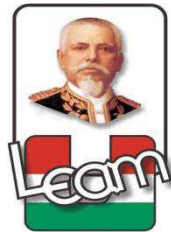


UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA FIBRA DE VIDRIO ALCALINO COMO
AGREGADO EN EL DISEÑO DE HORMIGONES PARA AUMENTAR
LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN”**

AUTOR

CRISTHIAN PATRICIO BAQUE VERA

DIRECTOR DE TESIS

ING. YURI RODRÍGUEZ ANDRADE

AÑO

2014

MANTA - MANABÍ - ECUADOR

AGRADECIMIENTO

Al ser maravilloso que nos creó a su imagen y semejanza que es Dios, le agradezco infinitamente por la sabiduría y la vida que me ha otorgado.

De manera especial a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí que me dio la oportunidad de ingresar como alumno, y a sus catedráticos que impartieron en mí sus conocimientos y experiencias académicas.

A mi director de tesis Ing. Yuri Rodríguez Andrade, por su acertada conducción, que orientaron oportunamente el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis compañeros de clase y a todos aquellos que depositaron su confianza en mis aptitudes y deseos de superación mi imperecedero agradecimiento.

Baque Vera Cristhian Patricio

DEDICATORIA

Por ser la persona más influyente en mi vida, esta Tesis de grado se la dedico exclusivamente para la Sra. Juanita Vera Anchundia, mi madre, quien con su trabajo, dedicación, amor incondicional y el pleno apoyo moral e ideológico crearon en mí una conciencia de respeto y perseverancia para lograr mis objetivos; debo resaltar que ella es la inspiración de mi sueño y esperanza de un futuro exitoso.

Ese mismo respeto y amor me hace mencionar que son partes importantes de mi vida, motivo de superación y ejemplo para demostrar de lo que somos capaces las personas cuando tenemos férreas condiciones de nuestro espíritu y poder interno.

Baque Vera Cristhian Patricio

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Yuri Rodríguez Andrade catedrático de la Facultad de Ingeniería – Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en Calidad de Director de Tesis.

CERTIFICO: Que el Egresado de La Carrera de Ingeniería Civil **CRISTHIAN PATRICIO BAQUE VERA**, ha cumplido con el desarrollo de su Tesis Titulada: “Análisis de la fibra de vidrio alcalino como agregado en el diseño de hormigones para aumentar la resistencia a la Flexotracción”

La misma que ha sido desarrollada y concluida en su totalidad bajo mi dirección, habiendo cumplido con todos los requisitos y reglamentos que para este efecto se requiere.

ING. YURI RODRÍGUEZ ANDRADE
DIRECTOR DE TESIS

“Todos los derechos de esta tesis pertenecen únicamente al autor, y el desarrollo intelectual de la tesis corresponden a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí”

Egdo. Cristhian Patricio Baque Vera

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la influencia de la incorporación de la fibra de vidrio en los hormigones tradicionales, que aumentan sus resistencias y garantizan la vida útil de las estructuras.

En la presente investigación se realizó ensayos comparativos entre un mortero normal que no contenía fibra de vidrio y morteros con distinto porcentaje de fibra adicionado.

La fibra adicionada osciló entre el 0.05% y el 0.4% en peso del hormigón total de acuerdo a las especificaciones. Las propiedades del hormigón que se estudiaron fueron la resistencia a la compresión y a la flexotracción, escogiendo como diseño el de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Se observó que a mayor cantidad de fibra adicionada menor es la trabajabilidad del hormigón.

En el hormigón endurecido se logró determinar que la adición de fibra de vidrio no tiene mayor influencia en el aumento de la resistencia a la compresión del hormigón; y que por el contrario, el aumento de la cantidad

de fibra de vidrio presente en la mezcla de hormigón incide directamente en el aumento de la resistencia a la flexotracción.

Del análisis de los resultados de la presente investigación unido a la investigación bibliográfica, se desprende que algunas de las aplicaciones prácticas del hormigón reforzado con fibras de vidrio serían: losas de hormigón, pavimentos de hormigón, hormigón y mortero, revocos de fachadas, etc.

Fibra, Hormigón, Docilidad, Compresión, Flexotracción.

INDICE DE ABREVIATURAS

Fv: Fibra de Vidrio

F: Flexotracción

H.P: Hormigón Pesado

H.L: Hormigón Liviano

H.L.E: Hormigón Liviano Estructural

H.L.C: Hormigón Liviano Celular

H.C: Hormigón Ciclope

H.A: Hormigón Armado

FVAR: Fibra de Vidrio Alcalino Resistente

GRC: Glass Reinforced Concrete

a/c: Razón Agua Cemento

f'c: Resistencia a la Compresión

ÍNDICE

Agradecimiento.....	II
dedicatoria.....	III
resumen	I
índice de abreviaturas	III
Capítulo 1 - Introducción	
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes y justificación	4
1.2.1. Antecedentes	4
1.2.2. Justificación.....	5
1.3. Planteamiento del problema.....	6
1.3.1. Formulación del problema	6
1.3.2. Situación actual del problema.....	6
1.3.3. Delimitación del problema	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivo específicos	8
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis general.....	9
1.5.2. Hipótesis específica.....	9

1.6. Variables.....	10
1.6.1. Variable independiente.....	10
1.6.2. Variable dependiente.....	10
1.6.3. Resistencia a la compresión y flexotracción	10
a. Calidad	10
b. Cantidad	10
1.7. Métodos e instrumentos de recolección de información	11
1.7.1. Métodos	11
1.7.2. Técnicas.....	12

Capítulo 2 - Marco Teórico

2.1. Generalidades.....	16
2.2. Hormigón	17
2.2.1. Características físicas	18
2.2.2. Usos corrientes	19
2.2.3. Tipos de hormigón.....	19
2.2.3.1. Hormigón pesado.....	19
2.2.3.2. Hormigón liviano	20
2.2.4. Otros tipos de hormigones.....	21
2.2.4.1. Aireado o celular	21

2.2.4.2.	Traslucido	21
2.2.4.3.	Micro hormigón	22
2.2.4.4.	Permeable	22
2.2.4.5.	Hormigón vaciado en situ.....	22
2.3.	Fibra de vidrio	26
2.3.1.	Tipos de vidrios	26
a.	Vidrio e: un pionero.....	26
b.	Vidrio r: alto desempeño mecánico.....	27
c.	Vidrio d: características dieléctricas muy buenas	27
d.	Vidrio ar: resistente álcali	28
e.	Vidrio c:	28
2.4.	Fibra de vidrio ar	28
2.4.1.	El glas reinforced concrete (grc).....	30
2.4.2.	Fabricación de grc.....	31
2.4.3.	Cualidades del grc.....	34
2.5.	Hormigón reforzado con fibra de vidrio	35
2.5.1.	Fibra de vidrio para hormigones reforzado	36
2.5.2.	El uso de fibras.....	37
2.5.3.	Beneficio de la adición de fibras	37

2.5.4.	Fibra de vidrio como parte integrante del hormigón	38
2.5.5.	Compresión y flexotracción	39
a)	forma y dimensiones de la probeta:	39
b)	condiciones de ejecución del ensayo:	40
c)	características del hormigón:	40
d)	condiciones ambientales:.....	40
2.5.6.	Características y propiedades del grc.....	40
2.5.7.	Ventajas competitivas del grc	41
2.5.8.	Flexotracción	42

Capítulo 3 - Presentación de Resultados e Interpretación

2.6.	Marco referencial	43
2.7.	Diseño metodológico.....	44
2.7.1.	Ubicación.....	44
2.7.2.	Características climáticas y edáficas	44
2.7.3.	Tipo de estudio	44
3.1.	Descripción de ensayos	46
3.1.1.	Trabajabilidad.....	46
3.1.2.	Compresión	47
3.1.3.	Flexotracción	47

3.2.	Desarrollo de tipo experimental.....	48
3.2.1.	Áridos	48
3.3.	Desarrollo de los ensayos	50
3.3.1.	Ensayo de trabajabilidad	50
3.3.2.	Ensayo de compresión	51
3.3.3.	Ensayo de flexotracción.....	52
3.4.	Interpretación de los resultados	53
3.4.1.	Ensayo de trabajabilidad	53
3.4.2.	Análisis.....	54
3.4.3.	Ensayo de compresión	55
3.4.4.	Análisis.....	56
3.4.5.	Ensayo flexotracción	56
3.5.	Comprobación de hipótesis.....	63
Capítulo 4 - Conclusiones y Recomendaciones		
4.1.	Conclusiones	65
4.2.	Recomendaciones	66
Capítulo 5- Anexos y Bibliografía		
5.1.	Anexos.....	68
5.1.1.	Diseño y dosificación.....	68

5.1.2.	Análisis de materiales.....	69
5.1.3.	Análisis de costos.....	72
5.2	Bibliografía.....	773
5.3.	Anexos fotograficos	773

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ensayo de Trabajabilidad	50
Ilustración 2: Ensayo de Compresión	51
Ilustración 3: Ensayo de Flexotracción.....	52
Ilustración 4: Promedio de asentamiento del cono.....	54
Ilustración 5: Ensayo de compresión	56
Ilustración 6: Ensayo de Flexotracción.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades de los áridos.....	48
Tabla 2: Granulometría de áridos	59
Tabla 3: Resultados de ensayo de trabajabilidad.....	53
Tabla 4: Resultados ensayo de compresión a 7 días.....	55
Tabla 5: Resultados ensayo de compresión a 28 días.....	55
Tabla 6: Resultados ensayo de Flexotracción a 7 días	57
Tabla 7: Resultados ensayo de Flexotracción a 28 días	57
Tabla 8: Registro de toma y rotura de cilindros a compresión.....	59
Tabla 9: Registro de toma y rotura de vigas a Flexotracción.....	60
Tabla 10: Rotura de cilindros	60
Tabla 11: Granulometría del Ripio	70
Tabla 12: Granulometría del arena	71

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico ha llevado al uso generalizado de materiales diversos en la realización de obras civiles. Desde hace varios años hasta la actualidad ha surgido el interés por utilizar materiales de construcción, alternativos que mejoren las resistencias de los hormigones.

Los diversos materiales en la forma de hormigones, son convenientes para su uso como materiales de construcción, debido a su bajo costo y su estabilidad y su adecuada resistencia a la compresión para un uso estructural. Además en el estado fresco ellos son fácilmente flexibles a las formas más complicadas requeridas. Su desperfecto está en las características de baja resistencia a la tracción y a los impactos y a su delicadeza a los cambios de humedad. Las fibras reforzadas pueden ofrecer un provechoso, práctico y económico procedimiento para superar estas desventajas.

La incorporación de fibras como refuerzo de hormigones, morteros y pastas de cemento puede aumentar varias de las propiedades de estos, destacando entre ellas, la resistencia a la flexión, permeabilidad, debilidad, tenacidad impacto, y resistencia a la abrasión.

El refuerzo del hormigón con fibra de vidrio se han derivado buenos resultados, utilizándose en distintas aplicaciones, tales como, paneles

antiruido y paneles de fachadas de edificaciones, por facilidad de instalación y su poco peso.

El hormigón es el material en las construcciones más extensamente utilizado debido a varias razones, porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla.

Las fibras de vidrio manejadas para el refuerzo del hormigón son del tipo álcali-resistentes; de esta forma se evita la formación del gel álcali-silicato con los siguientes efectos negativos de durabilidad de la fibra.

El presente trabajo tiene como objetivo general: Analizar el uso de la fibra de vidrio como agregado de hormigones estructurales para aumentar la resistencia a la flexotracción.

Se utiliza la investigación de estudio numérico y experimental, en razón de determinar mediante la relación de ensayos la resistencia a la compresión y flexotracción, a la vez, utilizando la técnica de observación donde se verificarán los resultados de los ensayos en la utilización de la fibra de vidrio.

