



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES



Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

**MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO
SUSTENTABLE**

TÍTULO DE TESIS

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL”**

AUTOR: Ing. Hernán Fabricio Alvarado Romero

DIRECTORA: Ing. Emperatriz Isabel Bailón Abad, Mg. Sc.

**LOJA – ECUADOR
2014**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



INGENIERA CIVIL Mg. Sc. EMPERATRIZ ISABEL BAILÓN ABAD,
DOCENTE INVESTIGADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Que el Ing. HERNAN FABRICIO ALVARADO ROMERO, realizó la investigación de la Tesis de Maestría “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL”, con mi dirección y asesoría; y, una vez cumplida su consolidación, sistematización y análisis de resultados, así como esclarecidas las observaciones e incorporadas la sugerencias, autorizo su presentación, por cumplir con los requisitos exigidos para estudios de cuarto nivel por parte de la Universidad Nacional de Loja.

Loja, 30 de septiembre de 2014

Ing. Emperatriz Isabel Bailón Abad, Mg. Sc.



AUTORÍA

Yo, Hernán Fabricio Alvarado Romero, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-biblioteca Virtual.

AUTOR: Hernán Fabricio Alvarado Romero

FIRMA: .....

CÉDULA: 1103035547

FECHA: 30 de septiembre de 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, Hernán Fabricio Alvarado Romero. Declaro se autor de la Tesis titulada: "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL", como requisito para optar al Grado de **MAGISTER EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 30 días del mes de septiembre del dos mil catorce.

FIRMA:.....

CÉDULA: 1103035547

DIRECCIÓN: Loja. Barrio Época. Calles Estados Unidos 32-21 y Avenida de los Paltas

CORREO ELECTRÓNICO: fabricioalvarado2@yahoo.es

TELÉFONO: 2107062

CELULAR: 0989727667

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Emperatriz Isabel Bailón Abad, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO:

Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc.

(Presidente)

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

(Vocal)

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

(Vocal)



DEDICATORIA

De manera especial a mis padres e hijos por todo lo que constituyen en mi vida.

A mis hermanas quienes de una forma desinteresada me han ayudado a cumplir con las metas y objetivos que me he planteado en la vida.

Fabricio



AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento muy especial a la Ingeniera Emperatriz Bailón Abad, Directora de Tesis, por haber aportado con sus conocimientos y sugerencias en el desarrollo de la presente tesis.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la consecución de esta meta, de manera especial a:

A mis padres Martha Isabel y Hernán Bolívar, por su apoyo y contribución permanente en mi formación personal y profesional.

A mis hijos: Maris Jariel, Fabricio Josué, por brindarme todo su amor y a Hernán Antonio que desde el cielo vela por nosotros.

A mis hermanas porque siempre están a mi lado en todo momento.

A la Universidad Nacional de Loja, entidad que nos dio la oportunidad de emprender en esta formación de cuarto nivel, y específicamente al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, por abrirnos sus aulas para realizar con éxito nuestros estudios.

Al Ingeniero Héctor Maza, docente de la UNL, del laboratorio de Dendrocronología y Anatomía de la Madera, por permitirme hacer uso del laboratorio a su cargo.

A todos los profesores, por impartir sin egoísmos todos sus conocimientos y a mis compañeros del Programa de Maestría por brindarme su amistad y camaradería en todo momento



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN.....	3
3. INTRODUCCIÓN.....	7
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
4.1. Desarrollo sustentable.....	14
4.2. La Pobreza.....	16
4.2.1. La problemática de la pobreza en América Latina.....	17
4.2.2. La problemática de la pobreza en Ecuador.....	20
4.2.3. La pobreza y su impacto en la vivienda.....	21
4.2.3.1. El problema de la vivienda en América Latina.....	22
4.2.3.2. La problemática de la vivienda en Ecuador y la acción estatal.....	25
4.2.3.3. La problemática de la vivienda en la provincia de Loja.....	30
4.3. El desarrollo tecnológico de los materiales de construcción.....	31
4.3.1. Materiales de Construcción Prefabricados.....	34
4.4. El desarrollo e importancia de la tecnología.....	36
4.4.1. El desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de los recursos naturales de la región Sur del Ecuador.....	36
4.5. El hormigón o Concreto.....	39
4.5.1. Generalidades.....	39
4.5.1.1. Clasificación de los hormigones.....	39
4.5.1.2. Propiedades físicas del hormigón simple.....	42
4.5.1.3. Dosificación de Hormigones.....	43



4.5.2. Estudio de los materiales componentes del hormigón	48
4.5.2.1. El cemento.....	48
4.5.2.2. Los Áridos.....	54
4.5.2.3. El agua	57
4.6. El uso de las fibras en hormigones	58
4.6.1. Generalidades	58
4.6.2. Clasificación de las Fibras	61
4.6.3. Aspectos fundamentales de la Teoría de los Hormigones armados con fibras 64	
4.6.4. Eficiencia de las fibras (S)	65
4.6.5. Fracción de volumen de refuerzo (Vf).....	67
4.6.6. Superficie Específica (Se)	68
4.6.7. Durabilidad de la fibra.....	69
4.6.8. Propiedades mecánicas de los hormigones fibroreforzados	71
4.6.8.1. Comportamiento a Tracción.....	71
4.6.8.2. Comportamiento a Flexión	73
4.6.9. Propiedades físicas	73
4.6.10. Fibra orgánica de Ecuador: Iriartea deltoidea	74
4.6.11. Hormigón Reforzado con “Pambil”	77
5. MATERIALES Y METODOS.....	79
5.1. Métodos utilizados durante el proceso investigativo	79
5.1.1. Diseño del experimento.....	81
5.2. Equipamiento utilizado	84
5.3. Materia prima.....	86
5.3.1. Cemento.....	86



5.3.2. Materiales Pétreos	87
5.3.2.1. Análisis de las propiedades de los materiales pétreos	91
5.3.3. Análisis de las propiedades de la fibra de refuerzo.....	98
5.3.3.1. Propiedades físicas de la Iriarte deltoidea	98
5.3.3.2. Propiedades mecánicas de la Iriarte deltoidea.....	100
5.3.3.3. Características anatómicas de la fibra	103
6. RESULTADOS	104
6.1. Materia prima.....	104
6.1.1. Materiales Pétreos	104
6.1.2. Análisis de las propiedades de la fibra de refuerzo.....	110
6.2. Resultados de la experimentación.....	117
6.2.1. Resistencia a la compresión.....	117
6.2.2. Resistencia a la flexión.....	119
7. DISCUSIÓN.....	121
7.1. Materiales Pétreos	121
7.1.1. Árido fino.....	121
7.1.2. Árido grueso.....	123
7.2. Diseño del hormigón utilizado en la investigación.....	124
7.3. Fibra de refuerzo	125
7.4. Análisis e interpretación de resultados de hormigón simple con adición de fibra	131
8. CONCLUSIONES	135
9. RECOMENDACIONES.....	137
10. BIBLIOGRAFÍA	138
11. ANEXOS.....	141



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 4.1 . TIPO DE FINANCIAMIENTO DEL ESTADO PARA VIVIENDA RURAL Y URBANO	
MARGINAL.....	29
TABLA 4.2. FINANCIAMIENTO PARA VIVIENDA URBANA	29
TABLA 5.1. TIPOS DE MEZCLAS REALIZADAS Y NOMENCLATURA UTILIZADA PARA SU	
IDENTIFICACIÓN.....	83
TABLA 5.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO ROCAFUERTE, PORTLAND TIPO IP86	
TABLA 6.1. GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO FINO	105
TABLA 6.2. GRANULOMETRÍA DEL ÁRIDO GRUESO	107
TABLA 6.3. DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL ÁRIDO FINO	108
TABLA 6.4. DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL ÁRIDO FINO	108
TABLA 6.5. DENSIDAD APARENTE SUELTA DEL ÁRIDO GRUESO.....	109
TABLA 6.6. DENSIDAD APARENTE COMPACTADA DEL ÁRIDO GRUESO.....	109
TABLA 6.7.DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO ACI.....	109
TABLA 6.8.DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO DE LA DENSIDAD MÁXIMA	
.....	110
TABLA 6.9.DENSIDAD CONTENIDO DE HUMEDAD Y CONTRACCIÓN	111
TABLA 6.10. RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.....	111
TABLA 6.11. RESULTADOS DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA PROBETA DE IRIARTEA	
DELTOIDEA	112
TABLA 6.12. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS	
DE LA FIBRA DE PAMBIL.	116



TABLA 6.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DEL PAMBIL.	117
TABLA 6.14. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDRO A 7 DÍAS DE CURADO.....	118
TABLA 6.15. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDRO A 28 DÍAS DE CURADO	118
TABLA 6.16. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A LA FLEXIÓN DE LAS PROBETAS PRISMÁTICAS A 28 DÍAS DE CURADO	119



ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 6.1. CURVA GRANULOMETRICA DEL ÁRIDO FINO	106
GRAFICO 6.2. GRANULOMETRIA DEL ÁRIDO GRUESO	107
GRAFICO 6.3. RESULTADOS DE LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA	112
GRAFICO 6.4. RESULTADOS DE LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA PROBETA DE IRIARTEA DELTOIDEA	113
GRAFICO 6.5. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS ENSAYADOS A 7 DÍAS.	118
GRAFICO 6.6. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS ENSAYADOS A 28 DÍAS.	119
GRAFICO 6.7. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A FLEXIÓN DE LAS VIGAS ENSAYADAS A 28 DÍAS.	120
GRAFICO 7.1. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS ENSAYADOS A 7 DÍAS.	131
GRAFICO 7.2. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN DE LOS CILINDROS ENSAYADOS A 28 DÍAS.	132
GRAFICO 7.3. RESULTADO DE LAS PRUEBAS A FLEXIÓN DE LAS VIGAS ENSAYADAS A 28 DÍAS.	133



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4.1. IRIARTEA DELTOIDEA. A. VISTA DE UNA POBLACIÓN EN LA VEREDA VERDEYACO (CAUCA). B. PALMA ADULTA. C. DETALLE DE LA MADERA.....	76
FIGURA 4.2. PRODUCTOS ELABORADOS A PARTIR DE <i>IRIARTEA DELTOIDEA</i> EN MOCOA, COLOMBIA. A. ARETES. B. PORTAVASOS CON APLIQUE DE MADERA DE LAURACEAE. C. INDIVIDUALES. D. SILLA PLEGABLE. E. PISOS DE LISTONES. F. CUADRO CON MADERA TALLADA. G. BANDEJA LACADA. H. CENTRO DE MESA Y FIGURAS DECORATIVAS. I. TARJETERO.	76
FIGURA 5.1. EQUIPO UTILIZADO EN LABORATORIO: A. PARA ENSAYO COMPRESIÓN. B. ENSAYO FLEXIÓN. C. MOLDE PARA PRUEBAS DE COMPRESIÓN. D. MOLDE PARA PRUEBAS DE FLEXIÓN. E. CONO DE ABRAMS. F. CONCRETERA. G. BALANZA DE PRECISIÓN. H. CALIBRADOR. I. TAMICES PARA PREPARACIÓN DE FIBRA	85
FIGURA 5.2. ZONA DE CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS.....	90
FIGURA 5.3. MAPA 1: CONCESIÓN JUNIOR.....	90
FIGURA 5.4. MAPA 2: CONCESIÓN LA FLACA.....	91
FIGURA 5.5. ÁRIDO FINO EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO.	93
FIGURA 5.6. DETERMINACIÓN DE LA MASA DEL ÁRIDO GRUESO EN EL AGUA.	95
FIGURA 5.7. TOMA DE DATOS DE LAS PROBETAS.	99
FIGURA 5.8. TOMA DE DATOS DE LAS PROBETAS.	99
FIGURA 5.9. TOMA DE DATOS DE LAS PROBETAS.	100
FIGURA 5.10. ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.	101
FIGURA 5.11. EQUIPO PARA ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA EN MADERAS	102



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



FIGURA 5.12. ENSAYO FLEXION ESTATICA.	102
FIGURA 6.1. TAMAÑO DE FIBRA DE LA FIBRA DE PAMBIL	114
FIGURA 6.2. DIÁMETRO DE LUMEN DE LA FIBRA DE PAMBIL.....	114
FIGURA 6.3. DIÁMETRO DE LA FIBRA DE PAMBIL.	115



1. TÍTULO

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON
ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL”**



2. RESUMEN

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL”

En la segunda década del siglo XXI, la vivienda todavía juega un papel decisivo en la calidad de vida de la población de los países en vías de desarrollo y representa la principal inversión y el patrimonio más importante de las familias de ingresos medio y bajo, sin embargo a pesar de reconocer su importancia, los déficits registrados para los países de América Latina, son superiores a 25 millones de unidades habitacionales (CEPAL, 1995) y para Ecuador se establece un requerimiento de 1 millón doscientas mil soluciones.

Las causas que impiden disponer de vivienda están asociadas con el reparto inequitativo de la riqueza, los elevados costos que poseen los predios y los materiales de construcción, estos últimos provocados principalmente en la dependencia tecnológica externa y la falta de investigación local.

