 3. El elemento puesto a prueba para este experimento presentó una capacidad de deformación de un 3% y una constante de ensanchamiento de grietas de 60 micras. Las propiedades de los materiales usados fueron: concreto CPO tipo 1, arena con tamaño de 110 micras (promedio), ceniza volante tipo F suministrada por Boral Materials Technologies, PVA de 12 mm Kuralon-II REC-15 suministrado por Kuraray Company y policarboxilato reductor de agua de alto rango suministrado por W.R. Grace & Co. Todos los especímenes se prepararon en un mismo lote y mezclados en una mezcladora Hobart. La mezcla fue colada en moldes y cubierta con plástico, se desmoldaron después de 24 horas. Los especímenes se dejaron curar en condiciones de laboratorio y en condiciones de humedad y temperatura adecuadas durante 6 meses. La resistencia a compresión del ECC fue alrededor de los 60 MPa a la edad de los 28 días.

Mix proportions of ECC.

Materials	Cement	Aggregate	Fly ash	Water	HRWR	Fiber
Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	578	462	694	319	17	26

**Tabla 1.3. Proporción de materiales del ECC para experimento de auto regeneración.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. Cement and Concrete Research, 382–390.

Los especímenes fueron cargados a fuerzas de tensión uniaxial de diferentes niveles, variando desde el 0.3% a 3%, a la edad de los 6 meses. Durante la descarga, una pequeña cantidad de grietas cerraron un 15% debido a esto, las grietas fueron medidas y cuantificadas después de ser completamente descargados los elementos. La tabla 4 muestra los resultados de las grietas en dos especímenes y las medidas de calibre máximo de grieta. Después de ser sometidos a fuerzas de tensión, los elementos fueron sometidos a diez ciclos de humedad y secado, los ya antes expuestos (CR1 y CR2).

Crack characteristics of pre-loaded ECC.

Tensile strain (%)	Number of cracks	Maximum crack widths ( $\mu\text{m}$ )
3	39	90
2	27	60
1	15	60
0.5	7	70
0.3	5	50

**Tabla 1.4. Resultados de grietas en especímenes pre cargados.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

En el proceso del experimento también se analizó otro espécimen con una sola variante en su mezcla, en esta solo se colocó un 0.5% de PVA y todos los agregados mencionados anteriormente en la tabla 3; al igual que los otros especímenes fue pre cargado a tensión para generar una sola grieta que se mantuviera menor a 300 micras.

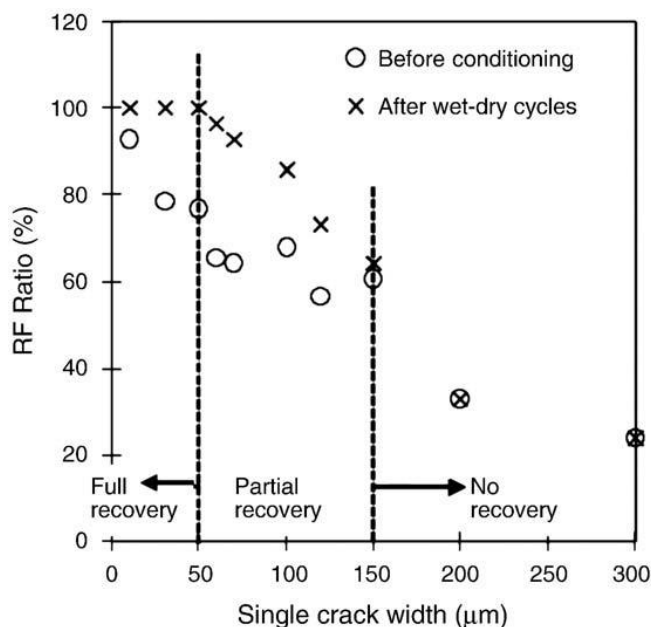
Los resultados de las pruebas realizadas a los especímenes de una sola grieta se muestran en la figura 1.13, antes y después de someterlos a los ciclos de humedad y secado, comenzando por los resultados de las resonancias<sup>7</sup> de frecuencia con un espécimen virgen (sin grietas). Así podemos observar que un resultado de 100 en la prueba de resonancia es el 100% de recuperación en el material.

Se puede observar en la figura 1.13 la recuperación del material después de la exposición de 10 ciclos humedad y secado, en las grietas que son menores a 50 micras<sup>8</sup>, la recuperación es satisfactoria al 100% mientras que con el incremento del calibre de

<sup>7</sup>Fenómeno que se produce al coincidir la frecuencia propia de un sistema mecánico, eléctrico, etc., con la frecuencia de una excitación externa.

<sup>8</sup> Unidad de longitud equivalente a la millonésima ( $10^{-6}$ ) parte del metro (0,001 mm).

las grietas, mayores a 150 micras, se puede observar que la auto regeneración se complica y por el mismo motivo los resultados de las pruebas de resonancia decrecieron y se mantuvieron sin variación incluso después de aplicar los ciclos de humedad y secado.



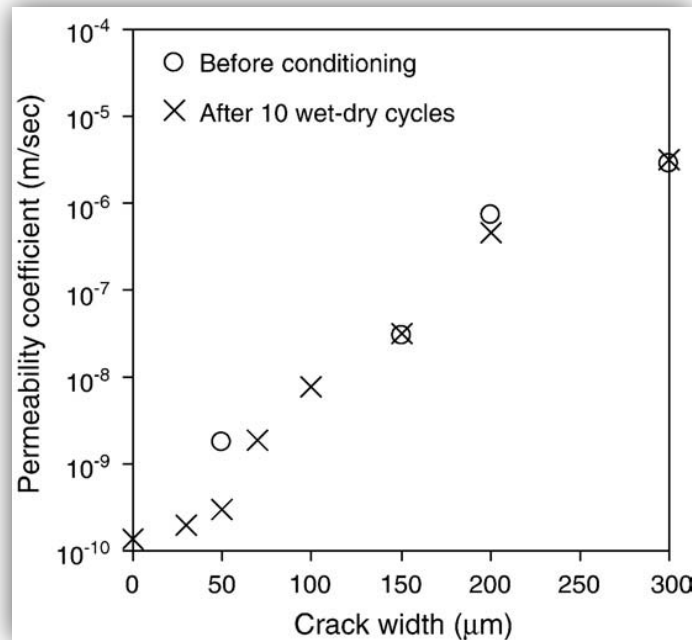
**Figura 1.13. Resultados de RF al espécimen de una sola grieta.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

De la mano con las pruebas anteriores, también se tomó control de los mismos especímenes llevados a la prueba de permeabilidad, después de los diez ciclos de humedad y secado (figura 1.14), en los que se pueden observar los resultados de los coeficientes de permeabilidad de los mismos. Así mismo podemos observar que los valores de permeabilidad en los elementos con grietas menores de 50 micras son idénticos a los valores de permeabilidad del material virgen. Y de se puede observar en la gráfica que al incrementar el calibre de la grieta, el coeficiente de permeabilidad también es incrementado.

Debido a los resultados de estas dos pruebas se puede inferir que el ECC puede auto regenerarse cuando presente grietas menores a 150 micras y preferentemente inferiores a 50 micras, con mínimo diez ciclos de humedad y secado en el medio ambiente, lo cual es mucho mayor que lo que podrá lograr cualquier concreto

tradicional e incluso reforzado con otras fibras. Así que al utilizar el ECC con un control de grietas adecuado podemos cumplir requerimientos rigurosos para procesos constructivos especiales y con requerimientos especiales en cuanto a durabilidad de materiales.

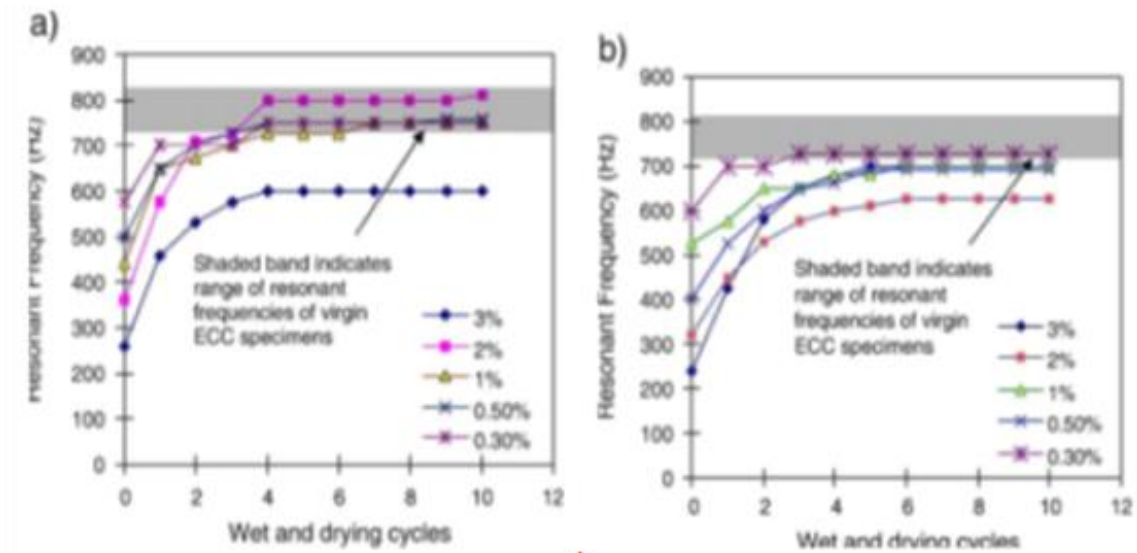


**Figura 1.14. Resultados de permeabilidad en especímenes de una sola grieta.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

En cuanto a los especímenes realizados con las proporciones de materiales normales de mezcla en el ECC, las pruebas de resonancia en todos los especímenes pre cargados demuestran que se recuperan gradualmente bajo los ciclos de humedad y secado. En la figura 1.15 se aprecia una línea sombreada, la cual representa los resultados del elemento en estado virgen que ha sido sometido a los mismos ciclos de humedad y secado que los otros especímenes. La frecuencia de resonancia se estabilizó después de 4 ó 5 ciclos de humedad y secado. Los especímenes sujetos a una alta tensión presentaron un bajo valor en la prueba de resonancia, debido a que en estos el

calibre de las grietas es mayor, estos especímenes presentaron el menor valor de recuperación después de los diez ciclos de humedad y secado.

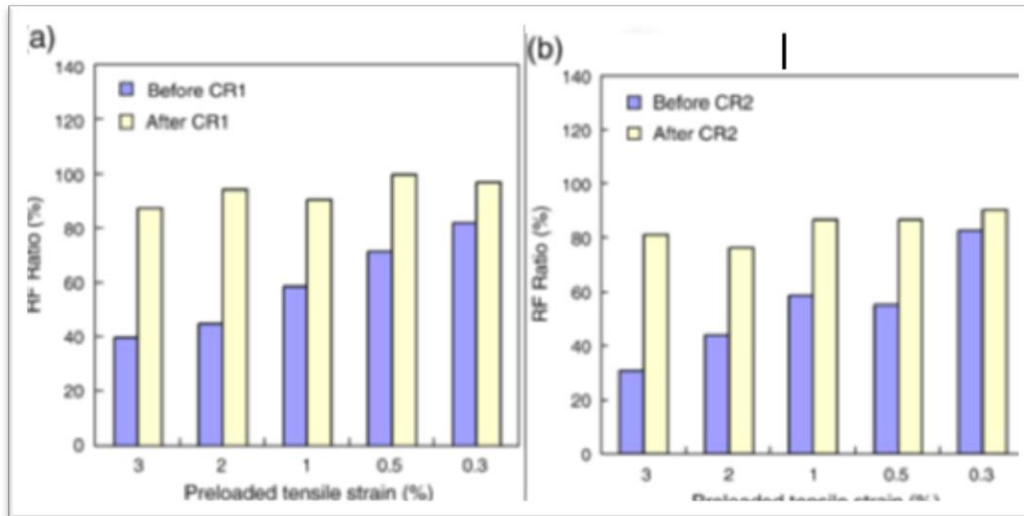


**Figura 1.15. Resultados de RF al ECC.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

Los resultados de las pruebas arrojan que los grados de regeneración ante la prueba de RF en los especímenes de ECC puestos a prueba con CR1 (figura 1.16.a) son del 40 % para especímenes cargados a una deformación de 0.3%, mientras que para los elementos cargados a 3% de deformación, la recuperación es de un 82% y después de los ciclos de humedad y secado los resultados incrementan a 87%-100%. Mientras que para las pruebas con CR2 (figura 1.16.b) los resultados caen a un 31% (en especímenes a 3% de deformación) a 83% (en especímenes cargados a 0.3%) antes de someterlo a las condiciones. Después de los ciclos, los rangos de RF incrementan a 77%-99%.

Comparando los resultados de los experimentos CR1 y CR2 se puede observar claramente que la regeneración del material en el caso de CR2 es menor que en el caso de CR1, esto debido a la baja formación de producto que regenera el concreto dentro de la grieta.



**Figura 1.16. Comparativa de rangos de RF.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

Se pudo observar una clara relación entre la fuerza que se les aplicó a los elementos a tensión (antes de los ciclos) y la regeneración de las grietas en ellos; cuando se aplicó una fuerza para deformación del 0.5% los resultados de la prueba RF mostraron solo 18% y los precargados al 3% de deformación mostraron en la prueba RF el 60% (datos tomados antes de los ciclos). Y una vez que los elementos fueron expuestos a los ciclos, se observó en los elementos precargados al 0.5% de deformación una recuperación del 100%, mientras que en los cargados al 3% una recuperación del 87% de la frecuencia inicial. Esto indica que cuando el número de grietas incrementa, el rango de recuperación también aumenta. Es decir, a mayor cantidad de distribución de las grietas incrementa la posibilidad de reparación total del elemento.

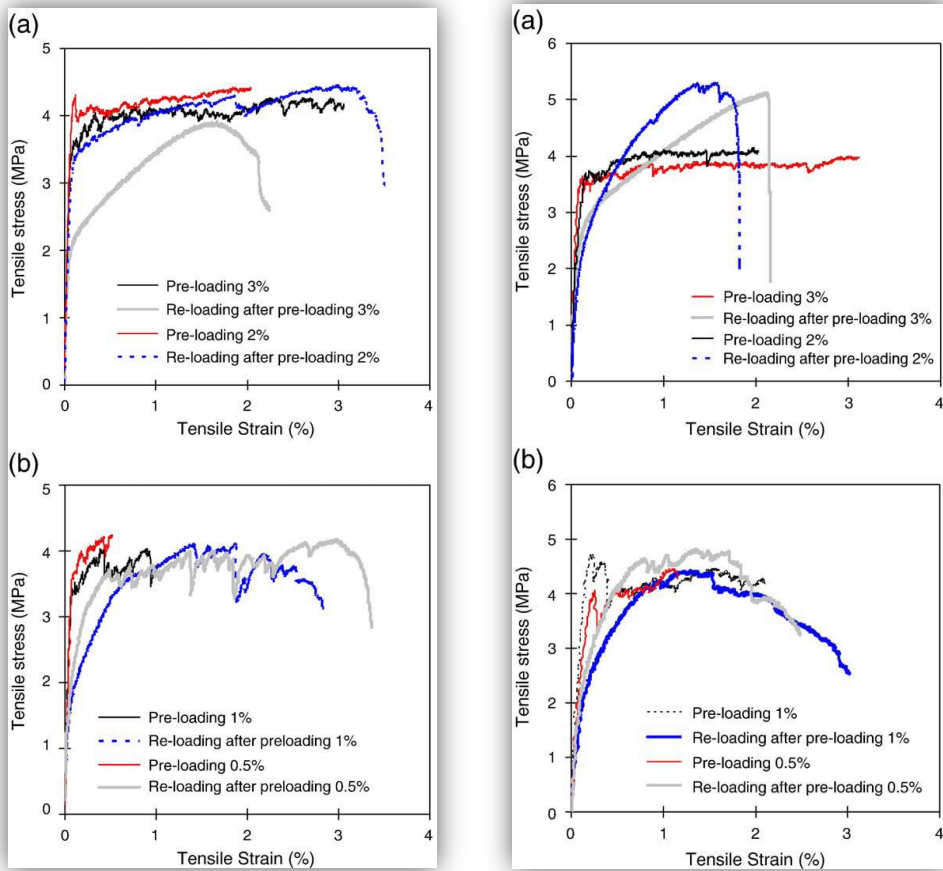
Mientras que en la prueba de tensión aplicadas a los elementos antes y después de los ciclos de regeneración (CR1 y CR2) (figuras 1.17 y 1.18) muestran en la prueba CR1, la primer fuerza de agrietamiento de casi todos los elementos después de su regeneración se encuentra por debajo de la primer fuerza de agrietamiento en el elemento virgen; la capacidad de deformación de los elementos después de los ciclos de recuperación para estos especímenes fue entre 1.7% y 3.1%. Para los elementos puestos a prueba con CR2, nuevamente permanece por debajo la fuerza de agrietamiento

primaria comparada con la fuerza de agrietamiento primaria del elemento virgen, en esto elementos, la capacidad de deformación después de los ciclos de recuperación se encontró entre 0.8% a 2.2%. Por otra parte, la fuerza final en los elementos recuperados después de sus ciclos CR1 y CR2 fue mayor que la fuerza final de los elementos precargados, especialmente en aquellos elementos precargados entre 2 y 3%.

En la figura 1.19 se observan los resultados que se obtuvieron de someter a un elemento de ECC a tensión, precargando el elemento al 3% y descargarlo, para inmediatamente volverlo a cargar sin incluir los ciclos de humedad y secado. Como es de esperarse los resultados arrojan una diferencia muy grande al inicio de la carga, debido a que al ser recargado, en el elemento precargado ya existían grietas y estas se vuelven a abrir al ser recargado. Así, se suman a las anteriores grietas, nuevas grietas que ofrecen un poco más de resistencia.

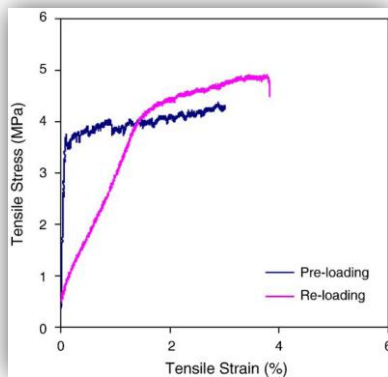
Comparando los resultados en las figuras 1.17, 1.18 y 1.19 en cuanto a la rigidez se refiere, podemos observar que existe una recuperación de rigidez significativa en los especímenes que fueron sometidos a pruebas de humedad y secado. Esto quiere decir que el ECC no solo rehabilita la grieta, sino que también rehabilita las propiedades de rigidez del material ante fuerzas de tensión.

La micro estructura de las grietas formadas en el ECC antes y después de auto regeneración se muestran en la figura 1.20 (a y b respectivamente). En la figura 1.20b podemos observar la aparición de un material blanco que se presenta en la grieta, análisis de este material resulta en determinar que la mayor parte de este producto son cristales de carbonato de calcio.



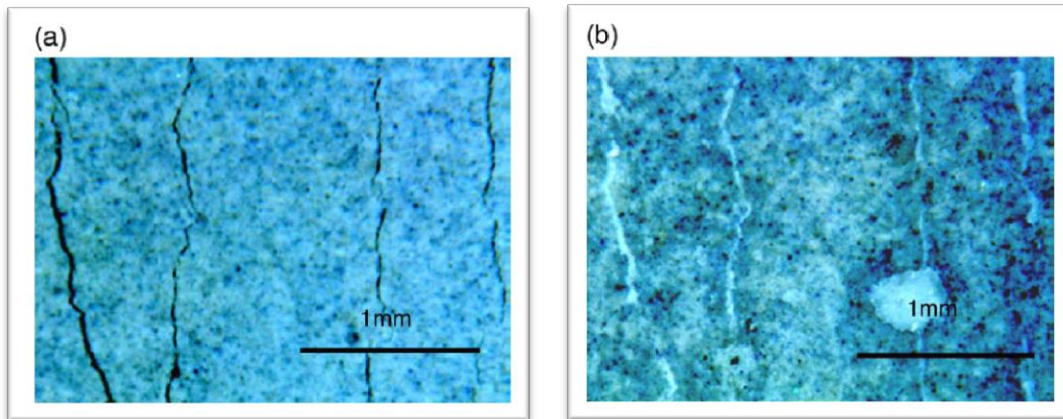
**Figura 1.17. Resultado de pruebas 2.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.



**Figura 1.18. prueba de tensión a elemento cargado, descargado y vuelto a cargar sin ciclos de humedad y secado.**

Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.



**Figura 1.19. Micro grietas del ECC antes y después del ciclo de humedad y secado.**  
Fuente: Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). *Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles*. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

Los estudios realizados nos pueden dar pautas a tres principales aspectos del material (ECC). Principalmente, que la utilización de este material puede ser benéfica para mejorar la auto sanación o auto regeneración de elementos con ayuda del diseño con micro grietas controladas. Segundo, se comprueba que la auto reparación del material es total, es decir, se regenera con sus propiedades físicas y mecánicas. Tercero, la utilización de la prueba de frecuencia de resonancia, se ha utilizado como una prueba no destructiva en el concreto solamente para determinar el nivel de daño causado por las grietas. Basado en los estudios químicos de las grietas se encontró con presencia de cristales de calcio, lo cual deja un amplio rango de estudio en el material.

Otras observaciones pueden ser determinadas con este estudio. Las grietas de los elementos se deben controlar y no deben exceder 150 micras para ser auto regeneradas y preferente mente deben estar por debajo de las 50 micras para hacer más efectiva la auto regeneración; se necesitan de 4 a 5 ciclos de humedad y secado para llegar a la regeneración total de los elementos; existe una gran relación entre el incremento de grietas y el incremento deformación del elemento; los efectos de temperaturas elevadas puede ser la clave en el incremento de resistencia final y a su vez lo que genera la caída de su capacidad de deformación.

## CAPITULO 2. APLICACIÓN DEL ECC EN CONSTRUCCIONES

Las propiedades físicas y mecánicas del material han permitido utilizarlo para distintos fines; el emplear ECC en construcciones civiles puede verse costoso, ya que su precio rebasa el del concreto tradicional, pero si se analiza profundamente los costos reducen al largo del tiempo, ya que su costo por mantenimiento se reduce e incluso el costo inicial en algunas construcciones, gracias a sus propiedades puede servir para Elementos Amortiguadores en Edificios (EAE)<sup>9</sup> que contrarresten los efectos de sismos.

En la actualidad ya existen construcciones empleando este material, estas construcciones incluyen la implementación de elementos construidos a base de ECC como lo puede ser las carpetas de concreto para puentes, elementos amortiguadores, muros de retención, canales de riego, cubiertas para presas. En este capítulo se enlistaran algunas construcciones utilizando ECC.

En la tabla 2.1 podemos observar la relación de los usos del material y requerimientos para distintas estructuras.

