



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Tema:

“ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.”

AUTOR: VALDIVIEZO QUISPE GRACE ESTEFANIA

TUTOR: ING. MSC. MARITZA UREÑA

AMBATO-ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Msc. Maritza Ureña certifico que el presente trabajo experimental “ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.” realizado por la señorita Grace Estefania Valdiviezo Quispe egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. Msc. Maritza Ureña
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Grace Estefania Valdiviezo Quispe, CI. 160055612-8 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.” es de mi completa autoría.

Grace Estefania Valdiviezo Quispe
AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el trabajo experimental, sobre el tema: “ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.” de la egresada Grace Estefania Valdiviezo Quispe, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman

Ing. Mg. Santiago Medina
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Galo Núñez
PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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

Ambato, 18 de Agosto de 2016

Autor

Grace Estefania Valdiviezo Quispe

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y la oportunidad de llegar a este momento tan especial. Me enseñó el verdadero sentido del amor de mi familia, ya que me costó mucho separarme de ellos, de mis amigos y de la tierra en donde crecí por emprender nuevos retos para alcanzar uno de mis más grandes sueños.

A mi madre, Hipatia Quispe, por ser el motor fundamental en mi vida, por brindarme todo su cariño y amor incondicional durante toda mi existencia.

A mi padre, Marco Valdiviezo, por ser mi ejemplo de superación, siempre buscó lo mejor para mí, de alguna u otra manera trató de guiarme y abrirme al mundo para poder defenderme sola y emprender el camino de la vida profesional.

Los amo tanto, que cada vez que me sentía derrotada, pensaba en todo el amor y el esfuerzo que me dedicaban, que se volvieron, en mí, la más fuerte inspiración para seguir adelante.

Grace Estefanía Valdiviezo Quispe

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guardar cada uno de mis pasos, por permitirme disfrutar de los pequeños y grandes triunfos, así también por llenarme de fuerza y valentía para afrontar cada obstáculo en el camino.

A mis padres, por su esfuerzo en darme lo mejor, muchas veces más allá de lo posible. Les estoy infinitamente agradecida, porque esa es la manera de demostrar el amor que sienten hacia mí, y sé que no me alcanza la vida para recompensarlo todo.

A mis hermanos. Carito, Paola y Byron por sus palabras de aprobación o reprensión en el momento preciso. Por los consejos basados en sus experiencias universitarias, que me hicieron mirar con enfoques variados la mía, y así poder discernir lo bueno y lo malo. Además por el apoyo y el respaldo durante esta y otras etapas de mi vida.

A mis sobrinas, Bryanna y Anahí, por regalarme su amor en los momentos que me sentía abrumada, ayudándome a recargar mis fuerzas para continuar.

A mi familia Latacungueña, como yo la llamo. En especial a mi tía Gloria por recibirme en su hogar y hacer de él, mi segunda morada. A mi prima Verito por toda la paciencia y la guía que me ha dedicado en el escalón final universitario. A todos por el cariño, respaldo y amor que siempre han estado dispuestos a entregarme.

A mis amigos, por los momentos compartidos, apoyándonos el uno al otro, formando lazos de fraternidad en esta bella etapa de la vida universitaria.

A Diego, una persona especial por su comprensión, cariño y palabras de aliento.

A la Ing. Maritza Ureña, por los conocimientos impartidos en las aulas durante esta etapa estudiantil, por la guía, dirección y dedicación al realizar este proyecto.

A todas las personas que de alguna u otra manera me ayudaron a alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Aprobación del tribunal de grado.....	iv
Derechos de autor.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimientos.....	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de figuras y Cuadros.....	xi
Resumen ejecutivo.....	xiv
Abstract.....	xv

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema del trabajo experimental.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación teórica.....	6
2.1.1. Hormigón o concreto.....	6
2.1.2. El hormigón en la construcción.....	7

2.1.3. Propiedades físicas y mecánicas del hormigón.....	7
2.1.3.1. Propiedades del hormigón fresco.....	8
2.1.3.2. Propiedades del hormigón endurecido.....	11
2.1.4. Resistencia a la compresión del concreto.....	16
2.1.4.1. ¿Cómo se determina la resistencia a la compresión del concreto?	17
2.1.4.2. Pasos para realizar el ensayo de resistencia a compresión.....	19
2.1.5. Incorporación de las fibras al hormigón.....	22
2.1.6. Fibras en el hormigón.....	23
2.1.7. Ventajas y desventajas del uso de fibras.....	24
2.1.8. Tipos de Fibras.....	25
2.1.9. Fibras naturales.....	26
2.1.10. Fibras más utilizadas en la construcción.....	27
2.1.11. Fibra celulosa: algodón.....	29
2.1.11.1. Propiedades del algodón.....	29
2.1.11.2. Procesos de adquisición del algodón.....	31
2.1.11.3. Usos del algodón.....	32
2.1.12. Fibra proteica: lana.....	34
2.1.12.1. Propiedades de la lana.....	34
2.1.12.2. Procesos de adquisición de la lana.....	36
2.1.12.3. Usos de la lana.....	37
2.1.13. Propiedades de las fibras naturales como refuerzo en el concreto.....	38
2.1.14. Estructura química de la fibra natural.....	41
2.1.15. Tratamiento de la fibra natural antes de la mezcla.....	44
2.1.16. Proporciones de mezclado en concretos fibroreforzados.....	47
2.1.17. Procedimiento de mezclado y distribución de la fibra.....	48
2.2. Hipótesis.....	50
2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis.....	50

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Nivel o tipo de investigación.....	51
3.2. Población y muestra.....	51

3.3. Operacionalización de variables.....	52
3.4. Plan de recolección de información.....	53
3.5. Plan de procesamiento y análisis.....	54

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Recolección de datos.....	55
4.1.1. Ensayos realizados a los agregados.....	57
4.1.2. Ensayos realizados al cemento.....	69
4.1.3. Dosificación por el método de la Universidad Central.....	70
4.1.4. Tratamiento previo de las fibras naturales.....	71
4.2. Análisis de resultados.....	72
4.2.1. Hormigón fresco.....	73
4.2.2. Hormigón endurecido.....	79
4.3. Verificación de la hipótesis.....	94

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones.....	98

MATERIALES DE REFERENCIA

6. Referencias.....	99
7. Anexos.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las fibras naturales.....	25
Figura 2. Diagrama de granulometría agregado fino.....	56
Figura-3. Diagrama de granulometría agregado grueso.....	58
Figura-4. Gráfico porcentaje óptimo vs. densidad aparente.....	64
Figura-5. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal.....	78
Figura-6. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% y 30% lana.....	81
Figura-7. Diagrama de barra de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% lana.....	81
Figura-8. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% de fibras de algodón.....	84
Figura-9. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% de fibras de algodón.....	84
Figura-10. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% lana y hormigón con 15% algodón.....	87
Figura-11. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% lana y hormigón con 15% algodón.....	87
Figura-12. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 30% lana y hormigón con 30% algodón.....	90
Figura-13. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 30% lana y hormigón con 30% algodón.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido.....	10
Tabla 2. Clasificación de las fibras según su origen – las fibras minerales y las hechas por el hombre señaladas en esta tabla son las que tienen mayor aplicación como refuerzo en el concreto.....	24
Tabla 3. Factores que afectan las propiedades de las fibras naturales.....	39
Tabla-4. Composición natural del algodón.....	40
Tabla-5. Composición natural de la lana.....	42
Tabla-6. Operacionalización de variables.....	50
Tabla-7. Plan de recolección de información.....	51
Tabla-8. Granulometría agregado fino.....	55
Tabla-9. Granulometría agregado grueso.....	57
Tabla- 10. Densidad aparente suelta agregado fino y grueso.....	59
Tabla-11. Densidad aparente compactada agregado fino y grueso.....	60
Tabla-12. Densidad real agregado fino.....	61
Tabla-13. Densidad real agregado grueso.....	62
Tabla-14. Densidad aparente compactada combinada.....	63
Tabla-15. Capacidad de absorción agregado fino.....	65
Tabla-16. Capacidad de absorción agregado grueso.....	66
Tabla-17. Densidad real del cemento.....	67
Tabla-18. Dosificación del hormigón.....	68
Tabla-19. Propiedades del hormigón fresco normal.....	71
Tabla-20. Propiedades del hormigón fresco con 15% y 30% de fibras de lana.....	73
Tabla-21. Propiedades del hormigón fresco con 15% y 30% de fibras de algodón.....	75
Tabla-22. Propiedades del hormigón normal endurecido.....	77
Tabla-23. Propiedades del hormigón endurecido con 15% y 30% fibras de lana.....	80
Tabla-24. Propiedades del hormigón endurecido con 15% y 30%. Fibras de algodón.....	83
Tabla-25. Propiedades del hormigón endurecido normal, con 15% lana y	

15% algodón.....	86
Tabla-26. Propiedades del hormigón endurecido normal, con 30% lana y 30% algodón.....	89

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.”

El presente trabajo es un aporte experimental investigativo en el que se llevó a cabo una comparación del comportamiento de concretos fabricados con fibra protéica (lana de borrego) y fibra celular (algodón) como una alternativa sostenible de aprovechamiento de recursos. Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) señalan que se debe tomar 3 o más muestras para cada período de prueba. Se asumió el valor mínimo para efectuar los cálculos y ensayos pertinentes. Sobre la base de la norma ACI (American Concrete Institute) se determinó que a partir de la dosificación de materiales para hacer un hormigón de 210 kg/cm² se iba a añadir un porcentaje de volumen del 15% y 30% de lana y algodón. Las pruebas de resistencia a la compresión se las hizo a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Fue muy importante el proceso de tratamiento de las fibras para su protección y durabilidad para ello se utilizó el ácido esteárico. En el análisis comparativo se pudo determinar que de las dos fibras en experimentación, la lana dio un resultado más efectivo en resistencia al 15% que el algodón, un factor muy determinante fue la sustancia de protección de las fibras porque la lana es impermeable no absorbió tanto el ácido esteárico a diferencia del algodón que por su permeabilidad absorbió por completo. Esta reacción hizo que el hormigón fabricado con algodón fuera significativamente más débil. Este tipo de experimentos técnicos buscan la toma de conciencia en el aprovechamiento de elementos que puedan ser utilizados o reutilizados para la construcción, convirtiendo esta actividad en un icono de desarrollo sostenible y sustentable.

Palabras clave: Concreto, fibras celulares, fibras protéicas, compresión

ABSTRACT

TOPIC: "TECHNICAL ANALYSIS COMPARISON ABOUT THE BEHAVIOR OF CONCRETE COMPRESSION PROPERTIES MADE WITH PROTEIN FIBER (LAMBSWOOL) AND CELLULAR FIBER (COTTON) AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE.OF RESOURCE CONSUMPTION

This paper is an experimental research contribution in which it was carried out a comparison of concretes made with protein fiber (lambswool) and cellular fiber (cotton) in terms of compression properties. ASTM (American Society for Testing and Materials) standards state that it should take 3 or more samples for each test period. The minimum value was assumed by the calculations and relevant tests. Based on the standard ACI (American Concrete Institute) was determined from the dosage of materials for making concrete of 210 kg/cm² would add a volume percentage of 15% and 30% wool and cotton. Testing compressive strength was made at 7, 14 and 28 days respectively. It is very important the treatment process of the fibers for protection and durability for that reason stearic acid was used. In the comparative analysis it was determined that from two fibers in experimentation, wool gave more effective results in resistance at 15% cotton, a very decisive factor was the substance of fiber protection because wool is waterproof and it did not absorb as much stearic acid as cotton unlike its permeability, cotton absorbed the acid completely. This reaction caused the concrete made with cotton was significantly weaker. This type of technical experiments seek awareness on the use of elements that can be used or reused for construction, turning this activity into an icon of supportable and sustainable development.

Key words: Concrete, cellular fibers, protein fibers, compression.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.

1.2 ANTECEDENTES

Alrededor del mundo, y desde tiempos ancestrales, la necesidad de tener un medio en el cual albergarse y desarrollar la vida en sociedad ha permitido que el hombre genere técnicas de construcción que han ido evolucionando de acuerdo a la influencia de diferentes elementos que se encontraban en el entorno, es así como se recalca por ejemplo, la importancia que tuvo el adobe, el mismo que con sus elementos singulares ha extendido su existencia hasta la actualidad. “El adobe es una de las técnicas de construcción más antiguas y populares del mundo, su uso ha sido registrado a más de 10 mil años en las más variadas zonas y climas del planeta; es un elemento hecho de una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol”. [1]

Al pasar de los años, aparece el concreto con diferentes y nuevos elementos como son cemento portland, arena y ripio, esta mezcla revolucionó el ámbito de la construcción y a partir de eso se ha podido hacer también maravillosas edificaciones. Sin embargo, hay muchos intentos de mejorar la calidad del concreto para lo cual los constructores han ido integrando diferentes elementos en busca de optimizar sus propiedades, es así que se ha podido utilizar diferentes fibras naturales, sintéticas, metálicas y de vidrio.

En el Ecuador se han realizado diferentes experimentaciones con la inclusión de fibras en el concreto, por ejemplo la investigación titulada “Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba” bajo la autoría de Conrado Díaz María Belén y Rojas Santiago Jairo Alejandro; estudios como éste han ayudado a plantear una idea innovadora en la utilización de fibras naturales en un contexto en el cual no se ha experimentado este tipo de concretos para ser utilizado en las construcciones.

El presente Trabajo Experimental tiene como propósito desarrollar un análisis técnico entre concretos fabricado con fibras naturales de clasificación proteica siendo la lana de borrego y fibra celular siendo el algodón, como una alternativa sustentable del uso de recursos naturales en el ámbito de construcción.

Un parámetro principal de la investigación comprende la determinación de la resistencia a la compresión, “debido a que las fibras en el refuerzo de concreto proporcionan un comportamiento mecánico tal que las primeras grietas de un elemento estructural se forman con cargas superiores (resistencia última)”. Además también observar el grado de afectación de los elemento (concreto, concreto + lana, concreto + algodón) expuesto a procesos de impacto y fatiga. [2]

La decisión para utilizar el algodón y la lana de borrego en el concreto se da debido a que en primer lugar es un tema original, debido a que no ha sido experimentado en nuestro contexto; por otro lado, en la actualidad la gente ha dejado de utilizar estos elementos naturales y los han sustituido por elementos sintéticos y su producción está casi sin uso. Se pretende entonces tomar ventaja de estas fibras de origen natural en un uso alternativo que puede beneficiar tanto al constructor, a los productores y a los usuarios de este tipo de construcciones. [3]

1.3 JUSTIFICACIÓN

Las técnicas alternativas de construcción nacen por la necesidad de aprovechar los elementos del entorno como un aporte de protección al ambiente; por tal razón en los últimos años se ha venido observando cómo la gente busca insertar ciertos elementos a la construcción los cuales, luego de los experimentos pertinentes, han sido de mucho beneficio para la gente, es así el caso del concreto fibroreforzado el cual aporta con durabilidad y seguridad a las construcciones de acuerdo a la fibra utilizada.

La investigación experimental permite descubrir cosas que puedan ser de mucha utilidad para el desempeño del ser humano, esta razón es primordial al plantear el uso de fibras naturales que no han sido utilizadas para la elaboración de concretos fibroreforzados, a pesar de que están al alcance de las personas, y pueden brindar un beneficio extra para el tiempo de vida útil de una construcción.

Al proponer el uso de fibras naturales en el concreto se está retomando la idea principal de la técnica de construcción que la gente de épocas pasadas la desarrollaron; por lo tanto, existe un beneficio compartido, en primer lugar en aprovechamiento de los recursos y en

segundo lugar la perennación de la cultura a través del uso de fibras naturales para la construcción.

Con esta experimentación se puede dar un aporte para beneficio de todos quienes necesiten el servicio de construcción, debido a que se busca mejorar la resistencia a la compresión del concreto, de esta manera se pueden reducir las fisuras y la vida útil de la edificación mejora.

Finalmente, se puede anotar que este proyecto es un aporte investigativo para la comunidad patrocinado por la Universidad Técnica de Ambato, debido a que los experimentos y estudios pertinentes se llevarán a cabo en sus instalaciones.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Realizar un análisis técnico comparativo del comportamiento a compresión de concretos fabricados con fibra proteica (lana de borrego) y fibra celular (algodón) como una alternativa sostenible de aprovechamiento de recursos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Ensayar a compresión las probetas de concreto de 210 kg/cm² fabricadas con 0%, 15% y 30% de fibra proteica y celulosa.

- Comparar el comportamiento a compresión del concreto con fibras proteicas (lana) y fibras celulosa (algodón), los 7, 14 y 28 días con 15% y 30% porcentaje de la fibra, respectivamente.

- Determinar según el comportamiento del concreto alternativo la efectividad técnica de cada uno.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 HORMIGÓN O CONCRETO

La palabra hormigón procede del término formic (o formáceo), palabra latina que significa «moldeable» o «dar forma». Según el diccionario de la RAE es también originario del latín: procede de la palabra “concretus”, que significa «crecer unidos», o «unir».

El hormigón es una mezcla de elementos con gran capacidad para ser modelado, se adapta a casi cualquier forma, y ejerce como elemento de unión entre materiales. [4]

El hormigón es una piedra artificial formada al mezclar proporcionalmente cuatro componentes básicos: cemento, arena, grava y agua. [5]

2.1.2 EL HORMIGÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

El hormigón es un material utilizado popularmente en la construcción, por su durabilidad y seguridad debido a que al secarse se asemeja a la piedra. Se obtiene a partir de una mezcla de cemento, agregados, agua y aire.

Entre el agua y el cemento se produce una reacción química en la cual se unen las partículas de los agregados y permite convertir el aglomerado en una masa compacta. A partir de este procedimiento básico se pueden obtener diferentes resultados de acuerdo a porcentaje de materiales o diseño que se utilice, de esta forma se pueden lograr diferentes resistencias en las cuales influirán el método utilizado y el proceso de curado.

A esta mezcla se la considera muy eficiente ya que puede ser moldeada de acuerdo a las necesidades de la construcción con la ayuda de los encofrados, de esta manera se puede trabajar más efectivamente y sin importar las dimensiones.

El hormigón; pese a que presenta una alta resistencia a la compresión, se muestra débil a las sollicitaciones de tracción, razón por la cual debe ser utilizado junto con otros materiales tales como el acero y los diferentes tipos de fibras para compensar dichos esfuerzos [6]

2.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

Al hablar de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, se identifica el proceso de fraguado y endurecimiento en primera instancia, que no es más que el resultado de las

reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. El fraguado es el cambio de estado líquido de la mezcla a sólido.

Con el paso del tiempo la hidratación alcanza a todos los componentes del concreto y se produce un progresivo endurecimiento de la masa y el desarrollo de las resistencias mecánicas. Este proceso se denomina “curado” y evita la disminución de la resistencia final del hormigón.

2.1.3.1 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO.

El estado fresco se define como el tiempo que transcurre entre el instante que se puso en contacto el agua con el cemento hasta cuando el hormigón empieza a endurecerse.

Muchas de las propiedades requeridas en un hormigón en estado endurecido dependen de las propiedades de éste cuando permanece en estado fresco. [7]

Trabajabilidad

Esta propiedad está definida por el grado de dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del hormigón. La prueba de trabajabilidad es relativa, depende de las facilidades o dificultades manuales o mecánicas en el proceso.

Está afectada directamente por la pasta, contenido de agua y proporcionalidad apropiada entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo continuidad en el desplazamiento natural y/o provocado de la mezcla. [8]

Consistencia

Es la menor o mayor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse. Varía con diferentes factores: cantidad de agua de amasado, tamaño nominal máximo, granulometría y forma de los áridos, etc.; el que más influye es la cantidad de agua de amasado.

Existen varios procedimientos para determinar la consistencia, siendo el más empleado el cono de Abrams.