En la actualidad el uso predominante del hormigón ha llevado a la investigación de materiales compuestos, logrados mediante la adición de fibra a la matriz de hormigón, pretendiendo abaratar costos. Para el presente caso, se realizó el diseño de hormigón bajo el Método de la Densidad Máxima y se utilizó la especie Iriarte deltoidea o Pambil, como fibra de refuerzo, la cual es de fácil



obtención en la provincia de Zamora Chinchipe, ubicada en la zona sur oriental del Ecuador, la misma que se utilizó en porcentajes que variaron de 0,50; 1,50 y 2,5 % y cuyos tamaños de fibra fueron los retenidos en los tamices 4 y 8, colocadas en forma aleatoria en las matrices de hormigón.

Como resultado se obtuvo que, la adición de fibra en elementos probados bajo esfuerzos de compresión mejora las características del material compuesto, sin embargo a flexión el hormigón disminuye su resistencia, evidenciando resultados poco alentadoras para fabricación de compuestos de hormigón y fibra de pambil.

Este desenlace adverso, no garantiza que se logre, bajo las condiciones experimentadas, un material alternativo técnicamente recomendable, por lo que al no obtener viabilidad técnica, no se efectuó el correspondiente análisis económico.



ABSTRACT

"ANALYSIS OF MECHANICAL STRENGTH CONCRETE WITH ADDITION OF FIBER PAMBIL"

In the second decade of the twentieth century housing still plays a decisive role in the quality of life of the population of the countries in the developing world. And it represents the main investment and the most important assets of middle and low income families. However, despite acknowledging its importance, the deficits recorded for the countries of Latin America are more than 25 million housing units (CEPAL, 1995) and to Ecuador, a requirement of 1 million, two hundred thousand solutions.

The causes that prevent the provision of housing are associated with the unequal distribution of wealth, the high costs of building materials, and the dependence on technology and the lack of local research and ingenuity.

Currently, the predominant use of concrete has led to the discovery of composite materials, achieved through the addition of fiber to the concrete matrix, aiming to reduce costs. In this case, the design of concrete was performed under the Maximum Density Method and utilized *Iriarteia deltoidea* or Pambil as fiber reinforcement, which is readily available in the province of Zamora Chinchipe, located in the south eastern part of Ecuador. It was used in



varying percentages of 0.50, 1.50 and 2.5% and whose sizes were retained in sieves 4 and 8, placed randomly in the concrete mix.

The results obtained show that the addition of fiber elements tested under compression improves the characteristics of the composite. However, with regards to flexion the concrete strength decreases, showing not so encouraging results for the manufacture of composite concrete and fiber pambil.

This adverse outcome does not guarantee the success of the composite concrete, which under experimental conditions is technically recommendable, but still does not prove to be economically advisable.



3. INTRODUCCIÓN

En la segunda década del siglo XXI, la vivienda y el acceso a servicios básicos, aún juegan un papel decisivo en la calidad de vida de la población de los países en vías de desarrollo, puesto que constituyen condiciones esenciales para alcanzar un mínimo de bienestar; incluso, cuando la primera de ellas representa “la principal inversión y el patrimonio más importante de las familias de ingresos medio y bajo; y en algunos casos, constituye una fuente importante de ingresos” (Szalachman, 2000).

A pesar de reconocer la importancia de la vivienda, los déficits registrados para los países de América Latina son altos, hecho confirmado por la CEPAL, que reportó para 1995 carencia de unidades habitacionales en cantidades superiores a 25 millones, tanto por condiciones cuantitativas como cualitativas.

Superar el déficit de vivienda en Latinoamérica, demandaría de la suma aproximada de 125 mil millones de dólares, cifra que aboca a un problema difícil o casi imposible de solucionar, en países de baja economía. Si se extrapola de la cantidad señalada para Ecuador, se establece un requerimiento de 6 mil millones de dólares, con lo cual se solventaría el déficit habitacional de un millón doscientas mil unidades.



Al llevar este análisis a un mayor detalle, se encuentra que uno de las causas principales de esta situación, es el reparto inequitativo de la riqueza, amparado en el “modelo capitalista”, que propicia la acumulación de la recursos económicos en pocas manos y la pobreza en la gran mayoría de la población, llegando a convertirlo en un problema, de difícil intervención, que se hace más complejo por otras causas asociadas a este tema, entre las que se puede mencionar:

1. Los elevados costos que poseen los predios, propiciados no sólo por las causas antes descritas, sino también, por las leyes de la oferta y la demanda, generadas en una economía de mercado, puesto que se trata de un bien escaso y no reproducible; o, por el monopolio de unas pocas personas, en la tenencia de la tierra, que trae como consecuencia la especulación.

2. Los altos precios de los materiales de construcción, basados principalmente en la dependencia tecnológica externa, en el ámbito de la construcción, “que consolida una marcada tendencia a utilizar materiales y equipos producidos en el exterior, así como la aplicación ciega de técnicas constructivas desarrolladas para otras realidades, que a pesar de las facilidades que ofrecen en el trabajo, revisten los inconvenientes, como: a) altos costos, b) disminución del uso de materiales locales y de técnicas tradicionales, c) escaso desarrollo de las industrias artesanales



locales de materiales de construcción, d) desaliento a la participación solidaria de la comunidad en la construcción; y, e) en la práctica profesional que no reconoce intereses de uso de espacio diferenciados entre hombres y mujeres, que hace que la idea de vivienda tenga una sola concepción occidental”. (Bailón, 2009).

Por otra parte, hay que reconocer que desde que el hombre inició con procesos de construcción de su morada tomó para ello elementos de la naturaleza, como el suelo y las fibras orgánicas, hasta que el desarrollo de la tecnología del cemento y el acero los desplazaron, llegando a dominar el mercado de la construcción, a tal punto que la adopción del hormigón, propició una desvalorización de los materiales y tecnologías ancestrales y una elevación de sus costos. En la actualidad esta tendencia se trata de revertir al tratar de encontrar nuevas materias primas que, sin retornar a los materiales considerados autóctonas, puedan permitir la confección de nuevos, minimizando su valor en el mercado a través de una adecuada combinación de los mismos, lo cual da paso, a una serie de investigaciones entre las cuales se hallan los estudios de hormigones adicionados con fibras.

Realizando una mirada histórica, se encuentra que a principios de los años 1900, las fibras de asbesto ya fueron utilizadas en el hormigón. En la década de los 50 nació el concepto de “materiales compuestos” y “concretos reforzados con fibras”, este fue uno de los temas de mayor interés, en especial



porque se planteó la necesidad de encontrar un reemplazo para el amianto (el cual era utilizado en la conformación de hormigones y otros), una vez que fueron descubiertos los riesgos para la salud asociados con la referida sustancia.

A partir de este conocimiento y de la importancia que reviste, se iniciaron en varias partes del mundo estudios sobre fibras orgánicas, lo que ha permitido que se destinen grandes recursos para su investigación; sin embargo, en la Región Sur del Ecuador, el estudio en estos temas es casi nulo, a pesar de que existen importantes especies vegetales que proporcionan fibras, que podrían aportar en el área de la construcción.

En este sentido, la Universidad Nacional de Loja consideró imprescindible incursionar en el tema de la vivienda, a través del Programa de Maestría en Construcción Civil y Desarrollo Sustentable, Mención Vivienda de Interés Social, con el fin de que se logre investigar y desarrollar materiales y tecnologías de construcción que posibiliten la edificación de viviendas, con soluciones viables para los sectores de menor economía. En este marco se planteó la presente investigación, identificando a la especie Iriarte deltoidea o Pambil, como una fibra de fácil acceso en la zona sur oriental del Ecuador, correspondiente a la provincia de Zamora y que podría ser utilizada al incorporarla bajo ciertas características, en matrices de hormigón simple, obteniéndose como resultado un material compuesto, que brinde buenos



resultados en cuanto a su resistencia, economía y durabilidad. En tal sentido, la investigación se orientó bajo los siguientes objetivos.

Objetivo general

Demostrar que la incorporación de fibras de pambil al concreto, en tamaño y porcentaje óptimo, se puede elaborar un material durable y competitivo, con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, para ser utilizados en la construcción de los diferentes elementos de hormigón de las viviendas de interés social.

Objetivos específicos

- Determinar mediante un diseño experimental el tamaño y porcentaje óptimo de adición de fibras de pambil, para reforzar el concreto elaborado con los áridos del río Solanda.
- Demostrar la viabilidad económica de utilizar concretos reforzados con fibras de pambil.

La investigación permitió en primer término realizar un estudio pormenorizado de la fibra de pambil, llegando a identificar mediante pruebas de laboratorio las características referidas a las propiedades físicas como son la densidad, contenido de humedad, contracción de la madera; propiedades mecánicas



como compresión paralela a la fibra y flexión estática así también se incursionó en la determinación de las características anatómicas de las fibras correspondientes al largo, ancho, lumen y pared celular.

Como parte de la investigación, se efectuó ensayos de laboratorio de los materiales pétreos, identificando las características referidas a: densidades, absorción de agua y granulometrías, información que sirvió de base para el adecuado diseño de hormigones, basados en el Método de la Densidad Máxima, por cuanto permite introducir condiciones que disponen los agregados locales, obteniéndose en laboratorio hormigones con resistencia a la compresión superiores a los 18 MPa., el cual fue adoptado como patrón.

Planteado el diseño experimental con el método verdadero, se realizaron seis pruebas con adición de fibra retenidas en los tamices Nros. 4 y 8 en porcentajes que varían entre 0,50; 1,50 y 2,50 %, las cuales se colocaron de forma aleatoria en las mezclas que permitieron preparar por una parte, cilindros que se sometieron a pruebas de compresión probados a los 7 y 28 días; y vigas para flexión cuya resistencia se comprobó a los 28 días.

Como resultado se obtuvo que, los cilindros de hormigón con adición de fibra sometidos a los esfuerzos de compresión incrementaron su resistencia, en comparación con los cilindros patrón. Lo contrario ocurrió con las pruebas de



las vigas a flexión, en donde ninguna de las combinaciones logró superar la resistencia, en relación a los que no se les adicionó fibra.

Consecuentemente se puede concluir que la adición de fibra en elementos a compresión mejora las características del material compuesto; sin embargo, a flexión el hormigón disminuye en su resistencia, lo cual deriva en respuestas poco alentadoras para fabricación de compuestos de hormigón y fibra de pambil.

Estos resultados adversos, no garantizan que se logre, bajo las condiciones experimentales, un material alternativo técnicamente admisible, por lo que al no lograr viabilidad técnica, no se consideró necesario realizar los análisis económicos; en su lugar, dados los resultados se considera que se debería proponer nuevas investigaciones con otras características de utilización de la fibra en las matrices de hormigón, en donde se puedan introducir variables, que en la presente no fueron consideradas.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Desarrollo sustentable

La Comisión Burtland (1987) en el informe “Nuestro Futuro Común”, propuso eliminar la confrontación entre desarrollo y sostenibilidad, por lo que trabajó analizando la situación del mundo en ese momento y demostró que el camino que la sociedad global había adoptado destruye el ambiente y deja en la pobreza y con altos niveles de vulnerabilidad a la gente, y postuló que la protección ambiental había dejado de ser una tarea nacional o regional para convertirse en un problema global, que el desarrollo y el ambiente no eran cuestiones separadas y que no son problemas exclusivos de los países pobres.

Ya no se trataba de que los “pobres” siguieran el camino de los “ricos”, pues la degradación ambiental era consecuencia de las dos condiciones, en definitiva ambos debían buscar nuevas alternativas, ya que para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, no se deba comprometer la capacidad de las generaciones futuras para solventar sus propias necesidades.(Brundtland, 1987).

Este concepto ha dado origen, a través de los años, a varias interpretaciones de mayor o menor amplitud, a las que se han incorporado



distintos aspectos que componen el bienestar de las personas, como la sustentabilidad con sus dimensiones ecológica, económica, social, política y cultural.

Hoy, a más de 30 años del acuñamiento del concepto de Desarrollo Sustentable como paradigma de un progreso más equitativo y ambientalmente adecuado, la realidad indica que su aplicación en la retórica no tiene su contraparte en el plano concreto de los hechos. De esta manera, los actores protagonistas del actual modelo de desarrollo se han apoderado del paradigma y sugieren "cambios" al sistema actual con el debido cuidado como para asegurarse que los mismos no cuestionen ni vulneren su capacidad de crecimiento económico continuo, sin reparar siquiera que ello, por su dinámica permanente e indispensable de producción y consumo, es un componente propio de la insustentabilidad del estilo de desarrollo vigente.

Dos cuestiones fundamentales deberán resolverse a la hora de buscar soluciones a los problemas planteados: La inequidad que existe en el acceso a los recursos, tanto naturales como culturales, económicos y tecnológicos, cuyo grado de disponibilidad actúa como factor condicionante de la calidad de vida de las personas; así como la ausencia de una adecuada administración a escala planetaria, para asegurar que su utilización se lleve a cabo de forma tal que pueda garantizarse su existencia



en cantidad y calidad, en el futuro. De tomar "decididamente" un camino en ese sentido, dependerá el logro del Desarrollo Sustentable, tal como su concepción original lo define.

Justamente allí radica la gran responsabilidad como especie humana, a tal punto que está en nuestras propias manos la posibilidad de salvar el planeta (y salvarnos), o destruirlo (y acabar con nosotros mismos). Si no se logra realizar, lo que ya se sabe que se debe hacer, será evidente que los distintivos como especie: el raciocinio y la inteligencia, definitivamente no han sido de beneficio.