		UTILIZACIÓN DEL ECC.								
		PROPIEDADES MECÁNICAS		APROVECHAMIENTOS DE LA MULTIFISURA				FUNDAMENTALES		
		CAPACIDAD DE TENSIÓN	FATIGA	ALARGAMIENTO EN GRIETA	PROTECCIÓN CONTRA PENETRACIÓN DE SUBSTANCIAS	ESTÉTICA	MINIMIZACIÓN DE REPARACIÓN	DURABILIDAD	CONTRACCION	EROSIÓN
CARPETAS DE CONCRETO PARA PUENTES		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ELEMENTOS AMORTIGUADORES		<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SUPERFICIES AUTOREPARADORAS	DIQUES			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CANALES DE RIEGO			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	MUROS DE RETENCIÓN			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	ACUEDUCTOS		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

**Tabla 2. 1. Relación usos-especificación.  
Elaboración propia.**

<sup>9</sup> Los Elementos Amortiguadores en Edificios (EAE) se utilizan principalmente para disipar y distribuir las fuerzas en las edificaciones causadas por agentes destructores externos, tales como sismos o viento.

## 2.1. Aplicaciones en Japón del ECC

Aplicaciones recientes del material en Japón toman ventaja de las características nombradas en la tabla 2.1 estas aplicaciones incluyen:

- La utilización del concreto en carpetas para puentes en donde el elemento se encuentra sometido a fuerzas a tensión.
- Amortiguadores de concreto para edificios, en donde los elementos absorben fuerzas de vibración durante terremotos, adicionando a esto la minimización de reparaciones en el edificio.
- Para la reparación de diques y canales de irrigación, así como para aportar propiedades de impermeabilizante.
- Para la reparación de muros de retención deteriorados por la acción de silicatos así como para la recuperación de su apariencia estética.
- Para la reparación de viaductos.

### 2.1.1. Carpetas para puentes utilizando ECC

Gracias a las propiedades del ECC se ha logrado hacer elementos, que en su combinación con placas de acero, pueden soportar fuertes cargas a tensión con secciones más reducidas comparándolas con las secciones que se necesitan con el concreto tradicional.

En la figura 2.1. se puede observar el puente de Mihara Ojashi en Hokkaido, Japón, con una longitud de 972 m y un claro central de 340 m (Mitamura, 2005)



**Figura 2. 1 Puente Mihara.**

En el puente Mihara se utilizó el concreto ECC a modo de remplazar la carpeta con la que ya contaba, con el fin de aumentar su resistencia a la tensión; la carpeta que se colocó es de 4 cm. De igual forma se aumentó la capacidad de carga del puente y a su vez la resistencia a la fatiga de los elementos de acero del mismo.

En el proceso constructivo se determinó necesario contar con unas placas o espigas que aseguraran la unión entre la estructura de acero y la carpeta de concreto ECC. En la figura 2.2 se muestran las placas de unión.



**Figura 2. 2. Placas de unión en puente.**

El concreto fue premezclado en plantas y trasladado al sitio por camiones mezcladores y sujeto a un segundo proceso de mezclado en el sitio; cada día se llevó registro de colado obteniendo un promedio de 30 m<sup>3</sup> por día, hasta llegar a un total de 800 m<sup>3</sup> al culminar la obra. El proceso de colocación es el mismo que se emplea en el concreto hidráulico convencional, en la figura 2.3 se muestra la forma en la que se llevó a cabo el colado de la carpeta de concreto ECC en el puente (Fukuda, 2004).

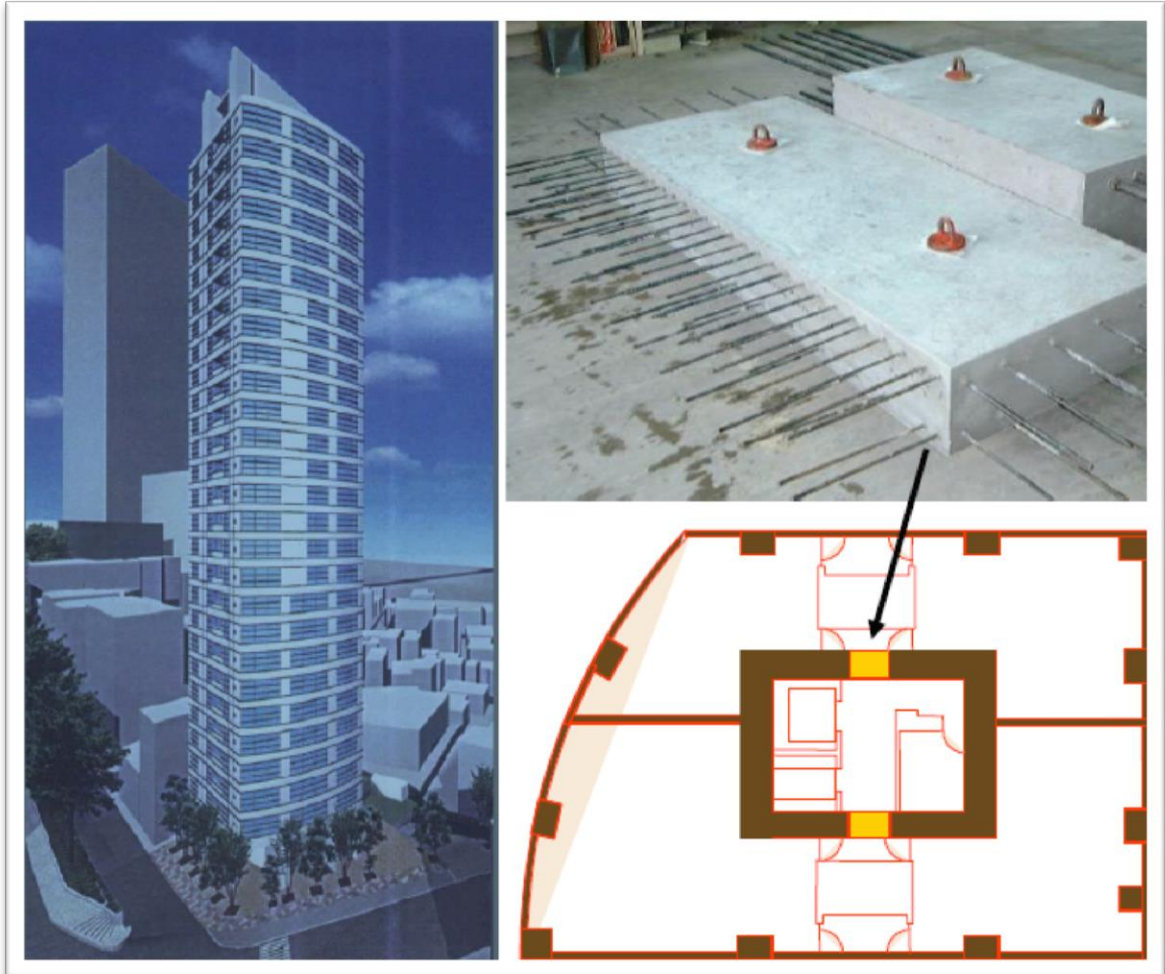


Figura 2.3. Colado en puente Mihara.

### 2.1.2. Aplicación del ECC para amortiguadores en estructuras de concreto

Otra aplicación que se ha derivado del ECC es en la implementación de elementos amortiguadores contra terremotos y sismos en edificios; la utilización del ECC con estructura de acero como refuerzo del mismo, aporta gran capacidad de disipación de energía en la estructura cuando ésta sufre sobre cargas de esfuerzos.

Un ejemplo de la utilización de estos elementos constructivos es en edificios en Tokio y Yokohama en los años 2004 y 2005 respectivamente. En la figura 2.4 se muestra la aplicación de estos elementos (Maruta, Kanda, Nagai, & Yamamoto, 2005).



**Figura 2. 4. Aplicación ECC amortiguador.**

Estos elementos son colocados de manera precisa en los marcos importantes de rigidez de los edificios de gran altura, aportando dos grandes taras, el disipar la energía durante los terremotos y sismos, así como también el minimizar los daños causados por los mismos y de esta manera disminuir los altos costos por reparación en las estructuras.

Para poder llevar a cabo la correcta construcción de estos elementos, fue necesario la aplicación de un diseño minucioso, ayudándose por especímenes realizados a escala 1 / 2.5 se llegó a los resultados que los elementos construidos en base de ECC con alma de acero cuentan con grandes capacidades de deformación y micro grietas

(más pequeñas que 0.3 mm después de los ciclos de sobre carga) que ayudan a la correcta disipación de energía.

### 2.1.3. Utilización del ECC en la reparación para caras de diques y presas

Otro modo de aprovechar las propiedades del ECC en construcciones civiles es en la implementación de obras de reparación para caras de concreto de diques y presas; en lo cual actúa la capacidad impermeable del ECC ya que su tipo de micro facturas impide el paso del agua en el elemento.

En Hiroshima, Japón, en la presa de Mitaka se aplicó una cubierta de ECC en la cara aguas abajo de la cortina; con un espesor entre 30 mm el concreto fue lanzado y reforzado por anclas con separación de 1.5 m<sup>2</sup>; posteriormente, en 2003 30 m<sup>3</sup> de concreto ECC fueron lanzados a la superficie de 500 m<sup>2</sup> de la cara aguas arriba de la cortina; los trabajos ejecutados en la presa dieron como resultado la reducción de su permeabilidad, incrementando el nivel de aguas de 33 m a 44 m aproximadamente. En la figura 2.5 se muestra la presa Mitaka y el la ejecución de los trabajos (Kojima S., 2004).

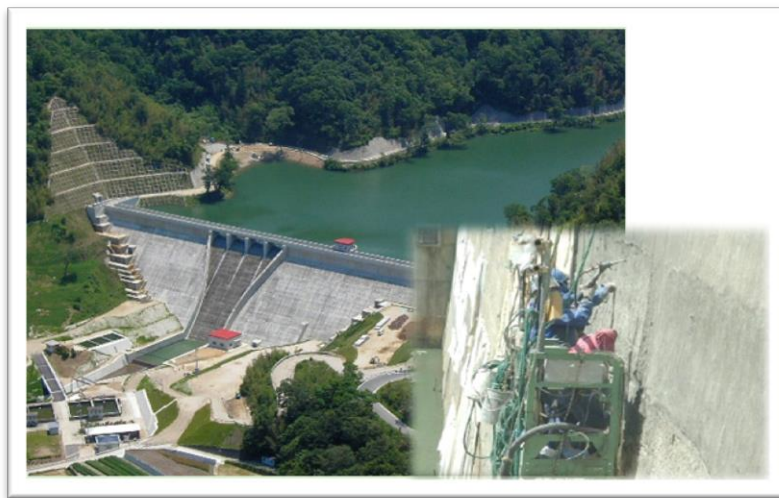


Figura 2. 5.Presa Mitaka

#### 2.1.4. Reparación en las caras de concreto de canales de riego con ECC

En los canales para riego, la afectación provocada por el paso del agua a través del tiempo, provoca grandes deterioros, los problemas pueden variar desde la separación del cementante dejando expuesto los componentes del cemento, hasta la aparición de grietas tanto en la losa del fondo del canal como en las paredes laterales del mismo (Rokugo K., 2005).

En la figura 2.6 y 2.6.a se muestra la reparación de un canal de riego en Shinga, Japón, el perfil del canal consta de una base de 1.5 m y altura de 1.1 m. El canal presentaba deterioros graves en las caras de concreto expuestas al contacto con el agua que con el tiempo se crearon grietas de hasta 1 mm de ancho y hasta 1 m de longitud. Otro ejemplo es el canal de Seridanno en Toyama Japón, con medidas de 2.05m de base y profundidad de 2.4 m, los deterioros en las caras en contacto con el agua provocaron la exposición de los agregados generando la separación parcial de los mismos tanto en las paredes como en el fondo del canal.

Para la reparación de los canales fue necesario limpiarlos con agua a presión, para lograr remover los agregados sueltos en las paredes, una vez limpias las paredes, se aplicó mortero de ECC lanzado y colocado correctamente como recubrimiento, con espesor de 6 mm para el canal de Shiga y 10 mm para el canal de Seridanno. Los resultados de este procedimiento concluyen en elevar la velocidad del agua en los canales de dos a tres veces más comparado a cuando no contaban con el recubrimiento de ECC. Otro beneficio que se obtuvo con este procedimiento fue la reparación de las grietas en el canal; las cuales no han vuelto a aparecer hasta la fecha.



**Figura 2. 6.Reparación de canales**

**Fuente:** Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair with ECC on Cracked Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.



**figura 2.6. a. Canales antes y después de reparación**

**Fuente:** Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair with ECC on Cracked Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.

### 2.1.5. Utilización del ECC para reparación en Muros de Retención.

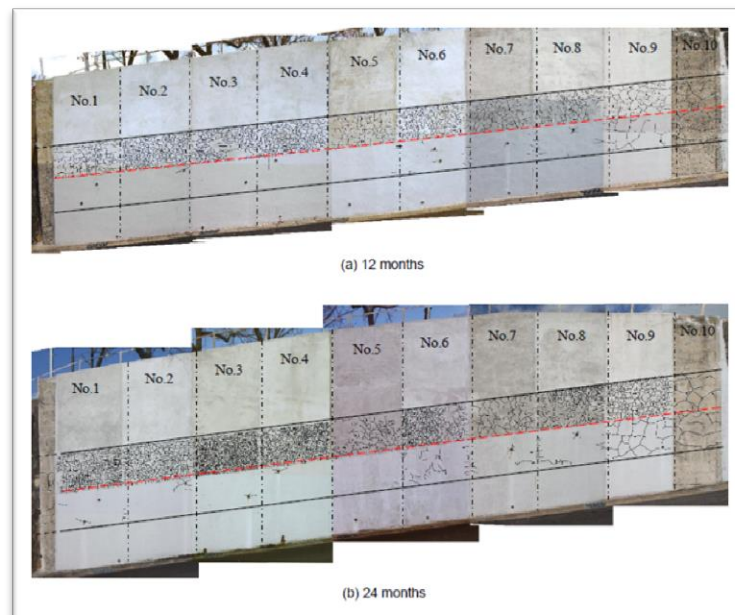
El ECC también puede ser utilizado en la reparación estética para las caras de muros de retención gracias a las grietas tan pequeñas que puede presentar. En Gifu, Japón se empleó la rehabilitación de un muro de contención, el muro consta de 5 m de altura y 18 m de ancho, construido en la década de los 70's, el muro ha sufrido deterioros debido a

las reacciones álcali-agregado lo cual provocó grietas en la estructura, con anterioridad a la reparación con ECC el muro ya había intentado ser restaurado a base de inyecciones de resinas epóxicas en 1994 reparación que no duró mucho. Cuando las grietas aparecieron nuevamente el muro fue sujeto a reparación utilizando ECC y otros materiales en 2003 (Rokugo K., 2005) En la figura 2.7.a. y 2.7.b. se muestra el muro antes y después de ser reparado.



**Figura 2. 7. A Muro de retención**

Fuente: Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair with ECC on Cracked Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.



**Figura 2.7.b a Muro de retención (a los 12 y 24 meses)**

Fuente: Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair with ECC on Cracked Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.

Para la reparación del muro fue dividido en 10 secciones como muestra en la figura 2.7.b. 9 secciones se repararon y una no. En las nueve secciones que se repararon se utilizó tres procedimientos distintos; dos fueron empleando ECC y el tercero constó a base de mortero tradicional; a su vez se hicieron combinaciones de reforzamiento del material con acero (tabla 2.2).

Material Reparador	Sección	Reforzamiento
MATERIAL A: Fibra de PVA + fibra de alta elasticidad, volumen de fibra en la mezcla de 1.5%, mezcla de mortero con concreto polivinilico.	1	Malla electgro soldada
	2	Metal expandido
	3	no
	4	no
MATERIAL B: Fibra de alta elasticidad PVA, volumen de fibra en la mezcla de 2.1%, mezcla de mortero premezclado	5	Malla electgro soldada
	6	Metal expandido
	7	no
	8	no
MATERIAL C: Mortero	9	Malla electgro soldada
Sin material	10	no

**Tabla 2. 2. Materiales de reparación**

Fuente: Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair with ECC on Cracked Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.

Al cabo de 7 meses en las secciones reparadas con ECC no se observaba aparición de grietas, al cabo de 10 y 24 meses aparecieron grietas no mayores a 0.05 y 0.12 mm respectivamente; por el otro lado, en las secciones reparadas con mortero tradicional se observó la aparición de grietas de 0.03, 0.2 y 0.3 mm a los 3, 10 y 24 meses, respectivamente. Lo cual indica que la utilización del ECC en este tipo de estructuras es satisfactoria.

### 2.1.6. Utilización del ECC en Vigas de Viaductos

Las características únicas del ECC de contar con un bajo contenido de aire y gran permeabilidad permiten que sea un material ideal para retardar el fenómeno de carbonatación del concreto, el cual causa deterioro importante en las estructuras, fenómeno que provoca la exposición del acero de refuerzo. Es por esto que se ha utilizado al mortero de ECC como recubrimiento en vigas de concreto tradicional con acero de refuerzo, con el fin de lograr que la capa superficial soporte flexiones debido a movimientos por sobre carga. En las vigas se aplica un riego de mortero de 10 mm, lo cual es lo suficientemente resistente como para soportar 17 millones de ciclos de carga y aun así exponer grietas no mayores a 0.13 mm de ancho, que es la mitad de la longitud de las grietas cuando las vigas no cuentan con recubrimiento de ECC (0.25 mm) En la figura 2.8 se muestra la aplicación del ECC como recubrimiento en viaductos (Suda K., 2005)



**Figura 2. 8. Vigas de viaducto**  
Suda K., R. K. (2005). Anti-Carbonization Process Utilizing Direct Sprayed ECC Applying to Railway Viaduct Involving Flexural Fatigue Cracks. *Concrete Journal*, 43 (5), págs. 162-167.

## 2.2. Implementación de nuevos materiales como alternativa en México

La utilización del ECC se encuentra encapsulado en estructuras ajenas a nuestro país, es por esto que surge la necesidad de investigar e implementar materiales dentro de la rama constructora, ya que la implementación de los materiales desarrollados en el extranjero representan un alto costo para la ejecución de proyectos en México.

Es por tal motivo que la investigación en este documento toma valor; conjugando las especificaciones, estudios y desarrollos realizados al ECC es posible lograr proponer un agregado alterno dentro de la estructura del mismo. Este material debe cumplir con las especificaciones necesarias para aportar las características que cumplan con los requerimientos de las estructuras mexicanas.

Surge la opción de incluir un material de menor costo, que si bien no cumple con las mismas especificaciones que el material ocupado en el ECC, puede ser compensado con distintas proporciones del mismo en la mezcla.

Uno de los materiales “clave” en el ECC es la Fibra de Alcohol Polivinílico<sup>10</sup>, el cual es un material de alto costo para su consumo en México, ya que este material es producido principalmente en Japón, en la figura 2.9 se incluye una imagen que delata las principales zonas de producción de este material. Lo mencionado anteriormente trae consigo dos grandes obstáculos; el costo que incluye el traslado y también el tiempo que puede demorar en llegar al País, y hasta que estos problemas no se solucionen se debe buscar alternativas de mejoramiento de material para su utilización en México.

En México ya existe la comercialización y producción de ciertos materiales que aún tienen bastante carrera por delante en cuanto a su utilización, tal es el caso de la fibra a base de polipropileno (PP), la cual se utiliza en este proyecto para suplir la utilización de las Fibras a base de Alcohol Polivinílico (PVA).

---

<sup>10</sup> Las Fibras de Alcohol Polivinílico, con sus siglas en ingles PVA, también son usadas para la fabricación de redes de pesca en Japón. Fuente: <http://esit2013grupo2tm24.blogspot.mx/2013/05/alcohol-polivinilico-pva.html>



Figura 2. 9.Fibras PVA en el mundo.

Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). *The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC*. ESEVIER, 536–545.

Se pretende lograr que con la implementación de las fibras PP en México, se logre una reducción de costos, la cual tal vez en un inicio no sea significativa, pero con el paso de tiempo y la investigación en este nuevo material se logre resolver sus problemas de adecuación.

La fibra de polipropileno es una fibra es una fibra de polipropileno en forma de multifilamentos (fibras sueltas) la cual presenta las siguientes características físicas y mecánicas:

- Material: polipropileno 100% virgen
- Longitud de la fibra: 19 mm ( ¾” )
- Denier: 3
- Número de fibras: 90 millones / m3
- Tipo de fibra: multifilamentos
- Gravedad: especifica 0.9
- Densidad: 48.5 kg. M3
- Color: natural

- Absorción: cero
- Resistencia a la tensión: 5,626 kg. / cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad: 38,690 kg. / cm<sup>2</sup>
- Punto de ignición: 590° C
- Punto de fusión: 160° - 163° C
- Conductividad térmica: baja
- Conductividad eléctrica: baja
- Resistencia a la salinidad: alta

En la siguiente figura se presenta el aspecto físico de ésta fibra. (fig. 2.10)



**Figura 2. 10.Fibra PP.  
Imagen propia.**

Para continuar con la investigación es necesario realizar pruebas físicas a especímenes en el laboratorio utilizando:

1. Fibras PVA para la comprobación del comportamiento del ECC.
2. Fibras PP para la comprobación de su comportamiento como agregado alterno.
3. Agregados con variabilidad de tamaños de partícula.

En el siguiente capítulo se describen los procedimientos a emplear basadas en normas técnicas para el desarrollo de pruebas en laboratorio.

## CAPÍTULO 3. BASES PARA PRUEBAS EN LABORATORIO.

En el presente capítulo se da a conocer el procedimiento para elaborar especímenes para las pruebas pertinentes basadas en normas mexicanas, procedimiento por el cual se obtienen las propiedades mecánicas de los elementos elaborados con ECC.

Para el presente trabajo se propone emplear tres distintas pruebas y así comprobar los resultados para obtener mayor veracidad en ellos; las pruebas con las que se trabajarán están basadas en las normas mexicanas y en normas ASTM. Los tipos de pruebas a utilizar se describen en el desarrollo de este capítulo.

### 3.1. Norma Mexicana NMX-C-191-ONNCCE-2004 para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro

A continuación se hace un resumen de lo que consta la norma mexicana para la elaboración de pruebas en el laboratorio para la determinación de la resistencia a tensión del concreto en base a lo que el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto considera pertinente tomar en cuenta para llevar a cabo la prueba (IMCYC, 2008). Para entrar en materia es esencial conocer el concepto de módulo de ruptura.

- Módulo de ruptura: Es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensaye a la flexión de una viga.

Materiales auxiliares: Franela o tela de yute; marcadores de tinta indeleble y crayones de cera; tiras de cuero de un espesor uniforme de 5 mm a 7 mm, con un ancho de 25 mm a 50 mm, y que cubren todo lo ancho del espécimen. Escuadra, regla y lija de agua de grano fino.

También es esencial contar con la maquinaria especial para realizar las pruebas; comenzando con la máquina especial, la cual debe cumplir con las características establecidas en la norma NMX-C-0-83-ONNCCE, en la cual se establece lo siguiente:

- Máquina de Prueba: La máquina de prueba puede ser de tipo compresión universal, con capacidad suficiente y que pueda funcionar a la velocidad de aplicación de la carga.
- Dispositivos de lectura: Si la carga de una máquina para ensaye a compresión, se registra en una carátula, esta debe estar provista de una escala graduada que se pueda leer por lo menos con una aproximación de 2.5% de la carga aplicada.
- Verificación de la carga: El error permitido en la máquina, para la realización de la prueba a compresión de concreto, debe ser como máximo de  $\pm 3\%$  de la carga aplicada.

Para este ensaye se necesita un dispositivo para aplicar la carga, el cual debe ser capaz de aplicar cargas en los tercios del claro de pruebas de tal modo que las fuerzas sean perpendiculares a las cargas horizontales de la viga y se distribuyan y apliquen uniformemente en todo lo ancho del elemento.