1.2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.2.1. ANTECEDENTES

Durante muchos siglos no se produjo evolución alguna en cuanto a los materiales incorporados para la construcción de estructuras de contención de tierras, que como puede verse, eran diseñadas principalmente de mampostería, tanto de piedra como de ladrillo, además del empleo ocasional de la masa de barro moldeada en forma de ladrillo. La aparición del hormigón a inicio del siglo XIX y su empleo en estas estructuras a partir del siglo XX, ha permitido construir muros con mayores prestaciones estructurales y geométricas, como así también estéticas.

Tanto el hormigón, que fue empleado inicialmente en masa, como los materiales tradicionales, han permitido diseñar estructuras que trabajan fundamentalmente por gravedad, en que el peso propio del material aporta la estabilidad a la estructura.

Actualmente, aun se emplean estos materiales para la construcción de este tipo de estructuras de contención, siendo su principal limitación la altura que pueden alcanzar.

La deficiencia del hormigón tradicional en su resistencia a la flexotracción se puede reemplazar empleando fibras cortas incorporadas al hormigón. Las fibras se dispersan en el hormigón durante su amasado, distribuyéndose uniformemente en la masa del hormigón.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN

La acción de aparecer en el mercado otros tipos de fibras y su utilización para el refuerzo de hormigones permite mejorar muy notablemente su calidad, sus propiedades y su comportamiento a los esfuerzos y a las deformaciones que se generan en el terreno durante la construcción de diferentes obras.

“Los hormigones que se utilizan en la industria de la construcción son en sí mismo materiales compuestos; tomando cuerpo con adición de fibras que consiguen mejorar sus propiedades, principalmente su resistencia a la flexotracción, su ductilidad y su durabilidad. En nuestro campo de la ingeniería civil, una construcción debe ofrecer una buena funcionalidad a sus usuarios durante la vida útil del proyecto. Debido a que la vida útil de las construcciones de hormigón es generalmente larga, los requerimientos sobre la estructura pueden verse afectado por diversos factores reduciendo o acabando la vida útil debido a las condiciones de utilización y seguridad.”(TDX).

Mediante esta investigación se analiza el uso de la fibra de vidrio como agregado en el diseño de hormigones estructurales para aumentar la resistencia a la Flexotracción

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que planteado para esta investigación es:

¿De qué manera el uso de la fibra de vidrio como agregado en el diseño de hormigones estructurales repercute en el mejoramiento y aumento de la resistencia a la Flexotracción?

1.3.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

En todo este tiempo, la tendencia del hormigón a agrietarse ha sido admitida como un hecho natural. Existe solamente una razón por la que las grietas resultan en el hormigón, existen tensiones que sobrepasan la resistencia del hormigón en un momento específico.

Las tensiones derivadas de las fuerzas externas pueden ser compensadas proveyendo resistencias estructurales mayores en las estructuras de hormigón, en los pavimentos y en las losas. Sin embargo históricamente ha sido un problema controlar las tensiones intrínsecas, ocasionadas por el encogimiento del propio hormigón debido a su variedad y ocurrencias impredecibles. Las fibras empleadas en el refuerzo de matrices de hormigón, son fibras discontinuas, rígidas o flexibles, que presenta una distribución

discreta y uniforme dentro de la matriz que confiere al material isotropía y homogeneidad.

Incluso de haber obtenido materiales con unas propiedades extrañas las aplicaciones prácticas se ven sometidas por algunos factores que aumentan mucho su causa como la dificultad de fabricación y la incompatibilidad entre los materiales.

La gran mayoría de los materiales compuestos son creados arbitrariamente pero unos como la madera, surgen en la naturaleza. Uno de esos materiales compuesto es la fibra de vidrio, de la cual se habla en esta investigación.

1.3.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo de investigación se desarrolló mediante la realización de ensayos con el fin de conocer sobre el uso de la fibra de vidrio como agregado en el diseño de hormigón para aumentar la resistencia y su aplicación a la Flexotracción.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el uso de la fibra de vidrio como agregado de hormigones estructurales para aumentar la resistencia a la Flexotracción.

1.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo como ensayo de diseño de hormigón con la fibra de vidrio para determinar la dosificación precisa.
- Realizar ensayos mediante rotura de probetas prismáticas para comprobar la resistencia a la Flexotracción,
- Plantear una propuesta que viabilice el diseño de una obra civil empleando la fibra de vidrio como agregado del hormigón utilizado en los elementos estructurales.
- Realizar un análisis de costo del hormigón con fibra de vidrio relacionando el porcentaje de incremento de la resistencia de la Flexotracción.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

El uso de la fibra de vidrio Alcalino-Resistente incide significativamente en el diseño de hormigones para aumentar la resistencia a la Flexotracción

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- El prototipo de hormigón diseñado con agregado de fibras de vidrio reduce la relación de cemento, agregados gruesos, agregados finos, considerados para la elaboración de un hormigón tradicional.
- La resistencia a la compresión y Flexotracción del hormigón estructural diseñado con fibra de vidrio tiene un ligero incremento en relación al hormigón tradicional.
- La resistencia a la Flexotracción de un hormigón estructural con fibra de vidrio es notablemente mayor que la proporcionada por un hormigón tradicional.

1.6. VARIABLES

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Fibra de vidrio

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Aumento de la resistencia a la Flexotracción

1.6.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCIÓN

A. CALIDAD

- La fibra de vidrio como agregado en el diseño de hormigones estructurales.

B. CANTIDAD

- Realizar ensayos de roturas de cilindro y vigas para determinar resistencia de la Flexotracción.
- Diseñar un prototipo de hormigón estructural con la fibra de vidrio.
- Análisis del comportamiento del hormigón estructural, etc.

1.7. MÉTODOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.7.1. MÉTODOS

El método para el desarrollo del tema :”ANÁLISIS DE LA FIBRA DE VIDRIO ALCALINO COMO AGREGADO EN EL DISEÑO DE HORMIGONES PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCION “ de acuerdo a sus características es el inductivo, conjuntamente con las investigaciones bibliográficas, de campo y experimental.

Este método intenta fundarse mediante estudio de los hechos particulares a afirmaciones de carácter general, En la investigación se utilizará el método experimental, ya que se efectuarán ensayos para poder determinar conclusiones relacionadas al uso de la fibra de vidrio como agregado al diseño de niveles estructurales.

1.7.2. TÉCNICAS

Como información experimental se utilizara aquellos datos obtenidos de los ensayos de laboratorio utilizando como base experimental un hormigón patrón de resistencia 210 kg/cm^3 y un hormigón con fibra de vidrio en el caso de la presente investigación está formada por ensayos como:

- Granulometría
- Ensayo de gravedad específica
- Ensayo de trabajabilidad
- Pruebas a compresión y Flexotracción

Para efectuar la recolección de información se tomará como base a lo siguiente:

Observación: Debido a que es más objetivo y relativo a las técnicas y se utilizaran guías de observación y resultado a los ensayos. Así como la ayuda de revistas, libros, internet, etc., las cuales servirán como fuente de fortalecimiento de la investigación del problema.

1.8. PROCESO Y METODOLOGÍA

- Se diseñará un prototipo como ensayo de diseño de hormigón con fibra de vidrio para determinar la dosificación precisa.
- Se realizará el ensayo de trabajabilidad del hormigón con el fin de mejorar el asentamiento del cono que permite determinar la fluidez y la forma de asentamiento apreciando la consistencia del hormigón.
- Se realizarán ensayos mediante roturas de cilindros para comprobar la resistencia a la compresión y de vigas para demostrar la Flexotracción.
- Se realizarán ensayos de resistencia mediante el rompimiento de aproximadamente 10 cilindros; forma común para comprobar la compresión y Flexotracción.
- se realizarán ensayos mediante roturas de probetas prismáticas para comprobar la Flexotracción.

1.9. DISEÑO ESTADISTICO

El diseño estadístico se desarrollará con el detalle de los resultados de los ensayos de trabajabilidad, compresión y Flexotracción, de acuerdo a como se vayan efectuando los ensayos en base a porcentajes y cuadros estadísticos.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES

Por lo general todas “las tecnologías modernas requieren materiales con una combinación inusual de propiedades, improbable de obtener con los metales, las cerámicas o los polímeros convencionales. Las combinaciones de características de los materiales y la variedad de sus servicios han aumentado y se siguen creciendo a medida que desarrollan los materiales compuestos.” (Bravo Celis, 2003).

La producción de materiales compuestos se desarrolla ágilmente, con un crecimiento próximo del 6% anual, especialmente en los países pertenecientes a la UNIÓN EUROPEA, quienes superan el 90% de la elaboración mundial de materiales compuestos. Estos materiales adoptan la materia plástica y el refuerzo con fibras, generalmente de vidrio o de carbono. Aunque tienen costo alto a referencia de los materiales tradicionales, contribuyen a sus usuarios importantes ventajas gracias a sus propiedades, específicamente en la ligereza y la resistencia. Estas ventajas proveen a los materiales compuestos significativos mercados en la fabricación de automóviles, la aeronáutica o incluso también en la construcción.

El hormigón, por sus características pétreas, “soporta los esfuerzos de compresión, pero se grieta con otras tipologías de solicitaciones (flexión, tracción, torsión, cortante); la inclusión de hierros que soportan dichos esfuerzos propició, optimizar sus características y su empleo generalizado en múltiples obras de ingeniería y arquitectura.”(Larrea Heredia & Dominguez Reyes , 2011).

El hormigón es el material resultante de unir áridos con la pasta que se consigue al añadir agua a un conglomerante, la unión de fragmentos diferentes pueden ser cualquiera pero cuando nos referimos a hormigón, general es un cemento artificial, y entre estos últimos, el más significativo y habitual es el cemento portland.

2.2. HORMIGÓN

El hormigón es el resultado de una mezcla de cemento, arena y grava que unidos con agua, forma una masa resistente y de consistencia compacta. El hormigón es uno de los materiales más tradicionales empleado en la construcción. La densidad y la dureza que adquiere el material cuando fragua lo convierten en el rey de la albañilería.

El hormigón se puede emplear para construir pavimentos, para levantar paredes y para fabricar diversos tipos de bloques utilizados en la construcción.

2.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Resistencia a la compresión de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 Mpa) para el hormigón ordinario. En la actualidad hay hormigones de tipo especiales de hasta 2000 kg/cm² (200Mpa).

Densidad: en torno a 2350 kg/m³.

Resistencia a la tracción: En habitualmente despreciable, del tamaño de un décimo de la resistencia a la compresión.

Tiempo de fraguado: unas dos horas.

Tiempo de endurecimiento: progresivo, en función de muchos parámetros. Transcurrido 24 o 48 horas la mitad de la resistencia en un tiempo extendido, en una semana 3/4 partes y en 4 semanas la resistencia ya está al límite.

Puesta en obra u hormigonado: antes de su fraguado el hormigón: tiene una consistencia que se aproxima fluida y se acomoda a la forma del depósito que lo contiene.

En la ejecución de la obra se utilizan, moldes transitorios, nombrados encofrados, los cuales se retiran consecutivamente.

2.2.2. USOS CORRIENTES

En el medio el uso del hormigón está considerado como el talón de Aquiles en todas las construcciones de obra civil, por eso es la importancia de haber considerado la fibra de vidrio como complemento al hormigón tradicional.

2.2.3. TIPOS DE HORMIGÓN

2.2.3.1. HORMIGÓN PESADO

Se define así, “a todo hormigón que posee un peso específico mayor a 3.7 (Ton/m³), por su uso de agregados de abultado peso específico. Son varias en las aplicaciones de hormigones sumergidos, en donde una gran cantidad de peso unitario sumergido, es de mucha importancia.