4.2. La Pobreza

“La pobreza es un fenómeno multidimensional definido como la insatisfacción o privación de las capacidades básicas, es decir, la imposibilidad de vivir una vida mínimamente decente. Esta definición comprende, además de la insatisfacción de una o más necesidades humanas básicas, la carencia de oportunidades para satisfacerlas. Las capacidades básicas no se refieren únicamente a aquellas materiales como: estar bien alimentado, tener vestido o vivienda, sino también a aquellas no materiales como la libertad, la dignidad, el respeto a uno mismo y a los demás, la participación libre en la construcción de la sociedad y las oportunidades para llevar una vida larga, sana y creativa. En este sentido, la



pobreza humana se refiere a la negación de las oportunidades y opciones básicas para el desarrollo humano.

La pobreza está estrechamente vinculada con la distribución y rendimiento de los activos económicos, sociales, políticos, ambientales y de infraestructura en la sociedad. Tiene que ver, por tanto, con la propiedad de los factores de la producción (capital físico, recursos naturales, trabajo, capital financiero), con las diferencias en la acumulación de capital humano, educación, salud, experiencia, con prácticas discriminatorias y excluyentes en el mercado (discriminación étnica, de género, etc.) y con factores institucionales extra mercado (oferta de servicios públicos e infraestructura, redes sociales, capital y exclusión social, etc.)".(Correa Freile , 2008).

4.2.1. La problemática de la pobreza en América Latina

En América Latina persiste un alto grado de inequidad, provocado por la concentración de la riqueza y la propiedad, y la incapacidad de promover una mejor distribución de la riqueza por un sistema social que mantiene y reproduce la situación de desigualdad y por condiciones ocupacionales y de empleo cada vez más precarizadas.

La brecha entre ricos y pobres sigue siendo uno de los aspectos más graves en América Latina. El 10 por ciento más rico recibe entre el 40 y



el 47 por ciento del ingreso total en la mayor parte de las sociedades latinoamericanas, mientras que el 20 por ciento más pobre recibe entre el 2 y el 4 por ciento.

Los altos niveles de concentración de la riqueza pueden ser apreciados cuando se observan las grandes fortunas en un continente en donde más de 200 millones de personas viven con menos de dos dólares al día.

Aunque existen muchas metodologías para medir los niveles de pobreza en América Latina, todas coinciden en que estas son muy elevadas y que su aumento es una constante en las dos últimas décadas. Este proceso fue acelerado durante los años 80 con una breve pausa en los 90 para agudizarse nuevamente a finales de la década.

En general la pobreza actual del continente es mayor que en los inicios de los 80, calculándose en una cifra de 220 millones y el número de indigentes ha subido de 50 millones, población que subsiste con menos de dos dólares diarios. Estos datos son corroborados por el propio Banco Mundial, “la pobreza sigue siendo un problema grave, el 37 por ciento de la población vive por debajo de la línea de la pobreza y el 16 por ciento en condiciones de pobreza extrema”.



En algunos países como Nicaragua, Bolivia, Guatemala y Haití, más del 70 por ciento de las familias vive en condiciones de pobreza. Los habitantes de las zonas rurales, y en particular las poblaciones indígenas, son quienes la sufren en mayor extremo, como ocurre en Bolivia, Guatemala, Panamá, Ecuador y Perú.

Mientras que, en los últimos 20 años, el 20 por ciento más rico de la sociedad latinoamericana aumentó su participación en la riqueza del 70 al 82 por ciento; los pobres se volvieron más pobres, del 2,3 por ciento del ingreso que recibían hace 20 años, ahora solo obtienen el 1,3 por ciento.

La pobreza genera altos índices de desnutrición y de muerte, anualmente mueren 700 mil personas por esta causa, esta se encuentra presente en otras dimensiones como la escolaridad, según la CEPAL, hay 20 millones de jóvenes en edad escolar secundaria que no asisten a un centro educativo y que menos de la mitad de quienes ingresan al primer grado egresan, así como también está relacionada con el desempleo y que según la CEPAL y la OIT estiman se encontrara entre el 6,2 % y 6,4 % para el 2013.



4.2.2. La problemática de la pobreza en Ecuador

En el Ecuador la distribución de la riqueza ha sido tradicionalmente muy desigual. De los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se tiene que se consideran pobres a aquellas personas cuyo ingreso per cápita es menor a la línea de pobreza. En septiembre 2012 la línea de pobreza fue de USD 2,51 diarios.

La pobreza en zonas urbanas fue de 16,3 % en septiembre del 2012 fijándose en 1,9 puntos porcentuales menos que lo registrado en septiembre del 2011 cuando alcanzó el 18,2%.

La extrema pobreza en zonas urbanas se calculó en 4.7 % en septiembre del 2012, 1,8 puntos porcentuales menos que lo en septiembre del 2011 cuando alcanzó el 6,5%.

En Ecuador las relaciones urbano-rurales se adecúan, a partir de los años sesenta, a los nuevos requerimientos del desarrollo capitalista, por lo que importantes sectores de la población rural migran masivamente a las grandes ciudades por la imposibilidad de subsistir en las áreas rurales debido a las modificaciones de las estructuras agrarias de producción, lo que generó asentamientos irregulares en las periferias de ciudades grandes como Guayaquil, provocando que el crecimiento de la



ciudad aparezca a manera de “mancha de aceite”, sin dirección alguna, ya que este problema es el resultado de un “desfase” entre el crecimiento de la densidad poblacional con la construcción de viviendas” (Correa Freile , 2008).

4.2.3. La pobreza y su impacto en la vivienda

La pobreza es un fenómeno que está estrechamente ligado con la problemática de la vivienda. El no tener un lugar adecuado para habitar es una característica que distingue a los pobres. Es una gran verdad de la exclusión, muestra como gran parte de los pobladores de las ciudades ocupan espacios como sea para sobrevivir, aferrándose a un pedazo de tierra para poder echar raíces y crecer. Desde su imposibilidad de participar en una economía que los acepte, que hable su lenguaje y que les dé oportunidades de desarrollar, siguen manteniendo su pertenencia al bando de los excluidos.

Una de las razones de la falta de viviendas es el aumento de la población. Debido a la gran pobreza, millones de personas dejan la vida rural para ir a las ciudades en busca de una vida mejor, como consecuencia las ciudades no dan abasto con tanta explosión demográfica, de ahí que se dice que la pobreza rural fomenta la pobreza urbana.



Y cómo último factor en lo que se refiere a la población, el número de nacimientos crece día a día. Las naciones más pobres son las que más crecimiento demográfico poseen.

4.2.3.1. El problema de la vivienda en América Latina

La tenencia de una vivienda representa la principal inversión y el patrimonio más importante de las familias de ingresos medio y bajo; no obstante, gran parte de América Latina muestra fuerte déficit habitacional entre las familias de menores ingresos, lo que se expresa tanto en la carencia absoluta (déficit cuantitativo) como en el uso de habitaciones de viviendas deterioradas, que no ofrecen los servicios básicos (déficit cualitativo).

En muchos de los países de la región, se ha implantado desde hace varios años políticas estatales de vivienda encaminadas a solucionar los problemas deficitarios, en especial de las familias de estratos de ingreso más bajo; a manera de ilustración se cita como ejemplo a Colombia, Chile, Uruguay y Bolivia; así:

- En Colombia en el período 1990-94 se inició un nuevo Plan de Vivienda y en 1991 empezó a operar el Subsidio Familiar de Vivienda, consistente en la entrega de subsidios directos



para aquellas familias de hasta cierto nivel de ingresos. Además, se desvinculó al Estado de la construcción de viviendas y se incorporó al sector privado en la línea de vivienda social.

- En Chile existe desde 1978 un sistema de subsidios a la demanda, que consiste en un aporte total o parcial que el Estado otorga sin cargo y por una sola vez a las familias de ingreso bajo y medio que no son propietarias, para que adquieran una vivienda
- En Uruguay, a partir del segundo semestre de 1993, se ha implementado una política habitacional basada en la entrega de subsidios (focalizada en las familias más pobres) y requisitos de ahorro previo.
- En Bolivia, no existe un sistema de subsidios habitacionales, ni requisitos de ahorro previo para viviendas de tipo social y el país ha adolecido tradicionalmente de falta de mecanismos de financiamiento.

A nivel de países latinoamericanos, Bolivia muestra el mayor déficit, tanto cuantitativo como cualitativo, con relación al resto de los países



de la región. Así, de acuerdo con cifras de la CEPAL, en 1995 el déficit cuantitativo total (urbano y rural) asciende a 72,3 viviendas por cada 1.000 habitantes, en comparación con 48,7 para el promedio de la región. El déficit cualitativo en tanto, es equivalente a un 33,3% del stock de viviendas permanentes, en comparación con un 28,6% para el promedio de la región.

“Desde fines de los años cuarenta se comienza a experimentar en América Latina, como fenómeno general, un violento proceso de urbanización que tiene sus raíces profundas en las formas de desarrollo capitalista de la región, lo que motivó una rápida e incontrolada expansión de las áreas urbanas, los altos niveles de desempleo, la miseria y el surgimiento de enormes áreas suburbanas y tugurios en donde se "frustran" las esperanzas de los migrantes desplazados de las zonas rurales.

Es en esta región donde reside un gran porcentaje de la pobreza mundial, que se ve reflejada en una necesidad de vivienda, que contribuyen a un lento desarrollo de los países en este ámbito. Esa mancha de pobreza muchas veces se superpone a la del hambre y ambas se conforman como una amplísima banda geográfica que, salvo contadas excepciones, cubre el Sur del globo terráqueo”.
(Correa Freile , 2008).



4.2.3.2. La problemática de la vivienda en Ecuador y la acción estatal

En Ecuador, uno de los problemas más sensibles y complejos de resolver, es el referido a la vivienda. De acuerdo con (Ruiz Pozo, 2007), en un país con 14 millones de habitantes y cerca de 3 millones de hogares, existe un déficit de soluciones habitacionales acumuladas de más un millón, que se incrementa anualmente por la formación de nuevos hogares estimándose en alrededor de 60 mil viviendas por año, de cuya cifra el 42% corresponde a hogares bajo la línea de pobreza, es decir con ingreso familiar inferior al costo de la canastas básica.

La oferta de vivienda en el ámbito político ha dado réditos electorales importantes a los actores que han decidido asumir este tema como parte de sus campañas (Programas como “Pan, techo y empleo”, “Un solo toque”, etc.), pero en la práctica ningún gobierno logró dar una respuesta responsable y mucho menos sostenible, por parte del Estado; las familias de bajos ingresos precariamente han encontrado soluciones habitacionales adecuadas, en ocasiones han resuelto sus problemas sacrificando calidad de vida o acondicionando espacios poco satisfactorias (hacinamiento, precariedad, inexistencia de servicio básicos). Este panorama se complica ya que según datos de



la (CEPAL, 1995), para cubrir la demanda de viviendas en el Ecuador se necesita más de seis mil millones de dólares, cifra que es mayor al presupuesto del estado.

“En el país han existido tres políticas explícitas de vivienda, la primera nacida en los años veinte a partir de un marco institucional aislado e inconexo, generada desde el mundo de lo municipal y la seguridad social. En este caso el concepto de política de vivienda fue de “programas o proyectos residenciales”(Carrión, 2003).

Posteriormente, a partir de los años sesenta, se tiene una política de vivienda que se generaliza por Latinoamérica, debido a la difusión de los postulados y recursos provenientes de la Alianza para el Progreso. Es una propuesta de un esquema de financiamiento que capta el ahorro interno, a través del sistema privado, cooperativo y mutual, así como del sector público (Banco Ecuatoriano de la Vivienda y del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social). Se establece un sistema de ajuste monetario por indexación y un esquema de subsidios cruzados a la oferta. Es una propuesta de política que tiene como eje principal la intervención directa del Estado, mediante la producción y promoción de unidades residenciales, para lo cual se crea la Junta Nacional de la Vivienda.



A partir de los años noventa hay un viraje importante en el diseño de las políticas, sustentada en la experiencia chilena. La propuesta se formula en un contexto de transición de una economía cerrada, liderada por el Estado, hacia otra centrada en el mercado. En este marco, los sectores público y privado tienden a cambiar sus roles tradicionales: el Estado deja de ser constructor inmobiliario y prestamista final, y el sector empresarial privado crea nuevas instituciones integradas al mercado de capitales, para captar ahorro interno y distribuir los recursos. De esta manera, el Estado pasa de constructor y promotor a cumplir tareas de regulación. En este contexto, se sustituye la banca estatal unipropósito (tipo Banco Ecuatoriano de la Vivienda) por la banca privada comercial multipropósito. (Carrión, 2003).

El financiamiento habitacional surge de una triple consideración: primero el Estado provee un subsidio directo a la demanda, a través de criterios objetivos y medibles que se sustentan en conceptos de focalización de la pobreza. Segundo, el sector privado otorga créditos a través de múltiples entidades y mecanismos. Y, tercero, el usuario que aporta con el ahorro propio". (Carrión, 2003).