Este dispositivo debe ser capaz, según la norma, de mantener fija la distancia entre los puntos de carga y los puntos de apoyo del espécimen con una tolerancia de  $\pm 2$  mm; además, las reacciones deben ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas durante el tiempo que dure la prueba. La relación de la distancia del punto de aplicación de cada una de las cargas a la reacción más cercana dividida entre la altura de la viga, no debe ser menor de uno. Los bloques para la aplicación de la carga y de apoyo de la viga deben ser de acero del mismo ancho o mayor que el de la viga con una altura que no exceda de 65 mm, medida a partir del centro de giro. La sección de cada uno de los bloques que entran en contacto con la viga, deben ser cilíndricos con las superficies endurecidas, teniendo en cuenta que la línea de contacto de estas superficies no deben variar en más de 0,05 mm, con relación a un plano tangente a las mismas. El radio de curvatura de estas superficies debe tener como centro el eje del rodillo del apoyo o el centro de la rótula. La superficie curva de cada bloque de aplicación de carga debe ser la correspondiente a un sector cilíndrico de cuando menos 0,785 radianes ( $45^\circ$ ). Los bloques de aplicación de carga deben mantenerse alineados en posición vertical, por medio de mecanismos de presión que pueden ser tornillos con resorte que los mantengan en contacto con los rodillos o rótulas de acero. Puede suprimirse el rodillo y

la rótula de acero de los bloques de apoyo, cuando el bloque de apoyo de la máquina de prueba sea de asiento esférico, siempre que en los bloques de aplicación de la carga se use un rodillo y una rótula de acero pivotada. En la figura 3.1 se expresa el esquema.

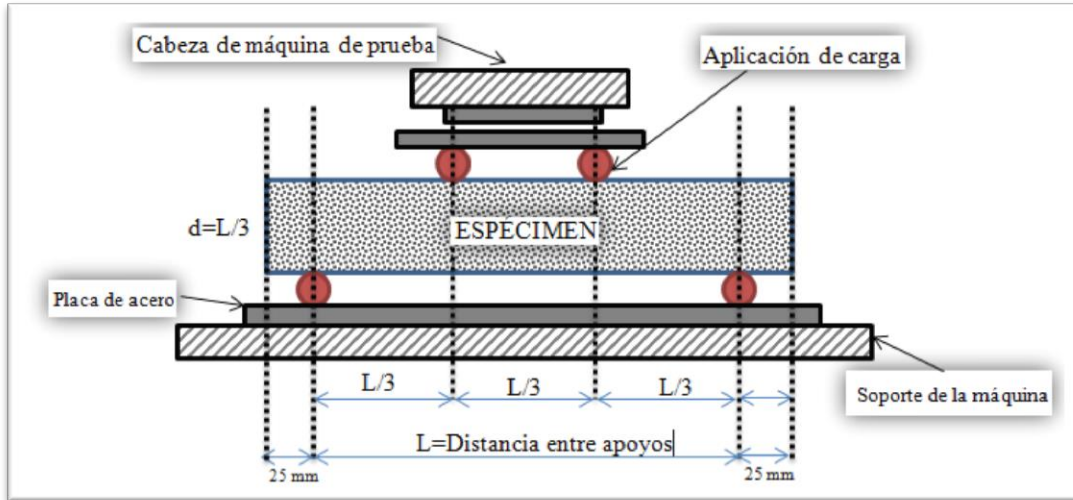
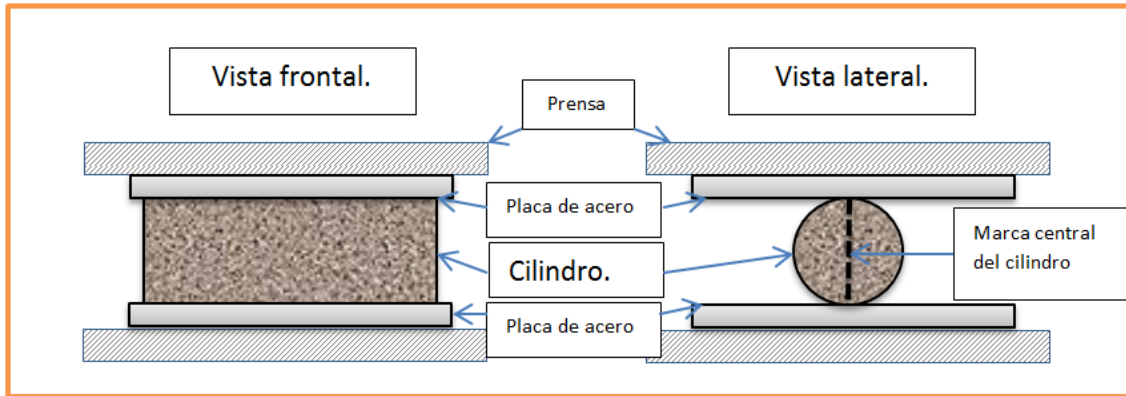


Figura 3. 1.Prueba resistencia flexión.  
Imagen propia.

### 3.2. Norma Mexicana NMX-C-163-1997-0. Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto

En base a lo recomendado por el IMCYC (IMCYC, 2014) para la práctica de este ensayo será necesaria la utilización de una máquina que cumpla con lo establecido en la norma NMX-C-083-ONNCCE, y puede ser de cualquier tipo, con tal de que tenga suficiente capacidad para proporcionar la velocidad de carga establecida en la misma norma.

En la figura 3.2. se presenta el esquema para la colocación del cilindro en la prensa.



**Figura 3. 2. Colocación de cilindro para carga diametral.**  
**Imagen propia.**

Los bloques de aplicación de carga y apoyo debe ser de acero, con un ancho igual o mayor que el del cilindro, cuya altura no exceda de 65 mm, medida a partir del centro del giro.

Los especímenes de prueba deben cumplir con las especificaciones de dimensiones, moldeo y curado establecidos en las NMX-C-159-ONNCCE y NMX-C-160-ONNCCE. En cada extremo del espécimen se deben dibujar líneas diametrales usando el dispositivo indicado que asegure que las líneas se encuentren en el mismo plano diametral.

- Procedimiento de mediciones: Se determina el diámetro del espécimen de prueba, y se calcula con el promedio de tres diámetros, medidos cerca de los extremos, al centro del espécimen y contenidos dentro del plano, que incluye las líneas marcadas en los extremos. Se determina la longitud del espécimen con el promedio de por lo menos dos medidas de longitud tomadas en el plano que contienen las líneas marcadas en los extremos.
- Centrado del espécimen: Se centra una de las placas de carga sobre la platina inferior. Se coloca el espécimen sobre la placa y se alinea en forma tal que las líneas marcadas en los extremos del cilindro estén verticales y centradas con relación a las tiras. Se coloca la segunda placa de carga longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo con relación a las líneas marcadas en los extremos del mismo. Se acomoda el conjunto para asegurar que se cumplan las condiciones anteriores.
- Velocidad de aplicación de la carga: Se debe aplicar la carga en forma continua sin impacto a una velocidad constante, de tal manera que se logren esfuerzos de tensión por compresión diametral. Para cilindros 15 cm por 30 cm, el rango de esfuerzos de tensión corresponde a una carga aplicada entre 34 kN y 104 kN por minuto. Se registra la carga máxima aplicada, indicada por la máquina de prueba

en el momento de la falla. Se deben observar, el tipo de falla y la apariencia del concreto.

### **3.3. Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE 2002. Prueba de resistencia a la compresión del concreto. (IMCYC, 2008).**

Esta norma mexicana establece los métodos de prueba para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en especímenes cilíndricos moldeados y corazones de concreto con masa volumétrica mayor a 900 kg/m<sup>3</sup> y se complementa con las siguientes normas mexicanas en vigor: NMX-C- 109-ONNCCE, Cabeceo de especímenes cilíndricos, NMX-CH- 027-SCFI, Verificación de máquinas de ensaye uniaxiales - máquinas de ensaye a la tensión y la NMX-169 ONNCCE, Obtención y pruebas de corazones y vigas extraídas de concreto endurecido.(IMCYC, 2008).

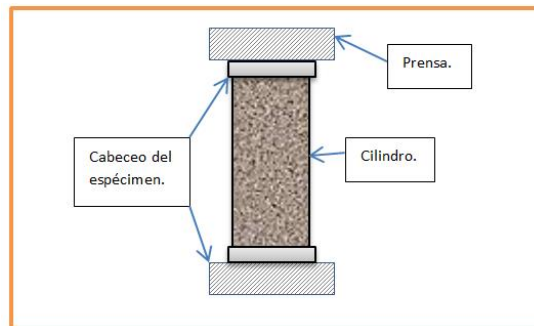
- Preparación y acondicionamiento de las muestras: el diámetro y la altura del espécimen de prueba debe determinarse promediando las medidas de 2 diámetros perpendicular.es entre sí a una altura media del espécimen y 2 alturas opuestas con una aproximación de 1 mm. Para medir el diámetro, es suficiente utilizar el compás de punta. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1,8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia debe corregirse por esbeltez.

Antes del ensaye, las bases de los especímenes o caras de aplicación de carga no se deben apartar de la perpendicular al eje en más de 0,5°, aproximadamente 3 mm en 300 mm, y no se permiten irregularidades respecto de un plano que exceda de 0,05 mm, en caso contrario deben ser cabeceadas de acuerdo a lo indicado en la norma NMX-C-109-ONNCCE.

- Procedimiento: Se limpian las superficies de las placas superior e inferior y las cabezas del espécimen de prueba, se coloca este último sobre la placa inferior alineando su eje cuidadosamente con el centro de la placa de carga con asiento esférico; mientras la placa superior se baja hacia el espécimen asegurándose que

se tenga un contacto suave y uniforme. Se debe aplicar la carga con una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 137 kPa/s a 343 kPa/s (84 kgf/cm<sup>2</sup> /min a 210 kgf/cm<sup>2</sup> /min) equivalente para un diámetro estándar de 15 cm a un rango de 2,4 kN/s a 6,0 kN/s (14,8 tonf/min a 37,1 tonf/min)

Se calcula la resistencia a la compresión del espécimen, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal determinada con el diámetro promedio. El resultado de la prueba se expresa con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm). En la figura 3.3. se presenta un esquema de colocación del espécimen.



**Figura 3.3. Prueba a compresión en cilindros.**  
**Imagen propia.**

## **CAPÍTULO 4. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES**

En este capítulo se describe el procedimiento que se llevó a cabo para la elaboración de especímenes para los distintos tipos de prueba, se comenzará por las proporciones que se utilizó para las muestras, seguido por los procesos de elaboración de las mismas.

### **4.1. Mezclas**

Se realizaron seis mezclas distintas con el fin de comprobar, las propiedades físicas y mecánicas del ECC. En el proceso de la elaboración de las distintas mezclas se

encontraron ciertos errores que fue necesario corregir en el proceso de la fabricación de las mismas. A continuación se describe a grandes rasgos el proceso.

Los materiales utilizados en todas las mezclas son los siguientes:

- Cemento Portland ordinario (CPO) tipo I, de acuerdo a la norma NMX-C-414-ONNCCE.
- *Fly Ash* tipo  $F^{11}$ , la cual contiene gran cantidad de óxido de calcio (CaO). Aproximadamente el 83% de las partículas de la ceniza volante que se utilizaron presentaban un tamaño menor a 44 micras.
- Arena Sílica Media 0.30 mm a 0.60 mm.
- Reductores de agua, se utilizaron para alterar la fluidez de los elementos.
- Fibras de PVA con diámetros de 39 micras y 12 mm de longitud. Con densidad de  $1.3 \text{ g/cm}^3$ , fuerza de tensión de 1620 MPa, módulo de Young de 42.8 GPa y una elongación del 6%.
- Fibra de Polipropileno (PP) en forma de multifilamentos (fibras suelta) longitud de la fibra: 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ”), gravedad específica 0.9 densidad de 48.5 kg. M3, Módulo de elasticidad: 38,690 kg. / cm<sup>2</sup>.

Con base a los estudios realizados se determinó la mejor proporción para las primeras dos mezclas, lo cual se puede apreciar en la tabla 4.1.

MEZCLA #1						
POR M3	CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
KG/M3	442.17	354.75	497.89	465.83	12.82	32.51
%	24.48	19.64	27.58	25.79	0.71	1.8

<sup>11</sup> *Fly Ash* es conocido en México como Ceniza Volante.

MEZCLA #2						
	CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
KG/M3	489.65	392.05	551.64	388.55	14.20	8.837
%	26.54	21.25	29.90	21.06	0.77	0.479

**Tabla 4. 1.Mezclas 1 y 2.  
Elaboración propia.**

Al trabajar con estas dos mezclas se obtuvieron importantes observaciones en el proceso de mezclado y en el momento de llenar los moldes del material. El primer obstáculo que se presentó fue al incorporar todos los materiales en la mezcla, la presencia de la fibra en estas cantidades hacia que los agregados no logran incorporarse, es por esto que en el proceso se decidió agregar mayor cantidad de agua. En la siguiente imagen (fig.4.1.) se logra apreciar el aspecto del material en la mezcla #1 antes y después de agregar mayor cantidad de agua de la que estaba predispuesta.



**Figura 4. 1. Mezcal #1.  
Imagen propia.**

Es importante recalcar que en las dos primeras mezclas el material se comportó de manera desfavorable para su manejo; de igual forma que en la primera mezcla, fue necesario agregar mayor cantidad de agua en la segunda mezcla, así como la decisión de

reducir la cantidad de fibras a casi un cuarto de su porcentaje inicial, lo cual ayudó a que el material presentara mejor maleabilidad. En la figura 4.2 se puede observar la diferencia de una mezcla a otra.



**Figura 4. 2.Mezcla #2  
Imagen propia.**

Para continuar con la elaboración de las distintas mezclas, fue necesario analizar con detenimiento las proporciones de las mismas, ya que en las mezclas anteriores al utilizar mayor cantidad de agua, la relación Agua / Cemento (A/C) cambió significativamente. Las cantidades exactas que se agregó de agua fueron 6.5 lts. Esto no arroja la cantidad exacta de cemento que tenemos que agregar para lograr mantener la relación A/C, con lo cual tenemos:

$$\frac{A}{C} = 0.55 = \left( \frac{6.5 \text{ lt}}{C} \right) \therefore \frac{6.5 \text{ lt}}{0.55} = 11.81 \text{ lt}$$

Y para comprobarlo tenemos que:

$$\frac{A}{c} = \frac{15.01 \text{ lt} + 6.5 \text{ lt}}{11.81 \text{ kg} + 27.1 \text{ kg}} = 0.55$$

Por lo tanto lo necesario para la dosificación de la mezcla debe contener 21.51 lt. de agua y 38.91 kg de cemento.

Otro factor sumamente importante es el fluidificante, debido a que el fluidificante ocupado para las mezclas de ECC contiene distintas especificaciones de uso, respecto a las que posee el fluidificante en polvo mexicano; resultado de agregar la misma cantidad de fluidificante basándonos en especificaciones del fluidificante extranjero, es que el concreto no presenta fraguado, por lo tanto la dosificación del fluidificante en el concreto también debe presentar variaciones. Hablamos que, un paquete de 200 gr es suficiente para mezclar un bulto de cemento, debido a esto y teniendo en cuenta la cantidad antes determinada de cemento y agua, tenemos que, la cantidad de fluidificante adecuada es la siguiente:

Cemento: 38.918 kg.

Agua: 21.51 lt.

Arena: 21.86 kg.

Ceniza: 30.53 kg.

Aditivo: ¿?

Fibra: Pendiente.

*∴ si para 50 kg de cemento basta con 200 gr de fluidificante*

*para 38.918 kg de cemento ocupados, requerimos de 0.155 kg de fluidificante*

Por lo tanto podemos determinar las cantidades necesarias para poder elaborar 1 m<sup>3</sup> de esta mezcla:

Cemento: 828 kg/m<sup>3</sup>

Agua: 457.65 lt/m<sup>3</sup>

Arena: 465.10 kg/m<sup>3</sup>

Ceniza: 649.57 kg/m<sup>3</sup>

Aditivo: 3.31 kg /m<sup>3</sup>

Estas cantidades considerando un desperdicio del 15%

Pasando a la cantidad de fibra necesaria para la mezcla tenemos que las dosificaciones recomendadas son 600 gr por cada metro cúbico de cemento, por lo tanto lo que se debería utilizar es solo un 0.02% de fibra para nuestro material; pero estas cantidades es pensando en utilizar un concreto tradicional y con agregados gruesos. En base a lo experimentado en el laboratorio se propone utilizar el 0.4% de fibras mexicanas para nuestra dosificación, ya que su comportamiento dentro de la mezcla es distinto al comportamiento de las fibras japonesas, las principales variaciones en sus características observadas son:

- La fibra mexicana aglomera a la mezcla.
- La fibra mexicana agregada a un 2% o incluso a un 0.5%, dificulta la maleabilidad de la mezcla.
- La fibra mexicana, junto con el fluidificante retardan y perjudican al fraguado.

Al analizar las recomendaciones para emplear las fibras de polipropileno se encuentra que, en caso de ocupar agregados normales, en específico la graba, la dosificación nos indica que debemos emplear, según el agregado utilizado, de 6.52 kg/cm<sup>3</sup> a 13.05 kg/cm<sup>3</sup>, o bien un aproximado de 50 % de diferencia; esto para un concreto de peso unitario normal (2250 – 2450 kg/m<sup>3</sup>). También se puede deducir que éste porcentaje está relacionado con la cantidad de material grueso incorporado a la mezcla, lo cual, en definitiva nos sugiere que para elaborar la mezcla 3 podemos utilizar un porcentaje mayor de fibras, ya que no contiene ningún agregado grueso.

Con estas observaciones realizadas a las mezclas logramos descartar posibles variables, ya que no podemos agregar mayor cantidad de fibra debido a que el material deja de ser manejable y tampoco podemos agregar mayor cantidad de fluidificante debido a que el material no fraguará.

En el momento de realizar la mezcla, se encuentra que el material continua requiriendo de mayor cantidad de agua, pero esta vez se agrega la cantidad necesaria de agua junto con mayor cantidad de cemento, esto para continuar con la misma relación A/C. De lo cual, obtenemos que la tercer mezcla contiene los siguientes porcentajes:

MEZCLA #3					
CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
633.33 kg/m <sup>3</sup>	356.59 kg/m <sup>3</sup>	498.69 kg/m <sup>3</sup>	355.73 kg/m <sup>3</sup>	2.401 kg/m <sup>3</sup>	0.4617 kg/m <sup>3</sup>
34.29%	19.30%	27.0%	19.26%	0.13%	0.025%

**Tabla 4. 2. Mezcla 3.  
Elaboración propia.**



**Figura 4. 3. Mezcla #3  
Imagen propia.**

Para la mezcla cuatro se comenzó por proponer las mismas cantidades en dosificación y únicamente hacer una variación en el porcentaje de fibra, esta vez utilizando la fibra de alcohol polivinílico. Resultando la siguiente dosificación:

MEZCLA #4					
CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
609.685 kg/m <sup>3</sup>	353.09 kg/m <sup>3</sup>	491.77 kg/m <sup>3</sup>	338.11 kg/m <sup>3</sup>	2.3582 kg/m <sup>3</sup>	19.7726 kg/m <sup>3</sup>
33.61%	19.41%	27.11%	18.65%	0.13%	1.090%

**Tabla 4. 3.Mezcla 4.  
Elaboración propia.**



**Figura 4. 4.Mezcla #4  
Imagen propia.**

La propuesta de la siguiente mezcla se realizó agregando las cantidades de los materiales necesarias para conseguir las mismas relaciones de A/C, arena y Fibra, pero esta vez se descartó la presencia de ceniza volante, esto nos llevó también a eliminar la presencia del aditivo fluidificante, ya que no es necesario al eliminar uno de los agregados más finos en la mezcla. Estas variaciones se pensaron para poder obtener comparativos en los resultados y así llegar a un resultado conciso.

MEZCLA #6					
CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
46.11%	26.82%	0.0%	25.58%	0.0%	1.49%

**Tabla 4. 4 Mezcla 6  
Elaboración propia.**



**Figura 4. 5. Mezcla #6  
Imagen propia.**

Finalmente para la sexta mezcla (mezcla #7) se propone eliminar también la presencia de la fibra, para estudiar el comportamiento del material en ausencia de ésta. Lo que resulta en la siguiente tabla.

MEZCLA #7					
CEMENTO	ARENA SILICA	FLY ASH	AGUA	ADITIVO FLUIDIFICANTE	FIBRA PP
kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
46.87%	27.10%	0.0%	26.03%	0.0%	0.0%

**Tabla 4. 5. Mezcla 7  
Elaboración propia.**



**Figura 4. 6. Mezcla #7  
Imagen propia.**

A manera de resumen se presentan todas las mezclas en la siguiente tabla.

MEZCLA	1		2		3		4		6		7	
UNIDADES	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%
CEMENTO	425.13	24.48	477.74	26.54	639.52	34.29	600.99	33.61	850.10	46.11	871.79	46.87
AGUA	447.88	25.79	379.09	21.06	359.02	19.25	333.48	18.65	471.60	25.58	484.16	26.03
ARENA SILICA	341.07	19.64	382.51	21.25	359.95	19.30	347.07	19.41	494.47	26.82	504.07	27.10
FLY ASH	478.96	27.58	538.22	29.90	503.56	27.00	484.76	27.11	-	-	-	-
ADITIVO FLUID.	12.33	0.71	13.86	0.77	2.42	0.13	2.32	0.13	-	-	-	-
FIBRA PP	31.26	1.80	8.62	0.48	0.47	0.025	19.49	1.09	27.47	1.49	-	-
PESO VOL.	1,736.63	100.00	1,800.07	100.00	1,865.03	100.00	1,788.11	100.00	1,843.64	100.00	1,860.02	100.00
A/C	1.1	1.1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

**Tabla 4. 6. Resumen de mezclas  
Elaboración propia.**

#### 4.1. Instrumentos.

Aparatos de compactación: varilla punta de bala, vibradores internos y/o externos.

Los moldes para las probetas se especifican en la tabla 4.2 éstos son metálicos, herméticos y de superficie lisa.

PROBETA	MOLDE	ENSAYOS	DIMENSIONES MÍNIMAS (CM)			VOLUMEN CM <sup>3</sup>
			ALTO	BASE	DIAMETRO/ ANCHO	
CILINDRO	CILÍNDRICO	COMPRESIÓN SIMPLE Y COMPRESIÓN DIAMETRAL	15.00	-	15.00	2650.725
VIGA	PRISMÁTICO	TENSIÓN POR FLEXO-COMPRESIÓN	15.00	50.00	15.00	11,250.00
CILINDRO	CILINDRICO	COMPRESIÓN SIMPLE Y COMPRESION DIAMETRAL	10.00	-	5.00	196.35
VIGA	PRISMÁTICO	TENSIÓN POR FLEXO-COMPRESIÓN	10.00	40.00	10.00	4,000.00
CUBO	CUBICO	COMPRESIÓN SIMPLE	5.00	5.00	5.00	125.00

**Tabla 4.7. Probetas para ensayos  
Elaboración propia.**

A los moldes para los especímenes se les aplicó una capa delgada de aceite a modo de prevenir su adherencia, este material no influye a las propiedades de los componentes del concreto creado.