Encontramos que el hormigón convencional, tiene un peso en el aire de 2,4(ton/m³), frente a un peso efectivo sumergido de 1.4 (ton/m³) y se obtiene hormigón pesado (realizados con agregados de alta densidad) (Yahoo p.2007) que alcanzan a tener un peso sumergido efectivo de 2.7 (ton/m³). Esta mucha densidad se logra ser efectiva y utilizada para proveer anclaje o empotramiento para tubería, puentes pontones, etc. y para suministrar protección en contra de radioactividad.” (Construcciones, p.2010).

2.2.3.2. HORMIGÓN LIVIANO

“Se define así a todo hormigón cuyo peso específico es bajo las 2 (ton/m^3) y se utiliza en una gran cantidad de las obras submarinas que tienen un aumento de boyantes o disminución del peso efectivo por cada unidad de volumen. Es comúnmente usado en estructuras flotantes, donde se encuentran problemas de enlucidos de armaduras, permeabilidad y colado a causa de losas y muros de poco espesor. El hormigón liviano los existe de dos tipos básicos: estructural y celular” (Construcciones, p.2010).

2.2.3.2.1. HORMIGÓN LIVIANO ESTRUCTURAL

Se emplea agregados livianos para obtenerlos, “provocando la alineación de burbujas en las pastas, agregando espuma o quitando los finos (es un hormigón con sólo áridos gruesos y pasta de cemento, para atar los áridos, únicamente por sus puntos de contacto). Tiene peso unitario de 1.7 (ton/m^3): y resistencia arriba de 250 (kg/cm^2). Con la cómoda asesoría se logra un hormigón liviano estructural durable y de alta resistencia, la mezcla deberá tener un diseño de modo que sea rica y densa con adiconados de óptima calidad. Últimamente, se desarrollan muchas aplicaciones para hormigones livianos para ser pilas, pilotes y estructuras a flote. El hormigón de este tipo especialmente el pretensado no tiene ninguna desventaja frente a un hormigón convencional.”(Construcciones, 2010).

2.2.3.2.2. HORMIGÓN LIVIANO CELULAR

Se lo deduce como “un hormigón que tiene una cantidad de burbujas o celdillas en su masa, creadas por la fuerza de un aditivo aireante o expansivo. Asimismo es de muy bajo peso específico generalmente varía de 1.3 a 1.5 (ton/m³), al aire. En su resistencia celular se usa regularmente, para dotar de un llenado de peso mínimo; teniendo un gran problema de la porosidad, habitualmente deberá ser cubierto con un hormigón de densidad normal, para facilitar la impermeabilidad y protección, llevando contraria a la corrosión de las armaduras y hacia el ataque de los organismos marinos” (Castro Leiva, 2012).

2.2.4. OTROS TIPOS DE HORMIGONES

2.2.4.1. AIREADO O CELULAR

Se consigue incorporando a la mezcla cierto volumen de aire, resultando un hormigón de densidad < 1, permitiéndole flotar, y con buenas características de aislamiento térmico

2.2.4.2. TRASLUCIDO

Con la existencia de un hormigón traslúcido, que por mezcla con plástico o fibra de vidrio conseguida, hace posible que la luz traspase. A pequeña

escala de una capilla con paredes de hormigón traslúcido es un modelo que se desarrolló por WILL WITTIG.

2.2.4.3. MICRO HORMIGÓN

Hormigón de este tipo da altas ventajas por el tamaño de las partículas de árido que no superan los 10 mm. Su uso es muy utilizado en la fabricación de Tejas de Uralita y otros Ecomateriales.

2.2.4.4. PERMEABLE

A diferencia de los anteriores este hormigón maneja áridos muy grandes en tamaño que permitiendo la existencia de huecos entre la pasta y las piedras. La idea de la mezcla del hormigón permeable es que por los espacios se escurra el agua u otros líquidos. Aunque estas investigaciones aún están en fase experimental, pero se proyecta a su utilización en estacionamientos y pavimentos.

2.2.4.5. HORMIGÓN VACIADO EN SITU

Mezcla de Diseño: una mezcla de diseño con los resultados de las pruebas en cilindros estándar deben ser procuradas por el contratista. Copias de estos datos debe estar disponibles al inspector al inicio de la instalación de cimientos.

Fábricas de Producción de Hormigón: el hormigón puede ser mezclado en mezcladoras portátiles llevadas a la locación de los cimientos, generalmente será premezclado.

El hormigón semi-mezclado puede ser:

(1) Mezclado y pesado en una planta centrada y llevada al sitio de la obra en furgones transportadores no Mezcladores,

(2) Pesados en una planta central y fusionada en el camión mezclador en tránsito o luego de arribar al sitio de la obra,

(3) En parte mezclado en la planta con el mezclado total en un camión mezclador en ruta al sitio de la obra, nombrados hormigoneras.

La planta central debería estar localizada en el sitio de la obra. La planta de pesado y mezclado se supervisa para verificar las condiciones de lo adecuado de las instalaciones de almacenaje de materiales, precisión y contabilidad de los equipos de pesado, situaciones de los equipos de mezclado, y los instrucciones apropiadas de mezclado.

Materiales del hormigón: Los materiales tales como el cemento, arena, agregado grueso y agua deben ser supervisados para que cumplan con las especificaciones y prácticas aceptadas.

Cemento: Debe ser del tipo especificado o permitido con la aprobación del ingeniero. Los certificados del molino deben ser suministrados para manifestar que el cemento está de acuerdo con los requerimientos de la norma que existen en cada País.

El cemento tipo IV no se debe usar en cimientos de hormigón. Cementos Tipo III o menores, se usan para realizar ensayos de cimientos vaciados consistiendo en tener como resultado una resistencia rápida. En los cementos de Tipo II y Tipo V son utilizados para la exposición a sulfatos. El cemento: se debe analizar en búsqueda de grumos causados por básicamente por la humedad. Los sacos de cemento se deben prestar atención en el caso que existan perforaciones, rasgones entre otros defectos. En tanto se debe tener en cuenta que si el cemento se lo adhiere por sacos, se debe supervisar el peso en partes sin olvidar la variación que debe tener 3% como valor máximo recomendable.

Cementos remanentes: En la caja de almacenaje que no sobrepasen los 6 meses almacenados en sus respectivas bolsas por más de 3 meses y además se recomienda examinar antes de usarlos para así asegurar que reúne los requerimientos de ASTM 150, y no se debe usar directamente del molino en estado de temperaturas altas. Lo más recomendable es que se espere que el cemento enfríe para poder usarlo y disminuir la probabilidad de ocurrencia de hidrataciones falsas.

La arena: En su estado limpio es idónea para su uso además, filosa, bien regulada y libre de limo, arcilla y otros materiales orgánicos. La gravedad específica para mezclas especiales en los hormigones de agregado grueso reducido no se debe detallar.

El Agregado Grueso: Los detalles pueden admitir grava o piedra triturada.

El Agua: En tanto como regla estandarizada el agua de mezclado tiene que ser potable y no debe contener algún tipo de impurezas que afecten la calidad del hormigón. No debe tener ningún tipo de sabor u otras materias orgánicas en suspensión. Algunas aguas muy duras podrían contener altos contenido de sulfatos. Pozos de agua de regiones áridas pueden contener sales disueltas dañinas. Si es cuestionable, el agua puede ser químicamente analizada.

Tiempo transcurrido: Para medidas normales se tiene el rango de tiempo total desde el inicio de la mezcla que aligera no se debe sobrepasar más de 1,5h y se debe disminuir a medida que se amplíe la temperatura. La mezcla se recomienda descargar antes de que sobrepase las 300 revoluciones del tambor.

Asentamiento: Las pruebas de asentamiento se deben realizar en cada vaciado, y teniendo en cuenta las normas de control de calidad, mientras más exacto es el control de calidad, mayor muestreo debe darse.

2.3. FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio es un material constituido con fibras continuas o discontinuas de vidrio envueltas en una matriz plástica; este compuesto se procesa en altas cantidades. El vidrio se lo maneja como material de refuerzo a causa de las subsiguientes razones:

- a. Es fácilmente hilable en fibras con gran resistencia.
- b. Es adecuada y se consigue aplicar económicamente para producir plástico reforzado con vidrio utilizando una gran variedad de técnicas de fabricación de materiales compuestos.
- c. Cuando está embebida en una matriz plástica produce un combinado con mucha resistencia específica.
- d. “Cuando está unido a varios plásticos se obtienen materiales compuestos químicamente inertes muy útiles para diferentes ambientes corrosivos”.(Bravo Celis, 2003).

2.3.1. TIPOS DE VIDRIOS

A. VIDRIO E: UN PIONERO

La fibra de vidrio ha venido siendo considerada como uno de los materiales del futuro por las capacidades dieléctricas que contiene: “el aislamiento de conductores eléctricos sometidos a temperaturas altas era facilitado por los pequeños filamentos de vidrio tipo E. usado solo en asociación con barniz o

resinas sintéticas. La fibra de vidrio E es el tipo habitualmente usado, en la industria textil o en compuestos donde se inspecciona el 90% de los refuerzos aplicados”(Bravo Celis, 2003).

B. VIDRIO R: ALTO DESEMPEÑO MECÁNICO

Fue establecido a pedido de “sectores de la aviación, espacio y armamentos. Compensa las exigencias de ellos en términos de conducta de materiales en relación a temperatura, fatiga y humedad. Debido a su alto desempeño técnico se utiliza para reforzar láminas de rotor de helicópteros”(Bravo Celis, 2003). Tanques de combustible de aviones, los pisos de proyectiles, aviones y lanzadores de proyectiles. Perfeccionado especialmente para estas aplicaciones, también se localizó otras salidas, dado que en la industria de recreación y deportes, transporte y blindaje balístico.

C. VIDRIO D: CARACTERÍSTICAS DIELECTRICAS MUY BUENAS

Las mezclas “a partir del vidrio D posee muy bajas pérdidas eléctricas y son usados como un material que es filtrable a ondas electromagnéticas, con beneficios muy importantes en métodos de características eléctricas. La fibra de vidrio D es utilizada para la fabricación de ventanas electromagnéticas”(Bravo Celis, 2003). Y otras superficies de circuitos impresos de alto trabajo.

D. VIDRIO AR: RESISTENTE ÁLCALI

El vidrio AR, perfeccionado especialmente para fortalecer el cemento. En el extenso contenido óxido de zirconio brinda tenacidad excelente para los compuestos alcalinos par el secado. “El refuerzo de cemento con pequeños filamentos de vidrio AR da módulos optimados de ruptura con buena durabilidad. Esto representa que el modelado experimentado en cemento con refuerzo de vidrio se puede considerar muy leve”(Bravo Celis, 2003). “Sus aplicaciones principales son: sustitución de asbesto en tejados y coberturas, paneles de revestimiento y componentes de construcción.

E. Vidrio C:

El vidrio C es utilizado para elaborar metros de vidrio que son requerimiento de propiedades en la resistencia de corrosión (como capa externa anticorrosiva de tubos y para superficies de tubos compuestos” (Bravo Celis, 2003).

2.4. FIBRA DE VIDRIO AR

Las fibras de vidrio AR (álcali-resistentes) “exhiben muchas prestaciones en el refuerzo de morteros de cemento, hormigones y, piezas que puedan someterse al ataque de tipo alcalino. La llegada de los aglomerantes hidráulicos marca el inicio de un lapso de altas prestaciones en las piezas de

construcción”(Bravo Celis, 2003). Tales como los cementos y los materiales más importantes de esta categoría. Estos cementos admiten el surgimiento de los hormigones.