Esta política de vivienda indicada anteriormente y que se aplicó en el Ecuador en 1998, constituye el Sistema de Incentivos para la



Vivienda -SIV, en el marco de un convenio con el BID, que contempló un subsidio no reembolsable para: i) vivienda urbana nueva, ii) mejoramiento de vivienda urbana y iii) mejoramiento de vivienda rural, con montos de 1.800; 750 y 400 dólares respectivamente.

Entre enero de 1999 y diciembre 2006, según datos oficiales, se emitieron 53.425 bonos para la categoría de vivienda nueva (un promedio de 6.677 bonos anuales) y 48.905 bonos para mejoramiento.

Si se compara, en el período señalado, la capacidad que tuvo el Estado ecuatoriano para apoyar a la construcción de vivienda de interés social -a través del SIV- con la demanda de nuevas soluciones habitacionales para familias pobres se observa que la relación fue de 1 a 4 (6.677/25300), y la capacidad de intervenir frente a la necesidad de mejoramiento habitacional, fue de 1 a 20 (48.905/1'040.000) (Ruiz Pozo, 2007).

En la actualidad el bono de la vivienda está destinado a la adquisición, construcción y mejoramiento de viviendas, con los siguientes montos y tipos de intervención:



a) Financiamiento del Estado para vivienda rural y urbano marginal:

TIPO DE INTERVENCION	VALOR DEL BONO	REGISTRO SOCIAL PUNTAJE
Vivienda nueva	Hasta 5.000 Dólares de los Estados Unidos de América	Hasta 50.10 puntos (2 SBU)
Mejoramiento de vivienda	Hasta 1.500 Dólares de los Estados Unidos de América	Hasta 50.10 puntos (2 SBU)

Tabla 4.1 . Tipo de financiamiento del Estado para vivienda rural y urbano marginal
Fuente: <http://www.miduvi.gov.ec>

b) Financiamiento para vivienda urbana:

TIPO DE INTERVENCION	VALOR DEL BONO	REGISTRO SOCIAL PUNTAJE	VALOR VIVIENDA	APORTE BENEFICIARIO
Adquisición de vivienda nueva	5.000 Dólares de los Estados Unidos de América	Hasta 52.90 puntos o (2 SBU)	Hasta 20.000 Dólares de los Estados Unidos de América	10% del valor de la vivienda (5% crédito a ahorro; 5 %, ahorro o ahorro programado)
Para construcción en terreno propio	Hasta 5.000 Dólares de los Estados Unidos de América	Hasta 52.90 puntos o (2 SBU)	Hasta 20.000 Dólares de los Estados Unidos de América, incluido el valor del terreno	10% del valor de la vivienda
Para mejoramiento	Hasta 5.000 Dólares de los Estados Unidos de América	Hasta 52.90 puntos o (2 SBU)	Hasta 20.000 Dólares de los Estados Unidos de América, incluido el valor del terreno, vivienda existente y mejoramiento	10% del valor del bono

Tabla 4.2. Financiamiento para vivienda urbana
Fuente: <http://www.miduvi.gov.ec>



4.2.3.3. La problemática de la vivienda en la provincia de Loja

La provincia de Loja, ubicada al sur de Ecuador, en la frontera con el Perú, cuenta con una población, registrada en el Censo 2010 de 448.966 habitantes, distribuida en 49,18 % hombres y el 50,82 % restante corresponde a mujeres, existiendo una mayor representación, en un porcentaje 1,64 % y la tasa de crecimiento en ese año fue del 1,15 %.

El 48.9 % de los hogares tiene vivienda propia y totalmente pagada, de los cuales el 48,5 % cuenta con servicios básicos públicos (luz eléctrica, agua, escusado y eliminación de basura por carro recolector).

La empresa Municipal de Vivienda de Loja VIVEM-Loja, establece que el déficit de soluciones habitacionales esta alrededor del 29,23 %, equivalente a 12.514 unidades, por lo que una vez que a las municipalidades del país se les ha entregado esta competencia, la entidad emprendió algunos programas de interés social, que han posibilitado la construcción de 2.611 casas que representa 6,10 % de lo requerido, dichos programas dan cuenta del siguiente detalle:



- Ciudad Victoria, en el que se ha construido 840 casas, de las cuales 513 son de una sola planta y las 327 restantes de dos plantas.
- Ciudad Alegría, con 971 casas de dos plantas y departamentos.
- El Proyecto Cascarillas, en donde se construirán 800 casas,

Así como proyectos de urbanizaciones:

- Lote Bonito con 282 lotes urbanizados
- San Lucas con la urbanización de 10 lotes, y
- Santiago con 24 lotes.

Datos tomados de la página web: (Empresa Pública Municipal de Vivienda, 2013).

Esto demuestra que el déficit habitacional en la provincia de Loja es alto y que la acción Estatal y la Municipal no han logrado solventar este problema.

4.3. El desarrollo tecnológico de los materiales de construcción

En la actualidad existen una variedad de materiales que pueden ser utilizados en la construcción de viviendas u obras civiles. El trabajo



fundamental es conocer la disponibilidad de los materiales que existen en el mercado, adquirir los conocimientos necesarios sobre las propiedades de cada uno de ellos para ser capaces de decidir el material óptimo a utilizar en cada una de las circunstancias. Entre aquellos que actualmente se dispone se los puede señalar:

- Piedra, es uno de los materiales más antiguos que se sigue utilizando actualmente en la construcción gracias, principalmente, a su durabilidad. Sin embargo en ocasiones necesita de mucho trabajo para su tallado por lo que es necesaria la intervención de mano de obra, para productos de mayor acabado.
- Suelo, aunque probablemente sea el material de menor durabilidad, es la más utilizada en los países en vías de desarrollo por su bajo coste de fabricación y puesta en obra.
- Madera, por ser un material orgánico puede tener menor durabilidad que otros materiales cuando no se le ha dado una preparación y mantenimiento adecuado. Su utilización es factible en lugares donde su presencia es importante, como por ejemplo el 73% de las viviendas en Bangladesh son de Bambú.
- Hormigón, es el material de construcción de mayor uso tanto en países del Norte como en países del Sur. Este es el primer material que es fabricado como un producto industrial de gran valor en la construcción: el cemento, mezclándolo con los áridos (recurso



natural) y agua. El Hormigón Armado es, generalmente, el material utilizado en la construcción de estructuras, y se encuentra muy difundido por la facilidad de fabricación “in situ”.

- Acero, es un material industrial, que ha incrementado el precio en los últimos años, sin embargo es de fácil uso en varillas redondas, sin embargo para estructuras se necesita gente cualificada (soldaduras, atornillados, etc.). Tiene buenas prestaciones, pero su costo impide la generalización de su empleo.

La elección del material de construcción puede basarse en la realización de la valoración que los siguientes indicadores:

- Intentar utilizar los recursos naturales existentes en la zona, que puedan ocuparla gente local
- Comprar materiales que se producen localmente: Se reduce el coste de transporte, se crea riqueza en la zona.
- Utilizar materiales durables: de esta manera se reducen los costes de mantenimiento y los residuos
- Elegir materiales de bajo coste de mantenimiento: que necesiten poco tratamiento
- Elegir los materiales que su mantenimiento produzca poco impacto medioambiental.



- Elegir materiales de bajo coste energético: Su producción que no requiera demasiada energía.
- Intenta utilizar materiales reciclados: de esta manera se reducen los problemas de residuos sólidos (cenizas volantes)
- Evitar los materiales contaminantes.

4.3.1. Materiales de Construcción Prefabricados

El Prefabricado se define como elementos o piezas que han sido fabricados en serie para facilitar el montaje o construcción en el lugar de destino.

- El Adobe es uno de los materiales de construcción más viejos todavía en uso. Es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad que es elaborado por comunidades locales.
- Los Bloques de Tierra Compactada, son ladrillos de tierra cruda con bajo contenido de agua obtenidos tras prensados de manera mecánica, para obtener formas regulares y mayor resistencia. El subsuelo es la base de los bloques de tierra prensada.
- Los Materiales Cerámicos, como elementos prefabricados, se obtienen por transformaciones físico-químicas de las arcillas mediante el calor, moldeándose previamente las piezas gracias a la plasticidad que adquieren las pastas arcillosas con cierto



contenido de agua. Es uno de los materiales más antiguos que se utiliza actualmente tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados.

- La popularidad de los Ladrillos de Hormigón ha crecido considerablemente en los últimos años, teniendo buena aceptación en todo tipo de edificaciones. Esto se debe a su durabilidad, bajo coste de mantenimiento y baja inversión en su fabricación.
- Los Ladrillos de Cenizas Volantes. La combustión de carbón en las plantas térmicas producen cientos de millones de partículas de cenizas volantes al año que causan serios problemas ambientales siendo actualmente un material imprescindible y aconsejable a utilizar como material de construcción. La aplicación de las cenizas tanto en hormigones como en la fabricación de ladrillos es adecuado ya que se consigue abaratar el material de la construcción, reduciendo la cantidad de cemento sin perder la calidad del producto, produciendo un material sostenible desde el punto vista medioambiental.
- Las Piezas de Ferrocemento desde que el gran ingeniero italiano Pier Luigi Nervi dio a conocer este sistema en la década del 40 por la construcción de embarcaciones y por el excepcional trabajo de ingeniería (Hall de la exposición mundial de Turín), su uso se ha multiplicado en países de Asia, Europa, América y Oceanía.



Las estructuras de ferrocemento constan de una capa de malla electrosoldada tejida con una tela de gallinero recubierta por una fina capa de mortero de gran concentración de cemento, de fácil construcción.

4.4. El desarrollo e importancia de la tecnología

4.4.1. El desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de los recursos naturales de la región Sur del Ecuador

En las Provincias de Loja y Zamora Chinchipe existen grandes yacimientos de arcillas, sílice, feldespatos, yeso, entre otros minerales; los cuales son transportados principalmente a las provincias del Azuay y Guayas, en donde se procesan y se convierten en productos terminados (cerámicos, vidrio, elementos de recubrimiento, etc.), utilizados en la construcción en general.

Pocas son las industrias lojanas que han aprovechado estas materias primas, logrando incorporar un valor agregado en nuestra provincia, con lo cual se ha conseguido entregar al mercado productos de buena calidad, con costos aceptables los que permiten competir con los de otras partes del país.



La utilización de arcilla en la elaboración de ladrillos, tejas y fachaletas, se lo ha desarrollado principalmente en Catamayo, San Pedro de la Bendita y Malacatos, en donde la mayoría de fábricas de estos materiales de construcción cuentan con hornos para la producción de estos elementos a base de la quema de leña, lo que degrada el ambiente por la tala de bosques y por el humo producido durante este proceso, también existían fabricas que utilizaban el gas que consumo doméstico, pero con el control por parte de la Empresa de Hidrocarburos, estas fábricas tuvieron que cerrar.

El bajo desarrollo tecnológico e industrial en lo referido a materiales de construcción en la ciudad de Loja demanda de investigación para la obtención de materiales de gran calidad y con bajos costos de producción que al final permitan que estos abaraten la construcción en general, ya que si se considera que los materiales empleados para los acabados finales son los que determinan el confort de las viviendas y el costo de las mismas.

Otra alternativa para el aprovechamiento de los recursos naturales de la provincia de Zamora Chinchipe, constituye la zona minera no metálica de ISIMANCHI. Los estudios realizados han comprobado que sus calizas son de muy alta calidad y que unidas a la arcilla procedente de Zumba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

(Zamora Chinchipe) y el yeso de Malacatos (Loja), se produciría cemento de gran calidad.

Sus reservas probables llegan a casi los 110 millones de toneladas y sus reservas posibles alcanzan a casi 1.450 millones de toneladas que permitirían una producción diaria de 1.500 toneladas o sea 30.000 quintales.(Municipio de Loja, 2010)

En el país las principales cementeras se encuentran hacia el norte, Holcim (Guayaquil), Lafarge (Otavalo), Chimborazo (Chimborazo), Guapan (Azogues), de las cuales las dos primeras son privadas y las otras con participación estatal.

Con el aprovechamiento de estos recursos, la región sur del Ecuador podrá contar con un cemento de menor costo, lo que permitirá que las construcciones a base de hormigón disminuyan su valor como es el caso de las viviendas de interés social, pues si se considera que el material más difundido, de fácil fabricación y durabilidad es el hormigón, los esfuerzos deben contribuir en lograr una tecnología que permita la eficiencia de su elaboración.



4.5. El hormigón o Concreto

4.5.1. Generalidades

“El hormigón, es un material artificial que tiene similitud a la piedra natural y que se obtiene al efectuarse un adecuado mezclado entre cemento, agregados (piedra y arena), agua, aire y además aditivos. A diferencia de las piedras naturales, al hormigón se le puede dar formas de acuerdo a las necesidades estructurales que se requieran; para lo cual se usan los encofrados”¹.

El hormigón es uno de los materiales de construcción más utilizado en el mundo debido a que este puede desarrollar altas resistencias a la compresión simple, permite su fabricación in situ y su tecnología es ampliamente conocida.

4.5.1.1. Clasificación de los hormigones

Según su función mecánica o su composición, los hormigones adquieren las siguientes denominaciones:

¹Definición de hormigón tomado del Libro: *Concreto Armado I*, Juan Ortega García, Cap. I, Pág. 10.