El cono de Abrams es un molde troncocónico de 30 cm de altura que se rellena con el hormigón objeto de ensayo. La pérdida de altura que experimenta la masa fresca del hormigón una vez desmoldada, expresada en centímetros, da una medida de su consistencia.

No debe usarse con tamaños de árido superiores a 40 mm, en cuyo caso es necesario cribar previamente por el tamiz de dicha abertura y prescindir del material retenido.

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos, fluidos y líquidos, según su asentamiento. La consistencia líquida no es admisible para hormigón armado. [9]

Homogeneidad

Es la propiedad por la cual los diferentes componentes del hormigón aparecen regularmente distribuidos en toda la masa, de manera tal que dos muestras tomadas de distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales. Esta se consigue con un buen amasado y, para mantenerse, requiere un transporte cuidadoso y una colocación adecuada.

La homogeneidad puede perderse por segregación (separación de los gruesos por una parte y los finos por otra) O por decantación (los granos gruesos caen al fondo y el mortero queda en la superficie, cuando la mezcla es muy líquida). Ambos fenómenos aumentan con el contenido de agua, con el tamaño máximo del árido, con las vibraciones o sacudidas durante el transporte y con la puesta en obra en caída libre. [9]

Peso específico

Un dato de gran interés como índice de la uniformidad del hormigón en el transcurso de una obra, es la masa específica (densidad) del hormigón fresco, sea sin compactar, sea compactado. La variación de cualquiera de ambos valores, que repercute en la consistencia, indica una alteración de la granulometría de los áridos, del contenido en cemento o del agua de amasado, por lo que debe dar origen a las correcciones oportunas. Unos valores medios de la masa específica en función del tamaño máximo del árido. [9]

La densidad del hormigón simple fresco estándar se ubica entre 2250 kg/m³ y 2350kg/m³. El hormigón simple endurecido de las mismas características presenta densidades entre 2200 kg/m³ y 2300 kg/m³ (Esta información es útil para el diseño de encofrados). [6]

2.1.3.2 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO.

En todo lo que se refiere a la construcción con hormigón deben estar claras las características que posee principalmente cuando éste está seco porque a partir del secado se puede determinar su eficiencia. El hormigón endurecido posee propiedades físicas y mecánicas:

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas del concreto endurecido

PROPIEDADES FÍSICAS	PROPIEDADES MECÁNICAS
Densidad.	Resistencia a la compresión.
Permeabilidad.	Resistencia a la tracción.
Compacidad.	Resistencia al corte
Retracción.	Resistencia al desgaste.
	Módulo de elasticidad.
	Durabilidad.

Fuente: Estefanía Valdiviezo

Densidad

La Densidad es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³).

[10]

La densidad del hormigón endurecido depende de varios factores, que son: la naturaleza de los agregados finos y gruesos, la granulometría y el método de compactación utilizado.

Será de mayor densidad si la cantidad de agregado grueso es alta y si la compactación esté bien realizada. [11]

Permeabilidad.-

El hormigón tiene la capacidad de ser atravesado por gases o líquidos. Esto se debe a la pérdida de agua en el mezclado y del posterior curado. Deja en su masa unos canales o aberturas microscópicas que facilitan ser atravesado. La impermeabilidad del hormigón es importante para su resistencia a los ataques químicos y de agentes externos. [12]

Compacidad.-

Se puede definir como la relación existente entre el volumen real de los elementos del hormigón y el volumen aparente del hormigón. También se la podría definir como la cantidad de material sólido contenida en el conjunto de volumen del hormigón. Para éste caso no tomamos en cuenta las burbujas de aire existentes en el interior.

Retracción.-

En los procesos de retracción y fraguado, el hormigón retrae su volumen. Se puede explicar cómo la pérdida lenta de agua y se puede dar en cinco estados: agua combinada químicamente, el agua de gel, el agua intercrystalina, el agua absorbida, el agua libre.

El agua capilar y una parte de la que es absorbida pueden evaporarse a temperatura ambiente. Si el hormigón no está expuesto a un constante ambiente húmedo, va perdiendo rápidamente el agua capilar y no produce cambios en su volumen. El agua absorbida produce una contracción de meniscos, haciendo que los granos se aproximen entre sí, dando lugar a la retracción.

Entre los agentes que intervienen en la retracción se encuentran la humedad del ambiente, el tipo, clase y categoría del cemento, siendo los más resistentes y de fraguado rápido los que dan más retracción. Los finos en el concreto generan mayor retracción. También la relación de agua/ cemento aumenta proporcionalmente la retracción. Además la retracción aumenta cuando el espesor de una sección se reduce en contacto con el ambiente.

Resistencia a la Compresión.-

Una de las características mecánicas más importantes en el hormigón es la resistencia que brinda a la compresión. Se la llega a determinar mediante ensayos con la elaboración de probetas normalizadas.

Las probetas cilíndricas más estandarizadas tienen 15cm de diámetro y 30 cm de altura, son llevadas a la aplicación de aumento rápido de cargas hasta llegar a la rotura. Las resistencias se miden a los 7, 14 y 28 días de fraguado bajo condiciones de curado.

La resistencia a la compresión (f_c), utilizada en el diseño estructural, se calcula en probabilidades. Puede suceder que un pequeño porcentaje de muestras (5%) tenga menor resistencia que la especificada, por lo tanto se establece una resistencia media (f_{cm}) siempre que sea mayor que la resistencia característica.

Así la resistencia a la compresión de hormigones normales (210 - 280 Kg/cm²) y de mediana resistencia (350-420 Kg/cm²) está dominada por la relación agua/cemento (a menor relación agua/cemento mayor resistencia) y por el nivel de compactación (a mayor compactación mayor resistencia). También son factores importantes la cantidad de cemento (a mayor cantidad de cemento mayor resistencia) y la granulometría de los agregados (mejores granulometrías dan lugar a mayores resistencias). [13]

Resistencia a la Tracción.-

La resistencia a la tracción en el hormigón es casi despreciable, sin embargo es de suma importancia conocer el papel que en efectos anómalos como: fisuración, esfuerzo de corte, adherencia de armaduras, etc.

Por ejemplo, en el caso de pavimentos, puede ser significativo conocer la resistencia a la tracción pues está relacionada con el grado de cohesión en vez de la resistencia a la compresión, por razones relacionadas con su durabilidad. [13]

Resistencia al Corte.-

Las fuerzas cortantes se transforman en tracciones diagonales, la resistencia al corte del hormigón “V_c” tiene órdenes de magnitud y comportamiento semejante a la resistencia a la tracción.

Los ensayos para determinar V_c se definen como pruebas de corte directo, mediante el sometimiento de muestra a fuerzas paralelas en sentido contrario hasta llegar a la rotura, evitando al máximo los esfuerzos de flexión.

La importancia de la resistencia al corte es obvia ya que en su mayoría las probetas normalizadas ensayadas a compresión axial fallan al corte a lo largo de un plano inclinado. Por lo que, la rotura se debe a una mezcla de esfuerzos normales y de corte sobre el plano. La rotura en diagonal en el alma de una viga de concreto es provocada por un esfuerzo de tracción que en realidad es una mezcla de esfuerzos de tracción y de corte. [13]

Resistencia al Desgaste.-

La resistencia al desgaste que presenta el hormigón es alta, sin embargo no es suficiente que el árido sea muy resistente, ya que estos sufren el peligro de desprenderse al quedar libres, sino que la pasta también sea resistente. [12]

Para impedir el desgaste del hormigón se debe:

- Manejar relaciones bajas de agua/cemento.
- Usar áridos resistentes.
- Usar arenas no calizas.

Módulo de Elasticidad.-

El hormigón como material no es elástico, esta característica es evidente en ensayos de compresión con cargas crecientes hasta llegar a la rotura. En la curva del comportamiento

Esfuerzo vs. Deformación, cada nivel de esfuerzo tiene una deformación unitaria del material, la pendiente de la curva en el rango de comportamiento lineal o elástico toma el nombre de Módulo de Elasticidad o Módulo de Young “ E_c ”. [13]

Durabilidad.-

La función del hormigón no es solamente ser resistente, sino ser durable. La durabilidad en hormigones es excelente, siempre y cuando no se encuentre afectado por agentes químicos del medio. Si se escogen materiales adecuados pueden conseguirse resultados efectivos bajo ambientes agresivos.

La presencia de agua y mecanismos de transporte, a través de las fisuras u orificios, de agua, gases y factores agresivos licuados, son los elementos que más intervienen en la durabilidad, tanto en el armado, como en la pasta. [12] [14]

2.1.4 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El concreto es una mezcla que puede ser diseñada de manera que posea una extensa variedad de características mecánicas y de vida útil de la estructura. Para el diseño de una edificación los constructores e ingenieros toman como medida de desempeño la resistencia a la compresión del concreto. Los ensayos de resistencia a compresión se efectúan fracturando probetas cilíndricas normalizadas en una máquina que aplica constantemente cargas hasta llegar a la rotura. Se calcula como el producto de la división de esta carga de ruptura por el área de la sección que resiste dicha fuerza, las unidades utilizadas en EEUU son libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) o en megapascuales (MPa) y kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), en el Sistema Internacional.

La resistencia a la compresión puede variar según la estructura a construirse desde 17 MPa (alrededor de 170 kg/cm²) para concreto residencial hasta 28 MPa (alrededor de 280 kg/cm²) y más para estructuras comerciales. Para estructuras especiales las resistencias son superiores hasta de 70 MPa (alrededor de 700 kg/cm²) y más.

2.1.4.1 ¿CÓMO SE DETERMINA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO?

- Los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión en el concreto se usan primordialmente para verificar que la mezcla cumpla con las exigencias de la resistencia especificada (f'_c) para el diseño y construcción de una edificación o estructura.
- Los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia mediante cilindros normalizados se pueden utilizar para control de calidad, aceptación del concreto o considerar la resistencia del concreto en estructuras para futuras operaciones de construcciones, tales como remoción de formaletas o para calcular el beneficio de curado y protección provista a la estructura. Las probetas puestas a prueba en ensayos de aceptación y control de calidad se fabrican y curan de acuerdo a las instrucciones según la norma ASTM C31 (Práctica estándar para elaborar y curar probetas de ensayo de concreto en campo). Las probetas cilíndricas normalizadas se ensayan según la ASTM C39 (Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto).
- Un resultado de ensayo de compresión es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de modo estándar, hechas con la misma mezcla de concreto y

ensayadas a una misma duración. En la mayoría de los casos, se prueban a los 28 días de haberlas recogido.

- En el diseño de una edificación, los ingenieros y constructores se fundamentan en la resistencia especificada ($f'c$), y verifican que cumpla con lo especificado en el contrato de construcción. La mezcla de concreto se diseña de tal forma que la resistencia obtenida sea superior a la especificada para así minorar el riesgo de no cumplir lo estipulado en el contrato. Para superar o igualar la resistencia especificada se realiza 3 ensayos sucesivos y se establece el promedio. Ningún resultado de los ensayos deberá ser menor a la resistencia en más de 500 psi (3.45 MPa); ni mayor en más de 0.10 $f'c$ cuando $f'c$ sea mayor de 5.000 psi (35 MPa).

Debe quedar claro que los ensayos individuales admiten una probabilidad de que la resistencia sea menor en un 10%, siempre y cuando la resistencia promedio esté dentro de la exigida. Esto se tiene en consideración en los criterios de aceptación.

Si los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia muestran que el concreto provisto no cumple con la resistencia solicitada, puede suceder que el error se halle en los ensayos, y no en la mezcla del concreto. Esto es causa de una mala o ineficiente fabricación, manejo, curado y ensayos que no se encuentra bajo los parámetros de las metodologías estándar. [15]

2.1.4.2 PASOS PARA REALIZAR EL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

El ensayo de resistencia tiene un proceso determinado de acuerdo a los parámetros permitidos y las escalas ya propuestas, es así que se deben tener en cuenta puntos muy importantes para realizar un ensayo efectivo. A continuación se presentan los pasos para realizar y ensayo de resistencia a compresión. [15]

- Las cilindros de concreto para ensayos de aceptación deben tener dimensiones de 6 x 12 pulgadas (15 x 30 cm) o 4 x 8 pulgadas (10 x 20 cm), cuando así se especifique. Las probetas de menor tamaño pueden ser más fáciles de elaborar y más manejables en campo y en laboratorio. El diámetro de la probeta cilíndrica debe ser como mínimo tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso empleado en la mezcla.
- Anotar el valor de la masa de la probeta antes de cabecearla es de importancia por si existiesen desacuerdos.
- Con el objetivo de lograr una correcta distribución de la carga, las probetas cilíndricas se cabecean con mortero de azufre, que se debe aplicar 2 horas antes, como mínimo, y mejor 1 día antes del ensayo (Según la norma ASTM C 617) o con almohadillas de neopreno (Según la norma ASTM C 1231). Las especificaciones de dureza en el durómetro para las almohadillas de neopreno oscila entre 50 y 70, dependiendo del nivel de resistencia sometido a prueba.

- Previamente a la prueba, los cilindros deben ser sacados de la cámara de curado unos 30 minutos antes y voltearlos a los 15 minutos para escurrir el agua excedente de los dos extremos.
- El diámetro de la probeta debe ser medido a media altura y en dos lugares distintos pero con un ángulo recto entre sí. Si los dos diámetros medidos tienen una diferencia de más del 2%, no se debe utilizar esa probeta para el ensayo.
- No deben presentarse desviaciones de más del 0.5% en lo que refiere a la perpendicularidad del cilindro en sus extremos. Los extremos deben estar planos con un margen de error de 0.05mm.
- Las probetas se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y aplicar cargas constantes hasta llegar a la rotura. El rango de carga con máquina hidráulica debe mantenerse entre 20 y 50 psi/s (0.15 a 0.35 MPa/s) durante la última mitad de la fase de carga. Se registra la clase de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.
- El valor de la resistencia a compresión del concreto es el resultado de la división de la máxima carga soportada por el cilindro hasta que haya llegado a la rotura y el área de la sección promedio que soporta la carga. La norma C 39 muestra los factores de corrección si la razón longitud-diámetro de la probeta se encuentra en medio de 1.75 y 1.00, es inusual. Para los ensayos se deben considerar por lo menos, 2 cilindros que posean la misma edad y se obtiene la resistencia promedio, al intervalo más próximo a 10 psi (0.1 MPa)

- El técnico encargado del ensayo debe anotar la fecha de recepción de los cilindros, la fecha del ensayo, debe identificar cada cilindro, el diámetro, la edad de los cilindros de ensayo, la máxima carga para llegar a la rotura, la clase de rotura, y toda anomalía que muestren las probetas o sus tapas. Si se mide, la masa de los cilindros deberá ser anotada.
- En la mayoría de errores al realizar los procedimientos estándar de elaboración, curado y ejecución de la prueba de los cilindros de concreto como resultado, arrojan una menor resistencia.
- El nivel de variación entre las probetas del mismo grupo y ensayadas al mismo tiempo deberá tener un promedio de aprox. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si de un grupo de 3 cilindros, dos probetas compañeras difieren entre el 8% ó 9.5%, se deberá modificar el procedimiento de la prueba en el laboratorio.
- Los valores obtenidos de los ensayos ejecutados en distintos laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán variar en más de 13%, aproximadamente, del promedio de los 2 resultados de los ensayos.
- Si 1 ó 2 probetas compañeras se fracturan a una resistencia menor a $f'c$, se presentan problemas evidentes, detenga el ensayo para examinarlos a continuación. Casi siempre, la causa de un ensayo fallido puede verse en la probeta, bien inmediatamente o por medio de un examen petrográfico. Se pierde la oportunidad de corregir errores si desechamos la probeta. A veces, se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden ensayar si una probeta del grupo obtiene una rotura a una resistencia menor.

- Un ensayo realizado entre 3 y 7 días puede ayudar a detectar posibles problemas relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de los ensayos en el laboratorio. Sin embargo no es una prueba por la cual se deba rechazar el concreto.
- La norma ASTM C 1077 exige que los técnicos que ensayan las probetas de concreto sean certificados.
- Los informes de ensayos de resistencia a la compresión son una importante información en el proyecto actual o futuros. Los resultados se deben remitir lo más rápido posible al productor del concreto, al contratista y al representante del propietario. [15]

2.1.5 INCORPORACIÓN DE FIBRAS AL HORMIGÓN

La idea de reforzar el hormigón con fibras o materiales fibrosos se remonta a muchos años atrás. Así en el antiguo Egipto en donde para fabricar ladrillos y brindar mayor resistencia se le mezclaba paja, que después de ser cocida al sol era muy manejable.

Varios ejemplos existen en la historia: revoques reforzados con crin de caballo, o también con paja en las construcciones más frágiles, para evitar fisuras. Contrapisos en yeso armado con esteras de caña. Conglomerados de cemento fibroreforzados con amianto etc. Los primeros estudios sobre la utilización de fibras en acero y en vidrio en concreto datan de los años 50; una década después, en los 60, surgen los primeros estudios sobre hormigones fibroreforzados con fibras sintéticas.

El uso de fibras al interior del concreto tiene como objetivo formar una pasta (conglomerado) que esté unido a un agente reforzante formado por un material fibroso de diferente naturaleza. [16]

2.1.6 FIBRAS EN EL HORMIGÓN

El hormigón fibroreforzado es un compuesto básicamente de cemento hidráulico, agregados (fino y grueso) y fibras de refuerzo de distinta naturaleza. Las fibras más adecuadas para ser incorporadas en el concreto han sido provenientes de acero, vidrio y polímeros orgánicos (fibras sintéticas), al igual que fibras vegetales naturales tales como: yute y sisal.

Al someterle a tensión a un elemento de hormigón que no contiene fibras de refuerzo, éste se deforma elásticamente luego se presenta una micro fisuración, una macro fisuración localizada y finalmente se produce la rotura de la sección. Las fibras conocidas con una buena resistencia a la tracción y adecuadamente distribuidas dentro del concreto, conforman una micro-armadura que puede compensar de una manera positiva la fisuración que se produce por retracción y fraguado; además le brinda al concreto ductilidad y tenacidad antes de una rotura.

La positiva mejora de las propiedades depende del tipo, resistencia, módulo de la fibra, además del contenido, orientación y tamaño de fibras, así como también de los agregados. En la mayoría de códigos en la construcción es muy conocido que la tracción en el concreto es despreciable, debido a su comportamiento muy frágil. Hoy con la incorporación de una matriz fibroreforzada esta propiedad está estabilizada y se la puede considerar como objetivo de diseño.

Generalmente el concreto no se somete a ensayos de tracción directa por dificultades operativas, se pueden efectuar indirectamente ensayos de flexión en vigas o compresión en probetas normalizadas.

Otra de las excelentes bondades que puede brindar el uso de fibras en el concreto es la serviciabilidad a largo plazo, es decir, la capacidad que tiene una estructura de mantener su fuerza e integridad y suministrar su función de diseño hasta después de su periodo de vida útil.

2.1.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE FIBRAS

El mezclado y la distribución de las fibras en la sección transversal del hormigón no pueden ser estrictamente homogéneo y no pueden llegar a trabajar como refuerzo en su totalidad ante los distintos esfuerzos producidos por cargas a las que se encuentra expuesto un elemento. La orientación que se les confiere a las fibras depende mucho del método de fabricación, el uso de mezcladora es el mejor ya que promueve la orientación tridimensional.

Es común que las fibras en el concreto no se crucen en ángulos adecuados para disminuir o impedir el fisuramiento. A veces la fibra y la matriz no tienen suficiente unión o anclaje. Cuando sucede esto, la cantidad de fibras que ayudan a absorber los esfuerzos es reducida. Y por estas razones, la eficiencia de un sistema con fibras disminuye.