El hormigón “presenta muy buenas características ante la compresión, pero ofrece muy escasa resistencia a la tracción, y resulta poco adecuado para piezas que trabajan a flexión o tracción. Esta característica ha conducido a muchas investigaciones y desarrollos para optimizar las resistencias, pretendiendo lograr dentro del mundo de los materiales compuestos la solución a esta carencia”. El desarrollo más conocido es el refuerzo del hormigón con barras de acero en las zonas de tracción, dotando de un material compuesto llamado Hormigón Armado. Su problema es transportar a mayores dimensiones y pesos, así como a una menor rapidez de construcción y puesta en obra, lo que, de forma directa, conduce a un recargo de las piezas por el manejo de abundante mano de obra y manipulación de las mismas.

Ante esta pérdida, infinidad de trabajos e investigaciones se situaron en marcha y producto de ellas fueron los ensayos de aligeramiento y reducción de espesores mediante la adición de fibras de refuerzo.

Los primeros desarrollos se consiguieron con el uso de fibras de asbesto. El material obtenido, llamado "asbesto cemento", presentaba innumerables mejoras de costo y trabajabilidad.

En búsqueda de un refuerzo que permitiera la consecución de un material compuesto, “excelentes prestaciones, se han desarrollado muchas experiencias con fibras de refuerzo de otro tipo, tales como, las de origen orgánico (aramidas, nylon, rayón, polipropileno), inorgánico (vidrio, boro, carbono) y metálicas (hierro, fundición dúctil, acero. Ni, Ti, Al). De entre todas ellas la mejor relación costo-propiedades mecánicas la ostentan las fibras de vidrio.

Los ensayos y experiencias iniciales para reforzar los cementos y sus morteros se hicieron con fibras de vidrio tipo "E", debido a la alta resistencia esencial de las mismas”(Bravo Celis, 2003).

2.4.1. EL GLAS REINFORCED CONCRETE (GRC)

Es un material de construcción está formado de hormigón además reforzado de la fibra de vidrio y se proyectan en base del mortero de cemento en las distintas capas, la misma que crea un material final con cualidades de ambos compuestos. Puesto que “el propósito de las piezas de GRC es la implantación de paneles de cara vista, (en el mortero se emplea hormigón blanco más claro que el genérico), y arenas de granulometría fina; razón por la que a también se le denomina micro-hormigón. Además se suelen manejar diferentes aditivos en la mezcla para no tener dificultad en el desencofrado del molde, o para inspeccionar la evaporación de agua y evitar así la fisuración de las piezas.

También admite la función de colorantes en la mezcla. Se ha manifestado que la fibra de vidrio obedece al álcali del hormigón, por lo que se prefiere un hormigón de baja alcalinidad, se aplica un tipo de fibra de vidrio resistente al álcali. Debido al que las piezas de GRC se utilizan en construcción prefabricada”(Academic, 2010),

Se suele incorporar diversos anclajes, habitualmente de acero galvanizado, para facilitar su ensamble en la obra. Los “anclajes pueden coger la forma de bulones, raíles, u otras, en función del sistema elegido. El ensamble es en estado seco, ejecutándose las coaliciones sobre espumas de polietileno y el sellado de extremos con silicona neutra o poliuretano Si se tiene espacio y tiempo, el panel se puede poner a fabricar in situ en la misma obra”(Academic, 2010).

2.4.2. FABRICACIÓN DE GRC

Los componentes más usuales de un GRC son:

- Cemento.
- Arena.
- Agua.
- Fibra de Vidrio A. R.
- Aditivos.

Entre los aditivos destacan los plastificantes, fluidificantes, súper plastificantes, pigmentos, impermeabilizantes, hidrófugos, polímeros, elementos puzolánicos especiales, etc. Estos aditivos serán añadidos, o no, dependiendo de las propiedades y diseño a conceder al GRC en cada obra y en base a los requerimientos pedidos en las disposiciones correspondientes.

Bajo la descripción general de GRC hay muchas posibilidades de modificar las mezclas acorde al uso del producto final o del método de fabricación escogido para producir una familia de compuestos. La estandarización está más enraizada en las mezclas utilizadas sobre GRC para aplicaciones arquitectónicas y en las mezclas empleadas en el proceso de fabricación por proyección paralela.

Por su parte, la cantidad de fibra de vidrio dependerá:

- a) Del proceso de fabricación del GRC: Dependiendo del proceso de fabricación del GRC se tendrán variaciones en la cantidad de fibra añadida. Esto es, si el proceso es el de proyección simultánea la cantidad de fibra de vidrio Álcali-Resistente Cem-FIL será del 5% en peso del total de la mezcla efectuada para la fabricación del GRC.
Por el contrario, si en el proceso de fabricación se ha de juntar la fibra de vidrio durante el mezclado del mortero (premezcla o premix) a proporción será del 3% del total de la mezcla realizada,

- b) De la Aplicación: Las fibras de vidrio AR pueden ser reunidas entre el 0.1 % y el 5% en peso. Cuando la proporción es baja, las fibras AR minimizan la segregación de materiales y evaden las microfisuraciones de las piezas realizadas con cemento, acrecentando la dureza y la resistencia a las colisiones. Cuando los equilibrios se muestran entre el 1 % y el 2%, las fibras AR son ideales para mezclas armadas, reduciendo la densidad de productos de hormigón. Cuando la proporción está entre el 2% y el 3.5% las fibras AR usan de refuerzo principal en productos realizados por moldeo y vibración de bajo costo. Cuando la proporción es de un 5% se manejan las fibras AR para las aplicaciones que exigen alta resistencia, tales como los paneles de fachada arquitectónicos.
- c) “La Resistencia a otorgar a GRC: El conjunto de vidrio Alkali-Resistente en forma de fibras es muy significativo desde la perspectiva de la resistencia que demuestra el elemento compuesto GRC. pero también es sustancial tener en importante la longitud de las fibras para la obtención de unos proporcionados niveles de resistencia”(Bravo Celis, 2003).

Otro parámetro a examinarla momento del proceso de fabricación del GRC, es la magnitud de la fibra la cual depende en altamente a la medida del proceso de fabricación, ya que, en técnicas de premezcla una fibra muy amplia puede causar problemas de pesado y de pérdida de la fibra por

abrasión en su superficie. Para estos procesos las longitudes perfectas (aquéllas con las que se tiene la alta resistencia y una perfecta trabajabilidad) fluctúan entre los 6 y 24 mm, mostrando sus mayores beneficios a los 12 mm. En los procesos de proyección sincrónica las longitudes ideales fluctúan entre los 30 y los 45 mm.

2.4.3. CUALIDADES DEL GRC

Las fibras de vidrio tienen sublimes propiedades, que hacen de ellas el refuerzo perfecto en los materiales preparados de matriz inorgánica. AR es la fibra idónea, por resistencia alcalina, por su alto provecho y por sus altos beneficios, para el refuerzo de los materiales compuestos de cemento.

Las primordiales cualidades que las fibras AR confieren, hay GRC son:

- a) Durabilidad, ya que la fibra utilizada es inmune a la acción de los álcali del cemento.
- b) Gran resistencia al impacto, debido a la absorción de energía por los haces de Fibra.
- c) Impermeabilidad, aún en pequeños espesores.
- d) Resistencia a los agentes atmosféricos.
- e) El GRC no se desgasta condiciones atmosféricas.
- f) Incombustibilidad, proveniente de las características de sus componentes.

- g) Aptitud de reproducción de detalles de área (ideal para imitar piedra o Pizarra).
- h) Ligero, lo que reduce los costos de transporte, puesta en obra e instalación.
- i) Aptitud a ser moldeado en formas complejas. (Especialmente útil para la Renovación y restauración de inmuebles).
- j) Gran resistencia contra la propagación de fisuras.
- k) Reduce la carga en los edificios, lo que conduce a una reducción de los costes de estructura y cimentación.
- l) Reduce los cuidados de mantenimiento.
- m) Excelente resistencia frente al vandalismo.
- n) Enorme catálogo de texturas y acabados de superficie viables.
- o) “limitadas posibilidades de diseños arquitectónicos”(Bravo Celis, 2003).

2.5. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

Históricamente las fibras han sido usadas para optimizar y fortalecer diferentes tipos de materiales de construcción. Estas fibras anteriormente eran de origen vegetal. Actualmente las fibras de vidrio, asbestos, acero y poliméricas han se han vuelto muy populares para mejorar los problemas en el hormigón.

2.5.1. FIBRA DE VIDRIO PARA HORMIGONES REFORZADO

En tanto se descubrió que las fibras de vidrio en la manera que se manejaron primero, eran reactivas a álcali, y en los productos que se utilizaban se deterioraban velozmente. El vidrio resistente a los álcalis con un contenido de 16% de circona fue mostrado sin problemas entre 1960 y 1971. En fuentes de vidrio resistentes a álcalis fueron desarrolladas durante los años setentas y ochentas, con contenidos más altos de circona. La fibra de vidrio resistente a los álcalis se utiliza en la elaboración de productos de cemento reforzado con vidrio (GRC: Glass Reinforced Concrete), los mismos tienen un gran rango de utilidades.

La fibra de vidrio es favorable en longitudes continuas o en trozos. Se manejan en medidas de fibra de hasta 35 mm en aplicaciones de rociado y las longitudes de 25 mm en aplicaciones de premezclado. Esta fibra posee alta resistencia a tensión (2-4 GPa) y alto módulo elástico (70-80 GPa) pero tiene características quebradizas en esfuerzo-deformación (2.5-4,8% de extensión a la rotura) y poca fuente a temperatura ambiente”(Cement & Concrete Institute, Portland, 2007).

Se han dispuesto ciertas aseveraciones con éxito de hasta 5% de fibra de vidrio por espesor en el mortero de arena-cemento sin crear bolas. Los productos de fibra de vidrio mostrados a ambientes al exterior han evidenciado una pérdida de resistencia y ductilidad. Las razones no son

claras y se contempla que la agresión de los álcalis o la inconsistencia de las fibras son causas posibles. Puesto que existe falta de datos sobre la estabilidad a largo plazo, el GRC ha sido expuesto a usos no estructurales en donde tiene extensas aplicaciones. “Es conveniente usarse en técnicas de regado directo y procesos de premezclado; se ha venido usando como sustitución para fibras de asbesto en hojas planas, tubos y sinfín de productos prefabricados”(Cement & Concrete Institute, Portland, 2007).

2.5.2. EL USO DE FIBRAS

Para el uso efectivo de fibras en el hormigón endurecido se deben tener contempladas las siguientes características:

- ❖ “Las fibras deben ser significativamente más rígidas que la matriz, es decir un módulo de elasticidad más alto.
- ❖ El contenido de fibras por volumen debe ser apropiado.
- ❖ La unión entre la fibra y la matriz debe ser de óptima calidad.
- ❖ La extensión de las fibras debe ser apta.
- ❖ Las fibras deben ser largas relación a su diámetro”(Cement & Concrete Institute, Portland, 2007).

2.5.3. Beneficio de la adición de fibras

- ❖ Reemplaza mallas metálicas
- ❖ Minimiza el valor de mano de obra,

- ❖ Excluye daños por desgaste
- ❖ Elimina la posibilidad de una mala colocación.
- ❖ Descarta accidentes relacionados con el manejo.
- ❖ Reduce la permeabilidad.
- ❖ Aumento moderado de resistencia a la tensión.
- ❖ Reduce el asentamiento plástico.
- ❖ Inhibe las grietas por retracción. .
- ❖ Retarda la evaporación (reduce la exudación)
- ❖ Desarrolla la resistencia a temprana edad.
- ❖ Extiende la durabilidad.
- ❖ Aumenta la ductilidad.
- ❖ Amplía la resistencia al impacto.
- ❖ Aumenta la resistencia a la abrasión.
- ❖ Aumenta moderadamente la resistencia a la compresión.
- ❖ Aumenta moderadamente la resistencia a la flexión.