## 4.2. Procedimiento.

Para el moldeo y compactación de las probetas se requirió de lo siguiente:

- Se eligió un lugar nivelado y protegido para el moldeo y fraguado inicial de las muestras.
- Se llevó a cabo la vibración por apisonado, el cual consiste en colocar el concreto en el molde en tres capas para los moldes cilíndricos, éstas capas deben ser del mismo espesor, se debe apisonar con la varilla pisón cada capa a razón de 25 golpes por cada una.
- La parte superior de las muestras fueron enrasadas<sup>12</sup> con ayuda de la misma varilla para después ser alisadas.
- Las probetas fueron identificadas con etiquetas para su identificación.
- Los moldes con el concreto fueron cubiertos por un material impermeable y después de veinte horas fueron retiradas del molde.
- Las probetas fueron curadas en cámara húmeda (humedad relativa promedio 92%) y sumergidas en agua saturada con cal por 24 horas.
- Se esperaron desde 7 a 41 días para la maduración de las muestras para después realizar las pruebas correspondientes a cada espécimen y obtener los resultados.
- En total se elaboraron 91 especímenes.

---

<sup>12</sup> Llenar un recipiente hasta un determinado nivel o marca.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

A continuación se presenta todo el resumen de los resultados obtenidos en el laboratorio, de igual forma se puede encontrar en el apartado de “Anexo 1” de éste documento el detalle de cada espécimen en específico.

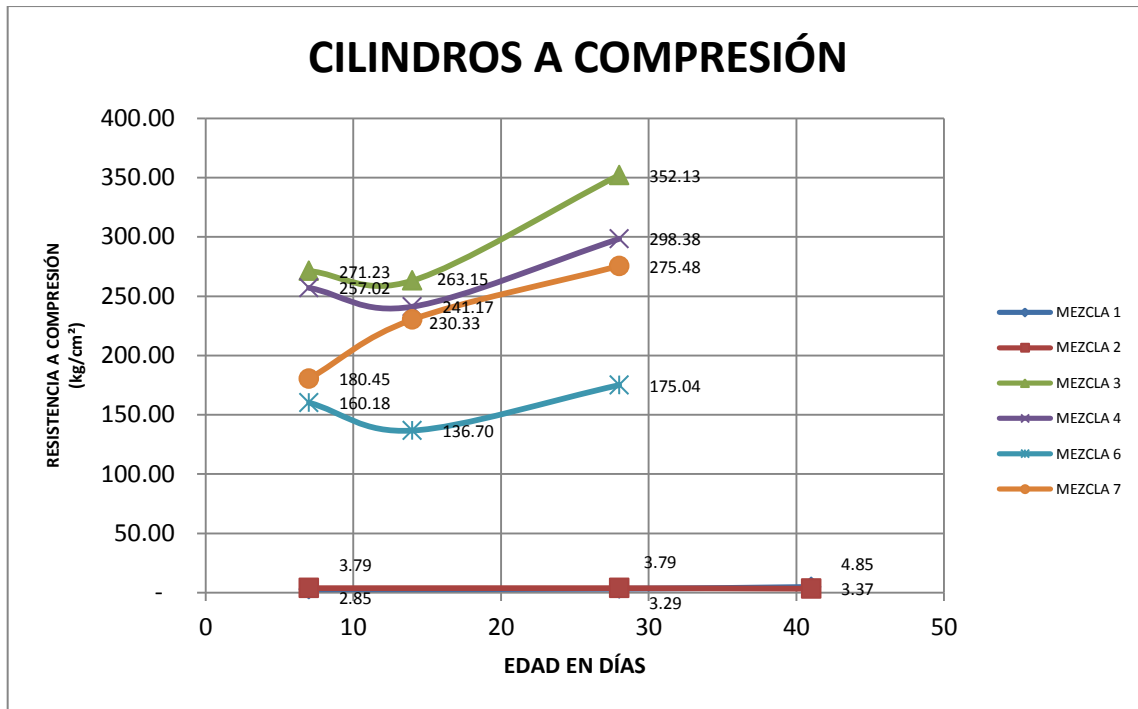
### 5.1. Resultados de las pruebas a Compresión simple en cilindros

ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD (días)	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Prom. Peso vol. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA MAX. (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRELACION	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
C1-M1	M1	7	30	14.8	172.03	9.3222	0.00516	1,806.27	1,746.12	490	2.85	1	<b>2.85</b>
C2-M1	M1	28	30.35	15.24	182.41	9.405	0.00554	1,698.79		600	3.29	1	<b>3.29</b>
C4-M1	M1	41	30.175	15.1166	179.47	9.3628	0.00542	1,728.86		850	4.74	1	<b>4.74</b>
C5-M1	M1	41	30.025	15.1	179.08	9.4124	0.00538	1,750.55		890	4.97	1	<b>4.97</b>
C1-M2	M2	7	30	15	176.71	9.781	0.00530	1,844.97	1,805.98	670	3.79	1	<b>3.79</b>
C2-M2	M2	28	30.55	15.28	183.37	9.8313	0.00560	1,754.94		CANCELADA	CANCELADA	CANCELADA	CANCELADA
C4-M2	M2	41	30.42	15.133	179.86	9.8598	0.00547	1,802.06		CANCELADA	CANCELADA	CANCELADA	CANCELADA
C5-M2	M2	41	30.275	15.066	178.27	9.8334	0.00540	1,821.94		600	3.37	1	<b>3.37</b>
C6-M3	M3	7	9.876	5.15	20.83	0.3801	0.00021	1,847.62	1,866.75	5650	271.23	1	<b>271.23</b>
C7-M3	M3	14	10.1425	5.016	19.76	0.3743	0.00020	1,867.54		5200	263.15	1	<b>263.15</b>
C10-M3	M3	28	9.9562	5.1453	20.79	0.3883	0.00021	1,875.70		7450	358.30	1	<b>358.30</b>
C8-M3	M3	28	10.124	5.041	19.96	0.3803	0.00020	1,882.14		7100	355.74	1	<b>355.74</b>
C9-M3	M3	28	9.831	5.246	21.61	0.3954	0.00021	1,860.77		7400	342.36	1	<b>342.36</b>
C6-M4	M4	7	10.24	5.196	21.20	0.3939	0.00022	1,814.09	1,784.89	5450	257.02	1	<b>257.02</b>
C7-M4	M4	14	10.1915	5.034	19.90	0.37	0.00020	1,824.09		4800	241.17	1	<b>241.17</b>
C10-M4	M4	28	10.2575	5.179	21.07	0.3969	0.00022	1,836.78		7500	356.02	1	<b>356.02</b>

ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD (días)	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso vol. (kg/m <sup>3</sup> )	Prom. Peso vol. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA MAX. (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRELACIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
C8-M4	M4	28	10.385	5.426	23.12	0.389	0.00024	1,619.92	1,847.06	5750	248.67	1	<b>248.67</b>
C9-M4	M4	28	10.2762	5.0206	19.80	0.3722	0.00020	1,829.54		5750	290.45	1	<b>290.45</b>
C6-M6	M6	7	10.036	4.996	19.60	0.3596	0.00020	1,827.78	1,847.06	3140	160.18	1	<b>160.18</b>
C2-M6	M6	14	9.877	5.215	21.36	0.3897	0.00021	1,847.17		2920	136.70	1	<b>136.70</b>
C10-M6	M6	28	9.918	5.147	20.81	0.3837	0.00021	1,859.39		4000	192.25	1	<b>192.25</b>
C8-M6	M6	28	10.34	5.21	21.32	0.4105	0.00022	1,862.20		3910	183.41	1	<b>183.41</b>
C9-M6	M6	28	10.17	5.27	21.81	0.4079	0.00022	1,838.75		3260	149.45	1	<b>149.45</b>
C6-M7	M7	7	10.002	5.04	19.95	0.3823	0.00020	1,915.87		1,914.22	3600	180.45	1
C2-M7	M7	14	9.842	5.135	20.71	0.3919	0.00020	1,922.74	4770		230.33	1	<b>230.33</b>
C10-M7	M7	28	10.03	5.03	19.87	0.3814	0.00020	1,913.61	5500		276.78	1	<b>276.78</b>
C8-M7	M7	28	10.0322	5.03	19.87	0.3829	0.00020	1,920.72	4850		244.07	1	<b>244.07</b>
C9-M7	M7	28	9.7907	5	19.63	0.3649	0.00019	1,898.15	6000		305.58	1	<b>305.58</b>

**Tabla 5. 1. Resultados compresión cilindro.**  
Elaboración propia.

La grafica de resumen de resultados se encuentra a continuación.



Gráfica 5. 1.Cilindros compresión simple.  
Elaboración propia.

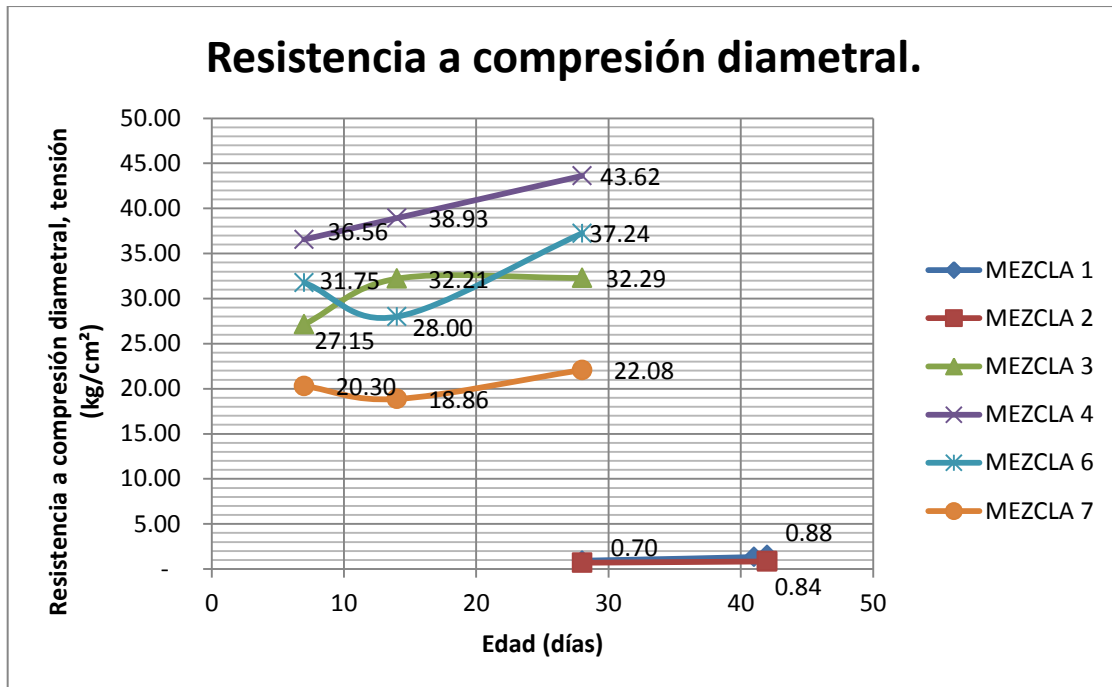
### 5.2. Resultados de pruebas a cilindros en compresión diametral.

ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD (días)	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm²)	PESO (kg)	VOLUMEN (m³)	PESO VOL. (kg/m³)	PROMEDIO PESO VOL. (kg/m³)	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA A TENSION (kg/cm²)	FACTOR DE CORRELACIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm²)
C3-M1	M1	28	30.25	15.272	183.18	9.382	0.00554	1,693.12	1,730.95	670	0.92	1	<b>0.92</b>
C6-M1	M1	41	30.1	15.1	179.08	9.4542	0.00539	1,753.94		950	1.33	1	<b>1.33</b>
C7-M1	M1	42	30.175	15.1	179.08	9.4337	0.00540	1,745.79		1100	1.54	1	<b>1.54</b>
C3-M2	M2	28	30	15.16	180.50	9.481	0.00542	1,750.83	1,796.65	500	0.70	1	<b>0.70</b>
C3-M2	M2	42	30.1	15.11	179.32	9.8238	0.00540	1,820.10		600	0.84	1	<b>0.84</b>
C7-M2	M2	42	30.2	15.13	179.79	9.8767	0.00543	1,819.02		630	0.88	1	<b>0.88</b>
C1-M3	M3	7	9.85	5	19.63	0.3627	0.00019	1,875.35	1,879.33	2100	27.15	1	<b>27.15</b>
C2-M3	M3	14	9.959	4.962	19.34	0.3593	0.00019	1,865.68		2500	32.21	1	<b>32.21</b>
C3-M3	M3	28	10.032	5.19733	21.22	0.4009	0.00021	1,883.64		2450	29.91	1	<b>29.91</b>

ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD (días)	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO VOL (kg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO PESO VOL (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA A TENSION (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRELACION	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
C4-M3	M3	28	10.0992 5	5.173	21.02	0.4022	0.00021	1,894.8 6	1,815.7 9	2650	32.29	1	<b>32.29</b>
C5-M3	M3	28	10.1742 5	5.026	19.84	0.3789	0.00020	1,877.1 0		2300	28.63	1	<b>28.63</b>
C1-M4	M4	7	9.95	5.25	21.65	0.3749	0.00022	1,740.5 4	1,815.7 9	3000	36.56	1	<b>36.56</b>
C2-M4	M4	14	10.112	5.013	19.74	0.3638	0.00020	1,822.8 1		3100	38.93	1	<b>38.93</b>
C3-M4	M4	28	10.2735	4.96133	19.33	0.3657	0.00020	1,841.2 8		3450	43.09	1	<b>43.09</b>
C4-M4	M4	28	10.2087	5.028	19.86	0.3734	0.00020	1,842.1 4		3600	44.65	1	<b>44.65</b>
C5-M4	M4	28	10.2142 5	5.20433	21.27	0.3981	0.00022	1,832.1 7		3600	43.11	1	<b>43.11</b>
C1-M6	M6	7	10.0435	4.991	19.56	0.3618	0.00020	1,841.2 7		1,847.0 2	2500	31.75	1
C7-M6	M6	14	10.134	5.228	21.47	0.4024	0.00022	1,849.7 6	2330		28.00	1	<b>28.00</b>
C3-M6	M6	28	10.2033	5.082	20.28	0.3842	0.00021	1,856.3 4	3050		37.45	1	<b>37.45</b>
C4-M6	M6	28	10.179	5.0356	19.92	0.3778	0.00020	1,863.6 5	3300		40.99	1	<b>40.99</b>
C5-M6	M6	28	10.1185	5.272	21.83	0.4029	0.00022	1,824.0 7	2790		33.30	1	<b>33.30</b>
C1-M7	M7	7	9.94975	5.231	21.49	0.4047	0.00021	1,892.6 1	1,902.6 3		1660	20.30	1
C7-M7	M7	14	10.079	5.023	19.82	0.3842	0.00020	1,923.6 4		1500	18.86	1	<b>18.86</b>
C7-M7	M7	28	9.8235	5.0486	20.02	0.3756	0.00020	1,909.9 7		1510	19.38	1	<b>19.38</b>
C4-M7	M7	28	10.016	5.2326	21.50	0.407	0.00022	1,889.6 2		2080	25.27	1	<b>25.27</b>
C5-M7	M7	28	9.977	5.0223	19.81	0.375	0.00020	1,897.3 0		1700	21.60	1	<b>21.60</b>

**Tabla 5. 2. Resultados compresión diametral  
Elaboración propia.**

La gráfica de resultados de cilindros sometidos a prueba de compresión diametral se presenta a continuación.

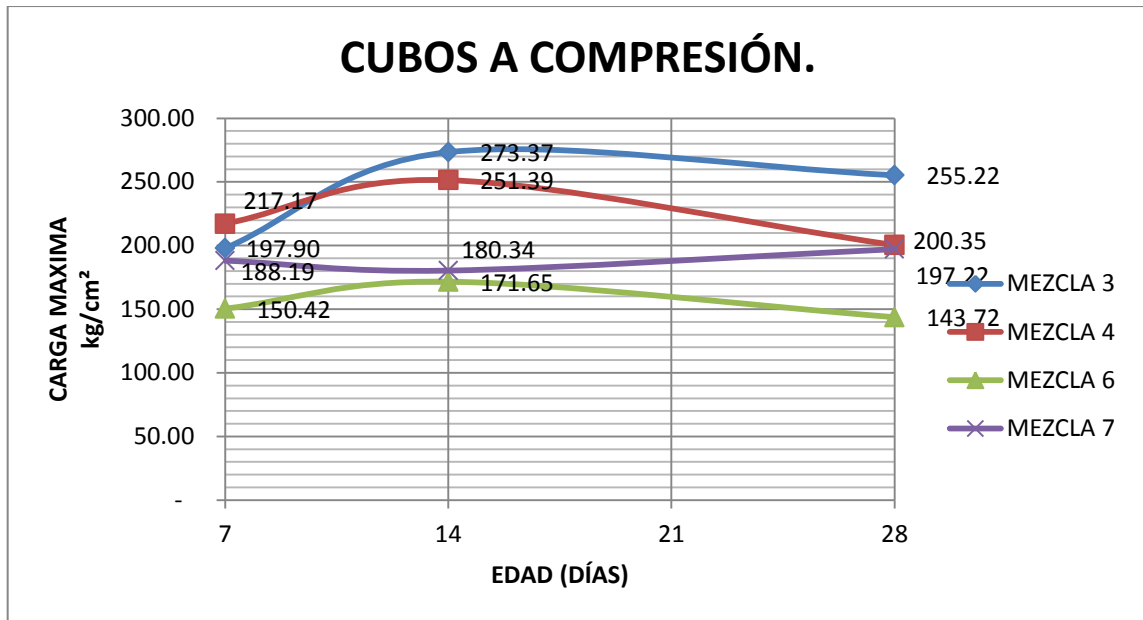


Grafica 5. 2. Resistencia diametral  
Elaboración propia.

### 5.3. Resultados de resistencia a compresión con especímenes cúbicos.

ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD	ALTO (cm)	BASE (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA MAX. (kg)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	FACTOR DE CORRELACIÓN	RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )
CB2-M3	M3	7	5.03	4.98	5.03	25.05	0.2205	0.000126	1750.02	1854.49	4450	177.65	0.91	<b>161.66</b>
CB1-M3	M3	7	4.906	5.07	4.906	24.87	0.2342	0.00012203	1919.22		6400	257.30	0.91	<b>234.15</b>
CB3-M3	M3	14	4.677	5.109	4.904	25.05	0.2175	0.00011718	1856.12		7700	307.33	0.91	<b>279.67</b>
CB4-M3	M3	14	4.742	5.054	4.854	24.53	0.2188	0.00011633	1880.84		7200	293.49	0.91	<b>267.08</b>
CB5-M3	M3	28	5.0586	4.884	4.924	24.05	0.2266	0.00012165	1862.67		5775	240.14	0.91	<b>218.52</b>
CB6-M3	M3	28	4.924	5.158	4.986	25.72	0.2353	0.00012663	1858.11		8250	320.79	0.91	<b>291.92</b>
CB1-M4	M4	7	5.06	5.01	5.06	25.35	0.2315	0.00012827	1804.73	1763.67	6050	238.65	0.91	<b>217.17</b>
CB2-M4	M4	14	4.949	5.139	5.142	26.42	0.2335	0.00013078	1785.50		7300	276.26	0.91	<b>251.39</b>
CB3-M4	M4	28	5.4133	5.0933	5.15	26.23	0.2415	0.00014199	1700.78		5775	220.16	0.91	<b>200.35</b>
CB1-M6	M6	7	5.052	5.165	5.065	26.16	0.2426	0.00013216	1835.60	1836.48	4450	170.10	0.91	<b>154.79</b>
CB2-M6	M6	7	5.038	5.079	5.035	25.57	0.2359	0.00012884	1831.02		4050	158.37	0.91	<b>144.12</b>
CB3-M6	M6	7	4.985	5.04233	5.141	25.92	0.2426	0.00012922	1877.36		4340	167.42	0.91	<b>152.35</b>
CB4-M6	M6	14	5.1253	5.0006	5.0113	25.06	0.2361	0.00012844	1838.25		4640	185.16	0.91	<b>168.49</b>
CB5-M6	M6	14	5.147	4.9386	5.13	25.34	0.2375	0.0001304	1821.33		4620	182.36	0.91	<b>165.94</b>
CB6-M6	M6	14	5.106	5.056	4.9353	24.95	0.2357	0.00012741	1849.94		4950	198.37	0.91	<b>180.52</b>
CB7-M6	M6	28	5.039	5.218	5.125	26.74	0.2463	0.00013475	1827.77		4330	161.92	0.91	<b>147.34</b>
CB8-M6	M6	28	4.939	5.131	5.139	26.37	0.2373	0.00013023	1822.12		4050	153.59	0.91	<b>139.77</b>
CB9-M6	M6	28	5.023	5.129	5.075	26.03	0.2386	0.00013075	1824.90		4120	158.28	0.91	<b>144.04</b>
CB1-M7	M7	7	4.88	5.174	5.1063	26.42	0.2426	0.00012893	1881.65	1848.07	6000	227.10	0.91	<b>206.66</b>
CB2-M7	M7	7	4.868	5.193	5.1616	26.80	0.2469	0.00013048	1892.20		5350	199.60	0.91	<b>181.63</b>
CB3-M7	M7	7	4.91	5.212	5.1013	26.59	0.2448	0.00013055	1875.19		5150	193.70	0.91	<b>176.26</b>
CB4-M7	M7	14	4.999	4.97	4.932	24.51	0.2264	0.00012254	1847.62		4680	190.93	0.91	<b>173.74</b>
CB5-M7	M7	14	5.696	4.94	4.7006	23.22	0.2214	0.00013227	1673.89		4580	197.24	0.91	<b>179.48</b>
CB6-M7	M7	14	4.9943	5.077	5.345	27.14	0.2469	0.00013553	1821.76		5600	206.36	0.91	<b>187.79</b>
CB7-M7	M7	28	4.907	5.1483	5.008	25.78	0.2399	0.00012652	1896.21		4005	155.34	0.91	<b>141.36</b>
CB8-M7	M7	28	5.175	4.953	4.959	24.56	0.2354	0.00012711	1851.97		4700	191.35	0.91	<b>174.13</b>
CB9-M7	M7	28	5.028	4.766	4.874	23.23	0.221	0.0001168	1892.16		7050	303.49	0.91	<b>276.18</b>

Tabla 5.3. Resultados comp. Cubos.  
Elaboración propia.