Los hormigones con fibras son más adecuados para secciones delgadas, donde sea difícil el acceso a la armadura convencional. Se puede reducir el peso con fibra que posea una resistencia equivalente a la de secciones gruesas reforzadas con armadura tradicional. [17]

2.1.8 TIPOS DE FIBRAS

A partir de su origen, las fibras tienen una clasificación que es la más aceptada por la mayoría de investigadores en el tema. Se describe:

Tabla 2. Clasificación de las fibras según su origen – Las fibras minerales y las hechas por el hombre señaladas en esta tabla son las que tienen mayor aplicación como refuerzo en el concreto. [18]

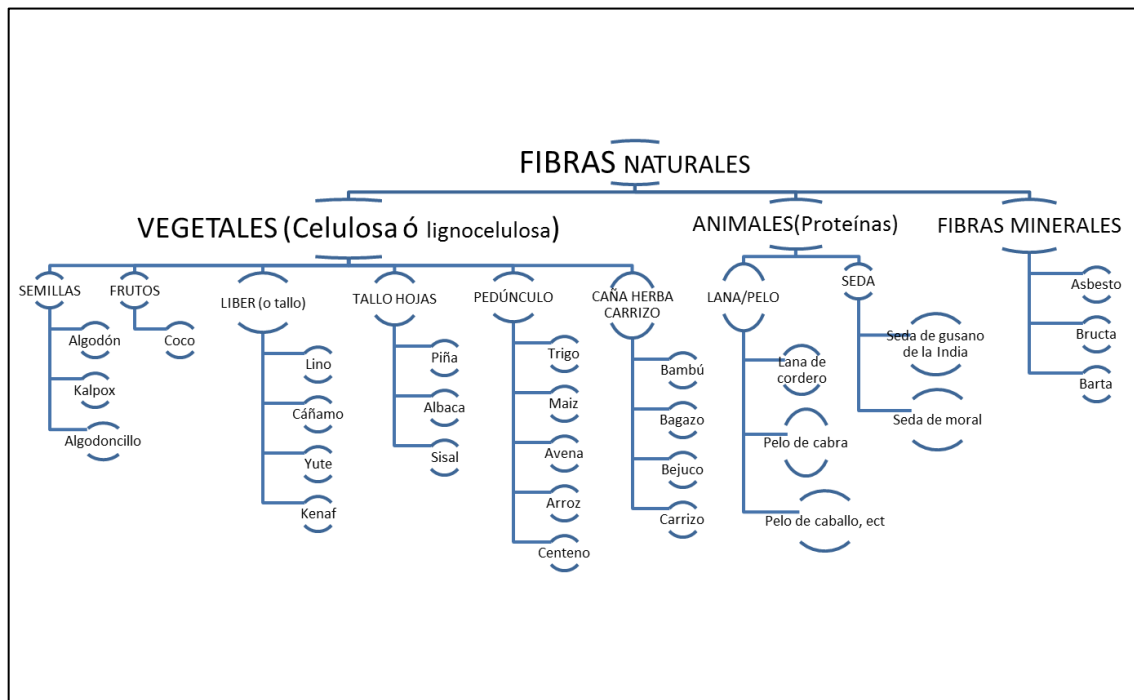
FIBRAS	NATURALES	Vegetal
		Animal
	MINERALES	Asbesto
	HECHAS POR EL HOMBRE	Acero
		Vidrio o Cerámicas
		Plásticos

FUENTE: *State-of-the-art on Fiber Reinforced Concrete Part 5*

2.1.9 FIBRAS NATURALES

Para la presente investigación se han tomado en cuenta dos fibras naturales como elementos de refuerzo para el concreto: la lana de borrego y el algodón, razón por la cual es necesario conocer su clasificación para determinar sus características y diferencias.

Figura 1. Clasificación de las fibras naturales [19]



FUENTE: MONHANTY, 2005

2.1.10 FIBRAS NATURALES MÁS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Las fibras naturales se han utilizado como refuerzo de construcción desde tiempos inmemorables, antes de la llegada del acero, como armadura convencional, en el concreto. Los ladrillos de arcilla reforzados con paja y morteros reforzados con crin de caballo son algunos ejemplos de cómo las fibras naturales se usaron como una forma de refuerzo. [20]

- **Fibras de Sisal:** Estas fibras son de las más resistentes que podemos encontrar en el mundo de las fibras naturales, además su incorporación al concreto para reforzarlo está muy difundida. Los resultados en investigaciones han sido bastante favorables.
- **Fibras de Coco:** Son fibras duras unidas entre sí por una especie de material suave. En países subdesarrollados todavía se extrae la fibra con el método tradicional aun cuando ya existe un método mecánico (demanda de dinero y tecnología). Sumergiendo el coco en agua se descompone el material blando y se extrae la fibra dura.
- **Fibras de Bambú:** El cultivo de esta planta se da en zonas tropicales y subtropicales. La altura máxima es de 15 metros y un espesor entre 2.5 y 10 cm. Es utilizado para reforzar el hormigón reemplazando a las barras de acero, es decir como un refuerzo continuo, pero no propiamente como fibra, ya que para ello se debería emplear un método mecánico en específico. La fibra debe ser secada para ser utilizada. Tiene un bajo módulo de Young y gran capacidad de absorción de agua.
- **Fibras de Bagazo de Caña de Azúcar:** Se producen en zonas tropicales y subtropicales con el objetivo de extraer azúcar. A partir de la maceración de la caña se obtiene el

jugo y se deja el bagazo, que tiene diversos usos como tableros, papel o en hormigón. El bagazo está compuesto por aproximadamente: 50 % fibra, 30 % jugo y el 20 % sobrante de sólidos solubles. Se debe eliminar el jugo y el sólido soluble para conseguir una buena fibra.

- Fibras de Madera: De acuerdo al tipo, varía la resistencia a tracción, las longitudes fluctúan desde 2.5 mm a 7 mm. Un elemento de madera común resiste sobre los 70 MPa, pero posee defectos en la formación y las fibras que lo integran. Pueden lograr resistencias diez veces mayores de forma simple. La pulpa procesada de manera química (KRAFT) es generalmente la más usada para reforzar el hormigón.
- Fibras de Yute: Cultivado especialmente en China, India y Tailandia. Por su gran resistencia a tensión, sus fibras son usadas con cemento. La planta madura es cortada y puesta en agua por alrededor de 4 semanas (Tiempo en el que la corteza se descompone). Luego las fibras son sacadas del tallo, lavadas y secadas.
- Otras Fibras Naturales: Un sinnúmero de estudios se realizan para conocer la posibilidad de uso de otras fibras naturales para reforzar hormigones y morteros, tales como: palma, hierba elefante, flash, musamba, macio, etc. [18]

2.1.11 FIBRA CELULOSA: ALGODÓN

Nombre científico: *Gossypium barbadense*

Familia: malváceas

Nombre común: algodón

El algodón es la fuente de producción de fibra celulosa más importante y de mayor consumo en el mundo. Proviene del género de arbustos denominado *Gossypium*, que se muestran en distintas variedades con sus características especiales propias de cada una de ellas.

El algodón es una fibra única en varios aspectos: sus fibras son suaves, aislantes, resistentes a la rotura y al desgarro por tracción. Así también pueden ser blanqueadas y teñidas con muy buenos resultados, por lo que se utiliza como materia prima en la fabricación de tejido y prendas de vestir. El proceso de industrialización empezó en el siglo XIX y hoy por hoy constituye aproximadamente la mitad del consumo mundial de fibras textiles.

2.1.11.1 PROPIEDADES DEL ALGODÓN

Las principales propiedades Físicas y Químicas del algodón son:

- **Color:** En general la fibra se encuentra desde el color blanco hasta crema. También en cultivo selectivo se ha derivado algodón de color café, canela y verde.

- Forma: Al observar la fibra en el microscopio se puede observar un aspecto de cinta aplastada granulosa, donde los contornos se presentan un poco más gruesos. Lo que precisamente lo hace inconfundible, es su aspecto retorcido, lo que es de mayor asentamiento cuando la fibra es de mayor grado de madurez. Está formado por moléculas de celulosa.

El largo de una fibra varía entre 1000 a 300 veces su diámetro. El mismo también que fluctúa entre 16 y 20 micras. Su sección transversal se asemeja a una U, con un canal central denominado como lumen. Cuando la fibra va creciendo, este canal transporta los nutrientes precisos para el desarrollo de la fibra.

Las capas de celulosa se colocan en el interior de la pared exterior, delgada y cerosa, justamente cuando la fibra ha llegado su longitud final. La fibra se desarrolla de manera semejante a un árbol, con el crecimiento de anillos concéntricos.

Las capas están formadas de diminutas fibras, que conforman series de espirales invertidas ya que cambian de dirección en varios puntos. La fibra queda expuesta al ambiente una vez que la bola de algodón se abre, quedando de diferente a su forma inicial plana. Los rizos característicos del algodón son producto de estas espirales de fibras de celulosa, lo que le da la facilidad para el hilado debido a su aspecto de cinta ondulada a nivel maro.

- Lustre: Esta característica es baja, siempre y cuando no se aplique tratamientos especiales. En parte, es causada por los rizos y constante superficie irregular en el algodón, que dispersa los rayos de luz que son reflejados en su superficie.

- Gravedad Específica: con un valor numérico de 1.54 gr/cm³ es decir que las telas de algodón pesan más que el poliéster (1.38 gr/cm³) o nylon (1.14 gr/cm³).
- Absorción y Retención de Humedad: el algodón es una fibra que absorbe el agua, ya que contiene oxidrilos, que atraen el agua, lo que hace que sea cómodo en zonas cálidas. El secado es lento ya que la humedad debe ser evaporada de la fibra. Por lo mismo, es factible la teñida de las fibras de algodón. El porcentaje de retención de humedad oscila entre 7 y 8% a temperatura normal

2.1.11.2 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE ALGODÓN

La fibra de algodón crece alrededor de la semilla de la planta de algodón, un arbusto del género *Gossypium*, que es procedente de zonas tropicales y subtropicales. No todas las fibras de éste género son comerciales, ya que la longitud y el grueso depende principalmente de su procedencia. [21]

Recepción de la materia prima

Recolección del algodón en bruto. Como resultado de ésta actividad se genera pelusas que son perjudiciales para la salud.

Desgranado

Separar las semillas de algodón, es decir separar los granos de las fibras que envuelven el algodón. Se puede realizar de manera manual o mediante una maquina despepitadora. La fibra en esta etapa se la conoce como algodón crudo.

Descrude

Se logra el descrude mediante un proceso de saturación de la fibra con sosa cáustica (hidróxido de sodio) para saponificar los aceites y ceras naturales, además se suaviza el material vegetal, se suspenden las pectinas y otros materiales no celulósicos. Después se enjuaga con agua para eliminar las ceras alcalinas y saponificadas y los sólidos suspendidos. [21]

2.1.11.3 USOS DEL ALGODÓN

Luego de realizar el proceso de limpieza del algodón se determina el uso que se le va a dar a esta fibra celulosa, por lo general se lo utiliza en el campo textil, artesanal e industrial; sin embargo, se han visto sus características muy particulares y se ha empezado a utilizar en la construcción de la siguiente manera:

- El algodón como aislamiento acústico, en el que se lo puede mezclar un 85% de fibra de algodón reciclado; a éste se le agrega boro, que mejora la acústica en la fibra y no causa daños en la piel. [22]

- De la misma manera el algodón presta su apoyo para hacer aislamientos térmicos renovables y reciclados debido a que el algodón es un elemento que aporta mucho en lo referente a la temperatura, porque para temporadas calientes proporciona frescura y para las temporadas frías ayuda a mantener el calor [23]

Estos usos alternativos son parte de toma de conciencia a la protección del medio ambiente y el aprovechamiento de recursos, es decir se constituye en un aporte a la construcción sostenible.

2.1.12 FIBRA PROTEICA: LANA

De acuerdo a Artesanum “La lana es un material artesanal, se trata de una fibra natural que se obtiene de animales como las ovejas, llamas, alpacas, vicuñas, cabras o conejos. El pelaje de estos animales se esquila y tras un proceso de elaboración se obtienen las lanas. La lana es especialmente conocida por sus facultades para mantener el calor corporal, por lo que suele usarse para la confección de prendas de vestir y complementos dedicados al invierno: sombreros, bufandas, guantes, calcetines etc. Muchas manualidades utilizan la lana como parte importante en su proceso de fabricación”. [24]

Es la fibra que proviene de la esquila de ovejas. Las propiedades principales de la lana que determinan su calidad son: la finura, el largo y el rizo; mientras más fina y rizada sea la lana, su calidad será mejor. En la composición de la lana se encuentran fundamentalmente la sustancia péptica (queratina) e impurezas en forma de grasa, sudor, ceniza y humedad [25]

2.1.12.1 PROPIEDADES DE LA LANA

Físicas

- Resistencia: propiedad que permite a la lana estirarse antes de romperse, es muy importante en la industria textil ya que se encuentra sometida a diferentes procesos para obtener la fibra de lana y para mantenerse integra.

- **Elasticidad:** Después de un proceso de estiramiento dentro de ciertos límites, la lana regresa a su estado original sin deformarse. Esta propiedad es debida a la estructura helicoidal de sus moléculas.
- **Flexibilidad:** la lana se puede doblar con facilidad sin quebrarse. Esta propiedad es importante en la heladería y tejería.
- **Higroscopicidad:** la fibra de lana absorbe vapor de agua en un ambiente húmedo y lo pierde en una seca. Apto de absorber hasta un 50% de su peso en escurrimiento.

Químicas

- **Efecto de álcalis:** la lana está compuesta por queratina, que es débil al efecto de los álcalis.
- **Efecto de ácidos:** la lana resiste a los ácidos suaves o diluidos, pero débil a los ácidos minerales concentrados como sulfúrico y el nítrico pues hacen que se descomponga la fibra.
- **Efecto de solventes orgánicos:** los solventes orgánicos utilizados para lavar y limpiar los tejidos de lana no dañan las fibras.

Biológicas

- **Microorganismos:** la lana es resistente a los organismos como bacteria y hongos, sin embargo estos pueden atacar la fibra y dañarla si permanece por mucho tiempo en lugares húmedos o con polvo.
- **Insectos:** Las larvas de la polilla de la ropa y del escarabajo de las alfombras son los más comunes en lo que se refiere al daño de la lana. Existen varios tratamientos para prevenir este evento tales como la fumigación o sustancias que emitan olores nocivos para los insectos. [26]

2.1.12.2 PROCESO DE ADQUISICIÓN DE LA LANA DE BORREGO

La crianza de los borregos ofrece una explotación continua ya que por lo menos una vez al año se esquila la lana, además es evidentemente ecológica en lo que refiere:

- ausencia de contaminación en su producción
- material renovable
- recurso totalmente natural
- gran ahorro energético

Una oveja durante toda su vida puede producir entre 45 y 60 kg de lana. Como es un material de origen animal, posee una durabilidad ilimitada y una vez tratada no se ve afectada por los insectos. Los residuos de la lana son totalmente biodegradables. [21]

Lavado de la lana

Utilizando agua caliente se lava la lana y se retiran los restos orgánicos que se han adherido en ella durante el tiempo de vida en el animal; luego se golpea la lana para aflojar las impurezas y se usa agua fría para el último enjuague.

Secado de la Lana

Para secar la lana se puede utilizar una superficie plana, una maquina centrífuga o se la puede secar al aire libre.

Cardado

Cuando la lana está seca, se procede a ordenarla de forma paralela, de esta manera quedan las fibras largas permitiendo que se unan entre sí; este proceso se lo puede hacer manualmente con un cepillo especial o se utiliza una máquina cardadora. [21]

2.1.12.3 USOS DE LA LANA

En la construcción se está usando la lana desde hace algún tiempo, en lugares como Inglaterra y Alemania, actúa como un buen aislante a los cambios de temperatura, por lo que su aplicación es de gran interés.

- En viviendas el aislante es muy útil para evitar bajas temperaturas como temperaturas excesivas, es decir que en climas fríos la vivienda se mantiene caliente y en climas de calor excesivo sirven como aire acondicionado. La lana de oveja tiene la capacidad de retener la humedad del aire, además, es resistente a los fúngicos. [23]
- Los ladrillos fabricados con lana de oveja necesitan menor aporte térmico que el necesario para la cocción de ladrillos de arcilla. Tienen mayor resistencia, son buenos aislantes y evidentemente más ecológicos en su construcción, debido a que es menor el gasto energético. Se ve mejorada la sostenibilidad en la construcción con éste tipo de materiales.
- El abono orgánico es otro de los usos de la lana de oveja, ya que al ser una fibra que contiene queratina es resistente a degradarse por otro material. [27]

2.1.13 PROPIEDADES DE LAS FIBRAS NATURALES COMO REFUERZO EN EL CONCRETO

Las características más significativas en concretos fibroreforzados son el tipo, longitud y volumen de la fibra a agregar. Los resultados de experimentos reflejan que valores efectivos para reforzar el concreto con fibras naturales se obtienen de longitudes sobre los 25mm y contenidos superiores al 3% de fibra.

- Estado fresco

La trabajabilidad se ve reducida con la incorporación de fibras naturales, debido al aumento del área superficial de materiales que conforman el concreto y la hidratación del agua por las fibras.

El llamado “Efecto balling”. Se debe tomar en cuenta que no exista doblamiento de las fibras, que se encuentra determinado por el largo y el volumen de fibras, ya que puede generar una pérdida de resistencia de material compuesto. Para evadirlo (independientemente de la longitud y volumen óptimos) es necesario que las fibras se mezclen de manera paulatina, lo más pausado, disgregadas y con la presencia de áridos; nunca en conjunto solamente con el agua y cemento.

La relación a/c es muy indispensable vigilar

La utilización de moldes confinados y de vibración optimizaran favorablemente los resultados finales. [18]

- Estado endurecido

Una de las mejores propiedades que brinda el hormigón endurecido es la resistencia a la compresión, las fibras favorecen de manera efectiva ésta y algunas otras. Sin embargo, respecto del tipo, longitud y volumen de la fibra deben ser valoradas las propiedades mecánicas de los hormigones reforzados con fibras naturales.

El objetivo al que se desea llegar con el refuerzo del concreto con fibras naturales no es el incremento a compresión, sino el incremento a resistencia del compuesto a tracción y flexión, capacidad de absorción de energía y eliminar fisuras.

La durabilidad en este caso es un aspecto poco estudiado.

Los concretos reforzados con fibras naturales son bastante vulnerables en comparación a los fabricados con fibras de otra índole. La alcalinidad del concreto en reacción con sustancias de las fibras conlleva a una degradación de la fibra. Para reducir este efecto se puede usar cementos especiales o agentes químicos que contrarreste la alcalinidad. [18]

Distintos elementos influyen en las propiedades de concretos reforzados con fibra natural, incluso el clima donde se cultive la fibra.

Tabla 3. Factores que afectan las propiedades de las fibras naturales [18]

FACTORES	VARIABLES
Tipo de fibra	Bambú, sisal, madera, yute, etc.
Geometría de la fibra	Longitud, diámetro, anillos, sección
Forma de la fibra	Plegadas, espirales, monofilamento
Superficie de la fibra	Lisa, revestidas
Propiedades de la matriz	Tipo de cemento, agregados y granulometría, aditivos
Diseño de la mezcla	Contenido de agua, trabajabilidad, contenido de fibra
Método de mezclado	Tipo de mezcladora, método de adicionar la fibra
Método de colocación	Vibrado tradicional, lanzado
Técnica de hormigonado	Normal, a presión
Método de curado	Tradicional, técnicas especiales

FUENTE: *State-of-the-art on Fiber Reinforced Concrete Part 5, 2002*

2.1.14 ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA FIBRA NATURAL

La naturaleza química de todas las fibras naturales de origen vegetal es la celulosa, que se encuentra en porcentajes mayores y se modifica cuando entra en contacto con otros compuestos, generando una serie de fibras que se extienden desde su forma más sencilla en el algodón, hasta los más compuestos.

Fibra de algodón

Está compuesta por alrededor de 96% de celulosa, además contiene diferentes componentes que deben ser removidos para continuar con el tratamiento de la fibra.