2.5.4. FIBRA DE VIDRIO COMO PARTE INTEGRANTE DEL HORMIGÓN

La utilización de fibras de vidrio como parte suplemento del hormigón, puede producir cambios propicios en su comportamiento.

El hormigón se lo refuerza con fibras de vidrio aumenta la resistencia a los aspectos y la fisuración por corrección plástica, además mejora en algún

árido el aforo de deformación del hormigón otorgándole aumento de constancia y ductilidad.

Las aplicaciones en las que” el hormigón reforzado con fibra de vidrio ofrece buenos resultados, son las siguientes:

- ❖ Losas
- ❖ Sobrelosas
- ❖ Pavimentos Industriales
- ❖ Pavimentos para Contenedores
- ❖ Hormigón Proyectado
- ❖ Revestimientos de Túneles
- ❖ Prefabricados”(Bravo Celis, 2003).

2.5.5. COMPRESIÓN Y FLEXOTRACCION

La resistencia a la presión es una de las propiedades más indispensables del hormigón siendo también el factor que se emplea comúnmente para precisar su calidad:

a) Forma y dimensiones de la probeta:

- Los recipientes empleadas regularmente para establecer la resistencia a la compresión son de forma cúbica o cilíndrica. De las primeras, se manejan con particularidad las probetas de 15 y 20 cm de arista, y

dado para las segundas las su medida es de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

b) Condiciones de ejecución del ensayo:

- Velocidad de aplicación de la carga de ensayo.
- Estado de las superficies de aplicación de la carga.
- Medida la carga de estudio.

c) Características del hormigón:

- Tipo de cemento.
- Relación agua / cemento.
- Edad del hormigón,

d) Condiciones ambientales:

- Temperatura, humedad

2.5.6. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL GRC

Las cuatro características destacadas del comportamiento del GRC son:

- Gran resistencia a esfuerzos, debido a la impregnación de energía utilizada para prohibirlas fibras de la masa de cemento, y las características de “trabajo a la rotura” parecidos con la rotura por fluencia.

- Gran resistencia a la tracción y flexión.
- Incombustible, se ciñe a la máxima clasificación para la propagación del fuego del British Standard BS 476. y es capacitado para adquirir altos índices de resistencia al fuego como los materiales que se trabaja.
- Resistencia integral al avance de los hongos investigados y al ataque de insectos.

La resistencia y algunas propiedades referentes al GRC diferencian de acuerdo la naturaleza del material de base, el equilibrio de fibra de vidrio anexada, su tipo, longitud y orientación. La base puede estar compuesta por cemento Portland puro y agua, o una mezcla de cemento y adicionado fino de relleno; el material de uso más común es la escoria pulverizada.

El método de producción determina la orientación de la fibra la combinación de la composición de cemento pulverizado sobre la fibra de vidrio torcida, proporciona una orientación bidimensional o plana más adecuada para componentes laminares o de sección muy delgada: la mezcla previa resulta una orientación tridimensional completamente aleatoria.

2.5.7. VENTAJAS COMPETITIVAS DEL GRC

La principal “ventaja que muestra el GRC es su pequeño peso (del orden de entre 1/3 y 1/10 del peso de elementos similares en hormigón normal)

almacenando las mismas o superiores prestaciones. Esta superioridad en agilidad va a trascender, positivamente sobre distintos factores de diseño e instalación de las piezas y estructuras que aguanten el GRC y de semejantes instalaciones (puesta en obras) de las piezas efectuadas en este material” (Bravo Celis, 2003).

2.5.8. FLEXOTRACCIÓN

Los ensayos que caracterizan el comportamiento a flexión del hormigón con fibras se realizan sobre probetas prismáticas con cargas aplicadas en los tercios de la luz entre ejes de apoyos. Normalmente se distingue entre:

- Resistencia a primera fisura, que es la resistencia obtenida, bajo hipótesis de comportamiento elástico, con el valor de la carga para el que la curva carga-flecha comienza a apartarse de la linealidad.
- Resistencia a rotura por flexotracción o tensión obtenida, también en régimen elástico, con la carga máxima alcanzada durante el ensayo a rotura por flexotracción.

La inclusión de fibras en cantidad suficiente influye más, sobre la resistencia a rotura por flexotracción que sobre las resistencias a primera fisura, a compresión simple o a tracción centrada, aunque es más fácil alcanzar incrementos de resistencia elevados en elementos fabricados con mortero que en los contruidos con hormigón.

2.6. MARCO REFERENCIAL

Los hormigones con fibras (HF) están formados por una matriz constituida por cemento, árida, agua, aditivos, adiciones y la fibra.

Las fibras de vidrio duras a los álcalis del cemento, se han venido manejando desde hace algún tiempo en la resistencia de pastas y morteros de cemento para la elaboración de paneles finos de alta resistencia destinados a revestimiento de edificios.

La adición de esta fibra no determina la naturaleza de los componentes del hormigón por lo que deben ser adecuados y el hormigón alcance y mantenga las características requeridas.

La matriz del hormigón mantiene al material unido dando la resistencia a compresión y rigidez, distribuyendo los esfuerzos y protegiendo las fibras. Las fibras resisten los esfuerzos de la tracción por soldadura al hormigón, controlan la fisuración y reducen la fuerza de la misma, a la vez que optimizan la firmeza.

En el caso específico del refuerzo del hormigón con fibra de vidrio se han derivado excelentes resultados cuando se consultan acerca de morteros en áridos finos, utilizándose en distintas aplicaciones tales como, paneles anti ruidos y paneles de fachada de edificaciones, dada su fácil instalación y su poco peso. El material manejado para la producción de dichos paneles es conocido como GRS (Glas Reinforced Concrete).

2.7. Diseño Metodológico

2.7.1. UBICACIÓN

Esta investigación permite analizar y definir el uso de la fibra de vidrio como agregado en el diseño de hormigones estructurales y comprobar si aumenta la resistencia a la compresión y flexotracción con el fin de obtener resultados que puedan ser útiles para aplicar en obras.

2.7.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y EDÁFICAS

Temperatura: 20°-36°C

Pluviometría: se investigará

Topografía : irregular

Altitud : se investigará

2.7.3. TIPO DE ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un estudio numérico y experimental. Permite determinar si el uso de la fibra de vidrio en el diseño de hormigones estructurales aumenta la resistencia a la compresión y flexotracción mediante ensayos de roturas de cilindro, ensayos para determinar el comportamiento de estructura sobre vigas de hormigón armado, reforzada con materiales compuestos avanzados.

CAPITULO 3

**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E
INTERPRETACIÓN**

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS

3.1.1. TRABAJABILIDAD

Durante la etapa en que el hormigón se conserva en estado fresco muy importante poder conceder una apacibilidad adecuada, de acuerdo al uso deseado.

“Debido a que las fibras disminuyen la capacidad de trabajo del hormigón fresco, se hace necesario determinar en qué proporción lo hacen”(Bravo Celis, 2003).

“Para medir la trabajabilidad del hormigón se medirá el asentamiento de cono (Abrams). Este ensayo fue pensado por el investigador norteamericano Abrams. Su realización consiste fundamentalmente en rellenar un molde metálico tronco cónico de dimensiones normalizadas, en tres capas aplastadas con 25 golpes de varilla-pisón y, luego de descartar el molde, evaluar el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior. Esta comprobación se complementa con el análisis de la forma de caída del cono de hormigón, mediante golpes laterales con la varilla-pisón”(Bravo Celis, 2003).

“De esta manera, la orden del asentamiento permite establecer especialmente la fluidez, y la forma de derrumbamiento que admite apreciar la consistencia del hormigón”(Bravo Celis, 2003).

3.1.2. COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión “es una de las propiedades más importantes del hormigón, siendo también el factor que se recurre comúnmente para precisar su calidad”(Bravo Celis, 2003).

Entre las condiciones, de mayor influencia son:

- Forma y dimensiones de la probeta
- Condiciones de ejecución del ensayo
- Características del hormigón
- Condiciones ambientales

3.1.3. FLEXOTRACCIÓN

Se ha considerado el interés al caracterizar los hormigones en cuanto a su resistencia de la flexotracción, ello principalmente, por causa de una posible aplicación de estos hormigones sería la de utilización en edificaciones, y en ese caso un aumento a la flexotracción por resultado de la utilización de fibras vendría totalmente provechoso.

El procedimiento de ensayo “consiste en someter a una vigueta de hormigón apoyada, a una sollicitación de flexión mediante la acción de dos cargas concentradas en los límites del tercio medio del estudio de la luz”(Bravo Celis, 2003).

3.2. DESARROLLO DE TIPO EXPERIMENTAL

3.2.1. ÁRIDOS

Los áridos empleados son arena y gravilla de tamaño máximo 8 mm. Las propiedades de los áridos se muestran en la tabla 1. La granulometría de la gravilla y la arena se indican en la Tabla 2.

Para determinar las características de los áridos, tales como densidad aparente impactada, densidad neta y absorción, tanto de la arena y de la gravilla, se aplicaron los procedimientos establecidos por las normas correspondientes en las siguientes tablas.

Tabla 1: Propiedades de los áridos

PROPIEDAD	UNIDAD	ÁRIDOS (Arena, Piedra)	
Densidad aparente compactada	g/cm ³	1,74	1,68
Densidad neta	g/cm ³	2,60	2,61
Absorción (En porcentaje)	%	2,77	1,87

Tabla 1: Propiedades de los áridos
Elaborado por: Baque Vera Crithian Patricio

Tabla De Resultados De Nuestra Granulometría Tanto De Piedra Como Arena.

Tabla 2: Granulometría de áridos

TAMICES ASTM	% QUE PASA	
	Arena	Gravilla
TAMIZ	100	100
TAMIZ N. 4	91	72
TAMIZ N. 8	84	51
TAMIZ N. 16	73	30
TAMIZ N. 30	58	20
TAMIZ N. 50	21	7
TAMIZ N. 100	6	3
Fondo	2,67	4,17

Tabla 2: Granulometría de Áridos
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

3.3. DESARROLLO DE LOS ENSAYOS

3.3.1. ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

En el ensayo, el hormigón cumple con una dimensión superior a la de la mezcla menor de 50 mm y su trabajabilidad reúne los parámetros establecidos para la llevar a cabo el método.



Ilustración 1: Ensayo de Trabajabilidad
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

3.3.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Los ensayos se desarrollan de acuerdo a los métodos correspondientes según las normas especificadas. En esta tesis se realizaron cuatro ensayos uno para cada uno de los tipos de hormigón (diferentes porcentajes de fibra de vidrio adicionada) a 7 y a 28 días para que alcancen su máxima resistencia. Una vista de ensayo puede apreciarse a continuación en la figura No. 2.



Ilustración 2: Ensayo de Compresión
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

3.3.3. ENSAYO DE FLEXOTRACCIÓN

Los ensayos de flexotracción se realizaron según las normas correspondientes. Para las dimensiones de esta probeta prismática se efectúa el ensayo con las cargas puntuales de igual valor, aplicadas en el tercio central del modelo de ensayo. Se ha seleccionado una luz de prueba de 45 cm. Una vista del ensayo de flexotracción como se ilustra en la figura No. 3.



Ilustración 3: Ensayo de Flexotracción
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

3.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.4.1. ENSAYO DE TRABAJABILIDAD

En el ensayo de trabajabilidad se logró observar una abierta influencia en la presencia de las fibras en el hormigón fresco, debiéndose observar una disminución de la trabajabilidad de la mezcla a medida que acrecentaba el porcentaje de fibra de vidrio acondicionado.