- **Hormigón ordinario:** Material obtenido al mezclar íntimamente cemento, agua y áridos de tamaños no mayores de 5mm.

- **Hormigón en masa:** Es el hormigón destinado a revestir esfuerzos de compresión, sin armaduras de ningún tipo; recibe este nombre tanto en fresco como en seco y endurecido.

- **Hormigón armado:** Es el hormigón en cuyo interior hay colocada una armadura de acero, la cual aporta, al producto final, capacidad para resistir esfuerzos de flexión y mejorar los de compresión.

- **Hormigón pretensado:** Es el hormigón en cuyo interior hay colocada una armadura compuesta de varillas de acero, sometidas previamente a la tracción antes del fraguado del hormigón.

- **Hormigón mixto:** Es aquel en el que intervienen dos o más aglomerantes, siendo preciso que se indique cada uno de ellos.



- **Hormigón ciclópeo:** Es el hormigón en masa, en el que se embeben mampuesto cuyo tamaño máximo es de 30cm.

- **Hormigón aerocluso:** Es el que tiene una cantidad de aire incorporado en su masa.

- **Hormigón unimodular:** Es el hormigón en el cual el tamaño del árido es siempre constante y sin distribución granulométrica.

- **Hormigón precolado:** Es el que inicialmente, se coloca en obra el árido mayor y, posteriormente, se vierte o se inyecta pasta o mortero.

- **Hormigón blindo:** Utilizado en pavimento, está compuesto por una capa inferior de hormigón ordinario y otra superior de piedras embutidas, con una cara sensiblemente plana, la cual constituye la superficie de rodadura.

- **Hormigón celular:** Cuando contiene burbujas de gas inerte, proporcionalmente distribuidas, y producida por medios físicos o químicos. En fusión de los diferentes sistemas mecánicos usados para su puesta en obra, recibe distintos nombres:



vibrado, apisonado, centrífugo, inyectado y bombeado, entre otros.

4.5.1.2. Propiedades físicas del hormigón simple

Propiedades generales.- (Con intervalos comunes aproximados).

- **Color:** Por lo general, algún matiz de pizarra o gris.
- **Peso Unitario kg/dm³**
Hormigón Estructural: 2.323-2.483.
Estructural liviano, relleno y aislamiento: 0,801-2,243
- **Resistencia kg/cm².**
Final a la compresión: 140,6 – 562,5
A la tracción (1/8 - 1/2-de la compresión): 17,6 - 49,2
A la flexión (módulo de ruptura): 28,1-84,4
- **Fatiga** (límite de resistencia a la flexión): aprox. 50% de la resistencia final.
- **Cohesión** (deslizamiento –contra barra simple de acero empotrada): 5 - 40% de la resistencia final a la compresión.
- **Módulo de elasticidad kg/cm²:** 140600 - 421800
- **Rigidez, módulo de rigidez (torsión) kg/cm²:** 70300 – 175700
- **Razón de Poisson:** 0,15 -0,24
- **Coeficiente de dilatación térmica por °C:** 7,2 - 12,6 x 10



- **Calor específico kilocal/kg/°C:** 0,20 -0,24
- **Contenido de cemento, sacos de 50 kg. por m³:** 4,46 - 8,92
- **Rendimiento, m³ de hormigón por saco de cemento:** 0,226 - 0,113
- **Agua de mezcladura por m³ de hormigón plástico en litros:** 139 – 198.
- **Agua de mezcladura por saco de cemento en litros:** 17,75 - 39,95
- La velocidad de la prueba hace variar la resistencia que se obtenga. La velocidad nominal de aplicación de carga compresiva es de 20 a 50 lb. por pulg.² (1.406 - 3.515 kg/ cm²) por segundo (ASTM C39- 44.).

4.5.1.3. Dosificación de Hormigones

El conocimiento de la dosificación de hormigones es fundamental, permite especificar la clase de hormigón para que sus propiedades, tales como la resistencia a los esfuerzos y durabilidad, respondan a las condiciones de los proyectos o de los reglamentos; y con los materiales disponibles en obra confeccionar hormigones que cumplan con las propiedades especificadas. En ambos casos el objetivo es la predeterminación de las propiedades de los hormigones con el más alto grado de exactitud posible.



- **Bases para dosificación**

Las dos condiciones principales que debe reunir un hormigón son: resistencia y durabilidad; y de acuerdo a la clase de estructura deberá dosificarse para que las satisfaga: la resistencia como función de las tensiones admisibles que se adapten tanto sea a la compresión o a la flexión, o ambas, según los requisitos del cálculo, y la durabilidad para resistir la acción de los agentes exteriores. Una tercera condición, que sin ser fundamental como las anteriores es un importante factor, es la economía. Además existe aún otra impuesta por el hecho que durante la colocación del hormigón éste debe ser trabajable.

Estas cuatro condiciones resistencia, durabilidad, economía, y trabajabilidad son las que deben ser consideradas en la adecuada dosificación del hormigón. Es decir que, el concreto u hormigón deberá ser colocable con el grado apropiado, y que, con el aprovechamiento más económico de los materiales disponibles, cuando haya endurecido deberá tener la resistencia prevista a los esfuerzos considerados y a los agentes exteriores.



- **Métodos de dosificación**

Son innumerables los métodos que se han llegado a establecer para la determinación de diferentes formas de dosificación de hormigones, entre los métodos más conocidos se puede enumerar:

- American Concrete Institute (A.C.I.)
- Densidad Máxima
- Bolomey
- García Balado
- Jiménez Montoya
- De la Peña
- Fuller
- R. Vallete

Todos estos no presentan problema de cálculo ni de llegar a obtener los mejores resultados, siempre que se disponga de materiales que se ajusten a los requerimientos exigidos por cada método.

Se puede anotar que en cualquier método el principio básico para la dosificación de los hormigones plásticos es la relación agua-cemento. El método a utilizar en la presente investigación será el de la densidad



máxima, ya que es un método que se ha desarrollado en el medio, el cual será chequeado por el método ACI.

- **Relación Agua – cemento**

Se la define como el cociente de las cantidades netas del agua y del cemento que entran en una mezcla dada y se expresa en peso.

Según (Bailón, Estudio de los Aridos de la Quebrada de Nangora y Dosificación en Peso y Volumen, 1983) el principio básico para la dosificación de hormigones fue establecido por el profesor Abrams, del Lewis Institute y se la conoce como Ley de la relación agua-cemento y se define para mezclas plásticas con agregados limpios y de buena calidad, la resistencia y otras propiedades convenientes del hormigón, en las condiciones dadas de obra, es una función de las cantidades netas del agua de mezclado por unidad de cemento.

- **Estudio de los agregados para hormigón**

Este es otro aspecto importante dentro de la dosificación de los hormigones y consiste en determinar la proporción de arena y grava más apropiada a las condiciones. Esto se lo puede hacer partiendo de:



- I.- Módulo de Finura
- 2.- Densidad Máxima
- 3.- Curva Granulométrica apropiada
- 4.- Área de Cribado.

- **Trabajabilidad, consistencia y plasticidad**

El término trabajabilidad se emplea para describir la facilidad o dificultad de colocar y terminar el hormigón en una determinada estructura o posición. Para cada tipo, o característica de obra existe una trabajabilidad adecuada, lo cual dependerá del tamaño y forma de los elementos que la constituyan, métodos de colocación y compactación.

El término consistencia de las mezclas de hormigón se refiere a su estado de fluidez y comprende la amplia escala posible, desde las más secas a las más fluidas.

Se denomina con plasticidad a una consistencia del hormigón tal que puede ser fácilmente moldeado, pero que le permita al hormigón fresco cambiar de forma lentamente si se saca el molde. Por esto no, puede considerarse como mezclas de consistencia plástica ni las muy secas ni las muy fluidas.



- **Curado**

Entre los cuidados que hay que dar al hormigón una vez fabricado, el más importante es el curado, pues incide directamente en la resistencia.

Durante el fraguado y en los primeros días de endurecimiento se produce pérdidas de agua produciéndose una serie de huecos, para evitar esto se debe permitir que se desarrollen nuevos procesos de hidratación lo que se consigue cuando el hormigón alcanza abundante agua, lográndose luego aumentos en la resistencia.

4.5.2. Estudio de los materiales componentes del hormigón

4.5.2.1. El cemento

Es el nombre genérico de una serie de sustancias pulverulentas compuestas generalmente por mezclas de silicatos de calcio, aluminatos y yeso. Poseen la propiedad de formar pasta con el agua, que al contacto con el aire, se endurecen, utilizándose por ello como elemento de unión en la construcción.



➤ **Breve historia del cemento**

El hombre desde el inicio de su existencia ha tratado de mejorar sus condiciones de vida y conseguir comodidad, para ello ha mantenido una constante búsqueda de elementos y materiales que le permitan efectuar construcciones que le permitan hacer realidad su propósito.

El ligante más antiguo con características cementicias encontrado, data de 7.000 años AC, descubierto en 1985, durante la construcción de la carretera Yiftah El en Galilea. Los Egipcios, Griegos y Romanos usaron materiales cementicios naturales sometidos en algunos casos a tratamientos térmicos imperfectos, siendo comunes los morteros elaborado en base de cal.

Los Romanos aproximadamente en el año 200 AC perfeccionaron los materiales cementicios al mezclar cal hidráulica con una ceniza volcánica extraída cerca de Pozzuoli, y al material obtenido lo denominaron “opus caementicium.” Con este material posteriormente llamado Cemento Romano fabricaron hormigón con resistencias de hasta 5 MPa.², con el cual construyeron sus famosos monumentos.

²Mpa: *Mega Pascales*



- El cemento romano fue utilizado para las construcciones hasta el siglo XVIII. A partir de 1750 se inician investigaciones de mezclas calcinadas de caliza y arcilla.

- En 1812 Louis Joseph Vicat químico francés inició investigaciones acerca de las condiciones que daban origen a la hidraulicidad en base de pruebas de cocción de calizas y arcillas obteniendo un producto que endurecía bajo el agua al que lo llamó Cal Hidráulica, en 1818 publicó “Recherches experimentales” y en 1828 “Mortiers et ciments calcaires” En estos trabajos dan la pauta en la fabricación de cemento por medio de la mezcla de calizas y arcillas.

- En 1824 Joseph Aspdin constructor de Leeds Inglaterra patentó un material pulverulento que mezclado con agua se endurecía y formaba un material de color similar a la roca muy utilizada en construcción que se obtenía de la isla de Portland al sur de Inglaterra, lo llamó CEMENTO PÓRTLAND.

- A partir de 1825 aparecen las primeras fábricas en Inglaterra.



- En 1850 se instalan las fábricas de cemento en Alemania y Francia y en los Estados Unidos se empieza a producir cemento en 1870.

- En América Latina la industria del cemento llega en los albores del siglo XX. En 1901, una pequeña fábrica es instalada en Guatemala, en 1906 se instala en México una planta con una producción de 20.000 toneladas/año y en 1908 empieza a operar la primera planta de cemento de Sudamérica en Chile.

- En el Ecuador la primera fábrica la construyó en Guayaquil el Ingeniero José Rodríguez Bonín (Industrias y Construcciones) la que inició su producción en junio de 1923 con 3.000 toneladas/año, con la marca “Cóndor”.

El cemento Portland ha tenido un gran desarrollo y actualmente es uno de los materiales industrializados de construcción de mayor consumo en el mundo, en el año 2005 la producción mundial llegó a 2.270 millones de toneladas



➤ **Clasificación de los cementos**

Los cementos se los puede clasificar según el fraguado, composición y aplicación.

- Con relación al tiempo de fraguado, se dividen en cementos de fraguado rápido y lento.
- Por su composición química se denominan cementos naturales, Portland, grappiers, escorias, puzolánicos, aluminosos, sulfatados, etc.
- Según sus aplicaciones, de altas resistencias iniciales, resistentes a sulfatos, bajo calor de hidratación.

El cemento más comúnmente utilizado en la construcción es el cemento del tipo Portland.

➤ **Clasificación del cemento portland**

En nuestro país el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) clasifica al cemento portland en los siguientes tipos:

Tipo I.- Para usarse cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.



Tipo IA.- Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del tipo I, donde se desea incorporación de aire.

Tipo II.- Para uso general, especialmente cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo IIA.- Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo II, donde se desea incorporación de aire.

Tipo III.- Para usarse cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.

Tipo IIIA.- Cemento con incorporador de aire para el mismo uso que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire.

Tipo IV.- Para usarse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V.- Para altas resistencia a la acción de los sulfatos.

➤ **Propiedades físicas del cemento**

Entre las principales propiedades físicas se puede enumerar:



- Gravedad específica
- Densidad aparente
- Finura de molido.

4.5.2.2. Los Áridos

Se da el nombre de áridos al material granular que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas, o que se obtiene mediante la trituración de ellas (Norma INEN 694).

Para la fabricación de hormigones los áridos que se utilizan se clasifican en árido fino y árido grueso; de acuerdo al tamaño de las partículas del material.

➤ Árido fino

Comúnmente denominado arena es el material cuyas partículas atraviesan una malla de 4.75 mm (tamiz # 4 A.S.T.M.) y son retenidas en el tamiz de 75 micras (0.075 mm, tamiz # 200 A.S.T.M.).