Tabla-4. Composición natural del algodón [28]

COMPONENTES DE LA FIBRA	% DEL COMPONENTE
Celulosa	88,0 – 96,0
Agua	6,0 – 8,0
Sales minerales	0,7 – 1,6
Proteínas	1,1 – 1,9
Pectinas	0,7 – 1,2
Ceras	0,4 – 1,0
Pigmentos y motas	0,5 – 1,0

FUENTE: “Estandarización de los procesos previos a la tintura de algodón 100% con colorantes reactivos”, Núñez Jenny

La capa exterior está compuesta por productos no celulósicos, que se encuentran a lo largo de la pared celular que tiene influencia directa con la composición del suelo, zona climática, los fertilizantes y pesticidas utilizados y el sistema de riego.

La celulosa cristalina, el gósipol y el tricóntanol componen la pared celular secundaria. El gósipol es un pigmento polifenólico, además es el encargado del color del algodón. El tricóntanol se entiende que estimula al crecimiento de la fibra natural.

La pectina es un producto no celulósico que se descubre en la pared celular principal de la fibra, interviene como elemento de adhesión, y favorece esencialmente a la firmeza y estructura del algodón.

La capa media entre la capa principal y la secundaria contiene pectinas esterificada. Los iones de calcio hallados en esta pared, forman cadenas con las pectinas ácidas, por lo tanto sostienen los componentes unidos de la pared celular., que definitivamente previene una expansión de la pared celular secundaria.

Los compuestos proteicos principales son: leucina, valina, prolina, alanina, oxiproteína, ácido glutámico, glicina, serina, ácido aspártico, lisina, y arganina.

En el exterior de la fibra de algodón, se halla cera, que son mezclas de alcoholes grasos, ácidos grasos, y esterés de estos carbohidratos. La unión entre la celulosa y las ceras es causada fundamentalmente por los fosfatos y aminoácidos, glucosa y ácidos de la cera.

Fibra de lana

La lana se forma por dos proteínas primordiales: las proteínas fibrosas y las globulares. Cada una de ellas con sus funciones propias, a saber:

Las proteínas fibrosas están incluidas dentro del subgrupo de las queratinas, caracterizadas por tener un alto contenido de sulfuro. La macromolécula de queratina posee una gran cadena de aminoácidos y uno de los más significativos la cistina, la cual define muchas de las principales propiedades en cuanto al comportamiento químico de la lana.

La cistina conserva puentes disulfuro -S-S- en su estructura. Estos enlaces son necesarios para la unión de las cadenas polipeptídicas, siendo también, los principales responsables de la estabilidad de las fibras. La composición química de las fibras animales no es constante y varía de acuerdo a la raza, edad, clima, y otros tantos factores. Una composición química promedio expresada en función de los elementos que la componen es la siguiente:

Tabla-5. Composición natural de la lana [29]

carbono: 50%	hidrógeno: 7%	oxígeno: 23%	nitrógeno: 17%	azufre: 3%
-----------------	------------------	-----------------	-------------------	---------------

FUENTE: “Tintura alternativa en hilos de Lana con colorantes naturales”
, Obando Ruth

La configuración helicoidal de la cadena peptídica hace que se formen puentes de hidrógeno entre los grupos CO y NH pertenecientes a cadenas de aminoácidos próximos. Los restos alifáticos y aromáticos de las cadenas laterales de la queratina, la valina, leucina y fenilalanina, forman zonas hidrófobas debido a su carácter no iónico.

Cuando se intenta disolver la molécula grande de la queratina en agua, los grupos hidrófobos e hidrófilos actúan como dipolos, orientándose para reunirlos de carácter hidrófobo en el eje de la molécula y expulsando el agua.

Los puentes laterales de cistina no están uniformemente repartidos por toda la estructura de la fibra. En las zonas de la raíz, una parte de la cistina está en forma reducida que luego se recombinará para formar puentes disulfuro durante la queratinización con lo que se aumentará la resistencia de la fibra a los ataques químicos. Por ello para modificar características de la lana o el pelo se rompe el enlace disulfuro y se lo vuelve a regenerar en otra posición al oxidarlo.

Una vez roto el puente disulfuro, la fibra se vuelve más dúctil y plástica, para darle la forma deseada. Se vuelve a recomponer la estructura mediante un agente oxidante.

2.1.15 TRATAMIENTO DE LA FIBRA NATURAL ANTES DE LA MEZCLA

La fibra orgánica por ser un producto procedente de la naturaleza es necesario protegerla ante las condiciones que produzcan su deterioro, en éste caso el medio alcalino concentrado en la pasta de cemento, y adicionalmente reducir la cantidad de agua que la fibra pueda absorber. Durante varios años se ha tratado de conseguir el mejor medio para la protección en alimentos y plantas.

Desafortunadamente, la cantidad de datos de ensayos disponibles en la durabilidad de fibra natural sin procesar en el hormigón armado son limitados.

Las siguientes observaciones pueden, sin embargo, ser hecho, sobre la base de la literatura existente.

- a) El hormigón armado con fibras naturales sin procesar es más vulnerable que otro hormigón reforzado con fibra en términos de durabilidad. El ambiente altamente alcalino del agua intersticial en el hormigón parece deteriorar las fibras.

- b) La durabilidad se puede mejorar sustancialmente mediante la sustitución del 40 a 50 por ciento del cemento con humo de sílice, ya que la adición de humo de sílice reacciona con la cal y reduce considerablemente la alcalinidad del agua intersticial.

- c) Una mejora de la durabilidad se puede lograr mediante el recubrimiento de la fibra con productos químicos adecuados, tales como ácido fórmico y esteárico. [18]

ACIDO ESTEÁRICO.

Para la presente investigación se utilizó el ácido esteárico como elemento protector de las fibras protéica y celular.

El Ácido esteárico es también llamado ácido octadecanoico, es un ácido orgánico de 18 átomos de carbono, de tipo graso libre, derivado del aceite de palma y del sebo, presente en aceites, grasas animales y vegetales. Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{16}\text{-COOH}$ ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$), el grupo carboxilo es el que le confiere las propiedades ácidas a la molécula. [30]

Propiedades físicas

- Es sólido a temperatura ambiente
- Color blanco parecido a la cera
- Inodoro
- Punto de ebullición de $360.85\text{ }^\circ\text{C}$
- Punto de fusión de $68.85\text{ }^\circ\text{C}$ [31]

Propiedades químicas

- Insoluble en agua
- Soluble en componentes apolares [31]

Aplicaciones

- Para ajustar el PH del jabón si este es muy alcalino.
- Como emulgente para la elaboración de cremas y jabones a los que proporciona dureza.
- El ácido esteárico posee propiedades emolientes y protectoras, y se absorbe fácilmente por la piel.
- En el proceso de saponificación acelerando éste y produciendo una pastilla de jabón dura.
- En la elaboración de jabones de tonos claros. [32]

2.1.16 PROPORCIONES DE MEZCLADO EN CONCRETOS FIBROREFORZADOS

No pueden generalizarse las proporciones de mezclado de fibra como refuerzo del concreto, por la extensa diversidad de las mismas. Es un producto natural que a su vez puede ser utilizado con distinto tipo de cemento, agregados, agua, puzolanas y aditivos. Sin embargo los materiales de los concretos fibroreforzado deben cumplir con lo siguiente: [18]

- Cemento: La ASTM menciona 5 tipos de cementos como genéricos:
 - Tipo I: Uso general.
 - Tipo II: Moderado calor de hidratación.
 - Tipo III: Endurecimiento rápido.
 - Tipo IV: Bajo calor de hidratación.
 - Tipo V: Resistente a los sulfatos.

El cemento Tipo I es el que se recomienda, ya que cementos con altos porcentajes de puzolana pueden reducir el contenido de hidrógeno en el hormigón, lo que es beneficioso para que la fibra natural no se diluya en el tiempo debido a la presencia de celulosa, lignina y hemocelulosa.

Deben cumplir las especificaciones estándares C – 150 o C – 595 de la ASTM.

- Agregados: Estos deberán cumplir con la norma ASTM – C – 33. Si se utiliza fibras de maderas lo habitual es utilizar agregados finos con partículas mayores a 1 mm.

- **Aditivos:** Si las fibras contienen un alto contenido de glucosa, se debe considerar el uso de un acelerante, ya que este componente retarda el fraguado. El cloruro de calcio puede ser empleado como acelerante siempre y cuando no se utilicen barras de acero. Se pueden utilizar reductores de agua, súper plastificantes para mejorar la trabajabilidad y plasticidad en la mezcla. Considerando la clase de fibra natural se recomienda protección contra el ataque de microorganismos.
- **Fibras:** Por ser un producto natural no son homogéneas ni en longitud ni en diámetro pero generalmente su longitud fluctúa entre los 25 mm y 500 mm, menos las fibras de madera que están entre 1 a 7 mm. En común el diámetro va de 0.10 mm a 0.75 mm, excepto las fibras de madera de 0.01 mm a 0.08 mm. [18]

2.1.17 PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO Y DISTRIBUCIÓN DE LA FIBRA

Existen tres metodologías:

- **Mezclado húmedo**

Es el más utilizado en la construcción, tanto si se mezcla manualmente, en mezcladora estacionaria como en plantas de premezclado. Generalmente son utilizados bajos volúmenes de fibra, además se debe tener en cuenta el contenido de agua que por sí misma tiene la fibra.

Proceso: Mezclar agua con cemento hasta formar la pasta, seguidamente adicionar los agregados finos, las fibras, el resto del agua. Finalmente se añaden los agregados

gruesos y los aditivos. Con un tiempo adicional se consigue una correcta homogeneidad y distribución del material

Se regirá complementariamente a la norma ASTM C – 94 y las recomendaciones de la ACI – 304. El muestreo del material resultante debe estar conforme a las especificaciones C – 172 y C – 685 de la ASTM o las regulaciones propias del país.

- Mezcla compacta seca

Es utilizada en la fabricación industrial de elementos. El volumen de fibras es más alto, unas 10 veces más que el método anterior. Las fibras están en una superficie saturada seca se añade al cemento y áridos la cual es mezclada y se le adicionan pequeñas cantidades de agua. Comúnmente se mezcla a mano, pero otra distinta clase de mezclado es lo especificado en la ASTM C – 94

- Mezcla mortero húmedo desecado

Se utiliza generalmente en hormigones fibroreforzados con fibras de madera. El procedimiento de mezclado es generado a partir de un mortero húmedo, que contiene un porcentaje de sólidos (fibras-cemento o fibras-mortero) superior al 20%. El agua en exceso es suprimida mediante la succión y presión aplicada.

Los volúmenes de fibras orgánicas varía entre un 3 % (aproximadamente 0.3 kgF/m³) a un 30 % (22 kgF/m³) tomando en cuenta la clase de fibra y el proceso de manufactura del hormigón fibroreforzado que se maneje. [18]

2.2 HIPÓTESIS

El concreto fabricado con fibra protéica (lana de borrego) como elemento fibroso es más resistente a la compresión que el concreto fabricado con fibra celular (algodón)

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Variables independientes

El concreto fabricado con fibra celular (algodón)

Concreto fabricado con fibra protéica (lana de borrego)

Variable dependiente

Resistencia a la compresión

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo se encuadra en diferentes tipos de investigación; en primer lugar se puede anotar la investigación experimental debido a que se realizarán ensayos con materiales no utilizados en la preparación del concreto para las construcciones.

También se empleará la investigación aplicada y de laboratorio porque las muestras que permitirán cumplir al objeto de la investigación serán diseñadas y puestas a prueba en el laboratorio.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en la presente investigación al no poder ser determinada, y por ende tampoco la muestra, se tomará como referencia lo establecido en las normas ASTM donde señala que se deberá tomar 3 o más muestras elaboradas para cada período de prueba, entonces en base al argumento se asumirá el valor mínimo de muestras permitidas para efectuar cada periodo de ensayo. [33]

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla-6. Operacionalización de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA INSTRUMENTO
Concreto fabricado con fibra celular (algodón)	Es una variación de concreto en el que se añaden fibras naturales con el fin de potenciar sus características dentro de su función. Es decir, estos materiales la hacen más elástica y de mayor soporte a la fractura. Por otro lado es una alternativa de aprovechamiento de recursos.	Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Fisuración de retracción y fraguado. • Trabajabilidad • Peso 	Observación Ensayo experimental
Concreto fabricado con fibra proteica (lana de borrego)		Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Fisuración de retracción y fraguado. • Trabajabilidad • Peso 	Observación Ensayo experimental
VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTO		INDICADOR	INSTRUMENTO
Resistencia a la compresión de los concretos fabricados con fibra celular (algodón) y concretos fabricados con fibra proteica (lana de borrego)	Es el ensayo que se realiza a los materiales (concretos fibroreforzado) para determinar su límite de resistencia a la compresión.	Resistencia a la Compresión	- 210 kg/m ² (estándar) -15% fibra -30% fibra -3 cm de longitud -6 cm de longitud	Fichas técnica para el Ensayo experimental

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla-7. Plan de recolección de información

PREGUNTAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Qué evaluar?	<p>-Analizar el comportamiento del concreto fabricado con fibra proteica (lana de borrego) y fibra celular (algodón).</p> <p>-Definir la dosificación de los materiales agregados fino y grueso, cemento, agua con diferentes porcentajes (0%,15% y 30%).</p> <p>-Analizar el comportamiento a compresión de las distintas muestras fabricadas con las fibras naturales mediante el ensayo estándar.</p> <p>-Comparar la resistencia a compresión entre el concreto fabricado con fibra proteica (lana de borrego) y fibra celular (algodón) con un concreto normal de 210 kg/m².</p> <p>-Definir el concreto fibroso de mayor efectividad y resistencia a compresión.</p>
2. ¿Con qué objetos?	<p>-Agregado fino (arena)</p> <p>-Agregado grueso (grava)</p> <p>-Cemento</p> <p>-Agua</p> <p>- Fibra proteica (lana de borrego)</p> <p>-Fibra celular (algodón).</p>
3. ¿Sobre qué aspectos?	-Comportamiento a compresión de los concretos fabricados con fibra proteica (lana de borrego) y fibra celular (algodón).
4. ¿Quién?	Grace Estefanía Valdiviezo Quispe y Tutora Ing. Maritza Ureña.
5. ¿A qué?	-Probetas cilíndricas de concreto.
6. ¿Dónde?	-Laboratorio de Ensayo de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
7. ¿Cómo y con qué?	-Ensayos a compresión en el laboratorio.

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el plan de procesamiento y análisis se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Adquisición de los materiales
- Preparación y adecuación de los materiales para la elaboración del concreto.
- Ensayos experimentales de acuerdo a los indicadores planteados.
- Observación y seguimiento
- Análisis de resultados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos requiere las siguientes actividades:

-Realizar los ensayos de laboratorio de los agregados fino y grueso para determinar las propiedades físicas y mecánicas, con los requerimientos de la Norma NTE INEN 872., así como del cemento más utilizado en nuestro medio, cemento Tipo I de uso general todo con el objetivo de conocer las características físicas y mecánicas de los materiales locales adecuados para la preparación del hormigón.

-Obtener las fibras naturales propuestas en el proyecto como son: fibra protéica (Lana de borrego) y fibra celular (algodón) e inmediatamente proporcionarles el tratamiento correspondiente para contrarrestar el debilitamiento de las fibras naturales ante el potencial efecto del comportamiento del concreto.

-Dosificar los materiales agregados, agua y cemento con resistencia de 210 kg/cm², propuestos por el Método de la Universidad Central del Ecuador; y las fibras naturales en las proporciones 0%, 15% y 30%, propuestas en la norma ACI 544.1R-96 State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete (Natural fibers)

-Llevar a cabo el proceso estándar para la elaboración de cilindros de concreto, con su respectivo curado.

-Se realiza la prueba de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días.

-Se ensayará con 45 probetas cilíndricas.


-Analizar y comparar los resultados obtenidos.

4.1.1 ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS

Los ensayos realizados a los agregados fino y grueso son: Análisis Granulométrico, Densidad aparente Suelta, Densidad aparente Compactada, Densidad Real, Densidad aparente compactada combinada, Capacidad de Absorción.

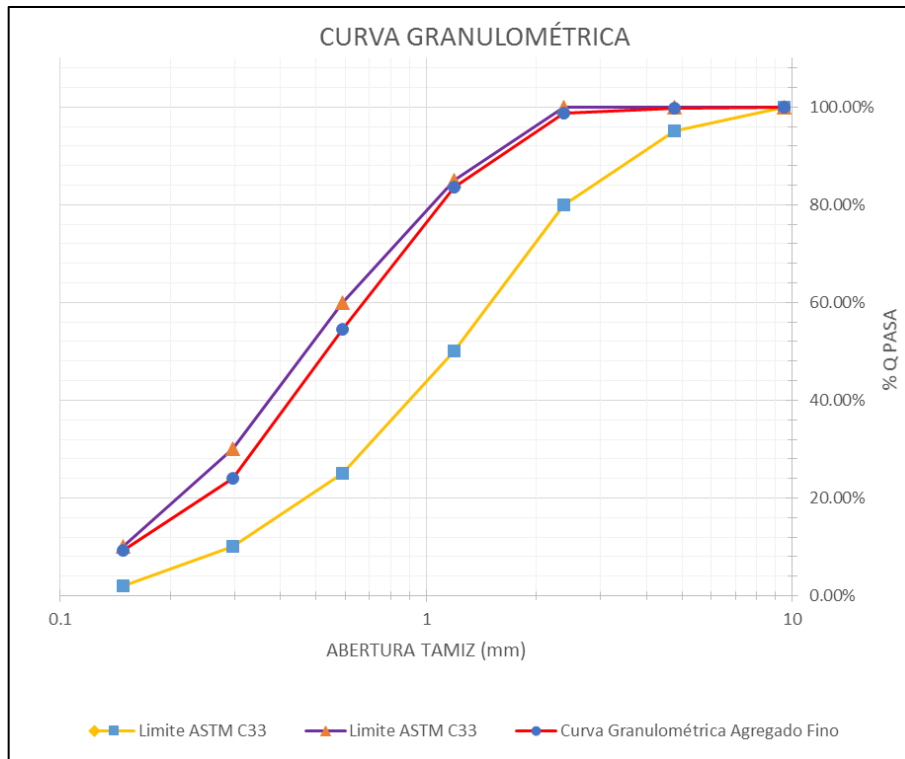
- Análisis Granulométrico

Tabla-8. Granulometría agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS						
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO						
ORIGEN:		Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza				
PESO MUESTRA (gr):		703		PÉRDIDA DE MUESTRA (%):		0.38
ENSAYADO POR:		Estefanía Valdiviezo		FECHA:		05/Ene/2016
NORMA:		NTE INEN 696				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
3/8	9.5	0	0	0.00%	100.00%	100
#4	4.76	1.8	1.8	0.26%	99.74%	95-100
#8	2.38	6.7	8.5	1.21%	98.79%	80-100
#16	1.19	106.6	115.1	16.37%	83.63%	50-85
#30	0.59	204.9	320	45.52%	54.48%	25-60
#50	0.297	213.7	533.7	75.92%	24.08%	10-30
#100	0.149	104.1	637.8	90.73%	9.27%	2-10
#200	0.075	29.6	667.4	94.94%	5.06%	-
BANDEJA		32.9	700.3	99.62%	-	-
MÓDULO DE FINURA				2.30%		


FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura 2. Diagrama de granulometría agregado fino