A continuación se puede observar los resultados en la siguiente tabla, y su representación gráfica

Tabla 3: Resultados de ensayo de trabajabilidad

Tipo de Hormigón	Promedio Asentamiento de Cono (cm)	Desviación Estándar	Variación c/r a Hormigón Patrón (%)
M Ho	7,9	1,1	-
M H1 (0,05)	7,8	0,9	1,4
M H2 (0,1)	7,4	0,9	6,9
M H3 (0,2)	7,0	0,9	13,1
M H4 (0,4)	6,4	0,8	23,9

Tabla 3: Resultados de ensayo de trabajabilidad
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

En Base a la incorporación de la fibra de vidrio al hormigón normal se observa que el aumento del mismo disminuye la trabajabilidad o asentamiento.

Como se observa en nuestro gráfico N°3 que de acuerdo a los valores, de la muestra del hormigón M Ho y la muestra M H4 la diferencia es de 1.5 cm (de asentamiento entre ambas muestras)

Gráfico No.1

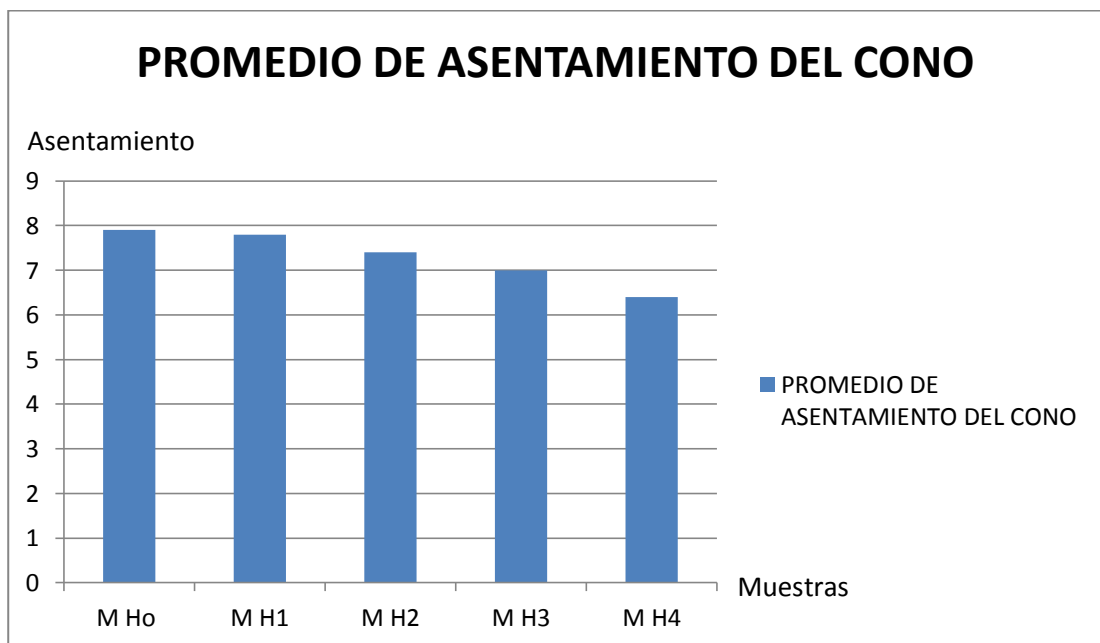


Ilustración 4: Promedio de asentamiento del cono
Elaborado por: El autor

3.4.2. ANÁLISIS

Verificando el porcentaje de la fibra incorporada se observa que la muestra M h1 adicionada al 0.05 % en peso de la muestra total se logró obtener el 1.4% como podemos observar en nuestra figura N ° 1, mientras que el hormigón normal obtuvo el M H4 con un 23.9% y los hormigones M h3 y M H2 tuvieron valores con escala intermedia como se puede observar en el gráfico.

3.4.3. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Al realizar el ensayo de compresión se consiguen los valores que se indican en las Tabla 4 y Tabla 5.

Tabla 4: Resultados ensayo de compresión a 7 días

Tipo de Hormigón	Promedio de resistencia a la compresión [Kgf/cm²]	Desviación Estándar	Variación c/r a Hormigón Patrón [%]
M Ho	156	4,3	-
M H1 (0,05)	159	5,8	2.0
M H2 (0,1)	160	3,6	2,7
M H3 (0,2)	162	2,2	4.0
M H4 (0,4)	165	2,9	5,9

Tabla 4: Resultados ensayo de compresión a 7 días
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

Tabla 5: Ensayo de Compresión a 28 Días

Tipo de Hormigón	Promedio de resistencia a la compresión [Kgf/cm²]	Desviación Estándar	Variación c/r a Hormigón Patrón [%]
M H0	215	4,3	-
M H1 (0,05)	220	3,6	2,4
M H2 (0,1)	221	1,5	2,9
M H3 (0,2)	225	2,2	4,8
M H4 (0,4)	226	3,6	5,2

Tabla 5: Resultados ensayo de compresión a 28 días
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

Gráfico No. 2

Ensayo de compresión

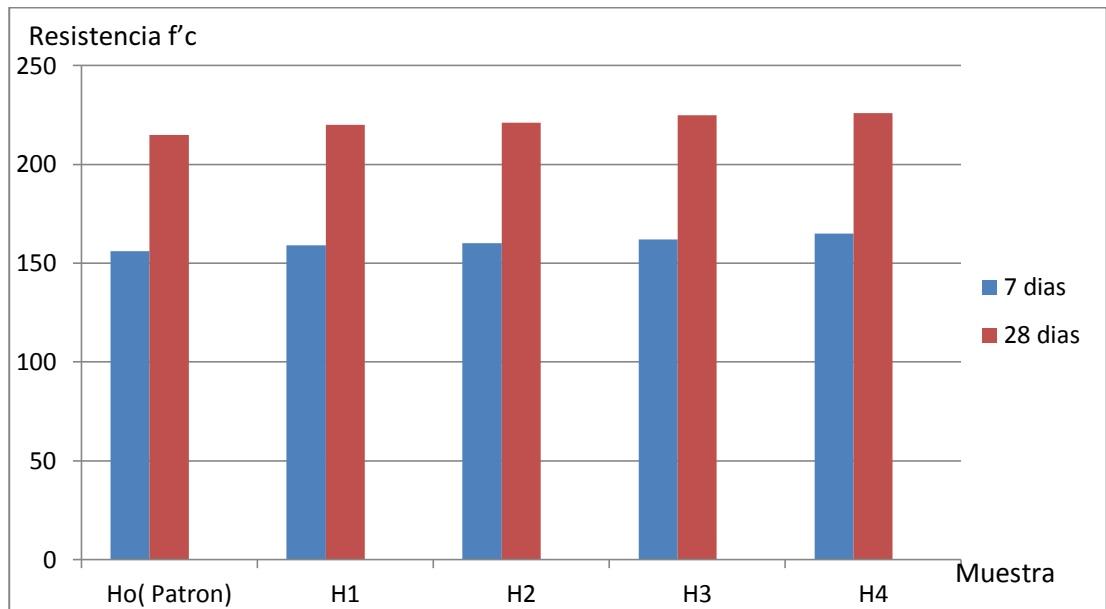


Ilustración 5: Ensayo de compresión
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

3.4.4. ANÁLISIS

Del análisis de los ensayos a compresión simple, para obtener la resistencia comprobamos que a los 7 días de las 5 muestras no es muy significativo, así mismo se observa que a los 28 días de las 5 muestras mantienen poca diferencia considerando que cumplen con las especificaciones técnicas de la curva de endurecimiento del concreto con la edad

3.4.5. ENSAYO FLEXOTRACCIÓN

Se realizó el ensayo de flexotracción y se consideró prueba a los 7 días y a los 28 días tal como podemos visualizar en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados ensayo de Flexotracción a 7 días

Tipo de Hormigón (7 DIAS)	Promedio de resistencia a la Flexotracción [Kgf/cm2]	Desviación Estándar	Variación c/r a Hormigón Patrón [%]
M Ho	22,8	0,9	-
M H1	23,4	2,1	2,7
M H2	23,9	0,7	5.0
M H3	26,0	1.0	10,2
M H4	27	1,5	18,6

Tabla 6: Resultados ensayo de Flexotracción a 7 días
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

Tabla 7. Resultados ensayo de Flexotracción a 28 días

Tipo de Hormigón (28 DIAS)	Promedio de resistencia a la Flexotracción [Kgf/cm2]	Desviación Estándar	Variación c/r a Hormigón Patrón [%]
M Ho	32,3	0,9	-
M H1	32,5	0,7	1,1
M H2	35,3	1,1	9,4
M H3	36,4	1,2	12,8
M H4	39.0	0,6	20,9

Tabla 7: Resultados ensayo de Flexotracción a 28 días
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

INTERPRETACIÓN

Según los resultados de los ensayos a flexotracción se muestra valores diferenciales dentro del tiempo del proceso de fraguado.

En el gráfico N° 7 la resistencia a los 28 días aumento con relación a los 7 días por el incremento de mayor porcentaje de la fibra de vidrio.

Gráfico No. 3

ENSAYO DE FLEXOTRACCIÓN

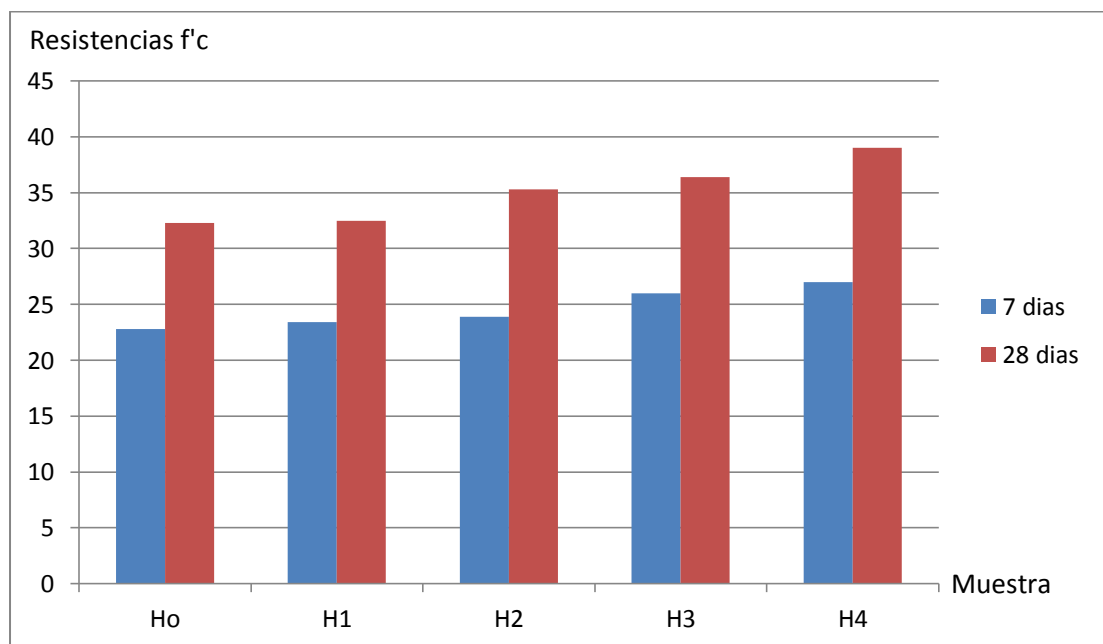


Ilustración 6: Ensayo de Flexotracción
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

Esto indica que a mayor cantidad de fibra de vidrio incorporada en el análisis a flexotracción mayor es la resistencia.