➤ **Árido grueso**

Comúnmente denominado grava es el material cuyas partículas son retenidas en una malla de 4.75 mm (tamiz # 4).

➤ **Granulometría de los áridos**

Se denomina composición granulométrica de un árido cualquiera, a la gradación de sus partículas mediante escalas o tamices.

- **Curvas granulométricas.-** Es la graficación del conjunto de porcentajes en peso de los distintos tamaños de granos que lo integran en relación con el peso total.

- **Diámetro efectivo.-** Es aquel tamiz que deja pasar el 90% del material.

- **Diámetro máximo.-** Es aquel tamiz que deja pasar el 95% del material.

- **Módulo de fineza o finura.-** El módulo de finura de un agregado es la suma de los porcentajes dados por el análisis de tamices divididos por 100, el análisis de tamices se expresa como porcentajes del material por peso, o por volumen



absoluto cuando se trata de la combinación de agregados de diferentes pesos específicos, retenidos en cada uno de una serie especificada de tamices. La serie de tamices usados según la A.S.T.M. son: N° 100; N° 50; N° 30; N° 16; N° 8; N° 4; N° 3/8"; N° 3/4"; N° 1 1/2"; y de mayores dimensiones aumentado en la misma proporción de 2 a 1. Se puede indicar que el módulo de fineza es útil para formar y comparar granulometrías.

➤ **Densidad**

Se define como relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo. $D = \text{Masa/Volumen (gr/cc) o (kg/m}^3\text{)}$.

- **Densidad aparente.-** Si se considera al volumen incluidos los poros, la densidad que se obtenga será la aparente.
- **Densidad real.-** Resultará cuando el volumen sea excluido de poros, por lo tanto un volumen real.
- **Densidad máxima.-** Es la máxima saturación de los poros de la grava con material más fino, (arena).- Este valor de densidad máxima sirve en ciertos métodos de dosificación



para determinar las cantidades de agregados para el hormigón.

- **Absorción de agua.**- Representa la cantidad de agua absorbida hasta la saturación de la piedra a presión y temperatura del medio ambiente.

4.5.2.3. El agua

El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo. Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla. Sin embargo una reducción excesiva de agua originaría una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra. Por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua.

Durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón se añade el agua de curado para evitar la desecación y mejorar la hidratación del cemento.



El agua destinada al amasado así como la destinada para el curado, deben ser aptas para cumplir su función. El agua de curado es muy importante que sea apta pues puede afectar más negativamente a las reacciones químicas cuando se está endureciendo el hormigón. Normalmente el agua apta suele coincidir con la potable y están normalizados una serie de parámetros que debe cumplir. Así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ión cloro y los hidratos de carbono.

Cuando una masa es excesivamente fluida o muy seca hay peligro de que se produzca el fenómeno de la segregación (separación del hormigón en sus componentes: áridos, cemento y agua).

4.6. El uso de las fibras en hormigones

4.6.1. Generalidades

Según Macías Mesa, Artola y Hernández (s.a) el descubrimiento del hormigón hidráulico en el siglo XIX ha marcado pautas en el desarrollo constructivo, dadas sus ventajas fundamentales de: i) poseer alta resistencia a la compresión en estado endurecido; ii) Laborabilidad bajo disímiles condiciones de moldeo y ser económico; la desventaja fundamental ha sido su debilidad a resistir tracciones, lo que planteó un



sin número de limitaciones hasta que apareció el hormigón armado, que solucionó el problema. Sin embargo, se ha continuado en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de hormigones a partir del empleo de fibras por cuanto poseen propiedades tensomecánicas satisfactorias y ser un material homogéneo de emplearse fibras cortas discontinúas.(Macías Mesa, Artola y Hernández, s.a)

Desde que el hombre inició a construir su morada utilizó fibras orgánicas y suelo en la construcción, pero el desarrollo tecnológico del cemento y el acero lo desplazaron, llegando casi a su olvido; su retorno es a partir de 1960, cuando Romualdi en los Estados Unidos, realiza investigaciones con fibras cortas mezcladas en el hormigón, lo que propicia un interés mundial por estudiar las fibras en su interacción con los hormigones, basados fundamentalmente por las que geográficamente se encuentren a disposición.

“Las investigaciones realizadas para obtener materiales alternativos al concreto reforzado convencional se han incrementado; y en esa búsqueda de alternativas, el concreto reforzado con fibras presenta las características de una solución con viabilidad técnica y económica. Así, se han utilizado ya, fibras de acero, fibras de vidrio, fibras de carbón, fibras minerales y naturales (madera, yute, bambú, coco, henequén,



asbesto, lana, entre otros), fibras de polipropileno y muchas otras fibras sintéticas como el Nylon y Poliéster.” (Cepeda, 1997).

“En 1990 la Universidad Federal de Bahía, Brasil, organiza en 1990 el Segundo Simposium sobre Plantas Vegetales y sus Fibras como Material de Construcción, donde con un sentido dirigido más hacia países pobres se analizan las propiedades de los materiales compuestos con fibras vegetales, las construcciones realizadas con el empleo de materiales compuestos con fibras, madera, secciones completas de plantas y desperdicios orgánicos. Punto de despegue para el debate público especializado de lo realizado sobre los tópicos denominados Fibras Naturals Reinforced Concrete (NFRC, por sus siglas en inglés)” (Macías Mesa, Artola y Hernández, s.a).

Bailón Abad, señala en la propuesta teórica del Proyecto de Investigación 818 cofinanciado por la SENESCYT y la Universidad Nacional de Loja, lo aseverado por Merrity (1999): “La reducción y mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del hormigón armado, se ha provocado el resurgimiento de las fibras orgánicas e inorgánicas como refuerzo en matrices de suelo, hormigón y microconcreto; estos materiales, debido a su rigidez y bajo peso, son soluciones muy atractivas desde el punto de vista estructural”, además los materiales reforzados con fibras naturales se pueden obtener a bajo



costo usando la mano de obra disponible en la localidad y con las técnicas adecuadas para su obtención, siempre que las mismas presenten favorables características (resistencia a la tensión) y químicas (resistencia a los ácidos, sales y álcalis). (Bailón, Proyecto de Investigación y desarrollo, 2011).

Así mismo Macías Mesa, Artola y Hernández (Ibidem) aseguran que: “En los últimos años, el análisis y debate del empleo de los hormigones reforzado con fibra ha ganado actualidad y está presente, por derecho propio, en los foros nacionales e internacionales del sector de la construcción.

4.6.2. Clasificación de las Fibras

Existen diversas clasificaciones de las fibras, considerándose la más aceptable las que las divide en Naturales y las fabricadas por el hombre:

Fibras naturales:

- . De Origen Vegetal: Hojas, Liber, Semillas, Frutas
- . De Origen Animal: Lana y pelo
- . De Origen Mineral: Vidrio, Acero, Asbesto



Fibras hechas por el hombre:

- . Polímeros naturales
- . Sintéticas

Múltiples estudios se han realizado con los diferentes tipos de fibras, sin embargo para el caso de las fibras de origen vegetal Macías Mesa, Artola y Hernández (Ibidem) señalan que “existen muchos temores en su empleo, dejando casi la exclusividad de construir con las mismas a los países pobres y de manera empírica, sin profundas investigaciones científicas, dada su alta degradación en el medio cementicio. De resolverse que aumenten su durabilidad en función del tiempo son las que mejor relación presentan entre las propiedades mecánicas y el costo de fabricación con ellas.

Cualquiera que sea el tipo de fibra éstas le brindan a los hormigones y morteros un refuerzo tridimensional que implica mejoras en las propiedades del elemento resultante. Las propiedades fundamentales que mejoran están asociadas a la resistencia a la tracción así como la eliminación, casi total, de la fisuración y se busca que los elementos constructivos resultantes tengan satisfactorio balance entre las propiedades mecánicas obtenidas y el costo de fabricación”.



De la investigación realizada en la Universidad Nacional de Colombia, respecto al “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar, encontraron que la fibra le imparte propiedades mecánicas importantes al compuesto, principalmente con adiciones de fibra entre 0.5 y 2.5 % en relación al peso total del agregado grueso, y cuyas fibras con longitudes entre 15 y 25 mm que son retenidas en el tamiz N° 6, las cuales logran que se alcancen resistencia a compresión a los 14 días de fraguado entre 8.6 y 16.88 MPa, estando por encima de probetas sin adición de fibras. Así mismo permiten reducciones en la densidad del material que varían entre 141 y 336 Kg/m³, con respecto a probetas patrones con densidades promedias de 2400 Kg/m³, lo que constituye un aspecto importante para la consideración de cargas muertas por peso propio en estructuras. Además se determina que la resistencia a compresión del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar es inversamente proporcional al porcentaje de la fibra adicionada y al diámetro de las partículas, aspecto que coincide con lo encontrado en ensayos realizados con otras fibras como el coco, el bambú, entre otros.” (Osorio Saraz, 2007).



4.6.3. Aspectos fundamentales de la Teoría de los Hormigones armados con fibras

De acuerdo con Macías Mesa, Artola y Hernández (s.a) “Al usar fibras discontinuas, éstas se dispersan dentro de la matriz de manera casual y tendiendo a la tridimensionalidad, a diferencia de las continuas que requieren una orientación prefijada; también se les denomina fibras cortas y largas”.

Como criterio uniformador el ACI ha propuesto y se ha generalizado la denominada Relación de Forma o Aspecto Definido, que no es más que la relación existente entre la longitud de la fibra y su diámetro equivalente (l_f/d_e).

Las consideraciones fundamentales de las características físico-mecánicas de las fibras se las resume en:

- Los diámetros no son estables, incluso presentan variaciones altas para un mismo tipo de fibras.
- Las densidades están acordes al tipo de material
- La resistencia a la tracción es casi igual para todas las fibras, observándose los valores mayores en las inorgánicas.
- El módulo de elasticidad de las fibras orgánicas es muy bajo, lo que posibilita que se obtengan grandes deformaciones, aspecto muy vinculado a los altos valores de elongación a la rotura de este tipo de fibras.



4.6.4. Eficiencia de las fibras (S)³

“La Eficiencia de las fibras se define como la distancia entre los centros de gravedad de las fibras. Los autores de este concepto demostraron que la resistencia a la tracción en el instante en que aparece la primera fisura para un determinado volumen de fibras es inversamente proporcional con el intervalo geométrico existente entre las fibras. Por lo tanto, se está ante un criterio definitorio para determinar la resistencia al aparecer la primera fisura.

Los diferentes estudios realizados sobre la eficiencia de las fibras recomiendan que se realicen las investigaciones sobre pruebas de rayos X efectuadas a muestras reales y se determina S experimental. No obstante los análisis efectuados han sido fundamentalmente en Estados Unidos e Inglaterra, con técnicas costosas y enfocadas a las fibras de acero, de ahí que estos se tomen como válidos en una primera aproximación y se extiendan a otras fibras.

En el caso de las fibras orgánicas, trabajadas por países pobres casi exclusivamente y de manera empírica, no se aplican consideraciones teóricas al respecto.

³ Macías Mesa, Artola y Hernández (s.a).



De manera experimental se define el intervalo entre las fibras, S_{exp} , como la distancia media entre la intercepción de la proyección de las fibras individuales en un plano con base lineal de longitud l_b dibujado sobre el mismo plano. (Macias Mesa, s.a)

$$S_{exp} = l_b/n_b \quad (4.1)$$

Pudiendo concluir al respecto en que:

1ro.- La eficiencia de las fibras es un parámetro importante para precisar las características mecánicas del hormigón fibrorreforzado.

2do.- La forma de cálculo de S no está definida estrictamente, estando dada en lo fundamental por:

- Parámetros de orden geométrico, a saber por ciento volumétrico de armadura (cantidad de fibras), diámetro de la fibra y la orientación de dichas fibras.

- Consideraciones de esfuerzos unitarios sobre el material fibrorreforzado. En la realidad, en muy pocos elementos los supuestos de dirección concordante de esfuerzos de tracción y orientación de las fibras se dan.



4.6.5. Fracción de volumen de refuerzo (V_f)

Se define como el resultado de la división del volumen ocupado por el refuerzo en este caso las fibras, entre el volumen de hormigón o mortero.

$$V = (\text{volumen de fibras})/(\text{volumen de hormigón}) \quad (4.2)$$

Pero, masa de la fibra entre el volumen de hormigón es igual a la dosis de la fibra, por tanto.

$$\text{Vol. de hormigón} = (\text{masa de fibra})/(\text{dosis de fibra}) \quad (4.3)$$

Además Peso Unitario Suelto (PUS) = masa de fibra / Vol de fibra, de donde:

$$\text{Vol. de fibras} = (\text{masa de fibras})/(\text{PUS fibras}) \quad (4.4)$$

sustituyendo (1.4) y (1.5) en (1.2) obtenemos:

$$V_f = [(\text{dosis de fibra})/\text{PUS}_{\text{fibra}}] * 100 \quad (4.5)$$

Siendo el peso unitario suelto de la fibra la resultante de la masa de dicha fibra entre el volumen de la misma.

Teniendo entonces que se asevera que la fracción de volumen es dependiente del tipo de fibra, en función de su peso unitario y del diámetro de la misma, además de la cantidad de fibras que se encuentre en la mezcla. No depende de la longitud de la fibra.