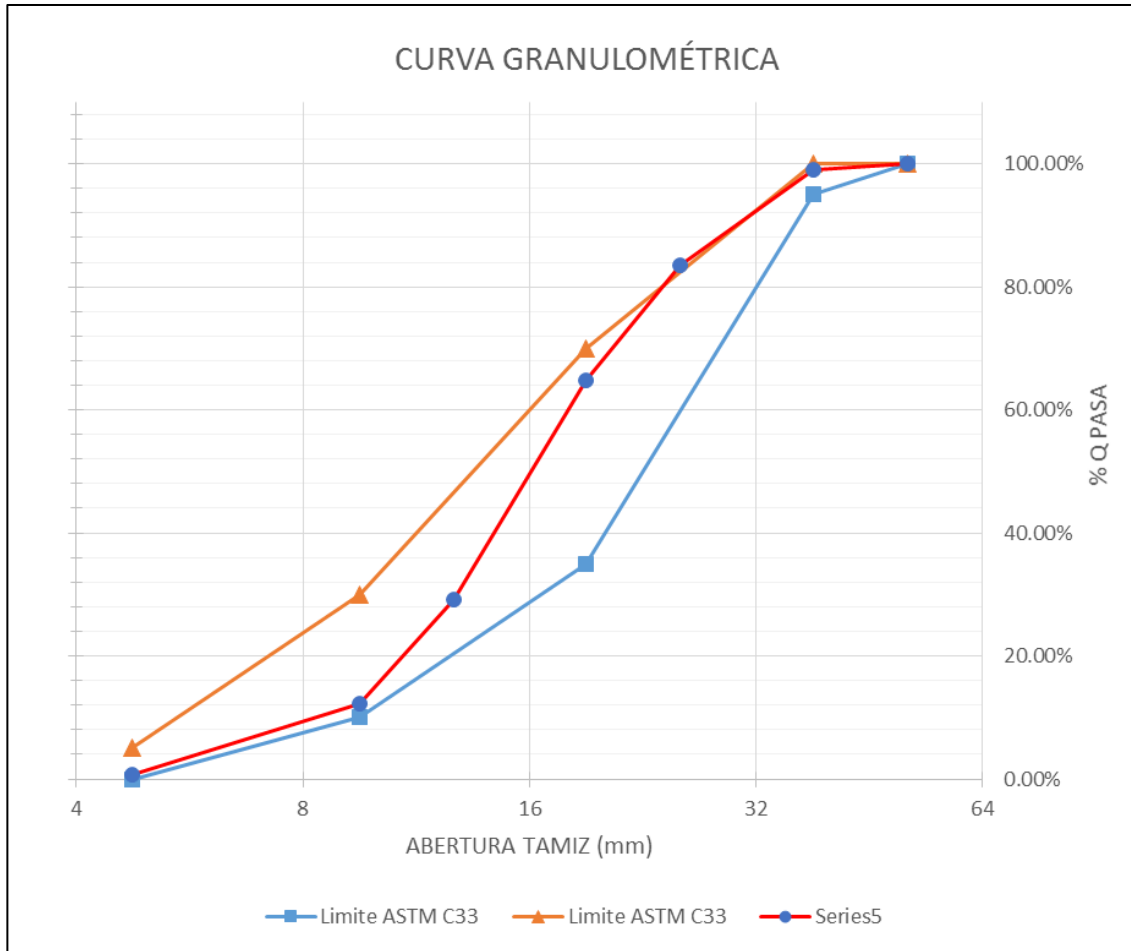
FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Tabla-9. Granulometría agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS						
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO						
ORIGEN:		Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza				
PESO MUESTRA (gr):		9686.1	PÉRDIDA DE MUESTRA (%):		0.07%	
ENSAYADO POR:		Estefanía Valdiviezo	FECHA:		07/May/2016	
NORMA:		NTE INEN 696				
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
2"	50.8	0	0	0.00%	100.00%	100
1 ½"	38.1	100	100	1.03%	98.97%	95 - 100
1"	25.4	1500	1600	16.52%	83.48%	-
¾"	19.05	1818	3418	35.29%	64.71%	35 - 70
½"	12.7	3434	6852	70.74%	29.26%	-
⅜"	9.53	1653	8505	87.81%	12.19%	10 - 30
#4	4.75	1115	9620	99.32%	0.68%	0 - 5
BANDEJA		59	9679	99.93%	0.07%	-
TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO:				1 ½"		

FUENTE: Estefanía Valdiviezo


Figura-3. Diagrama de granulometría agregado grueso



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

- Densidad aparente Suelta


Tabla- 10. Densidad aparente suelta agregado fino y grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9.9			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	11/Ene/2016	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):	20.45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm³)	Peso Unitario Promedio (kg/dm³)
GRUESO	38.00	28.10	1.37	1.38
	38.10	28.20	1.38	
FINO	42.30	32.40	1.58	1.59
	42.50	32.60	1.59	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

- Densidad aparente Compactada

Tabla-11. Densidad aparente compactada agregado fino y grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza			
MASA RECIPIENTE (Kg):	9.9			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	11/Ene/2016	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm³):	20.45			
NORMA:	NTE INEN 858:2010			
Agregado	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso Unitario (kg/dm³)	Peso Unitario Promedio (kg/dm³)
GRUESO	40.90	31.00	1.52	1.52
	41.20	31.30	1.53	
FINO	44.90	35.00	1.71	1.71
	44.90	35.00	1.71	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo


- Densidad Real

Tabla-12. Densidad real agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS			
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.			
ENSAYO DE DENSIDAD REAL DEL AGREGADO FINO			
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza		
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	12/Ene/2015
NORMA:	NTE INEN 856		
CÁLCULO DE LA DENSIDAD REAL			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR
M1	Masa del picnómetro	gr	152.70
M2	Masa del picnómetro + muestra SSS	gr	481.90
M3	Masa del picnómetro + muestra SSS + agua	gr	857.80
M4=M3-M2	Masa agua añadida	gr	375.90
M5	Masa picnómetro + 500cc de agua	gr	651.40
M6=M5-M1	Masa de 500cc de agua	gr	498.70
DA=M6/500cm ³	Densidad del agua	gr/cm ³	1.00
M7=M6-M4	Masa del agua desalojada por la muestra	gr	122.80
Msss=M2-M1	Masa del agregado	gr	329.20
Vsss=M7/DA	Volumen del agua desalojada	cm ³	123.12
DRA=Msss/Vsss	Densidad real de la arena	gr/cm ³	2.67

Realizado por: Estefanía Valdiviezo


Tabla-13. Densidad real agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
ENSAYO DE DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	12/Ene/2016	
NORMA:	NTE INEN 857			
CALCULO DE LA DENSIDAD REAL				
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1250.00	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1087.00	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5335.00	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3655.00	
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1.00	
M5 = M3-M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4085.00	
M6 = M4-M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2568.00	
VR=(M5-M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1517.00	
DR=M5/VR	Densidad real	gr/cm3	2.69	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

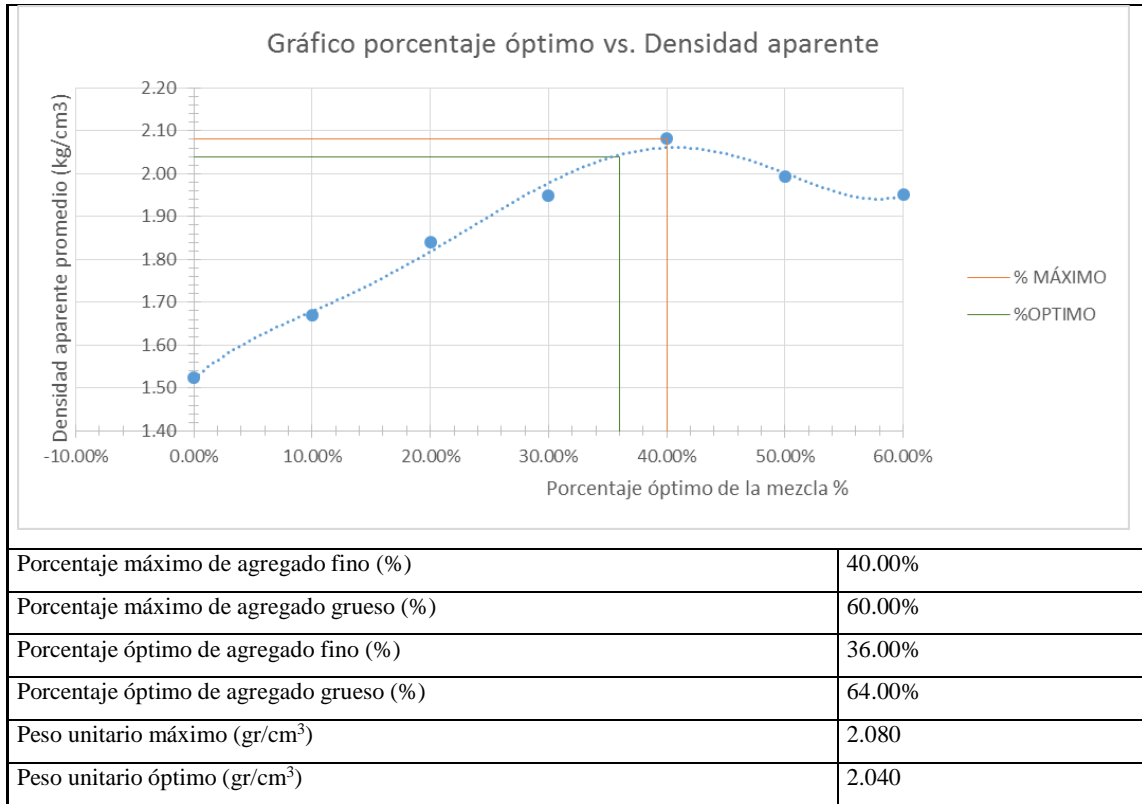
- Densidad aparente Compactada Combinada

Tabla-14. Densidad aparente compactada combinada

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.									
ENSAYO DE DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DE LA MEZCLA									
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza						
MASA RECIPIENTE (Kg):			9.9						
ENSAYADO POR:			Estefanía Valdiviezo			FECHA:		11/Ene/2015	
VOLUMEN RECIPIENTE (dm ³):			20.45						
NORMA:			NTE INEN 858:2010						
% Mezcla		Cantidad (kg)		Fino añadido (kg)	Agregado + Recipiente (kg)	Agregado (kg)	Peso unitario mezcla (kg/dm ³)	Peso unitario promedio	
GRUESO	FINO	GRUESO	FINO	FINO	AGREGADO FINO + GRUESO				
100.00%	0.00%	40.00	0.00	0.00	40.90	31.00	1.52	1.52	
					41.20	31.30	1.53		
90.00%	10.00%	40.00	4.44	4.44	44.10	34.20	1.67	1.67	
					44.00	34.10	1.67		
80.00%	20.00%	40.00	10.00	5.56	47.70	37.80	1.85	1.84	
					47.40	37.50	1.83		
70.00%	30.00%	40.00	17.14	7.14	49.50	39.60	1.94	1.95	
					50.00	40.10	1.96		
60.00%	40.00%	40.00	26.67	9.53	54.00	44.10	2.16	2.08	
					51.00	41.10	2.01		
50.00%	50.00%	40.00	40.00	13.33	50.70	40.80	2.00	1.99	
					50.60	40.70	1.99		
40.00%	60.00%	40.00	60.00	20.00	50.00	40.10	1.96	1.95	
					49.60	39.70	1.94		

FUENTE: Estefanía Valdiviezo


Figura-4. Gráfico porcentaje óptimo vs. Densidad aparente



FUENTE: Estefanía Valdiviezo


- Capacidad de Absorción

Tabla-15. Capacidad de absorción agregado fino

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	12/Ene/2015	
NORMA:	NTE INEN 573			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	22.90	23.90
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	194.40	191.30
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	171.50	167.40
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	193.70	190.80
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	170.80	166.90
$CA = ((M9 - M11) / M11) * 100$	Capacidad de absorción	%	0.41	0.30
$P2 = (CA1 + CA2) / 2$	Capacidad de absorción promedio	%	0.35	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo


Tabla-16. Capacidad de absorción agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
ENSAYO DE CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO				
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	12/Ene/2016	
NORMA:	NTE INEN 573			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M7	Masa del recipiente	gr	23.10	25.80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	141.30	159.50
M9=M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	118.20	133.70
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	140.10	158.00
M11=M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	117.00	132.20
$CA = ((M9 - M11) / M11) * 100$	Capacidad de absorción	%	1.03	1.13
$P2 = (CA1 + CA2) / 2$	Capacidad de absorción promedio	%	1.08	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

4.1.2 ENSAYOS REALIZADOS AL CEMENTO

Tabla-17. Densidad real del cemento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS				
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.				
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO				
ORIGEN:	PORTLAND IP			
ENSAYADO POR:	Estefanía Valdiviezo	FECHA:	12/Dic/2015	
NORMA:	NTE INEN 156			
DATOS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	163.200	163.200
M2	Masa del picnómetro + muestra	gr	330.600	323.000
M3	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	gr	653.500	646.100
M4=M3-M2	Masa gasolina añadida	gr	322.900	323.100
M5	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	gr	527.600	526.700
M6=M5-M1	Masa de 500cc de gasolina	gr	364.400	363.500
DG=M6/500cm ³	Densidad de la gasolina	gr/cm ³	0.729	0.727
M7=M6-M4	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	gr	41.500	40.400
M _C =M2-M1	Masa del cemento	gr	167.400	159.800
V _G =M7/DG	Volumen de la gasolina desalojada	cm ³	56.943	55.571
DRC=M _C /V _G	Densidad real del cemento	gr/cm ³	2.940	2.876
P = (DRC1 + DRC2) / 2	Densidad real promedio	gr/cm ³	2.908	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

4.1.3 DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO DE UNIVERSIDAD CENTRAL

Tabla-18. Dosificación del hormigón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS						
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.						
DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES POR EL MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL						
ORIGEN:	Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					
REALIZADO POR:	Estefanía Valdiviezo		FECHA:	14/Ene/2015		
DATOS DE ENSAYOS			DATOS DE TABLAS			
f_c	210	Kg/cm²	W/C	0.58		
Asentamiento	7	cm	CP (%)	POV + 2% + 8%(POV)		
DRC	2.908	kg/dm ³	CÁLCULOS			
DRA	2.674	kg/dm ³	DRM	2.686	kg/dm ³	
DRR	2.693	kg/dm ³	POV	24.05	%	
DSA	1.590	kg/dm ³	CP	279.74	dm ³	
DSR	1.377	kg/dm ³	C	302.78	Kg	
POA	36	%	W	175.61	lts	
POR	64	%	A	693.30	kg	
DOM	2.040	gr/cm ³	R	1241.30	kg	
DOSIFICACIÓN AL PESO						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN			DOSIFICACIÓN AL PESO		
W	175.61			0.58		
C	302.78			1.00		
A	693.30			2.29		
R	1241.30			4.10		
TOTAL	2412.99			kg/m³ Densidad del Hormigón		
DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN						
MATERIAL	CANTIDAD EN Kg POR CADA m³ DE HORMIGÓN	DOSIFICACIÓN AL PESO	CANTIDAD EN Kg POR SACO DE CEMENTO	VOLUMEN APARENTE SUELTO EN dm³ POR CADA SACO DE CEMENTO	DOSIFICACIÓN AL VOLUMEN EN OBRA	
W	175.61	0.58	29.00	-	29.00	litros
C	302.78	1.00	50.00	-	1	saco
A	693.30	2.29	114.49	72.02	2.70	cajones
R	1241.30	4.10	204.99	148.88	5.50	cajones
VOLUMEN REAL DEL HORMIGÓN			398.48	dm³ c/saco		
DIMENSIONES PARIHUELA: B = L = H = 3,00 dm				VOLUMEN PARIHUELA	27,00 dm³	
NOMENCLATURA:						
DRC	Densidad Real del Cemento	CP (%)	Cantidad de Pasta en %			
DRA	Densidad Real de la Arena	DRM	Densidad Real de la Mezcla			
DRR	Densidad Real del Ripio	POV	Porcentaje Óptimo de Vacíos			
DSA	Densidad Suelta de la Arena	CP	Cantidad de Pasta			
DSR	Densidad Suelta del Ripio	C	Cantidad de Cemento			
POA	Porcentaje Óptimo de Arena	W	Cantidad de Agua			
POR	Porcentaje Óptimo de Ripio	A	Cantidad de Arena			
DOM	Densidad Óptima de la Mezcla	R	Cantidad de Ripio			
W/C	Relación Agua Cemento					

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

4.1.4 TRATAMIENTO PREVIO DE LAS FIBRAS NATURALES

Según la Norma ACI 544.1R-96 State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete (Natural fibers), el porcentaje en volumen de fibras naturales no procesadas utilizadas en una mezcla debía variar de 3 a 30 por ciento en función del tipo de fibra utilizada y el procedimiento de fabricación. En la investigación se ha optado por utilizar un 15% y 30% de volumen de fibra proteica (Lana de borrego) y fibra celular (Algodón) en cada probeta.

Además para una mejora de la durabilidad de la fibra natural que se va a utilizar en el hormigón, la norma dispone que se haga un recubrimiento de la fibra con productos químicos adecuados, tales como ácido fórmico y esteárico. De tal manera que para esta investigación se ha optado por recubrir la fibra proteica (Lana de borrego) y fibra celular (Algodón) con ácido esteárico. El proceso utilizado fue el siguiente:

- Conseguir la cantidad de fibras necesarias limpias para poder realizar el procedimiento de separación.
- Hacer porciones alargadas de las fibras
- Diluir el ácido esteárico a baño María.
- Sumergir las fibras (porciones alargadas) en el ácido y sacarla unos segundos después.


- Escurrirlas para que no absorban demasiado ácido.
- Dejar secar las fibras hasta que el ácido esteárico vuelva a estado sólido.
- Cortar las fibras en trozos más pequeños de 2 cm a 4 cm aproximadamente, para tener una mayor facilidad al momento de mezclarlas con el hormigón.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para llevar a cabo el proceso de análisis se lo ha dividido de acuerdo a las propiedades del hormigón en su estado fresco y endurecido diferenciándolo de acuerdo a su composición, es decir hormigón normal, hormigón con lana de borrego, y hormigón con algodón con 15% y 30% de fibra.

4.2.1. HORMIGÓN FRESCO

Tabla-19. Propiedades del hormigón fresco normal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS											
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.											
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN NORMAL FRESCO											
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza				fc:		210	Kg/cm ²	
REALIZADO POR:			Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51	
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del Hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m ³)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico medio (kg/m ³)	
1	AG. GRUESO+AG. FINO +CEMENTO	28/03/2016	15	13.40	0.0053	Buena	6	Muy Buena	2527.62	2447.98	
2		28/03/2016	15	13.20	0.0053				2489.89		
3		28/03/2016	15	12.70	0.0053				2395.58		
4		28/03/2016	15	12.70	0.0053				2395.58		
5		28/03/2016	15	13.20	0.0053				2489.89		
6		28/03/2016	15	12.70	0.0053				2395.58		
7		29/03/2016	15	13.20	0.0053				2489.89		
8		29/03/2016	15	13.00	0.0053				2452.17		
9		29/03/2016	15	12.70	0.0053				2395.58		

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

La Tabla-19 indica los resultados de un hormigón normal fresco de 210 kg/cm² en 9 probetas de 15cm de diámetro, obteniendo una diferencia de peso en estado fresco de 12,70 kg a 13,40 kg. La masa de la mezcla tiene una buena trabajabilidad, con un asentamiento de 6 cm, además la homogeneidad del material es muy buena y el peso específico promedio es 2447.98 kg/m³.