REGISTRO DE TOMA Y ROTURA DE CILINDROS A COMPRESIÓN													
PROYECTO: Análisis de la fibra de vidrio alcalino como agregado en el diseño de hormigones para aumentar la resistencia a flexotracción													
Sector : Manta													
estudiante: Cristhian Patricio Baque Vera				Edad: 7 DIAS				F`c: 210 kg/cm ²					
Toma de Cilindros				rotura de cilindros									
Estructura	Fecha	Cilindro	Reven. cm	Fecha	Edad días	Carga Kg	Ø - h	Área cm ²	Resistencia Kg/cm ²	%	Peso gr.	Volumen cm ³	Peso específico gr/cm ³
Diseño sin fibra	28-18-2013	Ho	7,9 cm	04/01/2014	7	27567	Ø15 h=30	176,71	156,001	74,29	13000	5301,3	2,452228699
		H1	7,8 cm	04/01/2014	7	28097	Ø15 h=30	176,71	159,001	75,71	13000	5301,3	2,452228699
		H2	7,4 cm	04/01/2014	7	28274	Ø15 h=30	176,71	160,002	76,19	13000	5301,3	2,452228699
		H3	7,0 cm	04/01/2014	7	28627	Ø15 h=30	176,71	162	77,14	13000	5301,3	2,452228699
		H4	6,4 cm	04/01/2014	7	29157	Ø15 h=30	176,71	164,999	78,57	13000	5301,3	2,452228699

28 DIAS

Toma de cilindros				Rotura de cilindros									
Estructura	Fecha	Cilindro	Reven. cm	Fecha	Edad días	Carga Kg	Ø - h	Área cm ²	Resistencia Kg/cm ²	%	Peso gr.	Volumen cm ³	Peso específico gr/cm ³
Diseño sin fibra	28-18-2013	Ho	7,9 cm	25/01/2014	28	37993	Ø15 h=30	176,71	215,002	102	13000	5301,3	2,452228699
		H1	7,8 cm	25/01/2014	28	38876	Ø15 h=30	176,71	219,999	104,8	13000	5301,3	2,452228699
		H2	7,4 cm	25/01/2014	28	39052	Ø15 h=30	176,71	220,995	105,2	13000	5301,3	2,452228699
		H3	7,0 cm	25/01/2014	28	39760	Ø15 h=30	176,71	225,001	107	13000	5301,3	2,452228699
		H4	6,4 cm	25/01/2014	28	39936	Ø15 h=30	176,71	225,997	108	13000	5301,3	2,452228699

Tabla 8: Registro de toma y rotura de cilindros a compresión
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

REGISTRO DE TOMA Y ROTURA DE VIGAS A FLEXOTRACCION			
PROYECTO: Análisis de la fibra de vidrio alcalino como agregado en el diseño de hormigones para aumentar la resistencia a flexotracción			
Sector :		Manta	
Estudiante :		Cristhian Patricio Baque Vera	Edad: 7 DIAS F'c: 210

Toma de cilindros				Rotura de cilindros					
Estructura	Fecha	Cilindro	Revenim.	Fecha	Edad	Carga KN	Resistencia Flexión MPA	% de Resistencia	Observación
diseño con FV	28-12-2013	Ho	7,9 cm	04/01/2014	7	14,1	22,8	81	vigueta
		H1	7,8 cm	04/01/2014	7	14,1	23,4	82	vigueta
		H2	7,4 cm	04/01/2014	7	14,1	23,9	82	vigueta
		H3	7,0 cm	04/01/2014	7	14,1	26	84	vigueta
		H4	6,4 cm	04/01/2014	7	14,1	27	85	vigueta

Tabla 9: Registro de toma y rotura de vigas a Flexotracción

Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

toma de cilindros				Rotura de cilindros edad 28 días					
Estructura	Fecha	Cilindro	Revenim.	Fecha	Edad	Carga KN	Resistencia Flexión MPA	% de Resistencia	Observación
diseño con FV	28-12-2013	Ho	7,9 cm	25/01/2014	28	14,1	32,3	107	vigueta
		H1	7,8 cm	25/01/2014	28	14,1	32,5	107	vigueta
		H2	7,4 cm	25/01/2014	28	14,1	35,3	108	vigueta
		H3	7,0 cm	25/01/2014	28	14,1	36,4	109	vigueta
		H4	6,4 cm	25/01/2014	28	14,1	39	110	vigueta

Tabla 10: Rotura de cilindros

Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

ANALISIS REGISTRO DE TOMA Y ROTURA DE CILINDROS A COMPRESIÓN

Los resultados obtenidos indican que al aumentar la cantidad de fibra adicionada, aumenta la resistencia a la compresión; este aumento es muy pequeño. Se aprecia la menor resistencia a los 7 días y alcanzó al hormigón normal con un valor 156kgf/cm^2 , mientras que el mayor valor lo alcanzó el h4 con un valor los 165kgf/cm^2 .

De la misma forma, en el ensayo a 28 días, los valores extremos fueron también alcanzados por el hormigón patrón con un valor de 215kgf/cm^2 , y el hormigón H4 con un valor de 226kgf/cm^2 . Sin embargo.

Los hormigones H2 y H3, obtuvieron valores intermedios entre los del hormigón patrón y el hormigón H4, tanto en el ensayo a 7 días como en el ensayo a 28 días.

ANALISIS DE REGISTRO DE TOMA Y ROTURA DE VIGAS A FLEXOTRACCION

Al realizar el ensayo de flexotracción se observó un aumento de la resistencia del hormigón, tanto a los 7 como a los 28 días, a medida que aumenta el porcentaje de fibra presente en la mezcla de hormigón.

El hormigón H4 registra los valores más altos, para las dos edades del hormigón, de resistencia a la flexotracción, siendo estas de 27kgf/ cm², a los 7 días y 39 kgf/ cm² a los 28 días.

Los hormigones H1, H2 Y H3, registraron valores intermedios comprendidos entre los que obtuvieron el hormigón patrón y el hormigón H4.

Por tanto, el hormigón H4 que contenía mayor cantidad de fibra, la resistencia a la flexotracción fue la más alta tanto a los 7 días como a los 28 días.

3.5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Con la realización de los ensayos de compresión y flexotracción y de acuerdo a las propiedades del hormigón endurecido, se aprecia que la resistencia a la compresión aumenta en pequeña escala a medida que la mezcla de hormigón contiene mayor porcentaje de fibra de vidrio. Es decir, que la adición de fibra de vidrio no logra un incremento significativo en resistencia a la compresión del hormigón.

En cuanto a la resistencia a la flexotracción, se ve claramente la extensión de este valor a medida que se crece el porcentaje de fibra de vidrio en el hormigón (0.4%). Se puede expresar que la adición de fibra de vidrio en el hormigón siendo elemento muy importante en el aumento de la resistencia a la flexotracción de los hormigones.

El uso de la fibra de vidrio como agregado en el hormigón estructural permitirá mejorar y aumentar la resistencia a la compresión y flexotracción. Los resultados obtenidos, luego de la investigación nos inducen al surgimiento de ideas adicionales acerca del uso de fibra de vidrio en hormigón, con el fin de que las edificaciones en el proceso constructivo obtengan mejor desempeño. Además es una buena opción para la elaboración de elementos prefabricados de hormigón.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Luego de analizar diferentes muestras de hormigones con fibra de vidrio se determinó que la dosificación precisa está en el orden de 0.4% del peso del hormigón total, además se comprobó que baja la trabajabilidad, pero hay un incremento de la resistencia a flexotracción.
- Se realizó varios ensayos y se comprobó que al adicionar la fibra de vidrio se logró incrementar en un 10 % de la resistencia a la flexotracción a los 28 días.
- El hormigón reforzado con fibra de vidrio mejora en forma notable la resistencia a esfuerzos beneficiando en la construcción de las edificaciones, además permite corregir la capacidad de deformación del hormigón otorgándole mayor tenacidad y ductilidad.
- Realizado el análisis de precios para considerar la opción de diseñar hormigones con fibra de vidrio, observamos un incremento del 7.7 % con respecto al hormigón normal que no incide significativamente en el costo total de las obras, pero logran el beneficio de mejorar la resistencia del hormigón a la flexotracción

4.2. RECOMENDACIONES

El trabajo de investigación justifica recomendar la fibra de vidrio como complemento al hormigón tradicional, Luego de realizar la presente investigación y con las conclusiones determinadas surgen varias recomendaciones en relación al hormigón reforzado con fibra de vidrio:

- Se debe considerar un porcentaje del 0.4 % de fibra de vidrio por m³ de hormigón para mejorar la capacidad de resistencia a la flexotracción en las obras civiles.
- Difundir mayor información sobre el uso de fibra de vidrio a la población afín al área investigativa (Ingenieros, Arquitectos, estudiantes de Ing. Civil, maestros constructores, etc.)
- Considerar siempre la cantidad de fibra de vidrio de acuerdo a su dosificación a fin de evitar el costo elevado.
- Para que esta opción de uso y de construcción sustentable brinde realmente un beneficio social, es recomendado que se tome los agregados de lugares más cercanos, evitando así el gasto por transporte y que cumpla con las especificaciones técnicas.

CAPITULO 5

ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA

5.1. ANEXOS

5.1.1. Diseño Y Dosificación

Resistencia 28 días $F'c = 210 \text{ kg / cm}^2$

Dosificación: 1:2:4 8.31 sacos por cada m^3

Cemento: Rocafuerte Portlant IE

Arena: San José (grano fino)

Piedra: Cantera URUZCA $\frac{1}{2}$ "

1. Pesos para 1m^3 de hormigón (kg)

Agua:	250 kg
Cemento:	415.5 kg
Arena:	754.55 kg
Piedra:	1.280.07 kg

2. Pesos Para 1 Saco de Cemento (50 kg)

Agua:	30 kg
Cemento:	50 kg
Arena:	90.8 kg
Piedra:	154.04 kg

3. Volumen para un saco de cemento (50 kg)

Agua:	7.5 kg
Cemento:	0.038 m^3
Arena:	0.064 m^3
Piedra:	0.128 m^3

4. Dimensiones interiores por una cajonera para dosificación

Cemento: 1 cajoneta de (0.24 x .040 x 0.40) m³
Arena: 2 cajoneta de (0.20 x .040 x 0.40) m³
Piedra: 4 cajoneta de (0.20 x .040 x 0.40) m³

5.1.2. Análisis de materiales

Varillado del ripio

Varillado de la arena

Sin varillar

1. 7610gr
2. 7620 gr
3. 7660 gr

Sin varillar

1. 7145 gr
2. 7140 gr
3. 7162 gr

Varillado

1. 8370 gr
2. 8380 gr
3. 8350 gr

Varillado

1. 8240 gr
2. 8210 gr
3. 8275 gr

Ripio

Peso Saturado = 3000 gr

Peso + Aire+ Agua + Material =1875 gr

Peso Material Seco = 2980 gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA ARENA

EQUIPO: Picnómetro

Peso del picnómetro = 193.91 gr

Peso de arena + picnómetro + aire + agua = 1010 gr

Peso seco = 495 gr.