4.6.6. Superficie Específica (Se)

Se define como la relación existente entre el área superficial del refuerzo, en este caso fibras, y el volumen de hormigón o mortero.

$$S_e = A_s \text{ Vol./hormigón} \quad (4.6)$$

Si el volumen de fibra es el área de una fibra por la longitud total de fibras, además:

$$l_t = \text{Vol. fibra} / \text{área de una fibra} \quad (4.7)$$

$$A_s = \pi d l_t \quad (4.8)$$

Se tiene entonces que:

$$A_s = 4 \text{ Vol. fibra} / d \quad (4.9)$$

Trabajando con las ecuaciones (1.3), (1.4), (1.6) y (1.9) se obtiene:

$$S_e = 4V_f / d \quad (4.10)$$

Ecuación coincidente con la planteada para ferrocemento en su combinación de un producto ferroso con cemento y donde se destaca que la superficie específica depende del tipo de fibra (en función del diámetro) y de la fracción de volumen, pero es independiente de la orientación del refuerzo.

Los valores recomendados para la superficie específica de los materiales compuestos se encuentran entre 0.3 y 3 cm⁻¹. Adicionalmente



como se conoce la longitud de las fibras usadas (l_f) puede conocerse cuántas fibras hay dispersas en la masa de hormigón y mortero.

Partiendo de (1.6) y (1.8) se llega a obtener la cantidad de fibras en un volumen dado de hormigón o mortero y que no es más que:

$$N = [4(Dosisfibra) V. hormigón] / (\pi \cdot d_f PUSfibra) \quad (4.11)$$

y para un volumen unitario queda,

$$N = V_f / (A_f \cdot l_f) \quad (4.12)$$

4.6.7. Durabilidad de la fibra

Aunque los resultados obtenidos en estas investigaciones han sido alentadores, se han encontrado algunas deficiencias respecto de su durabilidad; estas al parecer son resultado de la reacción entre la alcalinidad de la pasta de cemento y las fibras, además del ataque de microorganismos en presencia de la humedad. (Lewis, 1979).

“En compuestos de origen orgánico los principales agentes de degradación son las incompatibilidades química y física entre fibras y matrices, la primera se da por dos circunstancias:

- La elevada alcalinidad del agua provoca porosidades en la matriz alrededor de la fibra en donde se acumula hidróxido de calcio que



al aumentar la temperatura provoca una sensible aceleración de la degradación; y

- Cuando la lignina y la hemicelulosa se descomponen debido al alto contenido de pH en el agua debilitando la adherencia con la matriz y transformando a la fibra en un material inerte dentro del compuesto.”(MacVicar, 1999).

Para evitar los procesos de degradación de la fibra vegetales en la matriz de concreto por efectos de la alcalinidad, y buscando que el fraguado del cemento no se vea afectado, Beraldo utilizo el lavado del material. (Beraldo, 1997).

La durabilidad del compuesto dependerá entonces de la protección que tenga la fibra y de las características de impermeabilidad propias de la matriz.



4.6.8. Propiedades mecánicas de los hormigones fibroreforzados⁴

4.6.8.1. Comportamiento a Tracción

Está determinado por los factores orientación de la fibra, relación de forma, volumen y eficiencia.

Orientación de la fibra

Está “asociado con la longitud de la fibra y su geometría en una determinada área, está vinculada directamente a la resistencia a la tracción y los criterios de cómo se produce dicha vinculación son disímiles.

La orientación de la fibra dentro del conglomerado, cuando no es prefijada antes del hormigonado, es prácticamente incontrolable, siendo casual en fibras discontinuas.

La longitud propiamente de la fibra posee su mayor influencia en el decrecimiento de la fisuración y no en el aumento de la resistencia a la tracción”

⁴ Macías Mesa, Artola y Hernández (s.a).



Relación de forma

Referida a longitud y diámetro de la fibra van a estar muy vinculados en una realidad determinada y con el aumento de los volúmenes de fibra para relaciones l_f/d_f se aprecia un aumento en la resistencia a la tracción.

El aumento de la relación de forma, incluso en determinadas condiciones de utilización de una única fibra con diámetro fijo y hasta ciertos límites ligados a las condiciones de mezclado provoca mayor capacidad de resistir tracciones.

Volumen de fibras

El aumento del contenido en volumen de fibras conlleva a un aumento proporcional de la resistencia a tracción.

Este criterio está altamente difundido. Consideraciones que no debe absolutizarse dado que no contempla factores como la durabilidad y la dureza propia de la fibra.



4.6.8.2. Comportamiento a Flexión

La influencia de la fibra, en que el hormigón fibroreforzado resista bien las flexiones es alta.

Es necesario comprender que en un elemento flexado se encuentran muy bien definidas las zonas que están traccionadas y las que están comprimidas, para establecer los comportamientos del material fibroso a la compresión y a la tracción.

4.6.9. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que deben considerarse en un material compuesto se refieren principalmente a la masa específica, la absorción de agua y la porosidad; en este sentido, Savastano Jr. trabajó con cuatro tipos de fibras (Pinus radiata, sisal, banana y eucalipto) encontró que la masa específica, la absorción de agua y la porosidad están íntimamente relacionadas, esto significa que a medida que la presencia de las fibras es mayor, disminuye la masa específica y aumentan la absorción y la porosidad. (Apopyan, 1997).

En ese mismo sentido Caldas, en su trabajo con fibras residuales de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) con matrices de escoria de altos hornos



con yeso y cal hidratada (EGCH) y de escoria de altos hornos activada con cemento Portland (ECP) encuentra también que la absorción de agua y la porosidad aumentan con la presencia de la fibra y contrario a la masa específica; aduce que este comportamiento puede estar influenciado por varios factores entre los que destaca una mayor fracción volumétrica del refuerzo, aumento de porosidad debido a la elevada relación de a/c , presencia de poros en las fibras y la formación de canales debido a la presión negativa aplicada. (Caldas, 2002).

Contrariamente, Shao y Moras descubren que la absorción del agua no está relacionada con la fracción volumétrica de la fibra en el compuesto, sino más bien a la porosidad de la matriz. (Shao & Moras, 2000).

4.6.10. Fibra orgánica de Ecuador: *Iriartea deltoidea*

La *Iriartea deltoidea*, es un género monotípico de plantas con flores, perteneciente a la familia de las palmeras (*Arecaceae*), es originaria de los trópicos de América donde se encuentran desde el sur de Nicaragua hasta Bolivia, por lo que es común encontrarla en Ecuador en donde adopta el nombre común de “Pambil o Chonta”, crece en bosques sin intervenciones fuertes, con densidades mayores en las orillas de ríos en suelos muy firmes y en filas, lo cual podría reflejar niveles de luz mayores o mejor drenaje. La densidad de individuos adultos (> 10 cm



dap) en un bosque en Ecuador varió de 107 por ha en pendiente, 44 por ha en valle de una quebrada, 13 por hectárea en llano aluvial.

Son árboles que forman el dosel o *canopea*, creciendo de 15 a 25 metros, es fácilmente reconocida por el prominente bulto en el centro del tronco, y por las raíces que forman un denso cono de hasta 1 metro de diámetro en la base. Las hojas de hasta 5 metros de largo y el fruto es una *drupa* de 2 cm de diámetro y principalmente son dispersados por murciélagos.

En Iriarte, como en todas las palmas, la densidad y la dureza del tejido del tallo aumentan desde el centro a la periferia y son mayores hacia la base. Según los estudios de (Rich, 1987) sobre propiedades mecánicas del tallo de *Iriarte deltoidea* en Costa Rica, la densidad de la cubierta exterior aumenta progresivamente desde que el tronco de la palma tiene cerca de 9 m de alto hasta cerca de los 18 m; de ahí en adelante sigue aumentando la densidad, pero más levemente. Por otro lado, a medida que las fibras que componen la cubierta exterior del tallo se lignifican, los taninos le dan un color oscuro que aumenta las posibilidades estéticas de la madera (Anderson, 1998) (figura 4.1).



Figura 4.1. *Iriarteia deltoidea*. a. Vista de una población en la vereda Verdeyaco (Cauca). b. Palma adulta. c. Detalle de la madera

De la palma se usan sus tallos porque son extremadamente duros y se emplean como material de construcción de viviendas, especialmente para pisos y separaciones de casas, este material también es usado en las áreas rurales para la fabricación de utensilios de uso diario, así como en la fabricación de artesanías, en ebanistería y carpintería.



Figura 4.2. Productos elaborados a partir de *Iriarteia deltoidea* en Mocoa, Colombia. a. Aretes. b. Portavasos con aplique de madera de Lauraceae. c. Individuales. d. Silla plegable. e. Pisos de listones. f. Cuadro con madera tallada. g. Bandeja lacada. h. Centro de mesa y figuras decorativas. i. Tarjetero.

La posibilidad de utilizar la fibra de la *Iriarteia deltoidea* como refuerzo adecuado para estructuras, no ha sido estudiada, por lo que es



importante iniciar los diseños de hormigones reforzados con pambil, sobre todo cuando se ha analizado que tiene alta resistencia a la flexión y se utiliza directamente en elementos preparados no reforzados de iguales dimensiones. Además, el pambil especialmente en la región oriental crece recta y rápidamente, por lo que puede ser considerada una de las fibras con más opción de utilizarse en la Región Sur del Ecuador.

4.6.11. Hormigón Reforzado con “Pambil”

Al no existir estudios respecto del uso del pambil en el hormigón, se debe asumir por similitud, lo establecido para el Bambú o para el Sisal, que son las fibras con mayor cantidad de investigaciones y estudios.

Así, Macías Mesa, Artola y Hernández (s.a), señalan que la humedad que puede absorber el bambú y que trae aparejados cambios de volumen ha tratado de ser evitada con tratamiento superficial; cuando este no se ha dado o ha sido deficiente se producen grandes fallas en su uso. Por tanto es fundamental el tratamiento superficial para lograr el adecuado comportamiento en el tiempo del hormigón reforzado con bambú.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

Para el caso del Sisal, se han establecido métodos para contrarrestar el debilitamiento de las fibras en hormigones, uno de aquellos es la impregnación con agentes bloqueadores, que no es otra cosa que impregnar la fibra con sustancias que pueden reaccionar con ciertos componentes y dar como resultado otros, los cuales son difíciles de disolver en un ambiente alcalino. Entre los agentes bloqueadores están: Silicato de sodio, sulfito de sodio y sulfato de magnesio.

Los tratamientos superficiales que se han logrado no han reunido las dos premisas de ser adecuadas y económicamente viables.



5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Métodos utilizados durante el proceso investigativo

Para el estudio de la Resistencia Mecánica del concreto con adición de fibras de Pambil, el diseño escogido en la investigación fue experimental verdadero (Hernández, 2003), ya que permite manipular tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control.

Este método se ajustó a la investigación ya que cumple con los siguientes requisitos:

1. Manipulación intencional de una o más variables independientes.
2. Medir el efecto que la variable independiente tiene en la variable dependiente.
3. Control o validez interna de la situación experimental.

En cuanto a la selección del tamaño de la muestra, se consideró lo siguiente:



- La norma ACI 214 (6.2) del 2011, establece la norma ACI 318 que define una prueba de resistencia como la fuerza media de dos o más ejemplares de la misma edad, fabricados a partir de una muestra tomado de un único lote de hormigón. Dentro del experimento se estableció un universo de 3 probetas para cada uno de los ensayos a realizar a los distintos grupos experimentales, tomando como referencia la experiencia los estudios realizados con otras fibras.
- Se determinó el tamaño óptimo de la Muestra, el cual depende del error máximo admisible que se establece (E), y además de su rango de variabilidad a partir de los valores que se asignen a las variables p y q [$p(+, \text{aceptación}) \rightarrow q(-, \text{rechazo})$].

$$\mathbf{E} = 0.05 \text{ (5\%)}$$

$$\mathbf{p} = 0.90 \text{ (90\% de aceptación)}$$

$$\mathbf{q} = 0.10 \text{ (10\% rechazo)}$$

Existen numerosas expresiones para evaluar el tamaño de la muestra a partir de las variables anteriores; esta investigación recurre a la siguiente⁵:

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{\left[(N-1) \left(\frac{E}{K} \right)^2 \right] + (p \cdot q)} \quad (5.1)$$

⁵*Lógica Incremental: sostiene que el diseño programado de aplicación con una secuencia lógica logra incrementar el efecto producido de una tecnología sobre otra haciéndola más eficaz.*



La variable K representa la constante de corrección del error y se fija según (Pazmino, 2006) un valor de $K = 2$ cuando $p \cdot q = 0.25$, mientras que para otros será su equivalente, en la presente investigación $p \cdot q = 0.09$ por lo tanto $K = 0.72$.

$$n = \frac{(3)(0.90)(0.10)}{(3-1)\left(\frac{0.05}{0.72}\right)^2 + [(0.90)(0.10)]} = \frac{0.27}{0.090} = 2.99 \approx 3$$

- Identificar el INTERVALO DE SELECCIÓN (F)

El *intervalo de selección* (F) se evalúo mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{N}{n} = \frac{3}{3} = 1$$

5.1.1. Diseño del experimento

Identificación de las variables INDEPENDIENTES

X1: Tamaño fibra

X2: Cantidad de fibra de pambil adicionada

Establecimiento del rango de variación de las variables independientes

X₁: Variación del tamaño de la fibra



Tomando en consideración las investigaciones realizadas tanto para la fibra de bagazo, coco, el bambú, entre otros en las que se establece que estas fibras le imparte propiedades mecánicas importantes al compuesto, principalmente con adiciones entre 0.5 y 2.5 % en relación al peso total del agregado grueso, con longitudes entre 15 y 25 mm que son retenidas en los tamices N° 4 y 6, en la presente investigación se plantea la utilización de los porcentajes de fibra de 0.5 %; 1.5 % y 2.5 % retenidos en los tamices # 4 y 8.