Tabla-20. Propiedades del hormigón fresco con 15% y 30% de fibras de lana


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO										
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS										
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.										
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO CON 15% Y 30% DE FIBRAS DE LANA										
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza				fc:		210	Kg/cm ²
REALIZADO POR:			Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del Hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m ³)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico medio (kg/m ³)
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 15% LANA	28/03/2016	15	12.6	0.005301433	Media	4	Muy Buena	2376.72	2414.44
2		28/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44	
3		28/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44	
4		28/03/2016	15	12.6	0.005301433				2376.72	
5		28/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44	
6		28/03/2016	15	12.7	0.005301433				2395.58	
7		28/03/2016	15	13.0	0.005301433				2452.17	
8		28/03/2016	15	12.9	0.005301433				2433.30	
9		28/03/2016	15	13.0	0.005301433				2452.17	
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	15	12.6	0.005301433	Media	3	Muy Buena	2376.72	2370.43
2		28/03/2016	15	12.5	0.005301433				2357.85	
3		28/03/2016	15	12.7	0.005301433				2395.58	
4		28/03/2016	15	13.0	0.005301433				2452.17	
5		28/03/2016	15	12.4	0.005301433				2338.99	
6		28/03/2016	15	12.4	0.005301433				2338.99	
7		28/03/2016	15	12.6	0.005301433				2376.72	
8		28/03/2016	15	12.5	0.005301433				2357.85	
9		28/03/2016	15	12.4	0.005301433				2338.99	

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

En la tabla-20 se muestran los resultados obtenidos en estado fresco de un hormigón de 210 kg/cm² con 15% y 30% de fibras de lana de borrego en 9 probetas de 15cm de diámetro. Se tiene una diferencia de peso en estado fresco entre 12,60 y 13,00 kg al 15% de lana de borrego, en cambio 12.4 y 13.00 kg al 30% de lana de borrego. La masa de la mezcla con fibras protéicas (lana de borrego) tiene una trabajabilidad media, asentamiento entre los 3-4 cm, además la homogeneidad del material es muy buena y el peso específico promedio es 2414.44 kg/m³ y 2370.43 kg/m³ al 15% y 30% respectivamente.

Tabla-21. Propiedades del hormigón fresco con 15% y 30% de fibras de algodón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS											
											
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.											
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO CON 15% Y 30% DE FIBRAS DE ALGODÓN											
ORIGEN:		Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					fc:		210	Kg/cm ²	
REALIZADO POR:		Estefanía Valdiviezo			FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51	
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Diámetro (cm)	Peso del Hormigón en estado fresco (kg)	Volumen del recipiente (m ³)	Trabajabilidad	Consistencia (cm)	Homogeneidad	Peso específico (kg/m ³)	Peso específico medio (kg/m ³)	
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO + 15% ALGODÓN	29/03/2016	15	12.9	0.005301433	Media	5	Muy Buena	2433.30	2441.69	
2		29/03/2016	15	13.1	0.005301433				2471.03		
3		29/03/2016	15	12.9	0.005301433				2433.30		
4		29/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44		
5		29/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44		
6		29/03/2016	15	12.7	0.005301433				2395.58		
7		29/03/2016	15	13.3	0.005301433				2508.76		
8		29/03/2016	15	13.2	0.005301433				2489.89		
9		29/03/2016	15	12.8	0.005301433				2414.44		
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO + 30% ALGODÓN	29/03/2016	15	13	0.005301433	Media	5	Muy Buena	2452.17	2397.67	
2		29/03/2016	15	13	0.005301433				2452.17		
3		29/03/2016	15	13	0.005301433				2452.17		
4		29/03/2016	15	12.6	0.005301433				2376.72		
5		29/03/2016	15	12.9	0.005301433				2433.30		
6		29/03/2016	15	13	0.005301433				2452.17		
7		29/03/2016	15	12.2	0.005301433				2301.26		
8		29/03/2016	15	12.2	0.005301433				2301.26		
9		29/03/2016	15	12.5	0.005301433				2357.85		


FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

La tabla-21 muestra resultados de 9 probetas de 15cm de diámetro. Fueron hechas con hormigón de 210 kg/cm² con 15% y 30% de fibras de algodón respectivamente, obteniendo una diferencia de peso en estado fresco entre 12,7 y 13,03 kg al 15% de algodón, en cambio 12.2 y 13 kg al 30% de algodón. La masa de la mezcla con fibras celulares (algodón) tiene una trabajabilidad media, con una asentamiento de 5 cm, además la homogeneidad del material es muy buena y el peso específico promedio es 2441.69 kg/m³ y 2397.67 kg/m³ al 15% y 30% respectivamente.

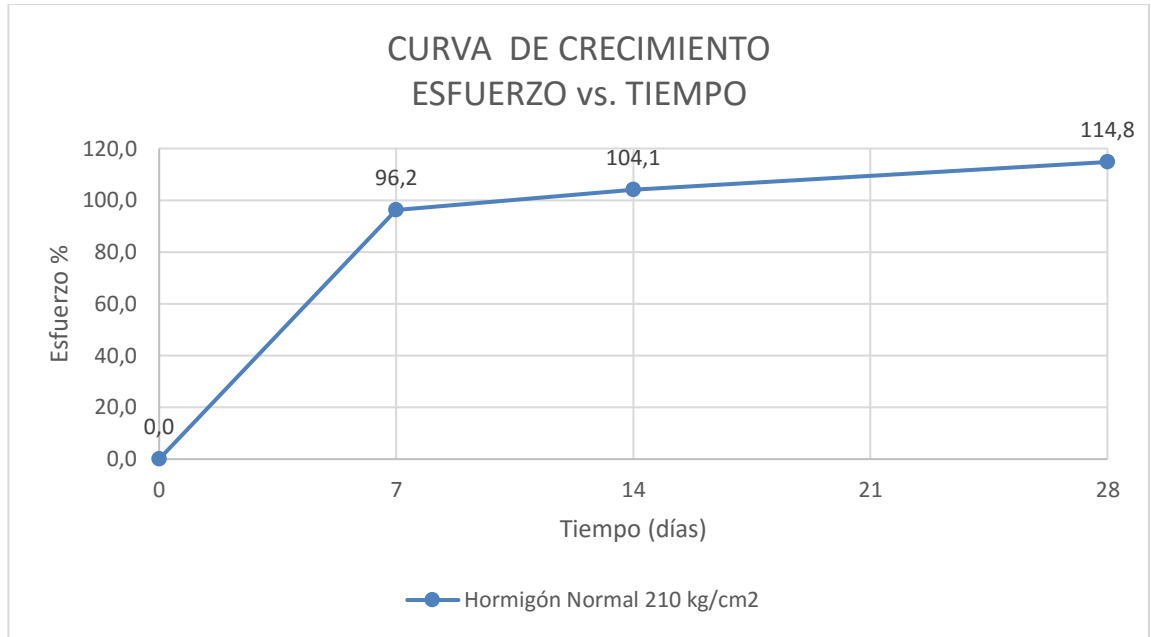
4.2.2. HORMIGÓN ENDURECIDO

Tabla-22. Propiedades del hormigón normal endurecido

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS												
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN NORMAL ENDURECIDO												
ORIGEN:		Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					fc:		210	Kg/cm ²		
REALIZADO POR:		Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016		Relación A/C:		0.51		
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)	
1	AG. GRUESO+AG. FINO +CEMENTO	28/03/2016	7	04/04/2016	150	335.4	34201.28	193.54	202.02	2452.17	2445.88	
2		28/03/2016		04/04/2016	150	365.9	37311.42	211.14		2508.75		
3		28/03/2016		04/04/2016	150	349	35588.10	201.39		2376.71		
4		28/03/2016	14	11/04/2016	150	374.2	38157.78	215.93	218.68	2448.87	2448.73	
5		28/03/2016		11/04/2016	150	380.3	38779.81	219.45		2553.4		
6		28/03/2016		11/04/2016	150	382.4	38993.95	220.66		2343.91		
7		29/03/2016	28	26/04/2016	150	437.7	44632.98	252.57	241.03	2458.87	2458.71	
8		29/03/2016		26/04/2016	150	417.3	42552.76	240.80		2408.51		
9		29/03/2016		26/04/2016	150	398.1	40594.90	229.72		2508.74		

FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-5. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal



FUENTE: Estefanía Valdiviezo


ANÁLISIS DE RESULTADOS

La tabla-22 muestra los resultados del proceso de resistencia a compresión, 3 probetas a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Se obtuvo: 7 días 202.02 Kg/cm² (96%), a los 14 días 218.68 Kg/cm² (104%) y a los 28 días 241.08 Kg/cm² (115%). Se puede observar que al pasar el tiempo el hormigón va aumentando su resistencia.

La densidad del hormigón: masa dividida para el volumen del cilindro. Con esos resultados se realizó un promedio y se obtuvo: a 7 días 2445.88 Kg/m³; a los 14 días 2448.73 Kg/m³; y 28 días 2458.71 Kg/m³

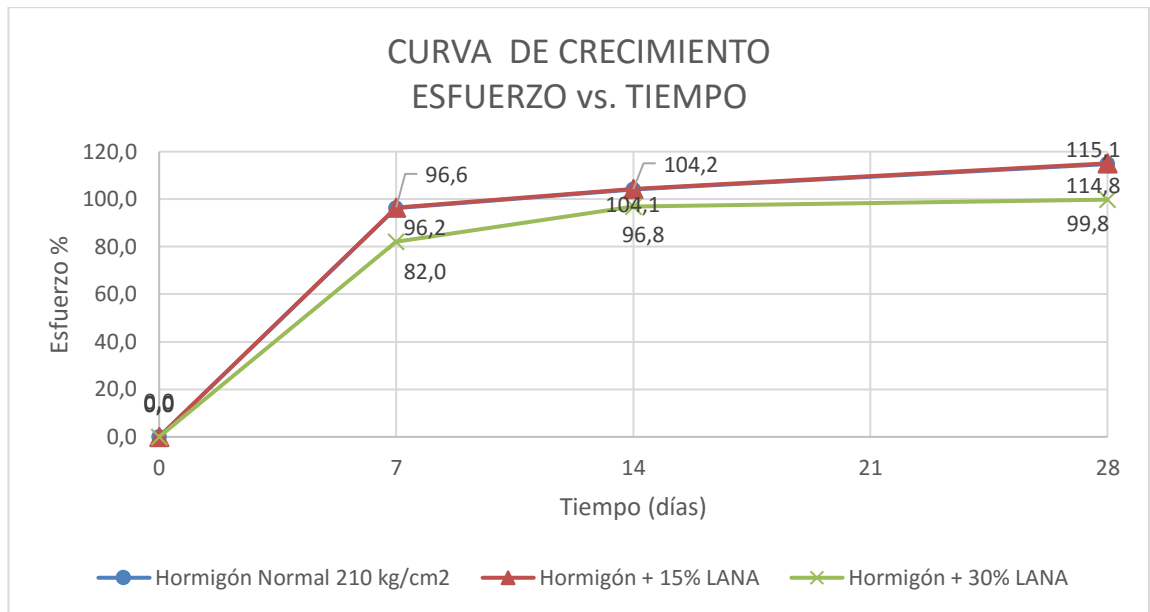
En la figura-5 podemos observar que a los 28 días el del hormigón normal, ya ha superado la resistencia de diseño propuesta de 210 kg/cm² tiene un valor de 115%. Este resultado es muy favorable para el desempeño del trabajo.

Tabla-23. Propiedades del hormigón endurecido con 15% y 30% fibras de lana

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS													
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.													
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO CON 15% Y 30% FIBRAS DE LANA													
ORIGEN:		Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza						fc:		210	Kg/cm2		
REALIZADO POR:		Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016		Relación A/C:		0.51			
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm2)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Densidad media (kg/m3)		
1	AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 15% LANA	28/03/2016	7	04/04/2016	150	342.60	34935.48	197.69	202.79	2357.85	2383.00		
2		28/03/2016		04/04/2016	150	351.50	35843.02	202.83		2357.85			
3		28/03/2016		04/04/2016	150	360.20	36730.18	207.85		2433.30			
4		AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	14	11/04/2016	150	382.40	38993.95	220.66	218.91	2386.9	2386.72	
5			28/03/2016		11/04/2016	150	375.80	38320.94	216.85		2476.8		
6			28/03/2016		11/04/2016	150	379.90	38739.02	219.22		2296.45		
7			AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	28	25/04/2016	150	422.90	43123.80	244.03	241.70	2396.65	2396.57
8				28/03/2016		25/04/2016	150	415.50	42369.21	239.76		2471.65	
9				28/03/2016		25/04/2016	150	418.20	42644.53	241.32		2321.41	
1	AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA			28/03/2016	7	04/04/2016	150	292.60	29836.90	168.84	172.27	2357.85	2370.42
2				28/03/2016		04/04/2016	150	303.00	30897.40	174.84		2376.71	
3				28/03/2016		04/04/2016	150	300.00	30591.49	173.11		2376.71	
4		AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA		28/03/2016	14	11/04/2016	150	352.20	35914.40	203.23	203.29	2376.91	2372.90
5				28/03/2016		11/04/2016	150	368.80	37607.13	212.81		2373.81	
6				28/03/2016		11/04/2016	150	335.90	34252.27	193.83		2367.98	
7			AG. GRUESO + AG. FINO/AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	28	25/04/2016	150	363.72	37089.12	209.88	209.60	2376.71	2380.93
8				28/03/2016		25/04/2016	150	346.40	35322.97	199.89		2381.54	
9				28/03/2016		25/04/2016	150	379.60	38708.43	219.05		2384.54	

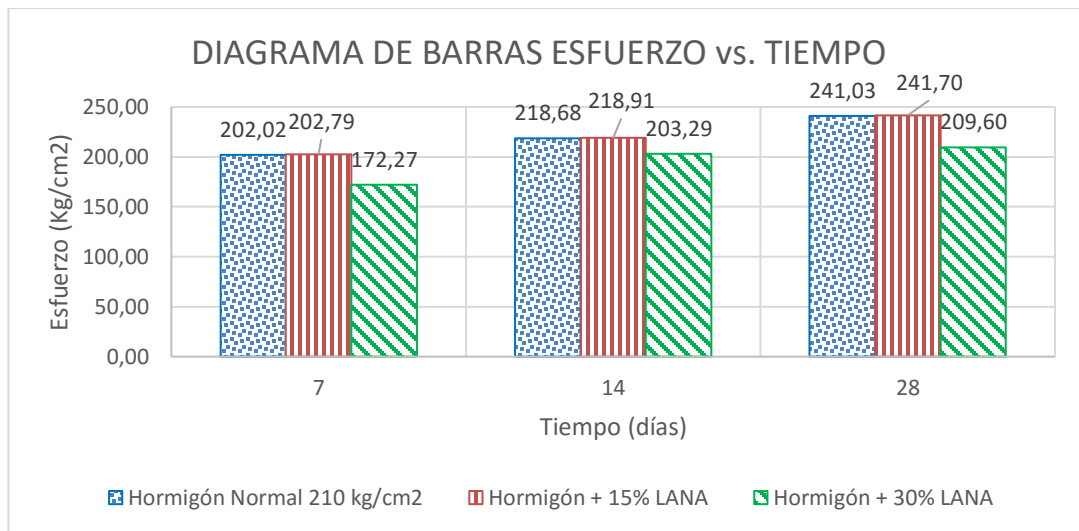
FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-6. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% y 30% lana



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-7. Diagrama de barra de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% lana.



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:


La tabla-23 muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de 3 probetas a los 7, 14 y 28 días respectivamente, al hormigón con 15% y 30% de fibras de lana de borrego.

En el ensayo de resistencia a compresión de este estudio se obtuvieron los siguientes resultados: con el hormigón con el 15% de lana a los 7 días 202.79 Kg/cm² (96.56%), a los 14 días 218.91 Kg/cm² (104.24%), a los 28 días 241.70 Kg/cm² (115.10%), y con el hormigón con 30% lana a los a los 7 días 172.27Kg/cm² (82.03%), a los 14 días 203.29 Kg/cm² (96.81%) y 28 días 209.60 Kg/cm (99.81%).

La densidad resulta: a los 7 días 2383.00 Kg/m³; a los 14 días 2386.72Kg/m³; y 28 días 2396.57 Kg/m³ para el caso del hormigón con 15% de lana. Para el hormigón con 30% de lana se consiguieron a los 7 días 2370.42Kg/m³; a los 14 días 2372.90 Kg/m³; y 28 días 2380.93Kg/m³.

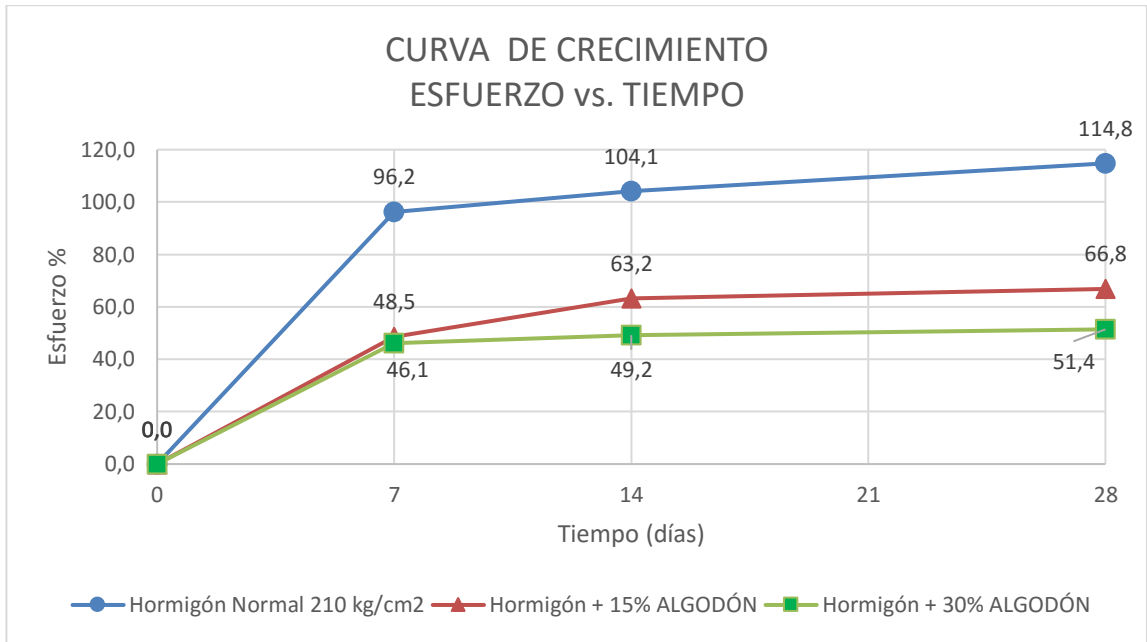
Según las figuras-6 y figura-7 de resistencia vs tiempo del hormigón con fibras proteicas (lana de borrego 15% y 30%) y un hormigón normal, se puede observar un aumento insignificante de la resistencia del hormigón con 15% de Lana a los 7, 14 y 28 días, dando como resultado 202.79 kg/cm² (96.56%), 218.91 kg/cm² (104.24%), 241.70 kg/cm² (115.10%); mientras que el hormigón normal resiste 202.02 kg/cm² (96.2%), 218.68 kg/cm² (104.1%), 241.03 kg/cm²(114.8%), respectivamente. Por lo que se establece que la resistencia del hormigón con lana al 15% aumentó alrededor de 0.3% en comparación a la resistencia de un hormigón normal. Este aumento no es muy significativo. Mientras que en el hormigón con el 30% de lana pierde su resistencia de alrededor 15%