Material saturado = 500 gr

Granulometría del Ripio				
Tamiz	Peso parcial	peso ret acumulado	% ret acumulado	% pasa
1"	175	175	0,05	99,95
3/4"	515	690	33,94	66,06
1/2"	930	1620	79,69	20,31
3/8"	270	1890	92,97	7,03
Nº 4	140	2030	99,85	0,15
pasa Nº 4	2,69	2032,69	99,98	0,02
	2032,69		100	0

Tabla 11: Granulometría del Ripio

Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

Granulometría del arena				
Tamiz	Peso parcial	peso ret acumulado	% ret acumulado	% pasa
Nº 4	0	0	0	100
Nº 8	0	0	0	100
Nº 16	0,15	0,15	0,02	99,98
Nº 30	31,72	31,87	4,51	95,49
Nº 50	20,15	52,02	7,36	92,64
Nº 100	595	647,02	91,6	8,4
Nº 200	57,57	704,59	99,66	0,34
pasa Nº 200	2,71	707,3	100	0
	707,3			

Tabla 12: Granulometría de la arena
Elaborado por: Baque Vera Cristhian Patricio

$$\text{Modulo de Finura} = \frac{0.02 + 4.51 + 7.36 + 91.60}{100} = 1.03$$

5.1.3. Análisis de costos

Análisis de costo para 1m ³ de hormigón de 210 kg/ cm ²								
Costo General para 1 m ³ de Hormigón SIN FIBRA								
Cemento	agregado grueso	gasto por transporte	Arena		agua	aditivo	fibra de vidrio	
			A Mar	gasto de transporte				
u	m ³	km	m ³	km	lts	lts	kg	
8,31	1,28	36	0,75	60	250	2,48	0	
PRECIOS	\$ 64,40	\$ 62,72	6,87	15	10,8	30	10	\$ 199,79

Costo General para 1 m ³ de hormigón con FIBRA								
Cemento	agregado grueso	gasto por transporte	Arena		agua	aditivo	fibra de vidrio	
			A Mar	gasto de transporte				
u	m ³	km	m ³	km	lts	lts	kg	
8,31	1,28	36	0,75	60	250	2,48	1	
PRECIOS	\$ 64,40	\$ 62,72	6,87	15	10,8	30	10	\$ 219,79

diferencia \$ 20,00

Conclusión

Terminada el análisis de precios establecidos entre el uso del hormigón con y sin fibra de vidrio para el diseño de hormigones observamos que tenemos una diferencia de un 7,7% mayor con el uso de las fibra

5.2. BIBLIOGRAFÍA

- Academic.* (2010). Recuperado el 25 de Septiembre de 2013, de Academic: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/512433>
- Construcciones.* (2010). Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de Construcciones: <http://files.construcciones3faudiunc.webnode.es/200000190-4194943881/TIPOS%20DE%20HORMIG%C3%92N.pdf>
- Alfredo, P. (2008). *Diseño por durabilidad de estructuras de concreto*. México.
- Allstudies. (s.f.). *Allstudies*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de Allstudies: <http://allstudies.com/fabricacion-preparacion-hormigon.html>
- Arrey Díaz, J. (s.f.). *Influencia de fibras Sintéticas de poliolefina. En la resistencia a la compresión y flexotracion en hormigones grados h20, h25 y h30*. Especialista en hormigones.
- Ballan ballan, E. (s.f.). *Manual de tecnología del hormigón reforzado con fibra de acero*. Madrid, España: Editor ACHE (Asociación Científico técnica del hormigón estructural).
- Bravo Celis, J. P. (09 de Diciembre de 2003). *Universidad Politécnica de Valencia*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de fibrattec: <http://fibrattec.sharepoint.com/Documents/Informe%20sobre%20FV%20universidad%20de%20Chile.pdf>
- Castro Leiva, C. (30 de Mayo de 2012). *Técnico en Construcción*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2013, de Técnico en Construcción: <http://tecnicoenconstruccion.blogspot.com/2012/05/definicion-breve-de-hormigones-livianos.html>
- Cement & Concrete Institute, Portland. (Febrero de 2007). *Hosting 4Shared*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Hosting 4Shared: <http://dc441.4shared.com/doc/0tVRyvKg/preview.html>
- Donoso, B. d. (s.f.). *Blog de Andres Duran Donoso*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de Blog de Andres Duran Donoso: <http://andresdurandonoso.blogspot.com/>
- Imcyc. (s.f.). *Imcyc*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de Imcyc: <http://www.imcyc.com/ct2007/feb07/problemas3.htm>

- J.F.G. (19 de Marzo de 2008). *Taringa, Historia del Hormigón*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de Taringa, Historia del Hormigón: <http://www.taringa.net/posts/info/1117776/La-Historia-del-Hormigon.html>
- Jara Morí, G. A. (s.f.). *Estudio de la aplicabilidad de materiales compuestos al diseño de estructuras de contención de tierras y su interacción con el terreno, para su empleo en obras de infraestructuras*. Chile.
- Larrea Heredia, P., & Dominguez Reyes, S. (2011). *Espol*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de Espol: http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-68802.pdf
- Macias Loaiza, J. (2008). *Tesis de recuperación de un muro de albañilería confinada mediante varillas de fibras de vidrio*. Lima – Perú: Tesis de Grado.
- Molina Salinas, J. E. (2002). *Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz en Hormigón compactado con rodillo. Tesis facultad de Ingeniería en ciencias de la tierra, escuela Superior del litoral*. Guayaquil: Tesis de Grado.
- Moreno Reyes, O. (03 de Diciembre de 2010). *Tecnología en la construcción*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de Tecnología en la construcción: <http://tecnologiaenlaconstruccion.blogspot.com/2010/12/fibra-de-polipropileno-para-hormigon.html>
- Muñoz Cebrián, F. (2011). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA : <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13552/PFG%20completo.pdf?sequence=1>
- Páez, A. (2008). *Diseño por durabilidad de estructuras de concreto*. México.
- Parra Costa, C. J. (17 de Octubre de 2011). *Universidad Politécnica de Cartagena*. Obtenido de Universidad Politécnica de Cartagena: <http://repositorio.bib.upct.es>
- Salazar, T., & León, A. (2005). *Estructuras de hormigones en base a CFRP (polímeros reforzados con fibras de carbono)*. Obtenido de Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfci653r/doc/bmfci653r.pdf>
- Sastre, R. (2008). *Tecno UPC hormigon reforzado*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de Tecno UPC hormigon reforzado: http://tecno.upc.es/c6/FormigoPrefabricat/Hormigon_reforzado.htm
- scribd. (s.f.). *scribd*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de scribd: <http://es.scribd.com/doc/99481389/Monografia-Hormigon>

- Scribd. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/103099950/Hormigon-reforzado-con-Fibra-de-Vidrio>
- Scribd. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 19 de 09 de 2013, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/112036321/Fibra-de-Vidrio>
- Scribd. (s.f.). *Scribd*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de Scribd: <http://www.scribd.com/doc/198809384/rev7>
- Scribd. (s.f.). *Scribd ataque por cloruros*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de Scribd ataque por cloruros: <http://es.scribd.com/doc/168772155/Ataque-Por-Cloruros-en-El-Concreto-Agua-de-Mar>
- Scribd. (s.f.). *Scribd Fibra de prloproleno*. Recuperado el 22 de 09 de 2013, de Scribd Fibra de prloproleno: <http://es.scribd.com/doc/97311274/Fibra-de-Polipropileno-LENGUAJE>
- Silva, A. (08 de Abril de 2011). *Slideshare*. Recuperado el 20 de 09 de 2013, de Slideshare: <http://www.slideshare.net/ander9410/materiales-compuestos-11-c>
- Tareas, B. (Julio de 2013). *Buenas Tareas: Estado del Equilibrio*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de Buenas Tareas: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Estado-De-Equilibrio/31130246.html>
- TDX. (s.f.). *TDX*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de TDX: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6153/06CAPITULO2.pdf.txt?sequence=25>
- UPC, T. (19 de Marzo de 2002). *Tecno UPC*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2013, de Tecno UPC: http://tecno.upc.es/c6/FormigoPrefabricat/Hormigon_reforzado.htm
- Vago, R. d. (s.f.). *Rincon del Vago*. Recuperado el 18 de 09 de 2013, de Rincon del Vago: <http://html.rincondelvago.com/hormigon-sumergido.html>
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/GRC>
- Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia Material Compuesto*. Obtenido de Wikipedia Material Compuesto: http://es.wikipedia.org/wiki/Material_compuesto
- Xavier, A. P., & Espol. (1997). *Hormigones livianos. Tesis Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra*. Guayaquil: Tesis de Grado.
- Yahoo, p. (2007). *Yahoo, preguntas*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de Yahoo, preguntas: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070310155742AAfR4KH>

Yahoo, P. d. (s.f.). *Preguntas de Yahoo*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de Preguntas de Yahoo:

<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070310155742AAfR4KH>

Yahoo, P. d. (s.f.). *Preguntas de Yahoo*. Recuperado el 21 de 09 de 2013, de Preguntas de Yahoo:

<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070801140519AAKERhA>

5.3 ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Selección de los Áridos Ripio, Arena



Ensayo de laboratorio



Cilindro resanado



Peso del material ripio



Granulometría



Secado de arena



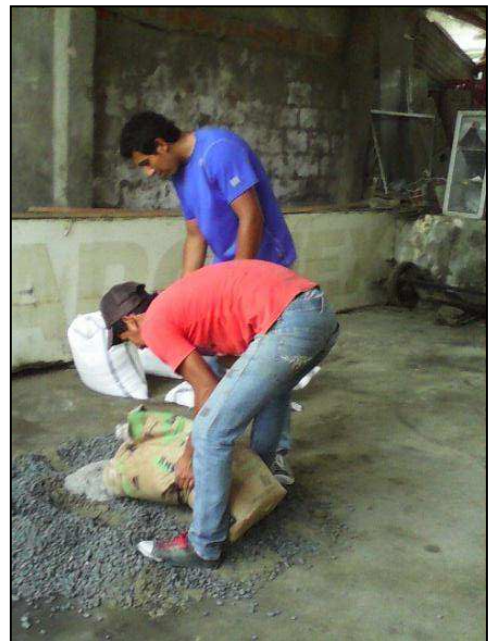
Ensayo de gravedad especifica



Peso del material



Mezcla del hormigon



Recipientes para pruebas



Ensayo de trabajabilidad



Compactación de muestra



Rezanteo de la muestra



Preparación de la fibra de vidrio



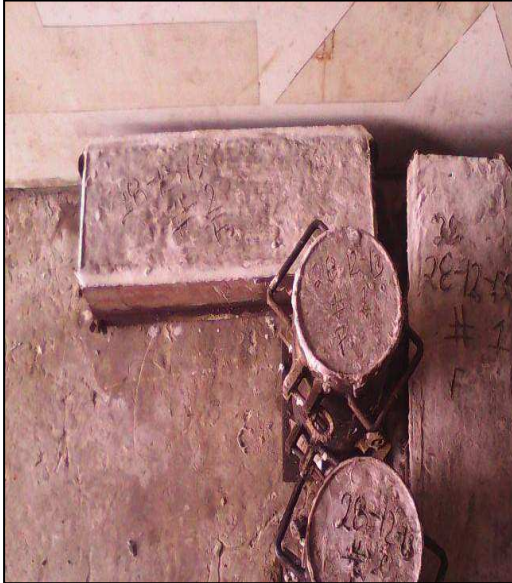
Colocación de la fibra



Toma de muestra para la prueba flexotracción



Muestras en reposo



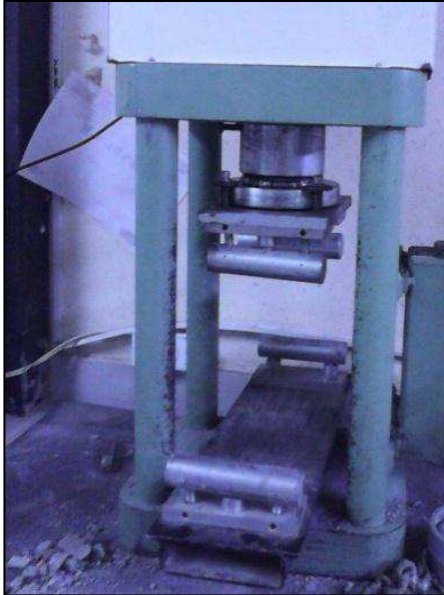
Muestras en fraguado



Rotura de cilindro



Roturas de prismas para ensayos de flexotracción



Laboratorios en Portoviejo