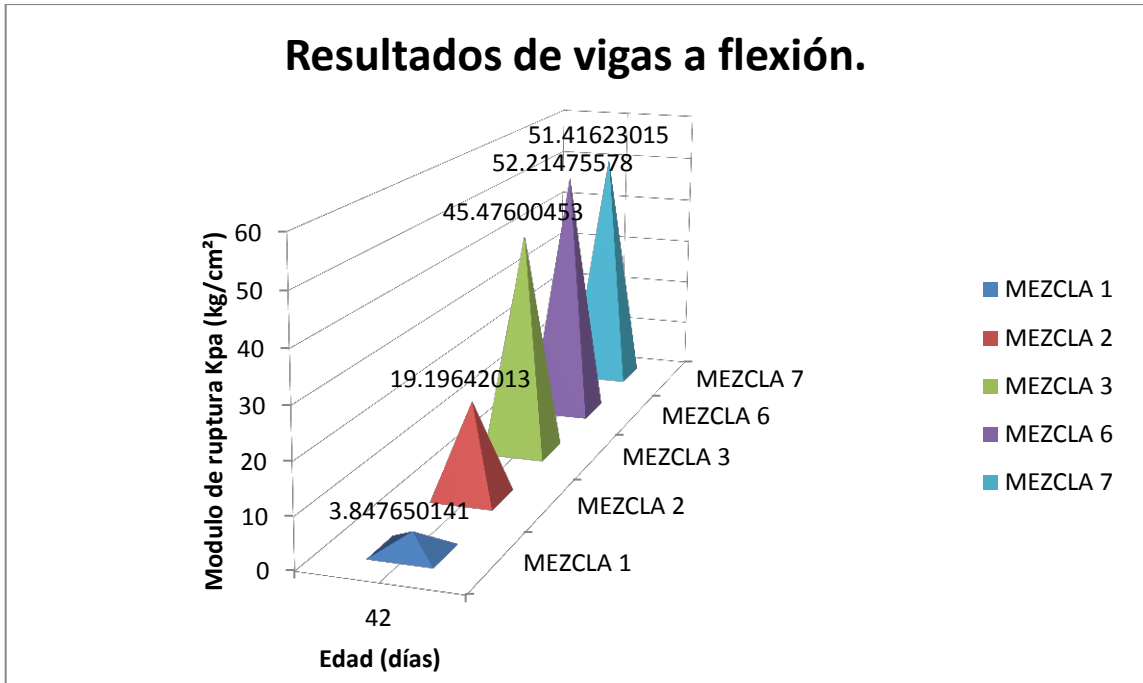


Grafica 5.3. Resistencia comp. Cubos.  
Elaboración propia.

#### 5.4. Resultados de vigas a flexión.

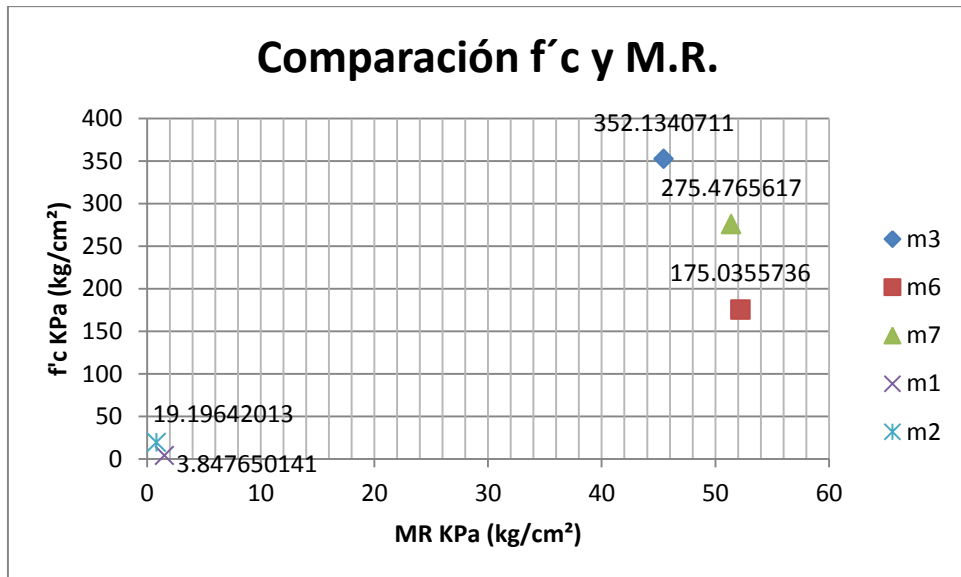
ESPECIMEN	MEZCLA	EDAD (días)	ALTO (cm)	BASE (cm)	ANCHO (cm)	INERCIA	PESO(kg)	VOLUMEN (m³)	PESO VOL. (kg/m³)	PROM PESO VOL. (kg/m³)	CARGA MAX. N (kg)	M.R. kPa (kg/cm²)
V1-M1	M1	42	14.953666	15.1333	50.1333	4216.9206	19.5444	0.011345081	1722.720144	1732.834591	360	4.90781325
V2-M1	M1	42	13.294	14.9833	50.133	2933.54836	17.4049	0.009985892	1742.949037		160	2.78748703
V1-M2	M2	42	15.171	14.9833	50.333	4359.82296	20.6763	0.011441277	1807.167156	1797.582313	2740	36.813329
V2-M2	M2	42	15.291	15.0333	50.2666	4478.99671	20.6603	0.011554994	1787.997471		120	1.57951128
V1-M3	M3	28	5.709	10.0166	40	155.317079	4.2784	0.002287391	1870.428107	1860.662137	420	46.3139022
V2-M3	M3	28	5.535	9.98	39.916	141.026969	4.0811	0.002204932	1850.896167		380	44.6381069
V1-M6	M6	28	5.666	10.01766	40.1333	151.849985	4.2001	0.002277969	1843.791894	1844.019894	450	50.5592604
V2-M6	M6	28	5.816	10.113	40.1333	165.795201	4.3534	0.002360529	1844.247895		510	53.8702511
V1-M7	M7	28	5.636	10.6633	40.011	159.08284	4.2552	0.002404595	1769.611611	1775.155982	480	51.0320274
V2-M7	M7	28	5.515	10.54	40.1	147.331603	4.1507	0.002330937	1780.700353		460	51.8004329

Tabla 5.4. Resultados de vigas a flexión  
Elaboración propia.



Grafica 5. 4. Vigas a flexión  
Elaboración propia.

De todas las gráficas comparativas anteriores, surge la necesidad de realizar una última comparación de datos de resistencia del material; en la siguiente gráfica se expresa la comparación del  $f'c$  y del módulo de ruptura de las mezclas en cuestión.



Grafica 5. 5.  $f'c$  y M.R.  
Elaboración propia.

## CONCLUSIONES.

1. Tomando en cuenta los resultados de laboratorio se puede determinar que el material, aunque le falta camino por "recorrer", ya puede cumplir con estándares necesarios para ciertas construcciones (véase gráfica 5.4) esto se puede asegurar ya que surgió la inquietud de comparar los resultados con concretos que ya se ocupan en la industria, tal es el caso del concreto Pavicret® CCR producido por la compañía CEMEX, el cual cumple, según su ficha técnica con:  $f_c$  desde  $150 \text{ kg/cm}^2$  hasta  $350 \text{ kg/cm}^2$  y un módulo de ruptura desde  $38 \text{ kg/cm}^2$  hasta  $45 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual, comparándolo con el material trabajado en la mezcla 3 de este proyecto, se encuentra que ya cumple en 100% respecto al máximo del  $f_c$  y 81% respecto al máximo del MR. A esto se le debe agregar la diferencia en su modo de falla, ya que el material producido por CEMEX y otras compañías fallan súbitamente, mientras que el material trabajado en esta tesis presenta ductilidad al momento de falla, lo cual puede beneficiar en momentos críticos de cualquier estructura que lo emplee, ya sea para recuperar la estructura o lo que es mejor aún salvar vidas de los usuarios de la misma.
2. La resistencia a compresión obtenida en el concreto de la mezcla #3 resultó mayor de lo esperado, ya que se esperaba que el material resistiera de 250 a  $300 \text{ kg/cm}^2$ . Y los resultados arrojan un promedio de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , con lo cual se concluye que es un material de alta resistencia y se podría emplear en estructuras que requieran alto rango de calidad en sus materiales así como un rango de desempeño mayor en cuanto a sus características mecánicas.
3. En cuanto a la flexión el material tiene un alto rango de Módulo de Ruptura, el cual ronda desde los 45 hasta  $52 \text{ kg/cm}^2$ , es por esto que se llega a la conclusión que puede emplearse también para vialidades o juntas

constructivas en puentes, ya que regularmente se ocupa para diseño de pavimentos rígidos un promedio de  $MR= 45 \text{ kg/cm}^2$ , promedio que se logró rebasar aproximadamente en un 16 %

4. El material trabajado también cumple con otra cualidad, su peso volumétrico, ya que ronda desde 1,700 a 1,900  $\text{Kg/m}^3$  razón por la cual también puede considerarse un concreto ligero, ya que en promedio, los concretos que cumplen con las mismas características mecánicas rondan entre 2100 y 2300  $\text{kg/m}^3$
5. La ductilidad del material es otro punto importante, ya que al no fracturarse súbitamente, permite que se formen gran cantidad de pequeñas grietas, en lugar de presentar solamente una grieta como en los concretos convencionales, esto nos da como resultado un rango de tiempo de falla mayor, es decir, se tiene un rango de soporte desde el momento en el que se presenta la primer fisura hasta el momento de la última carga de falla, contrariamente al concreto tradicional ,el cual no tiene ese rango debido a su falla súbita.
6. En cuanto a la comparativa económica resultó imposible realizarla, esto debido a que, en las mezclas realizadas en este trabajo se utilizó arena de muy alta calidad para lograr tener el control de proporciones en las mezclas y disminuir errores de medición, lo que hace imposible de ocuparlas en la industria de la construcción por el sobre costo que esto representaría; no quiere decir que no sea viable económicamente, simplemente que para utilizarlo en la industria es necesario llevar a cabo ciertos procesos en los agregados comúnmente utilizados para poder emplearlos en cualquier construcción que lo requiera.

7. El material estudiado también resulta en beneficio para el medio ambiente, ya que uno de sus agregados es un principal contaminante residuo del proceso de la quema de carbono, lo cual es altamente dañino para el medio ambiente, debido a la emisión de dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, mercurio y otros contaminantes que se liberan a la atmósfera, generando el efecto conocido como lluvia acida; al utilizarlo como agregado para el concreto todos esos contaminantes son ocupados para la industria de la construcción y dejan de tener efecto de contaminación en el medio ambiente y pasan a ser utilizados de manera segura en la construcción sin tener algún efecto contraproducente para la salud de los usuarios de las estructuras en donde se implemente.
  
8. Uno de los principales obstáculos a vencer para la elaboración de este material es la escasez de información y todo lo que involucra las pruebas de laboratorio, desde moldes hasta maquinaria para comprobar comportamientos del material. Lo cual no quiere decir que sea imposible lograr una mezcla ideal pero dificulta el proceso, ya que concretamente en México hace falta incentivar la investigación de nuevos materiales para la construcción.
  
9. Es importante notar, que es un material novedoso y por lo mismo existen pruebas indirectas en laboratorio que no pueden ser 100% aplicables para deducir características del material, de ahí parte la necesidad de aplicar pruebas directas, destructivas y no destructivas, para la determinación de parámetros en sus propiedades mecánicas y físicas.

## Recomendaciones.

- En referencia a la conclusión número uno, es importante resaltar que al cumplir con estándares de calidad de materiales comercializables en el mercado, se debe considerar el indagar más en el tema para poder lograr las proporciones precisas según la necesidad en las construcciones de posible empleo, es decir, probablemente para ciertas construcciones se necesite de una mayor resistencia a compresión y se pueda prescindir de la resistencia a flexión o viceversa, o bien, una mezcla que se encuentre en un rango permisible entre resistencia a compresión y resistencia a flexión; todo esto es según la necesidad de cada edificación.
- Tanto en el desenlace como en la preparación del proyecto existieron retos de complejidad debido a la falta de tecnología, en específico, para elaborar el ensaye de doble punzonamiento o prueba Barcelona, método por el cual, de manera indirecta se obtiene el módulo de ruptura del material; así también para la elaboración de probetas de concreto sometidas a tensión, método por el cual se puede determinar la expansión y otras cualidades como la regeneración del material al someterlo a cambios de hidratación y secado, para lo cual la instrumentación necesaria es nula; esto no excluye la calidad de formación académica, pero considero necesario el impulso para la creación de nuevos materiales y tecnologías, tanto en las instalaciones e instrumentos de las instituciones de educación como en el proceso y enfoque de planes académicos dentro de las mismas.
- Así también, es recomendable el continuar con la investigación de los materiales descritos dentro de éste documento para la obtención de más propiedades del material, ya que existe la posibilidad de que el material pueda auto-regenerarse al someterlo a procesos de humedad y secado, ésta posibilidad existe debido a las cualidades de los materiales empleados en las distintas mezclas.

- Es importante también resaltar que los materiales utilizados son materiales de alta calidad en cuanto a su granulometría y limpieza, por lo cual se debe indagar en el tema haciendo experimentos con materiales de construcción comunes e incluirles ciertos tratamientos como limpieza y cribado para emplearlos y así lograr que el material sea viable para la industria de la construcción.

## Bibliografía

Aaron Richard Sakulich, V. C. (2011). Cement and Concrete Research. *Cement and Concrete Research* 41 (2011) , 169–175.

Anónimo. (2002). *EcuRed.cu*. Recuperado el 24 de 05 de 2014, de [www.ecured.cu/index.php/Fluido\\_newtoniano](http://www.ecured.cu/index.php/Fluido_newtoniano)

Anónimo. (2009). *pendientedemigracion.ucm.es*. Recuperado el 13 de 05 de 2014, de [pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/programas/las-rocas/tiposderocas/metamorficas.html](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/programas/las-rocas/tiposderocas/metamorficas.html)

Anónimo. (2010). *rocasmetamorficas.blogspot.mx*. Recuperado el 13 de 05 de 2014, de [http://www.mineraltown.com/infocoleccionar/como\\_formacion\\_rocas\\_minerales.html#Metamorphic](http://www.mineraltown.com/infocoleccionar/como_formacion_rocas_minerales.html#Metamorphic)

Anónimo. (s.f.). Concreto en estado fresco.

ASTM. (2013). *Standards - Part 4-C 340-58 T*.

Bureau of Reclamation - Dossat . (1952). *Manual del Hormigón*.

Campos, J. V. (03 de 09 de 2009). *es.scribd.com*. Recuperado el 09 de 05 de 2014, de [es.scribd.com/mobile/doc/20609980](http://es.scribd.com/mobile/doc/20609980)

Carlos Aire, C. M. (2013). Ensayo de doble punzonamiento para concreto reforzado con fibras: efecto del tamaño y origen de la probeta. . *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo.*, 17 - 31.

Cisneros, R. C. (s.f.). *monografias.com*. Recuperado el 13 de 05 de 2014, de [m.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml](http://m.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml)

- Cotera, I. M. (14 de Mayo de 2013). *AsoCem*. Recuperado el 9 de Mayo de 2014, de [http://www.asocem.org.pe/scmroot/bva/f\\_doc/cemento/adicionado/cementos\\_por\\_tland\\_MGC07.PDF](http://www.asocem.org.pe/scmroot/bva/f_doc/cemento/adicionado/cementos_por_tland_MGC07.PDF)
- Cotera, M. G. (1991). *Ataque químico al concreto*. Perú.
- Fukuda, I. M. (2004). Effect of ECC Overlay Reinforcement Method on Steel Plate Deck Attached with FRP Dowels. *Proc. of the Japan Concrete Institute*, pág. 26.
- Gabalec, M. A. (2008). *lemac.frip*. Recuperado el 24 de 05 de 2014, de "Tiempo de fraguado del hormigón": [lemac.frip.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/Tesis2008\\_Anabela-Gabalec\\_Tiempo-de-fraguado-del-hormigon.pdf](http://lemac.frip.utn.edu.ar/wp-content/uploads/2011/12/Tesis2008_Anabela-Gabalec_Tiempo-de-fraguado-del-hormigon.pdf)
- IMCYC. (2008). Determinación de la resistencia a la flexión del concreto. *Construcción y tecnología en concreto.*, 59-63.
- IMCYC. (2013). Determinación de la resistencia a la flexión usando una viga simple con carga en el centro del claro. *Construcción y tecnología en concreto*, 64 - 67.
- Judit, P. Z. (2004 november). *Poly Vinyl Alcohol Fiber Reinforced*. BUDAPEST: TDK Konferencia.
- Kamile Tosun-Felekog, B. F. (2013). The role of flaw size and fiber distribution on tensile ductility of PVA-ECC. *ESEVIER*, 536–545.
- Kojima S., S. N. (2004). Application of Direct Sprayed ECC for Retrofitting Dam Structure Surface- Application for Mitaka - Dam . *Concrete Journal*, págs. 135-139.
- Lea FM Stockholm . (1938). *Proceedings of the Symposium on the Chemistry of Cemente*.
- Martínez, F. D. (29 de 04 de 2005). *catarina.udlap.mx*. Recuperado el 12 de 05 de 2014, de [catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/diaz\\_m\\_f/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/diaz_m_f/capitulo2.pdf)

- Maruta, M., Kanda, T., Nagai, S., & Yamamoto, Y. (2005). New High-Rise RC Structure Using Pre-cast ECC Coupling Beam. *Concrete Journal*, 43, págs. 18-26.
- Mitamura, H. S. (2005). Application of overlay Reinforcement Method en steel deck utilizing engineered cementitious composites. *bridge and foundation engineering*, 88-91.
- Quintana, E. d. (2014). Concreto Biológico (Parte I) - Fachadas. *CYT*.
- Rodríguez, A. P. (2013). *upcommons.upc.edu*. Recuperado el 12 de 05 de 2014, de [upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3334/13/34065-13.pdf)
- Rokugo K., K. M. (2005). *Patching Repair wuth ECC on Cracke Concrete Surface*. Vancouver, Canada: Proc. of ConMat05.
- Sabrina Prunell, G. R. (2011). *Deterioro biológico acelerado por la acción del hongo aspergillus níger en matrices de cemento portland con adiciones*. 2do. Congreso Iberoamericano y X jornada "Técnicas de restauración y conservación del patrimonio".
- Sayonara M. M. Pinheiro – UNIVASF, M. R.–U. (s.f.). *Acción de agentes biológicos en el concreto*. Brasil: Geraldo C. Isaia.
- Suda K., R. K. (2005). Anti-Carbonization Process Utilizing Direct Sprayed ECC Applying to Railway Viaduct Involving Flexural Fatigue Cracks. *Concrete Journal*, 43 (5), págs. 162-167.
- Universidad Complutense de Madrid. (2010). *ucm.es*. Recuperado el 13 de 05 de 2014, de [pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/programas/las-rocas/tiposderocas/princioal.html](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/programas/las-rocas/tiposderocas/princioal.html)
- Yingzi Yang, M. D.-H. (21 January 2009). Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet–dry cycles. *Cement and Concrete Research*, 382–390.

## Índice de figuras

Figura 1. 1. Prueba uniaxial (TDK Conferencia, 2004) .....	10
Figura 1. 2. Resultados de prueba uniaxial (TDK Conferencia, 2004) .....	10
Figura 1. 3. Esquema de la prueba de tensión utilizando especímenes "dogbone" (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	16
Figura 1. 4. Análisis transversal de los especímenes. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .....	17
Figura 1. 5. Análisis para determinar el coeficiente de distribución de PVA en el ECC. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	17
Figura 1. 6. División del área para la determinación del coeficiente de dispersión. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	18
Figura 1.7. Plano de corte de una fibra PVA. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .	19
Figura 1.8. Pruebas para orientación de fibras. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .....	20
Figura 1.9. Gráficas de resultados de prueba a la tensión. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .....	21
Figura 1.10. Máximo tamaño de falla. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	22
Figura 1.11. Relación de resonancia con resistencia a la tensión (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	27
Figura 1.12. Pruebas de permeabilidad. (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	28
Figura 1.13. Resultados de RF al espécimen de una sola grieta. (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	31
Figura 1.14. Resultados de permeabilidad en especímenes de una sola grieta. (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	32
Figura 1.15. Resultados de RF al ECC (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	33
Figura 1.16. Comparativa de rangos de RF (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	34
Figura 1.17. Resultado de pruebas 2(Yingzi Yang, et.al.2009).....	36
Figura 1.18. prueba de tensión a elemento cargado, descargado y vuelto a cargar sin ciclos de humedad y secado. (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	36
Figura 1.19. Micro grietas del ECC antes y después del ciclo de humedad y secado. (Yingzi Yang, et.al. 2009).....	37
Figura 2. 1 Puente Mihara.....	41
Figura 2. 2. Placas de unión en puente. ....	41
Figura 2. 3.Colado en puente Mihara.....	42
Figura 2. 4. Aplicación ECC amortiguador.....	43
Figura 2. 5.Presa Mitaka.....	44
Figura 2. 6.Reparación de canales .....	46

figura 2.6. a. Canales antes y después de reparación.....	46
Figura 2. 7. A Muro de retención.....	47
Figura 2.7.b Muro de retención (a los 12 y 24 meses).....	47
Figura 2. 8. Vigas de viaducto .....	49
Figura 2. 9.Fibras PVA en el mundo (Kamile Tosun-Felekog, 2013).....	51
Figura 2. 10.Fibra PP .....	52
Figura 3. 1.Prueba resistencia flexión.....	56
Figura 3. 2. Colocación de cilindro para carga diametral.....	57
Figura 3. 3.Prueba a compresión en cilindros.....	59
Figura 4. 1. Mezcal #1 .....	61
Figura 4. 2.Mezcla #2 .....	62
Figura 4. 3. Mezcla #3 .....	65
Figura 4. 4.Mezcla #4 .....	66
Figura 4. 5. Mezcla #6 .....	67
Figura 4. 6. Mezcla #7 .....	68

## Índice de tablas

Tabla 1.1. Estudio de la ceniza volante (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	15
Tabla 1.2. Resumen de resultados (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	21
Tabla 1.3. Proporción de materiales del ECC para experimento de auto regeneración. (Yingzi Yang, et.al. 2009). .....	29
Tabla 1.4. Resultados de grietas en especímenes pre cargados (Yingzi Yang, et.al. 2009). .....	30
Tabla 2. 1. Relación usos-especificación.....	39
Tabla 2. 2. Materiales de reparación.....	48
Tabla 4. 1.Mezclas 1 y 2.....	61
Tabla 4. 2. Mezcla 3.....	65
Tabla 4. 3.Mezcla 4.....	66
Tabla 4. 4 Mezcla 6.....	67
Tabla 4. 5. Mezcla 7.....	67
Tabla 4. 6. Resumen de mezclas.....	68
Tabla 4. 7.Probetas para ensayos .....	69
Tabla 5. 1. Resultados compresión cilindro.....	72
Tabla 5. 2. Resultados compresión diametral .....	74
Tabla 5. 3.Resultados comp. Cubos.....	76
Tabla 5. 4. Resultados de vigas a flexión .....	77

## Índice de ecuaciones

Ecuacion 1. 1. Coeficiente de variación. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013).....	18
Ecuacion 1. 2. Coeficiente de distribución. (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .....	18
Ecuacion 1. 3. Dispersión según Lee (Kamile Tosun-Felekog̃lu., et.al, 2013) .....	19
Ecuación 1.4. Coeficiente de permeabilidad con carga variable. (Yingzi Yang, et.al. 2009). .....	28
Ecuación 1.5. Coeficiente de permeabilidad con carga constante. (Yingzi Yang, et.al. 2009). .....	28

## Índice de gráficas

Grafica 5. 1. Cilindros compresión simple. ....	73
Grafica 5. 2. Resistencia diametral .....	75
Grafica 5. 3. Resistencia comp. Cubos. ....	77
Grafica 5. 4. Vigas a flexión .....	78
Grafica 5. 5. F'c y M.R. ....	78

## Anexo 1

ESPECÍMEN **C1-M1**

MEZCLA **MEZCLA #1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	24.48%	ARENA	19.64%	FIBRA (PP)	1.80%
AGUA	25.79%	CENIZA	27.58%	FLUIDIFICANTE	0.71%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **11-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.3222</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,806.27</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.03</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>490</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>2.85</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>2.85</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>El espécimen se logró desmoldar hasta los 144 horas.            A la edad de 7 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.            Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.            Al momento de hacer la mezcla (7 días antes) su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a compresión fue mínima.            Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Probablmente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.            Se propone probar todos los especímenes de esta mezcla a los 28 días.            El espécimen presenta multiples grietas sin aparente grieta principal, no presenta ningún tipo de cono en la formación de sus grietas y un ligero ensanchamiento al centro del cilindro.            No se segregó ninguna partícula del espécimen.            Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apreocer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento</p>

ESPECÍMEN **C1-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **11-nov-16**



EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.781</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,844.97</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.00</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>670</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.79</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.79</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.</p> <p>Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.</p> <p>El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.</p> <p>Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p>	<p>Su resistencia a compresión fue mínima.</p> <p>Al terminar la prueba se rompió por completo el espécimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados, no tanto como el espécimen C1-M1</p> <p>Se propone probar todos los especímenes de esta mezcla a los 28 días para lograr un resultado mas elevado en las pruebas.</p> <p>El espécimen presenta múltiples grietas y una grieta principal en el primer tercio inferior, sin presentar un cono bien formado.</p> <p>no se segregó ninguna partícula del espécimen debido a la fibra.</p> <p>Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apretar el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento.</p>

ESPECÍMEN **C6-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.3801**

ALTO (cm) **9.876**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,847.62**

DIAMETRO (cm) **5.15**

REL. h/d **1.92**

AREA (cm<sup>2</sup>) **20.83**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

CARGA MAX. (kg) **5650**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **271.23**

FACTOR DE CORRELACIÓN **1**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **271.23**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.

Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

Se observa que la resistencia a compresión a los 7 días es mayor que la resistencia a compresión de la fibra japonesa. La falla no se presenta abruptamente. No se siente totalmente seco en su interior. Éste espécimen y el espécimen C6-M4 tienen comportamientos similares, a pesar de reducir el porcentaje de la fibra mexicana dentro de la mezcla, éste último debido a la dificultad que presentó en las primeras mezclas de incorporar las fibras. No se logra apresar la primera fisura de falla en el proceso de la prueba. el material no se disgrega después de la falla. Se presentan mayormente grietas verticales. La grieta más grande que se presenta es de aproximadamente 0.05mm grosor.

ESPECÍMEN **C6-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.24**  
 DIAMETRO (cm) **5.196**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.20**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3939**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,814.09**

REL. h/d **1.97**

CARGA MAX. (kg) **5450**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **257.02**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **257.02**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA). Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

La falla no se presenta abruptamente. Éste espécimen y el espécimen C6-M3 tienen comportamientos similares, a pesar de reducir el porcentaje de la fibra mexicana dentro de la mezcla. No se logra apreciar la primera fisura de falla en el proceso de la prueba. El material no se disgrega después de la falla. Se presentan pocas grietas en forma de cono a 1/3 de la parte superior. La grieta más grande que se presenta es de aproximadamente 0.03mm grosor.

ESPECÍMEN **C7-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**  
 AGUA **19.26%**

ARENA **19.30%**  
 CENIZA **27.00%**

FIBRA (PP) **0.025%**  
 FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.1425**  
 DIAMETRO (cm) **5.016**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.76**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3743**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,867.54**  
 REL. h/d **2.02**

CARGA MAX. (kg) **5200**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **263.15**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **263.15**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.                      Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. No se observa ninguna falla en el espécimen.</p>	<p>La falla no se presenta abruptamente                      No se logra apresar la primer fisura de falla en el proceso de la prueba.                      el material no se disgrega después de la falla.                      Se presentan grietas verticales de la cara superior a la inferior.                      Se mide una deformación aproximada de 1.06 mm horizontalmente.</p>

ESPECÍMEN **C7-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**    ARENA **19.41%**    FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**    CENIZA **27.11%**    FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.1915**  
 DIAMETRO (cm) **5.034**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.90**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.37**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,824.09**

REL. h/d **2.02**

CARGA MAX. (kg) **4800**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **241.17**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **241.17**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  No se observa ninguna falla en el espécimen antes de ser probado.                  Se cabecea el espécimen para asegurar su distribución de carga.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La falla no se presenta abruptamente                  No se logra apresar la primer fisura de falla en el proceso de la prueba.                  el material no se disgrega después de la falla.                  Se observa principalmente una grieta en forma de cono de arriba a abajo del espécimen y el resto de las grietas tienen un espesor mucho mas pequeño y son de forma vertical de la cara superior a la inferior del espécimen.                  El espécimen presenta una deformación diametral de aproximadamente 1.03 mm</p>

ESPECÍMEN **C6-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**


DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.036**  
 DIAMETRO (cm) **4.996**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.60**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3596**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,827.78**  
 REL. h/d **2.01**

CARGA MAX. (kg) **3140**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **160.18**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **160.18**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                      No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                      Antes del ensaye el especímen presenta fibras que sobresalen en sus constados.</p>	<p>No se observa la primer fisura.                      El material no se disgrega debido a la presencia de fibras.                      Es notable que la resistencia a compresión de éste especímen es menor que los especímenes a los que se les agrega ceniza.                      Al fallar presenta pequeñas fisuras el especímen en forma de cono en el tercio inferior del elemento.</p>

ESPECÍMEN **C6-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.002**  
 DIAMETRO (cm) **5.04**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.95**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3823**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,915.87**

REL. h/d **1.98**

CARGA MAX. (kg) **3600**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **180.45**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **180.45**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  No se observa ninguna oquedad aparente ni daño en el cilindro.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>La falla se presenta súbitamente.                  No acepta deformaciones.                  El cilindro presenta una forma de cono hacia arriba después de fallar y disgregarse.</p>

ESPECÍMEN **C2-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.8313</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,754.94</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.00</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>CANCELADA</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>CANCELADA</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>CANCELADA</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>CANCELADA</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>NO SE LOGRÓ CABECEAR EL ESPECÍMEN ES DEMASIADO BLANDO EL ESPECIMEN PARA LOGRAR CABECEARLO.</p>	<p>CANCELADA</p>

ESPECÍMEN **C2-M1**

MEZCLA **MEZCLA #1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	24.48%	ARENA	19.64%	FIBRA (PP)	1.80%
AGUA	25.79%	CENIZA	27.58%	FLUIDIFICANTE	0.71%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**



EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.405</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,698.79</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.99</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>600</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.29</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.29</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>El espécimen se logró desmoldar hasta los 144 horas.            A la edad de 28 días el espécimen continúa humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.            Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.            Al momento de hacer la mezcla Su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido a alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a compresión fue mínima.            Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Se propone hacer el resto de las pruebas en días posteriores.            El espécimen presenta multiples grietas sin aparente grieta principal, no presenta ningún tipo de cono en la formación de sus grietas y un ligero ensanchamiento al centro del cilindro.            No se segregó ninguna partícula del espécimen.            Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apreocer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento acepta deformaciones            Todavía se alcanza a apreciar fluidificante en las caras del espécimen.            Se segrega al tacto.            PRIMER FISURA A 500 KG</p>

ESPECÍMEN **C2-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**      ARENA **27.10%**      FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.842**  
 DIAMETRO (cm) **5.135**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **20.71**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3919**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,922.74**

REL. h/d **1.92**

CARGA MAX. (kg) **4770**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **230.33**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **230.33**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                      No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                      No se observa ninguna oquedad aparente ni daño en el cilindro.</p>	<p>La falla se presenta súbitamente.                      No acepta deformaciones.                      El cilindro presenta una forma de cono hacia arriba después de fallar y disgregarse.                      PRIMER FISURA A 4600 KG</p>

ESPECÍMEN **C2-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.877**  
 DIAMETRO (cm) **5.215**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.36**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3897**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,847.17**

REL. h/d **1.89**

CARGA MAX. (kg) **2920**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **136.70**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **136.70**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  Antes del ensaye el espécimen presenta fibras que sobresalen en sus constados.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa la primer fisura a 2600 kg de carga                  El material no se disgrega debido a la presencia de fibras.                  Acepta deformación de 0.264 mm de maera diametral.                  Es notable que la resistencia a compresión de éste espécimen es menor que los especímenes a los que se les agrega ceniza.                  Al fallar presenta pequeñas fisuras el espécimen en forma de cono en el tercio inferior del elemento.                  PRIMER FISURA A 2600</p>

ESPECÍMEN **C8-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**  
 AGUA **19.26%**

ARENA **19.30%**  
 CENIZA **27.00%**

FIBRA (PP) **0.025%**  
 FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.124**  
 DIAMETRO (cm) **5.041**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.96**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3803**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,882.14**

REL. h/d **2.01**

CARGA MAX. (kg) **7100**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **355.74**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **355.74**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa que la resistencia a compresión a los 28 días es mayor que la resistencia a compresión de la fibra japonesa.                  La falla no se presenta abruptamente                  No se siente totalmente seco en su interior.                  No se logra apreciar la primer fisura de falla en el proceso de la prueba.                  el material no se disgrega después de la falla.                  Se presentan mayormente grietas verticales.                  Se presenta una primer fisura a los 5,500 kg de carga.                  Se deformó en promedio + 1.23 mm en su diametro</p>

ESPECÍMEN **C9-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**      ARENA **19.30%**      FIBRA (PP) **0.025%**  
 AGUA **19.26%**      CENIZA **27.00%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.831**  
 DIAMETRO (cm) **5.246**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.61**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3954**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,860.77**

REL. h/d **1.87**

CARGA MAX. (kg) **7400**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **342.36**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **342.36**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa que la resistencia a compresión a los 28 días es mayor que la resistencia a compresión de la fibra japonesa.                  La falla no se presenta abruptamente                  No se siente totalmente seco en su interior.                  No se logra apresar la primer fisura de falla en el proceso de la prueba.                  el material no se disgrega después de la falla.                  Se presentan mayormente grietas verticales.                  Se presenta una primer fisura a los 6,500 kg de carga.                  Se deformó en su diámetro en promedio +2.283 mm</p>

ESPECÍMEN **C10-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.3883**

ALTO (cm) **9.9562**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,875.70**

DIAMETRO (cm) **5.1453**

REL. h/d **1.94**

AREA (cm<sup>2</sup>) **20.79**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

CARGA MAX. (kg) **7450**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **358.30**

FACTOR DE CORRELACIÓN **1**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **358.30**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.  
Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

Se observa que la resistencia a compresión a los 28 días es mayor que la resistencia a compresión de la fibra japonesa.  
La falla no se presenta abruptamente  
No se siente totalmente seco en su interior.  
No se logra apreciar la primera fisura de falla en el proceso de la prueba.  
el material no se desgrega después de la falla.  
Se presentan mayormente grietas verticales.  
No se observa una primera fractura aparente.  
Se deformó en su diámetro en promedio +2.283 mm

ESPECÍMEN **C8-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.385**  
 DIAMETRO (cm) **5.426**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **23.12**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.389**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,619.92**  
 REL. h/d **1.91**

CARGA MAX. (kg) **5750**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **248.67**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **248.67**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. No se observa ninguna falla en el espécimen antes de ser probado.                  Se cabecea el espécimen para asegurar su distribución de carga.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La falla no se presenta abruptamente                  No se observa una primer fisura aparente el material no se disgrega después de la falla.                  Se observa principalmente una grieta en forma de cono de arriba a abajo del espécimen y el resto de las grietas tienen un espesor mucho mas pequeño y son de forma vertical de la cara superior a la inferior del espécimen.                  El espécimen presenta una depformación diametral de aproximadamente 0.64 mm</p>

ESPECÍMEN **C9-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.2762**  
 DIAMETRO (cm) **5.0206**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.80**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3722**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,829.54**  
 REL. h/d **2.05**

CARGA MAX. (kg) **5750**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **290.45**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **290.45**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. No se observa ninguna falla en el espécimen antes de ser probado.                  Se cabecea el espécimen para asegurar su distribución de carga.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La falla no se presenta abruptamente                  No se observa una primer fisura aparente el material no se disgrega después de la falla.                  Se observa principalmente una grieta en forma de cono de arriba a abajo del espécimen y el resto de las grietas tienen un espesor mucho mas pequeño y son de forma vertical de la cara superior a la inferior del espécimen. El espécimen presenta una depformación diametral de aproximadamente 1.074 mm</p>

ESPECÍMEN **C10-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.2575**  
 DIAMETRO (cm) **5.179**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.07**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3969**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,836.78**

REL. h/d **1.98**

CARGA MAX. (kg) **7500**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **356.02**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **356.02**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. No se observa ninguna falla en el espécimen antes de ser probado.                  Se cabecea el espécimen para asegurar su distribución de carga.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La falla no se presenta abruptamente                  No se observa una primer fisura aparente el material no se disgrega después de la falla.                  Se observa principalmente una grieta en forma de cono de arriba a abajo del espécimen y el resto de las grietas tienen un espesor mucho mas pequeño y son de forma vertical de la cara superior a la inferior del espécimen.                  El espécimen presenta una depformación diametral de aproximadamente 0.5166 mm</p>

ESPECÍMEN **C8-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.34**  
 DIAMETRO (cm) **5.21**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.32**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

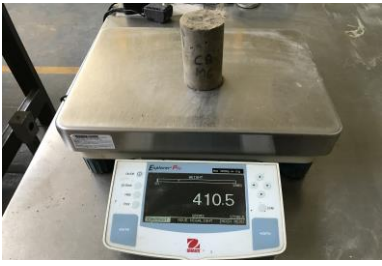

PESO(kg) **0.4105**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,862.20**

REL. h/d **1.98**

CARGA MAX. (kg) **3910**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **183.41**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **183.41**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                      No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                      Antes del ensaye el especímen presenta fibras que sobresalen en sus constados.</p>	<p>No se observó la primer fisura.                      El material no se disgrega debido a la presencia de fibras.                      Acepta deformación de + 1.61 mm de maera diametral.                      Es notable que la resistencia a compresión de éste especímen es menor que los especímenes a los que se les agrega ceniza.</p>

ESPECÍMEN **C9-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.17**  
 DIAMETRO (cm) **5.27**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.81**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.4079**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,838.75**  
 REL. h/d **1.93**

CARGA MAX. (kg) **3260**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **149.45**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **149.45**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  Antes del ensaye el especímen presenta fibras que sobresalen en sus constados.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa una primer fisura a 1980 kg de carga.                  El material no se disgrega debido a la presencia de fibras.                  Acepta deformación de + 2.78 mm de maera diametral.                  Es notable que la resistencia a compresión de éste especimen es menor que los especímenes a los que se les agrega ceniza.</p>

ESPECÍMEN **C10-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.918**  
 DIAMETRO (cm) **5.147**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **20.81**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3837**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,859.39**

REL. h/d **1.93**

CARGA MAX. (kg) **4000**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **192.25**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **192.25**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  Antes del ensaye el especímen presenta fibras que sobresalen en sus constados.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>No se observa la primer fisura                  El material no se disgrega debido a la presencia de fibras.                  Acepta deformación de + 3.88 mm de maera diametral.                  Es notable que la resistencia a compresión de éste especimen es menor que los especímenes a los que se les agrega ceniza.</p>

ESPECÍMEN **C8-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.0322**  
 DIAMETRO (cm) **5.03**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.87**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3829**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,920.72**  
 REL. h/d **1.99**

CARGA MAX. (kg) **4850**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **244.07**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **244.07**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  No se observa ninguna oquedad aparente ni daño en el cilindro.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa una pequeña fisura inicial a los 3450 kg de carga                  No acepta deformaciones.                  El cilindro presenta una forma de cono hacia arriba después de fallar y disgregarse.</p>

ESPECÍMEN **C9-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**      ARENA **27.10%**      FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.7907**  
 DIAMETRO (cm) **5**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.63**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3649**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,898.15**

REL. h/d **1.96**

CARGA MAX. (kg) **6000**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **305.58**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **305.58**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.                  No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.                  No se observa ninguna oquedad aparente ni daño en el cilindro.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se observa una pequeña fisura inicial a los 3500 kg de carga                  No acepta deformaciones.                  El cilindro presenta una forma de cono hacia arriba después de fallar y disgregarse.</p>

ESPECÍMEN **C10-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.87%</b>	ARENA	<b>27.10%</b>	FIBRA (PVA)	<b>0.000%</b>
AGUA	<b>26.03%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>10.03</b>
DIAMETRO (cm)	<b>5.03</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	19.87
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	0.0002



PESO(kg) **0.3814**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,913.61**

REL. h/d **1.99**

CARGA MAX. (kg)	<b>5500</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>276.78</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>276.78</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Al momento de mezclar no representa problema para integrar todos los agregados.            No es necesario utilizar fluidificante ya que no se cuenta con la presencia de ceniza.            No se observa ninguna oquedad aparente ni daño en el cilindro.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>No se observa la primer fisura            No acepta deformaciones.            El cilindro presenta una forma de cono hacia arriba después de fallar y disgregarse.</p>

ESPECÍMEN **C4-M1**

MEZCLA **1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	24.48%	ARENA	19.64%	FIBRA (PP)	1.80%
AGUA	25.79%	CENIZA	27.58%	FLUIDIFICANTE	0.71%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **15-dic-16**



EDAD **41** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.3628</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m³)	<b>1,728.86</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.00</b>
		AREA (cm²)		
		VOLUMEN (m³)		

CARGA MAX. (kg)	<b>850</b>
RESISTENCIA (kg/cm²)	<b>4.74</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm²)	<b>4.74</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>El espécimen se logró desmoldar hasta los 144 horas.            A la edad de 41 días el espécimen continúa húmedo, la razón por la cual continúa húmedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.            Al terminar la prueba se rompió por completo el espécimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.            Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a compresión fue mínima.            Al terminar la prueba se rompió por completo el espécimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.            Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.            El espécimen presenta múltiples grietas sin aparente grieta principal, no presenta ningún tipo de cono en la formación de sus grietas y un ligero ensanchamiento al centro del cilindro.            No se segregó ninguna partícula del espécimen.            Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apretar el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento            Se observa su primera fisura a 300 kg de carga presenta deformaciones de -1.6775 cm a lo alto del espécimen</p>

ESPECÍMEN **C5-M1**

MEZCLA **1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>24.48%</b>	ARENA	<b>19.64%</b>	FIBRA (PP)	<b>1.80%</b>
AGUA	<b>25.79%</b>	CENIZA	<b>27.58%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.71%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **15-dic-16**



EDAD **41** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.4124</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,750.55</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.99</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>890</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>4.97</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>4.97</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>El espécimen se logró desmoldar hasta los 144 horas.                      A la edad de 41 días el espécimen continúa humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.                      Al terminar la prueba se rompió por completo el espécimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.                      Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.                      Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a compresión fue mínima.                      Al terminar la prueba se rompió por completo el espécimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.                      Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.                      El espécimen presenta múltiples grietas sin aparente grieta principal, no presenta ningún tipo de cono en la formación de sus grietas y un ligero ensanchamiento al centro del cilindro.                      No se segregó ninguna partícula del espécimen.                      Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apretar el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento                      Se observa su primera fisura a 600 kg de carga presenta deformaciones de -0.12 cm a lo alto del espécimen</p>

ESPECÍMEN **C4-M2**

MEZCLA **2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **15-dic-16**

EDAD **41** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	30.42
DIAMETRO (cm)	15.133
AREA (cm <sup>2</sup> )	179.86
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	0.0055

PESO(kg)	9.8598
PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	1,802.06
REL. h/d	2.01

CARGA MAX. (kg)	0
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	-
FACTOR DE CORRELACIÓN	1
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	-

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.  
 Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.  
 El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.  
 Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.

OBSERVACIONES

SE DESECHÓ EL ESPECIMEN POR QUE NO RESISTIÓ EL PROCESO DE CABECEO

ESPECÍMEN **C5-M2**

MEZCLA **2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>26.54%</b>	ARENA	<b>21.25%</b>	FIBRA (PP)	<b>0.479%</b>
AGUA	<b>21.06%</b>	CENIZA	<b>29.90%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.77%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **15-dic-16**



EDAD **41** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.8334</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,821.94</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.01</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>600</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.37</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>3.37</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.                      Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.                      El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.                      Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p>	<p>SE OBSERVA LA PRIMER FISURA A 200 KG DE CARGA                      SE OBSERVAN DEFORMACIONES DE -0.775 MM A LO ALTO DEL ESPECIMEN.                      NO SE DISGREGA EL MATERIAL.</p>

ESPECÍMEN **C1-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>34.29%</b>	ARENA	<b>19.30%</b>	FIBRA (PP)	<b>0.025%</b>
AGUA	<b>19.26%</b>	CENIZA	<b>27.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.13%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>0.3627</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,875.35</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.97</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>2100</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>27.15</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>27.15</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.</p> <p>Al mezclar el espécimen no representa dificultad.</p> <p>La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p>La primer fisura se observa a los 1800 kg de presión. Comienzan a generarse paulatinamente muy pequeños agrietamientos después de los 2000 kg. Se observan las grietas justo por el centro diametral. Las partículas del elemento no se separan facilmente debido a la fibra.</p> <p>El espécimen continua resistiendo carga diametralmente después de la fala principal.</p> <p>El espécimen sufre deformaciones importantes en los puntos donde se aplica la carga, esto nos indica que el material puede permitir deformaciones importantes sin perder del todo su estructura.</p> <p>En el interior de la grieta se alcanza a notar la acción de las fibras dentro del espécimen.</p>

ESPECÍMEN **C1-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**    ARENA **19.41%**    FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**    CENIZA **27.11%**    FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.95**  
 DIAMETRO (cm) **5.25**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.65**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3749**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,740.54**  
 REL. h/d **1.90**

CARGA MAX. (kg) **3000**  
 RESISTENCIA A TENSION (kg/cm<sup>2</sup>) **36.56**  
 FACTOR DE CORRELACION **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **36.56**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA). Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p>No se alcanzó a apreciar el momento de la primer fisura.                  Después de la fall se continuó aumentando la presión al espécimen, resultando en una total separación del elemento. Es por ello que en la fotografía superior el elemento se encuentra totalmente partido por la mitad.                  Se aprecia una buena distribución de la fibra en el interior.</p>

ESPECÍMEN **C2-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>34.29%</b>	ARENA	<b>19.30%</b>	FIBRA (PP)	<b>0.025%</b>
AGUA	<b>19.26%</b>	CENIZA	<b>27.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.13%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

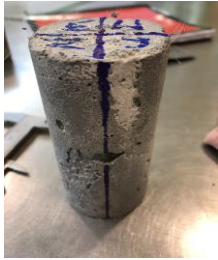

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>0.3593</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,865.68</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.01</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>2500</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>32.21</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>32.21</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.</p> <p>Al mezclar el espécimen no representa dificultad.</p> <p>La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p> <p>Se marcaron los centros de las caras del cilindro, se alinearon los centros con la placa y el cabezal ocupados para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se observa a los 1750 kg de presión.</p> <p>Comienzan a generarse paulatinamente muy pequeños agrietamientos después de los 1900 kg.</p> <p>Se observan las grietas justo por el centro diametral.</p> <p>Las partículas del elemento no se separan facilmente debido a la fibra.</p> <p>El espécimen continua resistiendo carga diametralmente después de la fala principal.</p> <p>El espécimen sufre deformaciones importantes en los puntos donde se aplica la carga, esto nos indica que el material puede permitir deformaciones importantes sin perder del todo su estructura.</p> <p>Sufre una deformación aproximadamente de 1/2 cm diametralmente.</p>

ESPECÍMEN **C2-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**    ARENA **19.41%**    FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**    CENIZA **27.11%**    FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.112**  
 DIAMETRO (cm) **5.013**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.74**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3638**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,822.81**