Tabla-24. Propiedades del hormigón endurecido con 15% y 30%. Fibras de algodón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS												
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO CON 15% Y 30%.FIBRAS DE ALGODÓN												
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					fc:		210	Kg/cm2	
REALIZADO POR:			Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51		
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm2)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Densidad media (kg/m3)	
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO + 15% ALGODÓN	29/03/2016	7	05/04/2016	150	176.30	17977.60	101.73	101.92	2376.71	2414.44	
2		29/03/2016		05/04/2016	150	183.60	18721.99	105.94		2414.44		
3		29/03/2016		05/04/2016	150	170.00	17335.18	98.10		2452.16		
4		29/03/2016	14	12/04/2016	150	228.00	23249.53	131.57	132.70	2417.84	2417.54	
5		29/03/2016		12/04/2016	150	238.20	24289.64	137.45		2477.58		
6		29/03/2016		12/04/2016	150	223.70	22811.05	129.08		2357.21		
7		29/03/2016	28	26/04/2016	150	231.40	23596.23	133.53	140.36	2427.56	2427.46	
8		29/03/2016		26/04/2016	150	256.00	26104.73	147.72		2512.84		
9		29/03/2016		26/04/2016	150	242.30	24707.72	139.82		2341.99		
1	AG. GRUESO + AG. FINO + CEMENTO + 30% ALGODÓN	29/03/2016	7	05/04/2016	150	171.30	17467.74	98.85	96.90	2376.71	2370.42	
2		29/03/2016		05/04/2016	150	170.40	17375.96	98.33		2376.71		
3		29/03/2016		05/04/2016	150	162.10	16529.60	93.54		2357.85		
4		29/03/2016	14	12/04/2016	150	170.10	17345.37	98.15	103.39	2373.54	2373.36	
5		29/03/2016		12/04/2016	150	181.70	18528.24	104.85		2467.42		
6		29/03/2016		12/04/2016	150	185.70	18936.13	107.16		2279.11		
7		29/03/2016	28	26/04/2016	150	189.50	19323.62	109.35	107.96	2383.77	2383.38	
8		29/03/2016		26/04/2016	150	182.90	18650.61	105.54		2466.23		
9		29/03/2016		26/04/2016	150	188.90	19262.44	109.00		2300.15		

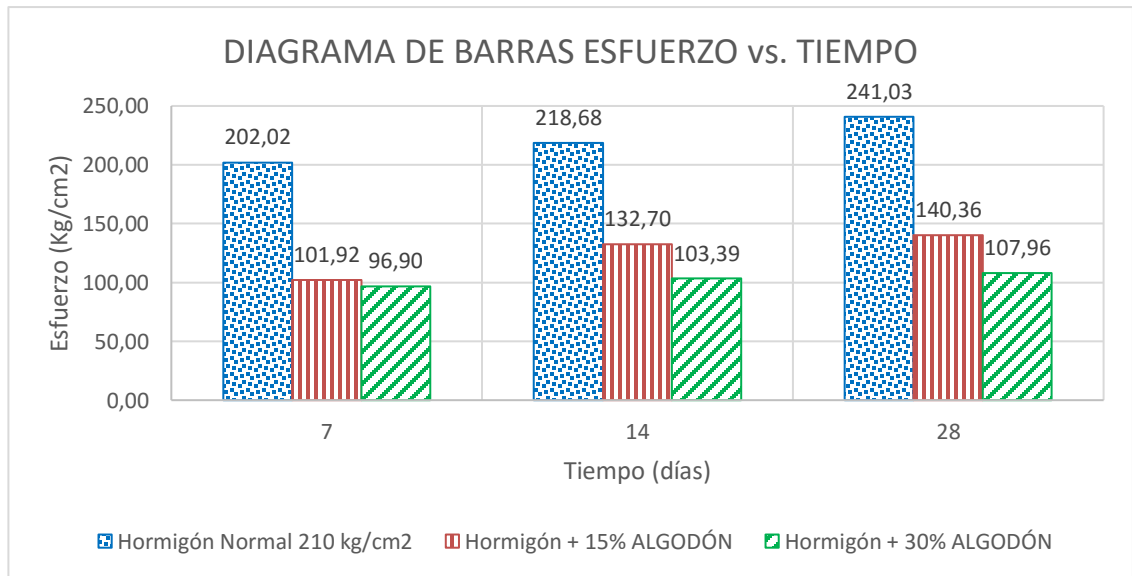
FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-8. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% de fibras de algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-9. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal y hormigón con 15% y 30% de fibras de algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

La tabla-24 indica los resultados de la prueba de resistencia a compresión de 3 probetas en los 7, 14 y 28 días respectivamente, al hormigón con 15% y 30% de fibras de algodón. Los mismos que para este estudio se obtuvo a los 7 días 101.92Kg/cm² (48.5%), a los 14 días 132.70 Kg/cm² (63.2%) y 28 días 140.36 Kg/cm² (66.8%), y con el hormigón con 30% algodón a los 7 días 96.90Kg/cm² (46.1%), a los 14 días 103.39Kg/cm² (49.2%) y 28 días 107.96Kg/cm² (51.4%).

La densidad del hormigón para el caso se obtuvo: 7 días 2414.44Kg/m³; a los 14 días 2417.54Kg/m³; y 28 días 2427.46Kg/m³ para el caso del hormigón con 15% de algodón. Para el hormigón con 30% de algodón los resultados variaron un poco: 7 días 2370.42Kg/m³; a los 14 días 2373.36 Kg/m³; y 28 días 2383.38Kg/m³.

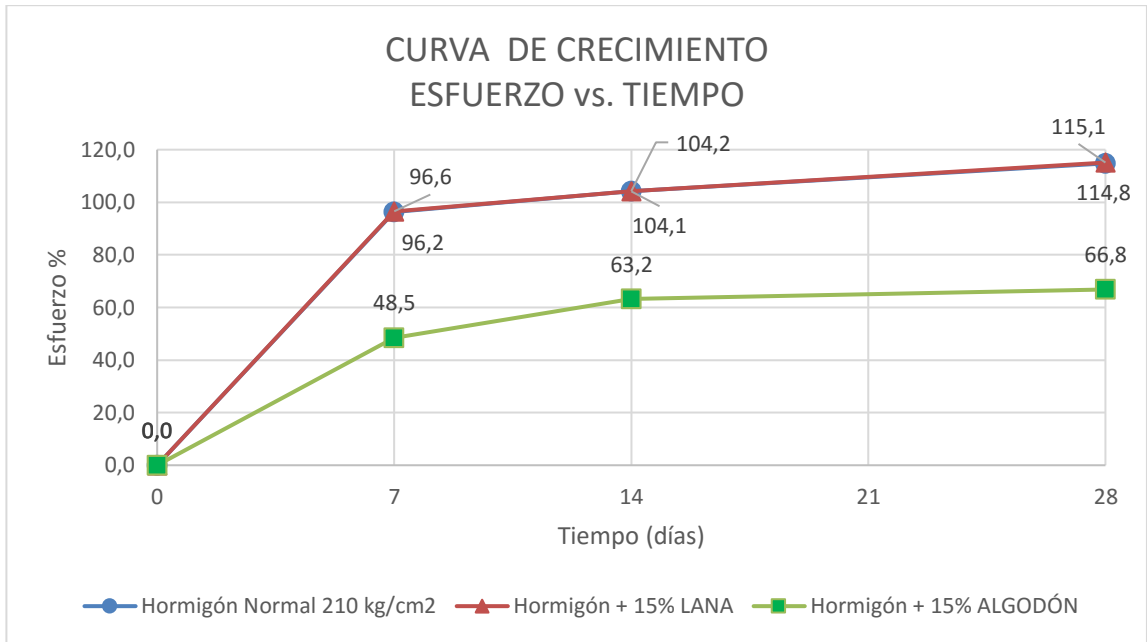
Según la gráfica resistencia vs tiempo del hormigón con fibras proteicas (algodón 15% y 30%) y un hormigón normal mostradas en las figura-8 y figura-9, se puede observar como la resistencia a compresión del hormigón con algodón disminuye drásticamente de la resistencia a compresión del hormigón normal; con el 15% de algodón a los 28 días 140.36 kg/cm² (66.8%); mientras que el hormigón normal resiste a los 28 días 241.03 kg/cm² (114.8%). El hormigón con algodón al 15% bajó alrededor de 48% en comparación a la resistencia de un hormigón normal. En cambio en el hormigón con el 30% de algodón se observa una pérdida de resistencia de alrededor 66.4%.

Tabla-25. Propiedades del hormigón endurecido normal, con 15% lana y 15% algodón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO												
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA												
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL												
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS												
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.												
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO NORMAL, CON 15% LANA Y 15% ALGODÓN												
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					fc:		210	Kg/cm ²	
REALIZADO POR:			Estefanía Valdiviezo			FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51	
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diametro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm ²)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm ²)	Densidad (kg/m ³)	Densidad media (kg/m ³)	
1	AG. GRUESO+AG. FINO +CEMENTO 15% LANA	28/03/2016	7	04/04/2016	150	335.4	34201.28	193.54	202.02	2452.17	2445.88	
2		28/03/2016		04/04/2016	150	365.9	37311.42	211.14		2508.75		
3		28/03/2016		04/04/2016	150	349	35588.10	201.39		2376.71		
4		AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 15% LANA	28/03/2016	14	11/04/2016	150	374.2	38157.78	215.93	218.68	2448.87	2448.73
5			28/03/2016		11/04/2016	150	380.3	38779.81	219.45		2553.4	
6			28/03/2016		11/04/2016	150	382.4	38993.95	220.66		2343.91	
7			28	29/03/2016	26/04/2016	150	437.7	44632.98	252.57	241.03	2458.87	2458.71
8				29/03/2016	26/04/2016	150	417.3	42552.76	240.80		2408.51	
9				29/03/2016	26/04/2016	150	398.1	40594.90	229.72		2508.74	
1	AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 15% LANA		28/03/2016	7	04/04/2016	150	342.60	34935.48	197.69	202.79	2357.85	2383.00
2			28/03/2016		04/04/2016	150	351.50	35843.02	202.83		2357.85	
3			28/03/2016		04/04/2016	150	360.20	36730.18	207.85		2433.30	
4		14	28/03/2016	11/04/2016	150	382.40	38993.95	220.66	218.91	2386.9	2386.72	
5			28/03/2016	11/04/2016	150	375.80	38320.94	216.85		2476.8		
6			28/03/2016	11/04/2016	150	379.90	38739.02	219.22		2296.45		
7		28	28/03/2016	25/04/2016	150	422.90	43123.80	244.03	241.70	2396.65	2396.57	
8			28/03/2016	25/04/2016	150	415.50	42369.21	239.76		2471.65		
9			28/03/2016	25/04/2016	150	418.20	42644.53	241.32		2321.41		
1	AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 15% ALGODÓN	29/03/2016	7	05/04/2016	150	176.30	17977.60	101.73	101.92	2376.71	2414.44	
2		29/03/2016		05/04/2016	150	183.60	18721.99	105.94		2414.44		
3		29/03/2016		05/04/2016	150	170.00	17335.18	98.10		2452.16		
4		14	29/03/2016	12/04/2016	150	228.00	23249.53	131.57	132.70	2417.84	2417.54	
5			29/03/2016	12/04/2016	150	238.20	24289.64	137.45		2477.58		
6			29/03/2016	12/04/2016	150	223.70	22811.05	129.08		2357.21		
7		28	29/03/2016	26/04/2016	150	231.40	23596.23	133.53	140.36	2427.56	2427.46	
8			29/03/2016	26/04/2016	150	256.00	26104.73	147.72		2512.84		
9			29/03/2016	26/04/2016	150	242.30	24707.72	139.82		2341.99		

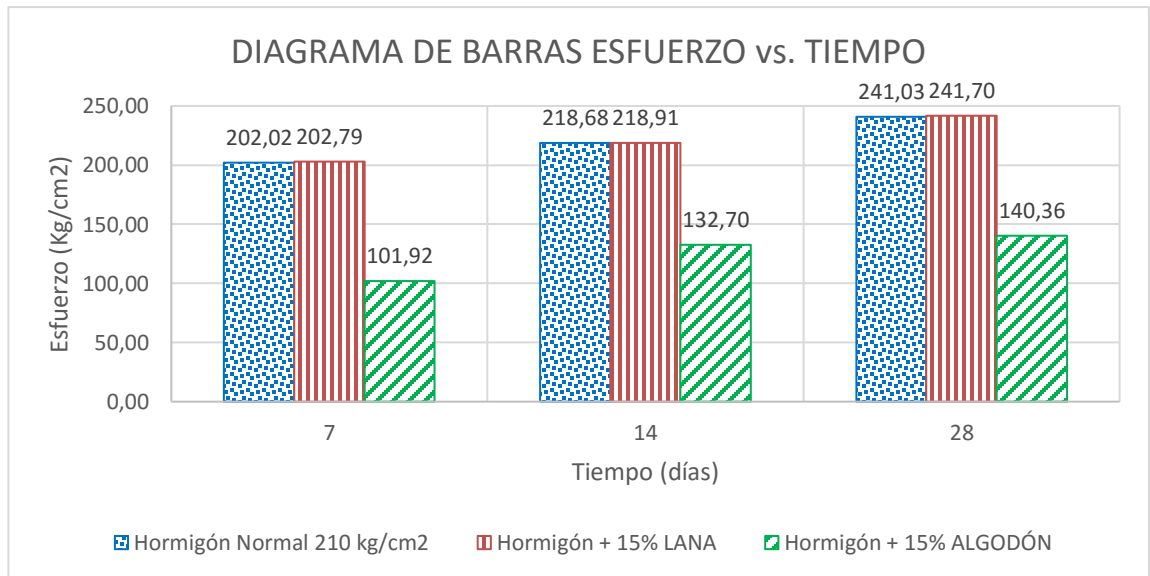
FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-10. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% lana y hormigón con 15% algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-11. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 15% lana y hormigón con 15% algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

En la tabla-25 se muestran los resultados del ensayo de resistencia a compresión del hormigón normal y del hormigón con 15% de lana de borrego y del 15% algodón, en 3 probetas a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Al comparar los resultados en este estudio se obtuvo los siguientes resultados: con el hormigón con el 15% de lana: a los 7 días 202.79 Kg/cm² (96.6%), a los 14 días 218.91 Kg/cm² (104.2%) y 28 días 241.70 Kg/cm² (115.1%). Con el hormigón con el 15% de algodón a los 7 días 101.92Kg/cm² (48.5%), a los 14 días 132.70 Kg/cm² (63.2%) y 28 días 140.36 Kg/cm² (66.8%), se puede observar una clara disminución de la resistencia, por lo que la mejor fibra es la de lana al 15%.

En cuanto a la densidad del hormigón, masa es dividida para el volumen del cilindro. Con los resultados se realiza un promedio y se obtiene: 7 días 2383.00Kg/m³; a los 14 días 2386.72Kg/m³; y a los 28 días 2396.57Kg/m³ para el caso del hormigón con 15% de lana. Para el hormigón con 15% de algodón: 7 días 2414.44Kg/m³; a los 14 días 2417.54Kg/m³; y 28 días 2427.46Kg/m³. Podemos observar que a medida del tiempo aumenta la densidad y es mayor el valor en el caso del hormigón con algodón.

En las figura-10 y figura-11 de resistencia vs tiempo del hormigón con 15% lana de borrego, 15% algodón y un hormigón normal, se puede observar un aumento insignificante de la resistencia del hormigón con 15% de lana en contraste con el hormigón de alrededor de 0.3%. Con el hormigón al 15% de algodón la resistencia a la compresión bajó alrededor de 48%.

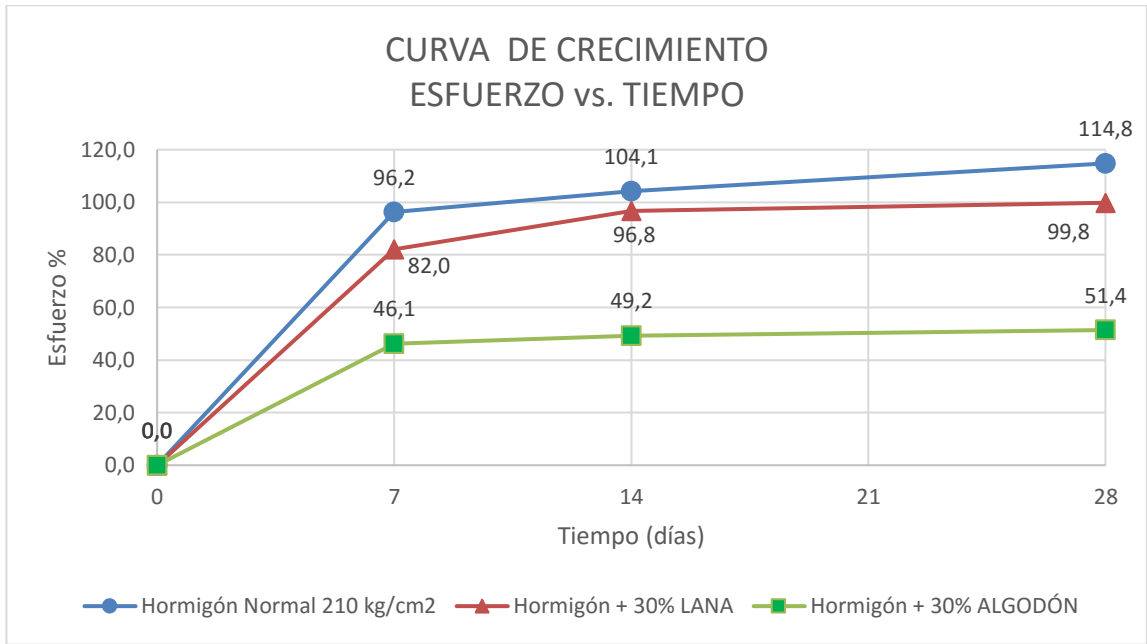
Además se puede observar una significativa pérdida de resistencia de 48.3% del hormigón fabricado con 15% fibra de algodón respecto al fabricado con 15% fibra de lana.

Tabla-26. Propiedades del hormigón endurecido normal, con 30% lana y 30% algodón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL													
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MECÁNICA DE SUELOS													
ANÁLISIS TÉCNICO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN DE CONCRETOS FABRICADOS CON FIBRA PROTEICA (LANA DE BORREGO) Y FIBRA CELULAR (ALGODÓN) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS.													
PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO NORMAL, CON 30% LANA Y 30%ALGODÓN													
ORIGEN:			Cantera Santa Isabel, Provincia de Pastaza					fc:	210	Kg/cm2			
REALIZADO POR:			Estefanía Valdiviezo		FECHA:		27/Abr/2016	Relación A/C:		0.51			
Probeta N	Mezcla	Fecha de elaboración	Edad del hormigón (días)	Fecha de ensayo	Diámetro (mm)	Carga P (kN)	Carga P (kg)	Esfuerzo a la compresión (kg/cm2)	Esfuerzo a la compresión promedio (kg/cm2)	Densidad (kg/m3)	Densidad media (kg/m3)		
1	AG. GRUESO+AG. FINO +CEMENTO	28/03/2016	7	04/04/2016	150	335.4	34201.28	193.54	202.02	2452.17	2445.88		
2		28/03/2016		04/04/2016	150	365.9	37311.42	211.14		2508.75			
3		28/03/2016		04/04/2016	150	349	35588.10	201.39		2376.71			
4		AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	14	11/04/2016	150	374.2	38157.78	215.93	218.68	2448.87	2448.73	
5			28/03/2016		11/04/2016	150	380.3	38779.81	219.45		2553.4		
6			28/03/2016		11/04/2016	150	382.4	38993.95	220.66		2343.91		
7			AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	29/03/2016	28	26/04/2016	150	437.7	44632.98	252.57	241.03	2458.87	2458.71
8				29/03/2016		26/04/2016	150	417.3	42552.76	240.80		2408.51	
9				29/03/2016		26/04/2016	150	398.1	40594.90	229.72		2508.74	
1	AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% LANA	28/03/2016	7	04/04/2016	150	292.60	29836.90	168.84	172.27	2357.85	2370.42		
2		28/03/2016		04/04/2016	150	303.00	30897.40	174.84		2376.71			
3		28/03/2016		04/04/2016	150	300.00	30591.49	173.11		2376.71			
4		AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	28/03/2016	14	11/04/2016	150	352.20	35914.40	203.23	203.29	2376.91	2372.90	
5			28/03/2016		11/04/2016	150	368.80	37607.13	212.81		2373.81		
6			28/03/2016		11/04/2016	150	335.90	34252.27	193.83		2367.98		
7			AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	28/03/2016	28	25/04/2016	150	363.72	37089.12	209.88	209.60	2376.71	2380.93
8				28/03/2016		25/04/2016	150	346.40	35322.97	199.89		2381.54	
9				28/03/2016		25/04/2016	150	379.60	38708.43	219.05		2384.54	
1	AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	29/03/2016	7	05/04/2016	150	171.30	17467.74	98.85	96.90	2376.71	2370.42		
2		29/03/2016		05/04/2016	150	170.40	17375.96	98.33		2376.71			
3		29/03/2016		05/04/2016	150	162.10	16529.60	93.54		2357.85			
4		AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	29/03/2016	14	12/04/2016	150	170.10	17345.37	98.15	103.39	2373.54	2373.36	
5			29/03/2016		12/04/2016	150	181.70	18528.24	104.85		2467.42		
6			29/03/2016		12/04/2016	150	185.70	18936.13	107.16		2279.11		
7			AG. GRUESO + AG. FINO +CEMENTO+ 30% ALGODÓN	29/03/2016	28	26/04/2016	150	189.50	19323.62	109.35	107.96	2383.77	2383.38
8				29/03/2016		26/04/2016	150	182.90	18650.61	105.54		2466.23	
9				29/03/2016		26/04/2016	150	188.90	19262.44	109.00		2300.15	

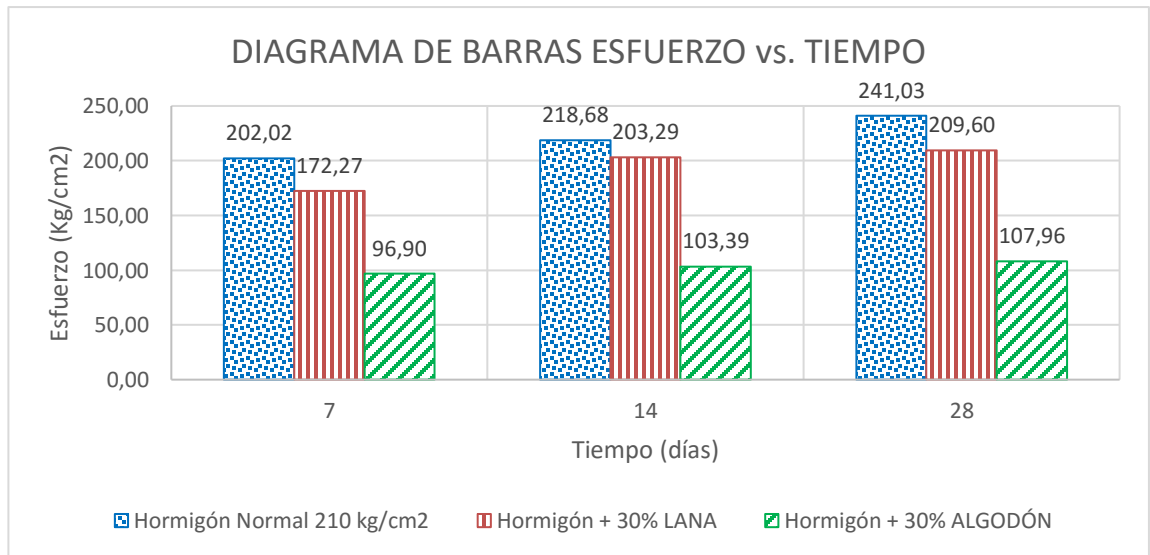
FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-12. Curva de crecimiento del esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 30% lana y hormigón con 30% algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

Figura-13. Diagrama de barras de esfuerzo vs tiempo de hormigón normal, hormigón con 30% lana y hormigón con 30% algodón



FUENTE: Estefanía Valdiviezo

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

La tabla-26 indica los resultados del ensayo de resistencia a la rotura por compresión de 3 probetas a los 7, 14 y 28 días respectivamente, del hormigón normal y hormigón con 30% de fibras de lana de borrego y 30% de algodón.

Como promedio de este estudio se obtuvieron los siguientes resultados: con el hormigón con 30% lana a los 7 días 172.27Kg/cm² (82%), a los 14 días 203.29 Kg/cm² (96.8%) y 28 días 209.60 Kg/cm² (99.8%). Con el hormigón con 30% algodón a los 7 días 96.90Kg/cm² (46.1%), a los 14 días 103.39Kg/cm² (49.2%) y 28 días 107.96Kg/cm² (51.4%).

La densidad, se obtiene dividiendo la masa para el volumen del cilindro. Con los resultados se hace un promedio y para el caso se obtiene: a los 7 días 2370.42Kg/m³; a los 14 días 2372.90 Kg/m³; y 28 días 2380.93Kg/m³ para el caso del hormigón con 30% de lana. Para el hormigón con 30% de algodón se obtuvo: a los 7 días 2370.42Kg/m³; a los 14 días 2373.36 Kg/m³; y 28 días 2383.38Kg/m³. A medida que pasó el tiempo aumentó la densidad y fue mayor el valor en el caso del hormigón con algodón.

La figura-12 y la figura-13 muestran la resistencia vs tiempo del hormigón con 30% lana de borrego, 30% algodón y un hormigón normal, donde se observa una pérdida de resistencia del hormigón del 30% de lana de alrededor 15% comparando la resistencia del hormigón normal. En el hormigón con el 30% de algodón se observa una pérdida de resistencia en cambio de 63.4%. Además se puede observar una significativa pérdida de resistencia del hormigón fabricado con 30% fibra de algodón con respecto al hormigón con 30% fibra de lana, alrededor de 48.4%. Por lo que mejor es la utilización de la fibra de lana al 30%, sin embargo no supera al hormigón normal.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Al inicio de este Proyecto Experimental se planteó la hipótesis. La analizaremos a continuación para determinar su efectividad:

“El concreto fabricado con fibra proteica (lana de borrego) como elemento fibroso es más resistente a la compresión que el concreto fabricado con fibra celular (algodón)”

Por medio de los ensayos a compresión realizados con diferentes muestras de hormigón normal y con fibra natural (lana de borrego y algodón), se determinó que existe una variación del 0,3% entre la resistencia a la rotura por compresión de un hormigón fibroso natural de lana de borrego con el hormigón normal, con un volumen de aplicación del 15% de volumen de hormigón. Es importante recalcar que el hormigón que se realizó es de 210kg/cm² y la fibra fue añadida como un elemento extra.

Se debe indicar que la resistencia disminuyó 15% cuando se aplicó el 30% de volumen de lana de borrego al hormigón en el cilindro, dejando mucho más claro que el uso de la lana, como elemento para aumentar la resistencia, no es efectivo.

Por otra parte, el experimento realizado con fibra celular, algodón, dio como resultado resistencias menores a las de un hormigón normal, al aplicar el 15% de volumen de algodón se obtuvo una pérdida de resistencia de 48%; y al aplicar 30% de algodón al hormigón, éste perdió la resistencia en un 63.4%. Estos porcentajes son muy significativos, lo que ayuda a determinar que este elemento fibroso disminuye la resistencia y no es útil para la construcción.

Por lo tanto se verifica la hipótesis según lo planteado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis técnico comparativo del comportamiento a compresión de concretos fabricados con fibras de lana de borrego y algodón como una alternativa sostenible de aprovechamiento de recursos.

- Se ensayó a compresión las probetas de concreto de 210 kg/cm² fabricadas con 15% y 30% de fibra proteica y celulosa. Los resultados muestran que la influencia de la fibra natural en la resistencia a la rotura por compresión en el concreto es directa; dependiendo del tipo, volumen y protección que se le proporcione a la fibra natural.

- A mayor volumen de fibra en el hormigón, disminuye su resistencia. Los hormigones hechos con el 30% de fibra de lana de borrego y 30% de fibra de algodón disminuyeron alrededor de 15% y 63.4% respectivamente, de un hormigón normal.

- El hormigón hecho con 15% de fibra de algodón, disminuyó en su resistencia alrededor de 48%.

- El hormigón fabricado con el 15% de fibra de lana de borrego aumentó 0.3% de la resistencia del hormigón normal. Este resultado no es significativo.
- El hormigón fabricado con 15% de fibra de algodón, respecto a un hormigón con 15% de fibra de lana, perdió alrededor del 48.3% de la resistencia a compresión.
- El hormigón fabricado con 30% fibra de algodón respecto al hormigón con 30% de fibra de lana perdió alrededor del 48.4%.de la resistencia a compresión.
- Se determinó la efectividad técnica del comportamiento de los concretos alternativos, siendo el más efectivo el hormigón fabricado con 15% lana.
- El rendimiento de las fibras de lana fueron superiores a las del algodón en lo que a compresión concierne.
- Entre los dos concretos planteados como alternativos, el concreto realizado con lana de borrego es más resistente que el hecho con algodón. Este hecho pudo haberse dado porque el algodón es extremadamente absorbente, retuvo el agua del concreto, lo que no permitió un fraguado correcto y por lo tanto disminuyó la resistencia

- La fibra de algodón en el hormigón disminuye de manera excesiva la resistencia a compresión, este resultado puede deberse a que el algodón absorbió una alta cantidad de ácido esteárico, al momento de proteger la fibra y por ende la resistencia a compresión bajó muy significativamente. En la investigación titulada: *“Effect on Strength of Concrete Incorporating Cotton Fiber and Silica Fume”*, se utiliza algodón, humo de sílice, y plastificante Conflow SP en un hormigón de 200 kg/cm², se obtiene un incremento del 8% en resistencia a compresión cuando se añadió el 0,4% de algodón en peso. [34] Estos resultados evidencian que el algodón puede ser un elemento que ayude a la resistencia en el hormigón y el componente químico más efectivo para su durabilidad es el humo de sílice y no el ácido esteárico, de acuerdo a lo citado anteriormente.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para próximos estudios realizar un hormigón con fibras proteicas (lana de borrego) en porcentajes menores al 15% de volumen.
- Buscar otro método de protección para las fibras de algodón. No protegerlas con ácido esteárico (sustancia química propuesta en el presente proyecto para mejorar la durabilidad de la fibra natural) ya que el algodón posee gran capacidad de absorción, y afecta muy negativamente a la resistencia a la rotura por compresión del hormigón.
- Curar el hormigón con técnicas alternativas, ya que al ser expuesto al curado en agua permanentemente, las fibras naturales protegidas con ácido esteárico, absorben agua y su masa pierde la dureza. Por ende las propiedades del material podrían variar.
- Realizar estudios de resistencia a flexión en próximos estudios.

6. REFERENCIAS

- [1] R. MANNISE, «Ecocosas Difundiendo conocimientos ecológicos,» 16 07 2012. [En línea]. Available: <http://ecocosas.com/arq/el-adobe/>. [Último acceso: 27 10 2015].
- [2] R. Winterberg, Interviewee, *Los refuerzos del concreto*. [Entrevista]. 2008.
- [3] A. FERNÁNDEZ MUERZA, «EROSKI CONSUMER,» 28 05 2009. [En línea]. Available: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/naturaleza/2009/05/28/185603.php. [Último acceso: 19 10 2015].
- [4] RAE, Real Academia de la Lengua Española.
- [5] A. NEVILLE, *Properties of Concrete*, Pitman Publishing Limited.
- [6] M. ROMO, «Temas de Hormigón Armado,» ESPE, Quito .
- [7] J. Y. S. Mindess, *Concrete*, EEUU: Prentice Hall, 1981.
- [8] M. F. Carrasco, «Tecnología del hormigón,» de *UNIDAD 6: PROPIEDADES DE LA MEZCLA FRESCA DE HORMIGÓN*, Santa Fe, 2013, pp. 1-37.
- [9] E. h, «Notas del hormigón armado,» 14 abril 2011. [En línea]. Available: <http://notasdehormigonarmado.blogspot.com/2011/04/propiedades-del-hormigon-fresco.html>. [Último acceso: 08 agosto 2016].
- [10] R. A. Española, «Diccionario,» [En línea]. Available: <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=M5bBiN5jaDXX2FW11FB8>. [Último acceso: 24 noviembre 2015].
- [11] P. JIMENEZ, *Hormigón Armado*, Barcelona: Gustavo Gili, 2001.
- [12] F. CASSINELLO, *Construcción Hormigonería*, Editorial Rueda.
- [13] M. Romo, *Temas de Hormigón Armado*, Escuela Politécnica del Ejercito.
- [14] P. Jimenez, «Hormigón Armado,» Gustavo Gili 14 Edición.
- [15] IMCYC, «Pruebas de Resistencia a la Compresion del Concreto,» *El Concreto en la Obra, Problemas, Causas y Soluciones*, vol. Cinco, pp. 20,21, 2006.

- [16] V. Autores, *Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón*, MACCAFERRI.
- [17] U. Reyes, «Concreto Reforzado con fibra de Bagazo de Caña,» Veracruz, 2008.
- [18] A. C. 544, *State-of-the-art on Fiber Reinforced Concrete Part 5*, 2002.
- [19] A. MOHANTY, *Natural Fibers, Biopolymers and Biocomposites*, Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005.
- [20] A. A. d. H. Elaborado, «www.aneicargentina.com.ar,» 12 10 2014. [En línea]. Available: <http://www.aneicargentina.com.ar/#!Fibras-Su-utilizaci%C3%B3n-en-Hormigones-y-Morteros/c531/0395CEF6-A1B6-41F0-8C02-CD923F6B0CB7>. [Último acceso: 13 05 2016].
- [21] M. d. Ambiente, «Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador,» Quito - Ecuador.
- [22] J. d. Mena, «mimbrea,» [En línea]. Available: <http://www.mimbrea.com/materiales-de-rapida-renovacion-para-la-construccion/>. [Último acceso: 08 04 2016].
- [23] G. Wadel, «Aislamientos térmicos renovables y reciclados de lana de oveja y algodón: Un aporte a la construcción sostenible,» Barcelona.
- [24] Artesanum, «www.artesanum.com/definiciones,» [En línea]. Available: <http://www.artesanum.com/definicion-lana-543.html>. [Último acceso: 13 mayo 2016].
- [25] K. Schuster, «Materias primas textiles,» Calastó - Barcelona, 1955.
- [26] RED TEXTIL, «RED TEXTIL,» [En línea]. Available: <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/component/content/article/103.html>. [Último acceso: 21 06 2016].
- [27] R. Vega, «Diario de un granjero de ciudad,» 08 06 2012. [En línea]. Available: <http://p-rosso.blogspot.com/2012/06/lana-de-oveja-en-construccion-y-otros.html>. [Último acceso: 12 01 2016].
- [28] J. P. Nuñez, *ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS PREVIOS A LA TINTURA DE ALGODÓN 100% CON COLORANTES REACTIVOS.*, Ibarra, Ecuador: Tesis, 2005.
- [29] O. P. R. ELIZABETH, *TINTURA ALTERNATIVA EN HILOS DE*, Ibarra, Ecuador: Tesis, 2013.

- [30] P. Thomsom, Diccionario de especialidades Farmacéuticas, 2001.
- [31] L. Requena, Vamos a estudiar Química Orgánica, Ediciones ENEVA, 2001.
- [32] «Jabonarium,» [En línea]. Available: <http://www.jabonariumshop.com/acido-estearico-o-estearina>. [Último acceso: 18 02 2016].
- [33] A. C. /. C. -. 16, *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, United States: ASTM International, 2016.
- [34] A. Saurabh, «Effect on Strength of Concrete Incorporating Cotton Fiber and Silica Fume,» IJSRD/Vol. 2/Issue , Dahod (Gujarat), India, 20014.
- [35] T. Prefabricados, «<http://www.prefabricadosteide.com/>,» 16 mayo 2013. [En línea]. Available: <http://www.prefabricadosteide.com/historia-del-hormigon/>. [Último acceso: 13 mayo 2016].
- [36] M. F. Carrasco, «UNIDAD 6: PROPIEDADES DE LA MEZCLA FRESCA DE HORMIGON,» de *Tecnología del Hormigón* , Santa Fe, 2013, pp. 1-37.

7. ANEXOS

Ensayos aplicados al Agregado Fino

Fotografía 1



Peso de muestra de suelo en la balanza

Fotografía 2



Muestras de agregado fino listas para ser introducidas en el horno
(Ensayo de capacidad de absorción)

Fotografía 3



Realización del ensayo densidad real de la arena

Fotografía 4



Ensayo de granulometria de la arena

Ensayos aplicados al Agregado Grueso

Fotografía 5



Muestras de agregado grueso listas para ser introducidas en el horno (Ensayo de capacidad de absorción).

Fotografía 6



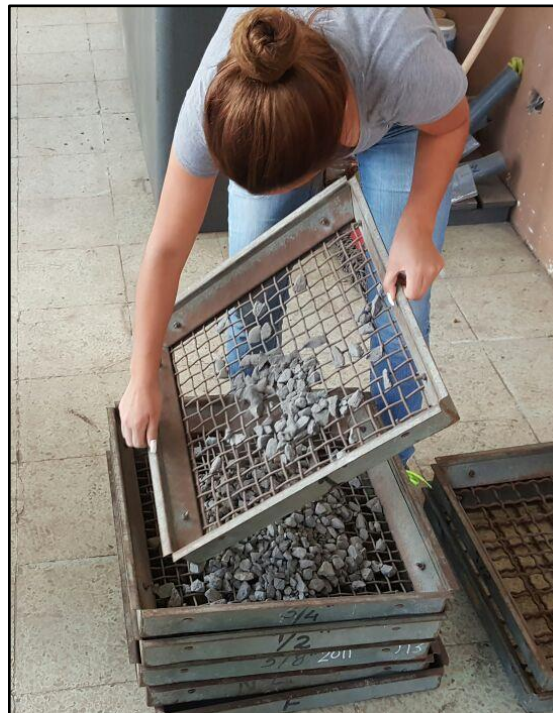
Realización del ensayo de densidad aparente suelta y compactada de agregado

Fotografía 7



Balanza calibrada y en posición para realizar el ensayo de densidad real del agregado grueso

Fotografía 8



Proceso de tamizado del agregado grueso

Fotografía 9



Orden de los tamices para el ensayo de granulometría del agregado grueso

Tratamiento a las fibras

Fotografía 10



Ácido esteárico en proceso de dilución a baño maría

Fotografía 11



Fibras de Lana de borrego en protección con ácido esteárico

Fotografía 12



Fibras de algodón en protección con ácido esteárico

Fotografía 13



Proceso de corte de las fibras de algodón

Fotografía 14



Dosificación de las fibras al 15% y 30% del volumen del cilindro

Elaboración de las Probetas de hormigón y rotura

Fotografía 15



Agregados fino y grueso, y cemento listos para el proceso de mezcla y obtención del hormigón

Fotografía 16



Obtención del hormigón de manera directa desde la concretetera.

Fotografía 17



Cilindros de hormigón fresco con su respectiva etiqueta de identificación

Fotografía 18



Cilindros de hormigón en la cámara de curado

Fotografía 19



Probeta de hormigón con fibras de algodón vistas y dispersas.

Fotografía 20



Probeta de hormigón con fibras de algodón vistas. Luego de sacar del curado las probetas hechas con fibra de lana y algodón, se evidenció que, el ácido esteárico al ser expuesto en agua, su material sólido fue transformando en una masa blanda con textura muy parecida a un jabón.

Fisuras por compresión en probetas tipo

Fotografía 21



Probeta de hormigón normal: Falla o fractura en la parte superior ocurre comúnmente en cabezales no adheridos.

Fotografía 22



Probeta de hormigón con 15% de lana: Falla o fractura en la parte inferior (ocurre) comúnmente en cabezales no adheridos.

Fotografía 23



Probeta de hormigón con 30% de lana: Falla o fractura por corte diagonal con fisuras en forma de cono en el extremo inferior.

Fotografía 24



Probeta de hormigón con 15% de algodón: Fallas o fracturas verticales encolumnadas a través de ambos extremos.

Fotografía 25



Probeta de hormigón con 30% de algodón: Falla o fracturas verticales desde la parte media hacia el inferior. Fracturas en la parte media del cilindro, así también en la parte lateral derecha inferior del cilindro.