REL. h/d **2.02**

CARGA MAX. (kg) **3100**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **38.93**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **38.93**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  El espécimen no presenta daño aparente en su estructura.                  Se marca el espécimen y se centra con el cabezal y la placa metálica para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se aprecia a los 2,500 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones importantes de aproximadamente 1 cm antes de separarse por la mitad.</p>

ESPECÍMEN **C1-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.0435**  
 DIAMETRO (cm) **4.991**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.56**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3618**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,841.27**  
 REL. h/d **2.01**

CARGA MAX. (kg) **2500**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **31.75**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **31.75**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El espécimen muestra mucha fibra sobresaliendo en la cara superior.                  No presenta oquedades ni fallas el espécimen.                  Al mezclar no es necesario incorporar fluidificante por la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>La primer fisura se aprecia a los 1,700 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones de aproximadamente 0.34 cm antes de separarse por la mitad.                  No acepta las mismas deformaciones que los especímenes con ceniza.</p>

ESPECÍMEN **C1-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.94975**  
 DIAMETRO (cm) **5.231**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.49**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.4047**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,892.61**  
 REL. h/d **1.90**

CARGA MAX. (kg) **1660**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **20.30**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **20.30**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El especimen no presenta fallas ni oquedades aparentes. Al mezclar no fue necesario incorporar fluidificante debido a la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>El especimen no acepta deformaciones.                  Falla súbitamente.                  Se genera solo una grieta central.                  El especimen se separa completamente al momento de falla.                  No presenta otras grietas.</p>

ESPECÍMEN **C7-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.079**  
 DIAMETRO (cm) **5.023**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.82**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3842**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,923.64**  
 REL. h/d **2.01**

CARGA MAX. (kg) **1500**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **18.86**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **18.86**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El especimen no presenta fallas ni oquedades aparentes.                  Al mezclar no fue necesario incorporar fluidificante debido a la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>Presenta una primer fisura a los 400 kg de carga                  El especímen no acepta deformaciones.                  Falla súbitamente.                  Se genera solo una grieta central.                  El especímen se separa completamente al momento de falla.                  No presenta otras grietas.  <b>NO SE PUEDE MEDIR DEFORMACIÓN</b></p>

ESPECÍMEN **C7-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.11%</b>	ARENA	<b>26.82%</b>	FIBRA (PVA)	<b>1.490%</b>
AGUA	<b>25.58%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>10.134</b>
DIAMETRO (cm)	<b>5.228</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	21.47
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	0.0002



PESO(kg) **0.4024**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,849.76**

REL. h/d **1.94**

CARGA MAX. (kg)	<b>2330</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	28.00
FACTOR DE CORRELACIÓN	1
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>28.00</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El espécimen muestra mucha fibra sobresaliendo en la cara superior. No presenta oquedades ni fallas el espécimen. Al mezclar no es necesario incorporar fluidificante por la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>La primer fisura se aprecia a los 1,550 kg de carga. El cilindro sufre deformaciones de aproximadamente 1.16 mm cm antes de separarse por la mitad. No acepta las mismas deformaciones que los especímenes con ceniza. Presenta una falla central principal.</p>

ESPECÍMEN **C3-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**



EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.481</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,750.83</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.98</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>500</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.70</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.70</b>

FACTORES DE CORRECIÓN POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>A la edad de 28 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.</p> <p>Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p> <p>Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Presenta su primer fisura a los 380 kg de carga</p> <p>Su resistencia a compresión diametral fue mínima.</p> <p>Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>No se disgrega el espécimen, aún cuando se incrementa la carga a 800 kg..</p> <p>El espécimen presenta multiples grietas sin aparente grieta principal</p> <p>Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al precer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento</p>

ESPECÍMEN **C3-M1**

MEZCLA **MEZCLA #1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	24.48%	ARENA	19.64%	FIBRA (PP)	1.80%
AGUA	25.79%	CENIZA	27.58%	FLUIDIFICANTE	0.71%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**


EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.382</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	1,693.12
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	1.98
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>670</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	0.92
FACTOR DE CORRELACIÓN	1
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.92</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados. Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla. El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas. Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a tensión fue mínima. acepta deformaciones de 12.01 mm diametralmete, sin separarse. El espécimen presenta múltiples grietas no se segregó ninguna partícula del espécimen debido a la fibra. Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al aprecer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento.</p>

ESPECÍMEN **C3-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**      ARENA **19.30%**      FIBRA (PP) **0.025%**  
 AGUA **19.26%**      CENIZA **27.00%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**



EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**      DIMENSIONES      PESO(kg) **0.4009**  
 ALTO (cm) **10.032**      PESO VOL. (kg/m³) **1,883.64**  
 DIAMETRO (cm) **5.19733**      REL. h/d **1.93**  
 AREA (cm²) **21.22**  
 VOLUMEN (m³) **0.0002**

CARGA MAX. (kg) **2450**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm²) **29.91**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm²) **29.91**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Se marcaron los centros de las caras del cilindro, se alinearon los centros con la placa y el cabezal ocupados para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura NO SE OBSERVA APARENTEMENTE.                  Se observan las grietas justo por el centro diametral. Las partículas del elemento no se separan facilmente debido a la fibra.                  El espécimen continua resistiendo carga diametralmente después de la falla principal.                  El espécimen sufre deformaciones importantes en los puntos donde se aplica la carga, esto nos indica que el material puede permitir deformaciones importantes sin perder del todo su estructura.                  Sufre una deformación aproximadamente de -3.8233 mm diametralmente.</p>

ESPECÍMEN **C4-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>34.29%</b>	ARENA	<b>19.30%</b>	FIBRA (PP)	<b>0.025%</b>
AGUA	<b>19.26%</b>	CENIZA	<b>27.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.13%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**



EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>0.4022</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,894.86</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.95</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>2650</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>32.29</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>32.29</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra. Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Se marcaron los centros de las caras del cilindro, se alinearon los centros con la placa y el cabezal ocupados para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura NO SE OBSERVA APARENTEMENTE. Se observan las grietas justo por el centro diametral. Las partículas del elemento no se separan facilmente debido a la fibra. El espécimen continua resistiendo carga diametralmente después de la falla principal. El espécimen sufre deformaciones importantes en los puntos donde se aplica la carga, esto nos indica que el material puede permitir deformaciones importantes sin perder del todo su estructura. Sufré una deformación aproximadamente de -0.6733 mm diametralmente.</p>

ESPECÍMEN **C5-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>34.29%</b>	ARENA	<b>19.30%</b>	FIBRA (PP)	<b>0.025%</b>
AGUA	<b>19.26%</b>	CENIZA	<b>27.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.13%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**



EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>0.3789</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,877.10</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.02</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>2300</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>28.63</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>28.63</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra. Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Se marcaron los centros de las caras del cilindro, se alinearon los centros con la placa y el cabezal ocupados para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se presenta a 2100 kg. Se observan las grietas justo por el centro diametral. Las partículas del elemento no se separan facilmente debido a la fibra. El espécimen continua resistiendo carga diametralmente después de la falla principal. El espécimen sufre deformaciones importantes en los puntos donde se aplica la carga, esto nos indica que el material puede permitir deformaciones importantes sin perder del todo su estructura. Sufrre una deformación aproximadamente de -2.6 mm diametralmente.</p>

ESPECÍMEN **C3-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.2735**  
 DIAMETRO (cm) **4.96133**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.33**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**



PESO(kg) **0.3657**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,841.28**

REL. h/d **2.07**

CARGA MAX. (kg) **3450**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **43.09**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **43.09**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                      Al mezclar el especimen no representa dificultad.                      La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                      El especimen no presenta daño aparente en su estructura.                      Se marca el especimen y se centra con el cabezal y la placa metálica para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se aprecia a los 3400 kg de carga.                      El cilindro sufre deformaciones importantes de aproximadamente -3.25 mm antes de separarse por la mitad.</p>

ESPECÍMEN **C4-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.2087**  
 DIAMETRO (cm) **5.028**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.86**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3734**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,842.14**  
 REL. h/d **2.03**

CARGA MAX. (kg) **3600**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **44.65**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **44.65**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  El espécimen no presenta daño aparente en su estructura.                  Se marca el espécimen y se centra con el cabezal y la placa metálica para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se aprecia a los 3400 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones importantes de aproximadamente -5.56 mm antes de separarse por la mitad.</p>

ESPECÍMEN **C5-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.21425**  
 DIAMETRO (cm) **5.20433**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.27**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3981**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,832.17**  
 REL. h/d **1.96**

CARGA MAX. (kg) **3600**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **43.11**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **43.11**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  El espécimen no presenta daño aparente en su estructura.                  Se marca el espécimen y se centra con el cabezal y la placa metálica para la prueba.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se aprecia a los 3500 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones importantes de aproximadamente -1.9933 mm antes de separarse por la mitad.</p>

ESPECÍMEN **C6-M1**

MEZCLA **1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>24.48%</b>	ARENA	<b>19.64%</b>	FIBRA (PP)	<b>1.80%</b>
AGUA	<b>25.79%</b>	CENIZA	<b>27.58%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.71%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**



EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.4542</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,753.94</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.99</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		<b>179.08</b>
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		<b>0.0054</b>

CARGA MAX. (kg)	<b>950</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.33</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.33</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.                      Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.                      El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.                      Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p>	<p>Su resistencia a tensión fue mínima.                      acepta deformaciones de -4 CM diametralmete, sin separarse.                      El espécimen presenta múltiples grietas                      no se segregó ninguna partícula del espécimen debido a la fibra.                      Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al apreocer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento.                      SU PRIMER FOSURA SE PRESENTA A 430 KG DE CARGA</p>

ESPECÍMEN **C7-M1**

MEZCLA **1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>24.48%</b>	ARENA	<b>19.64%</b>	FIBRA (PP)	<b>1.80%</b>
AGUA	<b>25.79%</b>	CENIZA	<b>27.58%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.71%</b>

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**



EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.4337</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,745.79</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.00</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>1100</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.54</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>1.54</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.                  Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.                  El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.                  Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Su resistencia a tensión fue mínima.                  acepta deformaciones de -2 CM diametralmete, sin separarse.                  El espécimen presenta múltiples grietas                  no se segregó ninguna partícula del espécimen debido a la fibra.                  Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al aprecer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento.                  SU PRIMER FOSURA SE PRESENTA A 490 KG DE CARGA</p>

ESPECÍMEN **C3-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%



FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**      FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**      EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.8238</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,820.10</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>1.99</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>600</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.84</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.84</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>A la edad de 28 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.</p> <p>Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p> <p>Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Presenta su primer fisura a los 270 kg de carga</p> <p>Su resistencia a compresión diametral fue mínima.</p> <p>Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>No se disgrega el espécimen, aún cuando se incrementa la carga</p> <p>El espécimen presenta multiples grietas sin aparente grieta principal</p> <p>Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al precer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento</p> <p>SE DEFORMA 1 CM DIAMETRALMETNE</p>

ESPECÍMEN **C7-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	26.54%	ARENA	21.25%	FIBRA (PP)	0.479%
AGUA	21.06%	CENIZA	29.90%	FLUIDIFICANTE	0.77%

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**



EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA	<b>CILINDRO</b>	DIMENSIONES	PESO(kg)	<b>9.8767</b>
		ALTO (cm)	PESO VOL. (kg/m <sup>3</sup> )	<b>1,819.02</b>
		DIAMETRO (cm)	REL. h/d	<b>2.00</b>
		AREA (cm <sup>2</sup> )		
		VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		

CARGA MAX. (kg)	<b>630</b>
RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.88</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>1</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>0.88</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>A la edad de 28 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.</p> <p>Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p> <p>Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Presenta su primer fisura a los 360 kg de carga</p> <p>Su resistencia a compresión diametral fue mínima.</p> <p>Al terminar la pureba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>No se disgrega el espécimen, aún cuando se incrementa la carga</p> <p>El espécimen presenta multiples grietas sin aparente grieta principal</p> <p>Se aprecia en su interior partes de color café oscuro; al precer el fluidificante se encapsula en ciertas partes del elemento</p> <p>SE DEFORMA 1.5 CM DIAMETRALMETNE</p>

ESPECÍMEN **C3-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

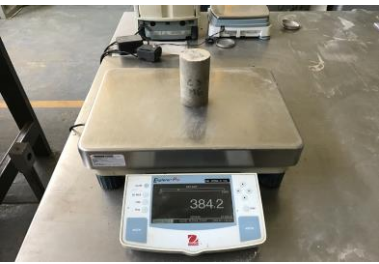

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.2033**  
 DIAMETRO (cm) **5.082**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **20.28**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3842**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,856.34**  
 REL. h/d **2.01**

CARGA MAX. (kg) **3050**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **37.45**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **37.45**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El espécimen muestra mucha fibra sobresaliendo en la cara superior.                  No presenta oquedades ni fallas el espécimen.                  Al mezclar no es necesario incorporar fluidificante por la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>La primer fisura se aprecia a los 1,800 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones de aproximadamente 1 cm antes de separarse por la mitad.                  No acepta las mismas deformaciones que los especímenes con ceniza.                  Presenta una falla central principal.</p>

ESPECÍMEN **C4-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.179**  
 DIAMETRO (cm) **5.0356**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.92**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.3778**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,863.65**  
 REL. h/d **2.02**

CARGA MAX. (kg) **3300**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **40.99**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **40.99**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>El espécimen muestra mucha fibra sobresaliendo en la cara superior.                  No presenta oquedades ni fallas el espécimen.                  Al mezclar no es necesario incorporar fluidificante por la ausencia de ceniza.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>La primer fisura se aprecia a los 2330 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones de aproximadamente 0.6 cm antes de separarse por la mitad.                  No acepta las mismas deformaciones que los especímenes con ceniza.                  Presenta una falla central principal.</p>

ESPECÍMEN **C5-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

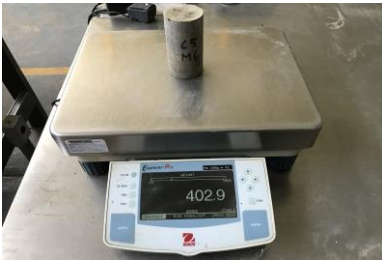

DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.1185**  
 DIAMETRO (cm) **5.272**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.83**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.4029**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,824.07**  
 REL. h/d **1.92**

CARGA MAX. (kg) **2790**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **33.30**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **33.30**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El espécimen muestra mucha fibra sobresaliendo en la cara superior.                  No presenta oquedades ni fallas el espécimen.                  Al mezclar no es necesario incorporar fluidificante por la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>La primer fisura se aprecia a los 1980 kg de carga.                  El cilindro sufre deformaciones de aproximadamente 0.2 cm antes de separarse por la mitad.                  No acepta las mismas deformaciones que los especímenes con ceniza.                  Presenta una falla central principal.</p>

ESPECÍMEN **C7-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.8235**  
 DIAMETRO (cm) **5.0486**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **20.02**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**


PESO(kg) **0.3756**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,909.97**

REL. h/d **1.95**

CARGA MAX. (kg) **1510**  
 RESISTENCIA A TENSION (kg/cm<sup>2</sup>) **19.38**  
 FACTOR DE CORRELACION **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **19.38**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>El especimen no presenta fallas ni oquedades aparentes.                      Al mezclar no fue necesario incorporar fluidificante debido a la ausencia de ceniza.</p>	<p>Presenta una primer fisura a los 1510 kg de carga                      El especímen no acepta deformaciones.                      Falla súbitamente.                      Se genera solo una grieta central.                      El especímen se separa completamente al momento de falla.                      No presenta otras grietas.                      NO SE PUEDE MEDIR DEFORMACIÓN</p>

ESPECÍMEN **C4-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**

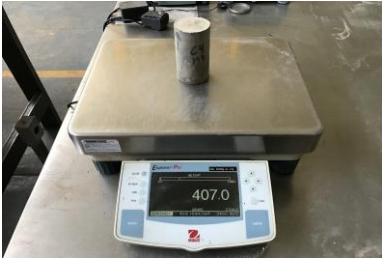
DIMENSIONES

ALTO (cm) **10.016**  
 DIAMETRO (cm) **5.2326**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **21.50**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.407**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,889.62**  
 REL. h/d **1.91**

CARGA MAX. (kg) **2080**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **25.27**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **25.27**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El especimen no presenta fallas ni oquedades aparentes. Al mezclar no fue necesario incorporar fluidificante debido a la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>Presenta una primer fisura a los 800 kg de carga                  El especímen no acepta deformaciones.                  Falla súbitamente.                  Se genera solo una grieta central.                  El especímen se separa completamente al momento de falla.                  No presenta otras grietas.  <b>NO SE PUEDE MEDIR DEFORMACIÓN</b></p>

ESPECÍMEN **C5-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CILINDRO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **9.977**  
 DIAMETRO (cm) **5.0223**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **19.81**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.0002**

PESO(kg) **0.375**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,897.30**  
 REL. h/d **1.99**

CARGA MAX. (kg) **1700**  
 RESISTENCIA A TENSIÓN (kg/cm<sup>2</sup>) **21.60**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **1**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **21.60**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El especimen no presenta fallas ni oquedades aparentes.                  Al mezclar no fue necesario incorporar fluidificante debido a la ausencia de ceniza.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>Presenta una primer fisura a los 1700 kg de carga                  El especímen no acepta deformaciones.                  Falla súbitamente.                  Se genera solo una grieta central.                  El especímen se separa completamente al momento de falla.                  No presenta otras grietas.  <b>NO SE PUEDE MEDIR DEFORMACIÓN</b></p>

ESPECÍMEN **CB1-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**      ARENA **19.41%**      FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**      CENIZA **27.11%**      FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.06**  
 BASE (cm) **5.01**  
 ANCHO (cm) **5.06**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **25.35**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**

PESO(kg) **0.2315**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,804.73**

REL. h/d **1.01**

CARGA MAX. (kg) **6050**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **238.65**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **217.17**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA). Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Al desmoldar los cubos no presentó dificultad, existen algunas fibras que sobresalen por las esquinas del elemento. Se centra el elemento a los cabezales de la máquina, logrando que la carga sea uniforme.

OBSERVACIONES

La primer fisura se presenta a los 5200 kg. Después de esta carga comienzan a aparecer grietas verticales pequeñas. No falla repentinamente. Se aprecia una grieta principal en una de sus caras, del centro superior a una de sus esquinas. El resto de las grietas son más pequeñas.

ESPECÍMEN **CB2-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2205**

ALTO (cm) **5.03**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,750.02**

BASE (cm) **4.98**

REL. h/d **1.01**

ANCHO (cm) **5.03**

AREA (cm<sup>2</sup>) **25.05**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**

CARGA MAX. (kg) **4450**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **177.65**

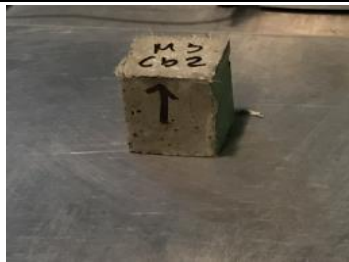
FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **161.66**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.  
Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

Se observa la primer fisura a los 3000 kg  
SE OBSERVAN POCA CANTIDAD DE GRIETAS, PRINCIPALEMTE EN LAS ARISTAS DEL ESPECIMEN. LAS GRIETAS APARECEN VERTICALMETE DE LADO A LADO DEL ESPECÍMEN.  
SE OBSERVA UNA DEFORMACIÓN VERTICAL DE APROXIMADAMENTE 0.15 CM

ESPECÍMEN **CB1-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **17-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2342**

ALTO (cm) **4.906**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,919.22**

BASE (cm) **5.07**

REL. h/d **0.97**

ANCHO (cm) **4.906**

AREA (cm<sup>2</sup>) **24.87**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00012**

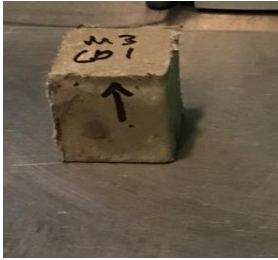

CARGA MAX. (kg) **6400**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **257.30**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **234.15**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra. Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>SE OBSERVAN GRIETAS VERTICALES DESPUÉS DE LA FALLA. LA PRIMER FISURA APARECE A 5700 KG DE PRESIÓN. EL MATERIAL PUEDE RESISTIR UN POCO MÁS DESPUES DE LA CARGA DE FALLA PRINCIPAL.</p>

ESPECÍMEN **CB3-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2175**

ALTO (cm) **4.677**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,856.12**

BASE (cm) **5.109**

REL. h/d **0.92**

ANCHO (cm) **4.904**

AREA (cm<sup>2</sup>) **25.05**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00012**

CARGA MAX. (kg) **7700**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **307.33**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **279.67**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA

ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.  
Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Fué necesario pulir la superficie del cubo en la parte superior para lograr la mejor distribución de carga.

Se observa la primer fisura a los 2500 kg  
SE OBSERVAN POCA CANTIDAD DE GRIETAS, PRINCIPALEMTE EN LAS ARISTAS DEL ESPECIMEN. LAS GRIETAS APARECEN VERTICALMETE DE LADO A LADO DEL ESPECÍMEN.  
Las deformaciones del espécimen son la siguientes:  
alto: - 0.77 mm  
base: 0 mm  
ancho: + 3.8 mm

ESPECÍMEN **CB4-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2188**

ALTO (cm) **4.742**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,880.84**

BASE (cm) **5.054**

REL. h/d **0.94**

ANCHO (cm) **4.854**

AREA (cm<sup>2</sup>) **24.53**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00012**

CARGA MAX. (kg) **7200**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **293.49**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **267.08**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA

ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.  
Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente. Fué necesario pulir la superficie del cubo en la parte superior para lograr la mejor distribución de carga.

Se observa la primer fisura a los 5200 kg  
SE OBSERVAN POCA CANTIDAD DE GRIETAS, PRINCIPALEMTE EN LAS ARISTAS DEL ESPECIMEN. LAS GRIETAS APARECEN VERTICALMETE DE LADO A LADO DEL ESPECÍMEN.  
Las deformaciones del espécimen son la siguientes:  
alto: - 0.74 mm  
base: - 0.06 mm  
ancho: + 3.95 mm

ESPECÍMEN **CB2-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**    ARENA **19.41%**    FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**    CENIZA **27.11%**    FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **24-nov-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.949**  
 BASE (cm) **5.139**  
 ANCHO (cm) **5.142**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.42**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**


PESO(kg) **0.2335**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,785.50**

REL. h/d **0.96**

CARGA MAX. (kg) **7300**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **276.26**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **251.39**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  Al desmoldar los cubos no presentó dificultad, existen algunas fibras que sobresalen por las esquinas del elemento.                  Se centra el elemento a los cabezales de la máquina, logrando que la carga sea uniforme.                  Se observan pocos fragmentos de fibras en las esquinas.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>No se logra observar la primer fisura. Solo aparecen las grieta de la carga máxima.                  Las deformidades del espécimen después de la prueba son:                  Alto: -1.69 mm                  base: + 0.32 mm                  ancho: +1.69 mm</p>

ESPECÍMEN **CB1-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.052**  
 BASE (cm) **5.165**  
 ANCHO (cm) **5.065**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.16**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2426**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,835.60**

REL. h/d **0.98**

CARGA MAX. (kg) **4450**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **170.10**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **154.79**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                      Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.</p>	<p>El especimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                      alto: - 14 mm                      ancho: +7.6 mm                      base: + 8.88 mm                      Se observa gran cantidad de grietas.</p>

ESPECÍMEN **CB2-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.038**  
 BASE (cm) **5.079**  
 ANCHO (cm) **5.035**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **25.57**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**

PESO(kg) **0.2359**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,831.02**

REL. h/d **0.99**



CARGA MAX. (kg) **4050**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **158.37**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **144.12**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                      Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                      Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>No falla repentinamente.                      El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                      alto: - 0.78 mm                      ancho: +1.01 mm                      base: + 1.28 mm                      Se observa gran cantidad de grietas.</p>

ESPECÍMEN **CB3-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.985**  
 BASE (cm) **5.04233**  
 ANCHO (cm) **5.141**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **25.92**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**

PESO(kg) **0.2426**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,877.36**

REL. h/d **0.99**



CARGA MAX. (kg) **4340**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **167.42**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **152.35**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>NO falla repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 1.05 mm                  ancho: +2.47 mm                  base: + 3.3167 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  La primer fisura se observa a 3,800 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB1-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.88**  
 BASE (cm) **5.174**  
 ANCHO (cm) **5.1063**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.42**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2426**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,881.65**

REL. h/d **0.94**

CARGA MAX. (kg) **6000**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **227.10**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **206.66**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>No acepta grandes deformaciones. Las deformaciones son las siguientes:                      base: +1.47 mm                      alto: -0.6 mm                      ancho: +0.75 mm                      Se observa una grieta principal. Presenta su primer fisura aparente a los 1,300 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB2-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**      ARENA **27.10%**      FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.868**  
 BASE (cm) **5.193**  
 ANCHO (cm) **5.1616**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.80**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2469**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,892.20**

REL. h/d **0.94**

CARGA MAX. (kg) **5350**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **199.60**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **181.63**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>No acepta grandes deformaciones.</p> <p>Se observa una grieta principal.</p> <p>Presentó una caída de carga a los 3,200 kg</p> <p>Se disgrega parte del elemento.</p>

ESPECÍMEN **CB3-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **25-nov-16**

EDAD **7** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.91**  
 BASE (cm) **5.212**  
 ANCHO (cm) **5.1013**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.59**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2448**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,875.19**

REL. h/d **0.94**

CARGA MAX. (kg) **5150**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **193.70**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **176.26**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Presentó una caída de carga a los 800 kg. Se disgrega todo el material..</p>

ESPECÍMEN **CB4-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.87%</b>	ARENA	<b>27.10%</b>	FIBRA (PVA)	<b>0.000%</b>
AGUA	<b>26.03%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>4.999</b>
BASE (cm)	<b>4.97</b>
ANCHO (cm)	<b>4.932</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	<b>24.51</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	<b>0.00012</b>



PESO(kg) **0.2264**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,847.62**

REL. h/d **1.01**

CARGA MAX. (kg)	<b>4680</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>190.93</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>0.91</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>173.74</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>Primer fisura a 1500 kg de carga. No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB5-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.87%</b>	ARENA	<b>27.10%</b>	FIBRA (PVA)	<b>0.000%</b>
AGUA	<b>26.03%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>5.696</b>
BASE (cm)	<b>4.94</b>
ANCHO (cm)	<b>4.7006</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	<b>23.22</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	<b>0.00013</b>



PESO(kg) **0.2214**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,673.89**

REL. h/d **1.15**

CARGA MAX. (kg)	<b>4580</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>197.24</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>0.91</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>179.48</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>Primer fisura a 1200 kg de carga. Se presenta una baja a 3500 kg de carga. No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB6-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.87%</b>	ARENA	<b>27.10%</b>	FIBRA (PVA)	<b>0.000%</b>
AGUA	<b>26.03%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>4.9943</b>
BASE (cm)	<b>5.077</b>
ANCHO (cm)	<b>5.345</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	<b>27.14</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	<b>0.00014</b>



PESO(kg) **0.2469**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,821.76**

REL. h/d **0.98**

CARGA MAX. (kg)	<b>5600</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>206.36</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>0.91</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>187.79</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>Primer fisura a 2600 kg de carga. No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB4-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.1253**  
 BASE (cm) **5.0006**  
 ANCHO (cm) **5.0113**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **25.06**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2361**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,838.25**

REL. h/d **1.02**

CARGA MAX. (kg) **4640**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **185.16**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **168.49**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>NO TIRA repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 6.423 mm                  ancho: +13.587 mm                  base: + 8.714 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  La primer fisura se observa a 1,600 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB5-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.147**  
 BASE (cm) **4.9386**  
 ANCHO (cm) **5.13**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **25.34**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2375**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,821.33**

REL. h/d **1.04**

CARGA MAX. (kg) **4620**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **182.36**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **165.94**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>NO TIRA repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 0.72 mm                  ancho: +2.76 mm                  base: + 2.5234 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  La primer fisura se observa a 2,100 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB6-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **02-dic-16**

EDAD **14** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.106**  
 BASE (cm) **5.056**  
 ANCHO (cm) **4.9353**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **24.95**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2357**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,849.94**

REL. h/d **1.01**

CARGA MAX. (kg) **4950**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **198.37**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **180.52**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>NO TIRA repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 8.93 mm                  ancho: +16.697 mm                  base: + 16.34 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  La primer fisura se observa a 4,600 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB5-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2266**

ALTO (cm) **5.0586**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,862.67**

BASE (cm) **4.884**

REL. h/d **1.04**

ANCHO (cm) **4.924**

AREA (cm<sup>2</sup>) **24.05**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00012**

CARGA MAX. (kg) **5775**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **240.14**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **218.52**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra. Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SE OBSERVAN GRIETAS VERTICALES DESPUÉS DE LA FALLA. NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA. EL MATERIAL PUEDE RESISTIR UN POCO MÁS DESPUES DE LA CARGA DE FALLA PRINCIPAL. DEFORMACIONES: ALTO: -8.656 MM BASE: +9.81 MM ANCHO: + 12.52 MM</p>

ESPECÍMEN **CB3-M4**

MEZCLA # **4**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **33.61%**    ARENA **19.41%**    FIBRA (PVA) **1.090%**  
 AGUA **18.65%**    CENIZA **27.11%**    FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**



DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.4133**  
 BASE (cm) **5.0933**  
 ANCHO (cm) **5.15**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.23**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00014**

PESO(kg) **0.2415**  
 PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,700.78**  
 REL. h/d **1.06**

CARGA MAX. (kg) **5775**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **220.16**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **200.35**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra de polivinil alcoholico (PVA).                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad.                  La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.                  Al desmoldar los cubos no presentó dificultad, existen algunas fibras que sobresalen por las esquinas del elemento.                  Se centra el elemento a los cabezales de la máquina, logrando que la carga sea uniforme.                  Se observan pocos fragmentos de fibras en las esquinas.</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>LA PRIMIER FISURA SE OBSERVA A 5700 KG DE CARGA                  Solo aparecen las grieta de la carga máxima.                  Las deformidades del espécimen después de la prueba son:                  Alto: -0.7933 mm                  base: + 1.7 mm                  ancho: +1.44 mm</p>

ESPECÍMEN **CB6-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**

ARENA **19.30%**

FIBRA (PP) **0.025%**

AGUA **19.26%**

CENIZA **27.00%**

FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

PESO(kg) **0.2353**

ALTO (cm) **4.924**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,858.11**

BASE (cm) **5.158**

REL. h/d **0.95**

ANCHO (cm) **4.986**

AREA (cm<sup>2</sup>) **25.72**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**

CARGA MAX. (kg) **8250**

RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **320.79**

FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**

RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **291.92**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ

Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.  
Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

SE OBSERVAN GRIETAS VERTICALES DESPUÉS DE LA FALLA.  
SE OBSERVA LA PRIMER FISURA A 5275 KG DE FUERZA  
EL MATERIAL PUEDE RESISTIR UN POCO MÁS DESPUES DE LA CARGA DE FALLA PRINCIPAL.  
DEFORMACIONES:  
ALTO: -4.8033 MM  
BASE: +11.16 MM  
ANCHO: + 9.93 MM

ESPECÍMEN **CB7-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO	<b>46.87%</b>	ARENA	<b>27.10%</b>	FIBRA (PVA)	<b>0.000%</b>
AGUA	<b>26.03%</b>	CENIZA	<b>0.00%</b>	FLUIDIFICANTE	<b>0.00%</b>

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm)	<b>4.907</b>
BASE (cm)	<b>5.1483</b>
ANCHO (cm)	<b>5.008</b>
AREA (cm <sup>2</sup> )	<b>25.78</b>
VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	<b>0.00013</b>



PESO(kg) **0.2399**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,896.21**

REL. h/d **0.95**

CARGA MAX. (kg)	<b>4005</b>
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>155.34</b>
FACTOR DE CORRELACIÓN	<b>0.91</b>
RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm <sup>2</sup> )	<b>141.36</b>

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>Primer fisura a 1800 kg de carga. No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB8-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.175**  
 BASE (cm) **4.953**  
 ANCHO (cm) **4.959**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **24.56**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**


PESO(kg) **0.2354**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,851.97**

REL. h/d **1.04**

CARGA MAX. (kg) **4700**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **191.35**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **174.13**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBEI TE7	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>Primer fisura a 1000 kg de carga. No acepta grandes deformaciones. No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega. Se observa una grieta principal. Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB9-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**    ARENA **27.10%**    FIBRA (PVA) **0.000%**  
 AGUA **26.03%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.028**  
 BASE (cm) **4.766**  
 ANCHO (cm) **4.874**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **23.23**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00012**

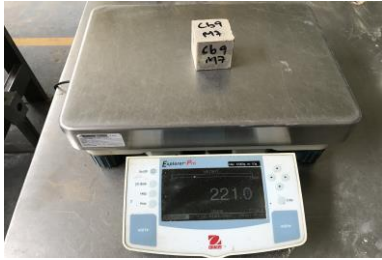

PESO(kg) **0.221**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,892.16**

REL. h/d **1.05**

CARGA MAX. (kg) **7050**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **303.49**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **276.18**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante. La mezcla es maleable. El espécimen no presenta oquedades aparentes.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>No se observa la primer fisura                  No acepta grandes deformaciones.                  No es posible medir deformaciones ya que el material se disgrega.                  Se observa una grieta principal.                  Se disgrega todo el material.</p>

ESPECÍMEN **CB7-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.039**  
 BASE (cm) **5.218**  
 ANCHO (cm) **5.125**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.74**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2463**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,827.77**

REL. h/d **0.97**

CARGA MAX. (kg) **4330**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **161.92**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **147.34**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
OBSERVACIONES	OBSERVACIONES
<p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                      Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                      Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>No falla repentinamente.                      El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                      alto: - 0.05 mm                      ancho: +3.29 mm                      base: + 0.67 mm                      Se observa gran cantidad de grietas.                      La primer fisura se observa a 4,100 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **CB8-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**    ARENA **26.82%**    FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**    CENIZA **0.00%**    FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **4.939**  
 BASE (cm) **5.131**  
 ANCHO (cm) **5.139**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.37**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**


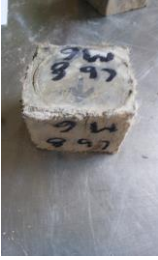
PESO(kg) **0.2373**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,822.12**

REL. h/d **0.96**

CARGA MAX. (kg) **4050**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **153.59**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **139.77**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>No falla repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 1.75 mm                  ancho: +4.19 mm                  base: + 4.35 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  No se observó en que momento se presntó la primer fisura</p>

ESPECÍMEN **CB9-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**      ARENA **26.82%**      FIBRA (PVA) **1.490%**  
 AGUA **25.58%**      CENIZA **0.00%**      FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **CUBO**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.023**  
 BASE (cm) **5.129**  
 ANCHO (cm) **5.075**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **26.03**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00013**



PESO(kg) **0.2386**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,824.90**

REL. h/d **0.98**

CARGA MAX. (kg) **4120**  
 RESISTENCIA (kg/cm<sup>2</sup>) **158.28**  
 FACTOR DE CORRELACIÓN **0.91**  
 RESISTENCIA CORREGIDA (kg/cm<sup>2</sup>) **144.04**

FACTORES DE CORRECCION POR ESBELTEZ	
Relación h/d	Factor de corrección
2.00	1.00
1.75	0.99
1.50	0.97
1.25	0.94
1.00	0.91

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.                  Existe presencia de fibras en las aristas del cubo.                  Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>No falla repentinamente.                  El espécimen acepta mucha deformación, las deformaciones son las siguientes:                  alto: - 1.19 mm                  ancho: +2.79 mm                  base: + 2 mm                  Se observa gran cantidad de grietas.                  La primer fisura se presenta a 2600 kg de carga</p>

ESPECÍMEN **V1-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**  
 AGUA **19.26%**

ARENA **19.30%**  
 CENIZA **27.00%**

FIBRA (PP) **0.025%**  
 FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

ALTO (cm) **5.709**  
 ANCHO (cm) **10.0166**  
 BASE (cm) **40**  
 AREA (cm<sup>2</sup>) **400.66**  
 VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00229**

PESO(kg) **4.2784**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,870.43**

REL. h/d **0.57**

CARGA MAX. (kg) **420**



INERCIA **155.32**

MODULO DE RUPTURA **46.31**

FISURA:

**EN EL TERCIO MEDIO**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p>OBSERVACIONES</p> <p>Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.                  Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.</p>	<p>OBSERVACIONES</p> <p>SE OBSERVAN POCA CANTIDAD DE GRIETAS, EL CONCRETO SE FISURA PERO CONTINÚA RESISTIENDO CARGA SIN SEPARARSE. LAS FIBRAS APORTAN MAYOR RESISTENCIA DESPUES DE FALLAR EL ELEMENTO. LA LONGITUD MENOR A LA FISURA CENTRAL ES DE 19.8 CM</p>

ESPECÍMEN **V2-M3**

MEZCLA # **3**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **34.29%**  
 AGUA **19.26%**

ARENA **19.30%**  
 CENIZA **27.00%**

FIBRA (PP) **0.025%**  
 FLUIDIFICANTE **0.13%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **10-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **08-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **4.0811**

ALTO (cm) **5.535**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,850.90**

ANCHO (cm) **9.98**

REL. h/d **0.55**

BASE (cm) **39.916**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00220**

CARGA MAX. (kg) **380**

FISURA:

INERCIA **141.03**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **44.64**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se mezcló primero el cemento con la arena y la ceniza, para después agregar paulatinamente el agua, hasta lograr incorporar uniformemente estos tres, posteriormente se agrega el fluidificante y por último la fibra.

Al mezclar el espécimen no representa dificultad. La cantidad de fibra se distribuye uniformemente.

OBSERVACIONES

SE OBSERVAN POCA CANTIDAD DE GRIETAS, EL CONCRETO SE FISURA PERO CONTINÚA RESISTIENDO CARGA SIN SEPARARSE. LAS FIBRAS APORTAN MAYOR RESISTENCIA DESPUES DE FALLAR EL ELEMENTO. LA LONGITUD MENOR A LA FISURA CENTRAL ES DE 19.1 CM

ESPECÍMEN **V1-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**  
 AGUA **26.03%**

ARENA **27.10%**  
 CENIZA **0.00%**

FIBRA (PVA) **0.000%**  
 FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **4.2552**

ALTO (cm) **5.636**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,769.61**

ANCHO (cm) **10.6633**

REL. h/d **0.53**

BASE (cm) **40.011**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00240**

CARGA MAX. (kg) **480**

FISURA:

INERCIA **159.08**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **51.03**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante.  
 La mezcla es maleable.  
 El espécimen no presenta oquedades aparentes.

OBSERVACIONES

SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA  
 EL ELEMENTO FALLA SÚBITAMENTE  
 NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA  
 MENOR LONGITUD A FALLA 18 CM

ESPECÍMEN **V2-M7**

MEZCLA # **7**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.87%**  
 AGUA **26.03%**

ARENA **27.10%**  
 CENIZA **0.00%**

FIBRA (PVA) **0.000%**  
 FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **4.1507**

ALTO (cm) **5.515**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,780.70**

ANCHO (cm) **10.54**

REL. h/d **0.52**

BASE (cm) **40.1**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00233**

CARGA MAX. (kg) **460**

FISURA:

INERCIA **147.33**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **51.80**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Al momento de la mezcla no fue necesario incorporar fluidificante.  
 La mezcla es maleable.  
 El espécimen no presenta oquedades aparentes.

OBSERVACIONES

SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA  
 EL ELEMENTO FALLA SÚBITAMENTE  
 NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA  
 MENOR LONGITUD A FALLA 16 CM

ESPECÍMEN **V1-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**  
 AGUA **25.58%**

ARENA **26.82%**  
 CENIZA **0.00%**

FIBRA (PVA) **1.490%**  
 FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **4.2001**

ALTO (cm) **5.666**

PESO VOL. (kg/m³) **1,843.79**

ANCHO (cm) **10.01766**

REL. h/d **0.57**

BASE (cm) **40.1333**

VOLUMEN (m³) **0.00228**

CARGA MAX. (kg) **450**

FISURA:

INERCIA **151.85**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **50.56**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.  
 Existe presencia de fibras en las aristas.  
 Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.

OBSERVACIONES

SE OBSERVAN DOS GRIETAS DE FALLA  
 SE OBSERVA LA PRIMER FISURA A 380 KG DE CARGA  
 EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE  
 MENOR LONGITUD A FALLA 17 CM

ESPECÍMEN **V2-M6**

MEZCLA # **6**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **46.11%**  
 AGUA **25.58%**

ARENA **26.82%**  
 CENIZA **0.00%**

FIBRA (PVA) **1.490%**  
 FLUIDIFICANTE **0.00%**

100.00%

FECHA DE ELABORACIÓN **18-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **28** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **4.3534**

ALTO (cm) **5.816**

PESO VOL. (kg/m³) **1,844.25**

ANCHO (cm) **10.113**

REL. h/d **0.58**

BASE (cm) **40.1333**

VOLUMEN (m³) **0.00236**

CARGA MAX. (kg) **510**

FISURA:

INERCIA **165.80**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **53.87**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

La mezcla no necesitó de fluidificante, debido a la ausencia de ceniza.  
 Existe presencia de fibras en las aristas  
 Se observan pequeñas oquedades en el espécimen.

OBSERVACIONES

SE OBSERVAN DOS GRIETAS DE FALLA  
 SE OBSERVA LA PRIMER FISURA A 450 KG DE CARGA  
 EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE  
 MENOR LONGITUD A FALLA 19 CM

ESPECÍMEN **V1-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **26.54%**  
 AGUA **21.06%**

ARENA **21.25%**  
 CENIZA **29.90%**

FIBRA (PP) **0.479%**  
 FLUIDIFICANTE **0.77%**

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **20.6763**

ALTO (cm) **15.171**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,807.17**

ANCHO (cm) **14.9833**

REL. h/d **1.01**

BASE (cm) **50.333**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.01144**

CARGA MAX. (kg) **2740**



FISURA:

INERCIA **4,359.82**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **36.81**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA	ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA
	
<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>A la edad de 28 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.</p> <p>Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.</p> <p>Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.</p> <p>Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla</p>	<p><b>OBSERVACIONES</b></p> <p>SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA</p> <p>NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA</p> <p>EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE</p> <p>MENOR LONGITUD A FALLA 21 CM</p>

ESPECÍMEN **V2-M2**

MEZCLA **MEZCLA #2**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **26.54%**  
 AGUA **21.06%**

ARENA **21.25%**  
 CENIZA **29.90%**

FIBRA (PP) **0.479%**  
 FLUIDIFICANTE **0.77%**

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **20.6603**

ALTO (cm) **15.291**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,788.00**

ANCHO (cm) **15.0333**

REL. h/d **1.02**

BASE (cm) **50.2666**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.01155**

CARGA MAX. (kg) **120**

FISURA:

INERCIA **4,479.00**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **1.58**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

A la edad de 28 días el espécimen continua humedo, la razón por la cual continúa humedo en el interior es la cantidad de fluidificante incorporado a la mezcla.  
 Al terminar la prueba se rompió por completo el pecimen para observar la consistencia del material y se encuentra que los agregados siguen mojados.  
 Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.  
 Al momento de hacer la mezcla su manipulación e incorporación de agregados presentaba gran dificultad, debido al alto porcentaje de fibras, fué necesario agregar mayor cantidad de agua en el momento de la mezcla

OBSERVACIONES

SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA  
 NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA  
 EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE  
 MENOR LONGITUD A FALLA 19 CM

ESPECÍMEN **V1-M1**

MEZCLA **MEZCLA #1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **24.48%**  
 AGUA **25.79%**

ARENA **19.64%**  
 CENIZA **27.58%**

FIBRA (PP) **1.80%**  
 FLUIDIFICANTE **0.71%**

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **19.5444**

ALTO (cm) **14.953666**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,722.72**

ANCHO (cm) **15.1333**

REL. h/d **0.99**

BASE (cm) **50.1333**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.01135**

CARGA MAX. (kg) **360**

FISURA:

INERCIA **4,216.92**

**EN EL TERCIO MEDIO**

MODULO DE RUPTURA **4.91**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.  
 Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.  
 El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.  
 Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.

OBSERVACIONES

SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA  
 NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA  
 EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE  
 MENOR LONGITUD A FALLA 24 CM

ESPECÍMEN **V2-M1**

MEZCLA **MEZCLA #1**

PROPORCIONAMIENTO (%)

CEMENTO **24.48%**  
 AGUA **25.79%**

ARENA **19.64%**  
 CENIZA **27.58%**

FIBRA (PP) **1.80%**  
 FLUIDIFICANTE **0.71%**

FECHA DE ELABORACIÓN **04-nov-16**

FECHA DE PRUEBA **16-dic-16**

EDAD **42** DIAS

DESCRIPCIÓN DEL ESPECÍMEN.

GEOMETRÍA **VIGA**

DIMENSIONES

PESO(kg) **17.4049**

ALTO (cm) **13.294**

PESO VOL. (kg/m<sup>3</sup>) **1,742.95**

ANCHO (cm) **14.9833**

REL. h/d **0.89**

BASE (cm) **50.133**

VOLUMEN (m<sup>3</sup>) **0.00999**

CARGA MAX. (kg) **160**

FISURA:

INERCIA **2,933.55**

**EN EL TERCIO MEDIO**

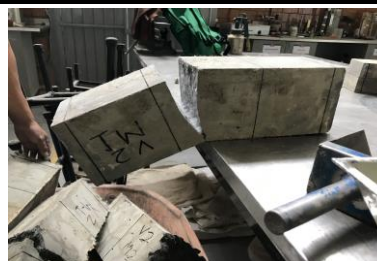
MODULO DE RUPTURA **2.79**

**FUERA DEL TERCIO MEDIO**

ESPECÍMEN ANTES DE LA PRUEBA



ESPECÍMEN DESPUÉS DE LA PRUEBA



OBSERVACIONES

Se decide no incorporar la misma cantidad de fibras, por la dificultad de integrar los agregados.  
 Se integró mayor cantidad de agua a la mezcla.  
 El espécimen se logra desmoldar hasta las 120 horas.  
 Probablemente es necesario dejarlos más tiempo fuera de la tina de curado para lograr que el espécimen libere toda el agua encapsulada.

OBSERVACIONES

SE OBSERVA SOLO UNA GRIETA  
 NO SE OBSERVA LA PRIMER FISURA  
 EL ELEMENTO NO FALLA SÚBITAMENTE  
 MENOR LONGITUD A FALLA 25 CM