X11 = Tamiz 4

X12 = Tamiz 8

X2: Cantidad de fibra de pambil a utilizar.

X21= 0.5 %

X22= 1.5%

X23= 2.5%

Selección de la Técnica

El diseño de la investigación incluyó varios grupos, todos recibieron un tratamiento experimental excepto uno de ellos denominado muestra patrón, el cual no fue objeto de ningún tratamiento.



En la tabla 5.1, constan el tipo de mezclas realizadas y la nomenclatura utilizada para la identificación de las mismas.

Mezcla N°	Tamaño de la fibra (Tamiz)	Volumen de la fibra (%)	Repeticiones		
			I	II	III
M1	0	0			
M2	4	0,5			
M3	4	1,5			
M4	4	2,5			
M5	8	0,5			
M6	8	1,5			
M7	8	2,5			

Tabla 5.1. Tipos de mezclas realizadas y nomenclatura utilizada para su identificación
Elaboración: Autor de la investigación, 2012.

Para el análisis de las propiedades mecánicas, con cada tipo de mezcla se elaboraron dos tipos de especímenes: cilindros y vigas.

- Las muestras cilíndricas para ensayos de compresión, en ambiente de curado hasta las edades de 7 y 28 días, tanto las testigos como las que contienen fibra, utilizando la norma A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R).
- Y las vigas para ensayos de flexión, en ambiente de curado hasta la edad de 28 días, utilizando la norma A.S.T.M C-78.



5.2. Equipamiento utilizado

El Equipamiento principal utilizado en la realización de la presente investigación fue:

- 1 Computador
- 1 Equipo para ensayo de compresión y flexión
- 6 Molde para cilindros para pruebas de compresión
- 6 Molde prismático para pruebas de flexión
- 1 Cono de Abrams
- 1 Concreteira
- 1 Varillas de compactación
- 2 Balanza de precisión
- 2 Herramienta de toma de muestras
- 1 Tamiz # 4 y 8
- 1 Calibrador
- 1 Fluxómetro
- Cámara de curado
- Horno eléctrico
- Recipientes de varios tamaños
- 2 Reglas.

En la figura 5.1, se muestran las imágenes del equipo utilizado en el laboratorio por el autor de la investigación (2013).



Figura 5.1. Equipo utilizado en laboratorio: a. para ensayo compresión. b. ensayo flexión. c. molde para pruebas de compresión. d. molde para pruebas de flexión. e. cono de Abrams. f. concretera. g. balanza de precisión. h. calibrador. i. tamices para preparación de fibra



5.3. Materia prima

5.3.1. Cemento

El cemento utilizado para la elaboración de la matriz es de marca Holcim Rocafuerte, Pórtland Tipo IP que cumple la NTE INEN 490, es un cemento puzolánico de resistencia inicial o temprana de 13 MPa. , desarrollada a los tres días y de 18 MPa., a los 28 días. Posee una densidad de 3.05 g/cm³. En la tabla 5.2, se especifica la composición química del cemento utilizado

ÓXIDO	(%) EN PESO
CaO	63
SiO ₂	22
Al ₂ O ₃	6
Fe ₂ O ₃	2.5
MgO	2.6
K ₂ O	0.6
Na ₂ O	0.3
SO ₃	2.0

Tabla 5.2. Composición química del cemento Rocafuerte, Portland Tipo IP



5.3.2. Materiales Pétreos

Los áridos que se utilizó en el experimento proviene de las Canteras La Flaca y Junior, las mismas que se localizan en las márgenes derecha e izquierda del río Solanda en la parroquia de Malacatos dentro de la cabecera cantonal del cantón Loja, provincia del mismo nombre, la misma que corresponde a la zona alta de la Cuenca Hidrográfica del río Catamayo en la Región sur del Ecuador, entre las siguientes coordenadas geográficas 04°11'40" y 04°13'34" de latitud sur; 79°17'49"y 79°19'27"de latitud oeste; variando altitudinalmente desde la cota 1385 hasta la cota 1450 msnm, tienen una superficie de concesión 106 ha para la cantera la Flaca y de 17 ha para la concesión Junior.

- **Origen**

Los materiales presentes a lo largo del río Solanda son producto de la erosión, transporte y deposición del material de la formación Chigüinda, presente en los dos flancos del río Solanda. Proceso que difiere en función de factores climáticos y la constitución misma de las rocas que conforman a esta formación.



- **Tipo**

El tipo de material explotable en toda el área de concesión incluye clastos de filitas, esquistos, cuarzos, brechas, pizarras, dioritas, gneis, entre otros.

Estos clastos han sido depositados en forma de terrazas aluviales debido a la acción del río.

Los diámetros de los clastos varían desde los 5 cm a 30 cm; existiendo también grandes bloques de rocas metamórficas con diámetros mayores a los 1.5 m. Existe también material muy fino a finos cuyos diámetros no superan los 2 cm de diámetro.

Es evidente la presencia de clastos semi-angulosos a redondeados con bajos grados de meteorización que están en función de la distancia de transporte.

- **Características**

Las terrazas aluviales son de origen aluvial y se encuentran depositados mayormente al NW de la concesión; están compuestas de cantos rodados que en su mayoría predomina la



grava y gravón con diámetros de 2-7 cm, que en la terraza aluvial representan porcentajes mayores a 60%, arenas 20%, limos 10% y rocas de diámetro de 15 a 30cm 10%. Existen rocas que han sido llevadas y depositadas por la corriente con tamaños mayores a 1.5 m de diámetro, localizadas en el flanco izquierdo aguas arriba del río Solanda.

Las terrazas aluviales con mayor área se encuentran situadas en la parte derecha aguas arriba del río Solanda y poseen una potencia que varía entre 3 y 5 m con respecto al nivel del río; y anchos con promedios de 5 a 80 m. El ancho de las terrazas varía en función de la topografía y de la forma del valle que en la zona es en forma de V, las mismas que van incrementando su área y espesor a medida que se va ensanchando el valle.

Para mayor detalle del tipo de materiales existentes en estas concesiones. Se anexa una ficha de afloramientos realizada en este sector (Ver Anexo 16).

En la figura 5.2, se muestra la zona de clasificación de los materiales pétreos en las Canteras La Flaca y Junior



Figura 5.2. Zona de clasificación de los materiales pétreos.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.

En las figuras 5.3 y 5.4, se detallan los mapas de las concesiones mineras Junior y la Flaca respectivamente.

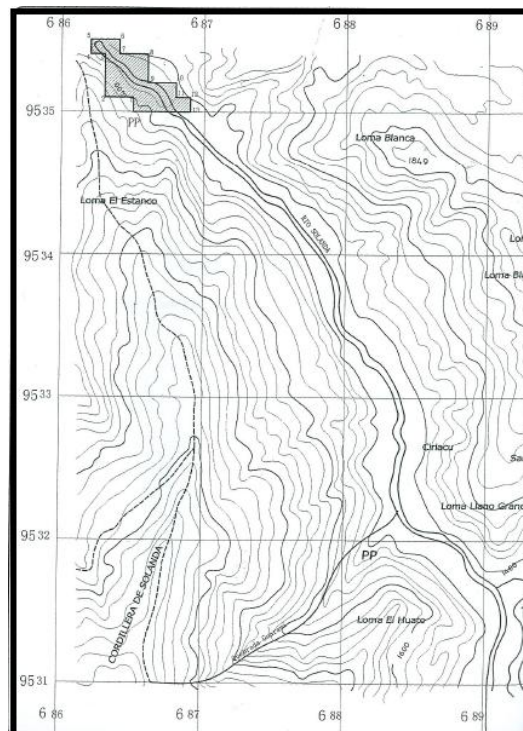


Figura 5.3. Mapa 1: Concesión Junior.
Fuente: EIA – PMA. Áreas mineras “Junior” 2003

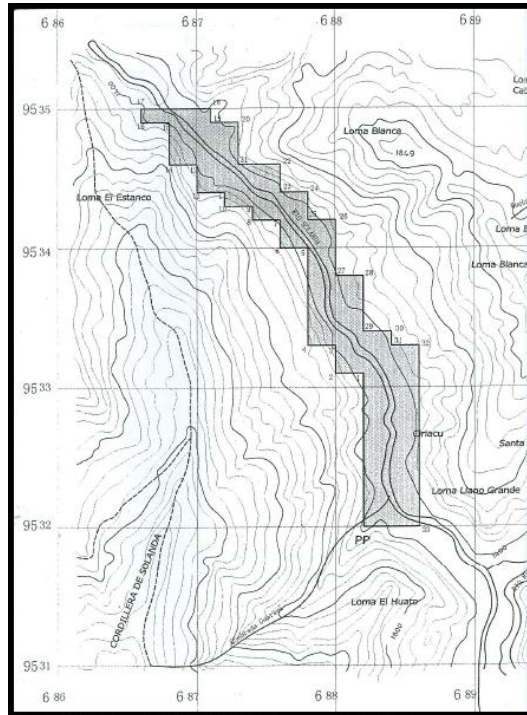


Figura 5.4. Mapa 2: Concesión la Flaca.
Fuente: EIA – PMA. Áreas mineras “La Flaca”. 2003

Los áridos mantienen una condición de acumulación por estratos aluviales. Su recarga se manifiesta en los cuatro meses del año (Enero-abril) en un proceso de depositación en meandros. Los contaminantes se traducen en materia vegetal y rara vez en acumulaciones de minerales por desintegración.

5.3.2.1. Análisis de las propiedades de los materiales pétreos

Los ensayos realizados a los pétreos provenientes de las canteras Junior y la Flaca son:



- **Densidad y absorción de agua en el árido fino**

Estos análisis se fundamentaron en la metodología descrita en la Norma NTE INEN 856:2010. Se realizaron tres ensayos a través de los cuales se procedió a sumergir en agua, por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido el cual fue previamente secado, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retiró la muestra del agua, se secó el agua superficial de las partículas y se determinó su masa. Luego, se colocó la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se obtuvo el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se secó al horno y se determinó nuevamente su masa.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo que cada una de ellas fueron:

$$D_{sss} = \frac{500}{B+500-C} \quad (5.2)$$

$$D_s = \frac{A}{B+500-C} \quad (5.3)$$

$$Pa = \frac{500-A}{A} \times 100 \quad (5.4)$$

Donde:

D_{sss} = Densidad real (saturada superficialmente seca, gr/cc)

D_s = Densidad seca (gr/cc)

- Pa = Absorción
- A = Masa de la muestra seca al horno (gr)
- B = Masa del matraz más agua (gr)
- C = Masa del matraz más agua y más muestra (gr)

En la figura 5.5, se muestra la imagen de la arena en estado saturado superficialmente seco.



Figura 5.5. Árido fino en estado saturado superficialmente seco.
Fuente: Autor de la investigación, 2013

- **Densidad y absorción de agua en el árido grueso**

En la ejecución de este ensayo, se aplicó la metodología descrita en la Norma NTE INEN 857:2010. Se realizaron tres ensayos a través de los cuales se procedió a sumergir en agua, por $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$, una muestra de árido el cual fue previamente secado, hasta conseguir masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retiró la muestra del agua, se secó el agua superficial de las



partículas y se determina su masa. Luego, se obtuvo el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua; finalmente, la muestra se secó al horno y se determinó su masa.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo que cada una de ellas fueron:

$$D_{sss} = \frac{B}{B-C} \quad (5.5)$$

$$D_s = \frac{A}{B-C} \quad (5.6)$$

$$Pa = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (5.7)$$

Dónde:

D_{sss} = Densidad real (saturada superficialmente seca, gr/cc)

D_s = Densidad seca (gr/cc)

Pa = Absorción

A = Masa de la muestra seca al horno (gr)

B = Masa de la muestra en el aire (gr)

C = Masa de la muestra en el agua (gr)

En la figura 5.6, se muestra la imagen de la determinación de la masa del árido grueso en el agua.



Figura 5.6. Determinación de la masa del árido grueso en el agua.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.

- **Determinación de la granulometría de los áridos**

La granulometría de los áridos tanto fino como grueso, se determinó en base a lo estipulado en la Norma NTE INEN 696:2011. A través de esta norma, las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida pueden ser separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permitió determinar la distribución del tamaño de partículas.



- **Determinación de la masa unitaria o densidad aparente suelta y compactada de los áridos**

La densidad aparente suelta o compactado de los áridos tanto fino como grueso, se determinó en base a lo establecido en la Norma NTE INEN 858:2010, para lo cual se realizaron tres ensayos, a través de los cuales se colocó las muestras en un molde con una capacidad adecuada. Para el caso de la densidad suelta, el material se colocó procurando no producir vibración ni compactación; y, para el caso de la densidad compactada, se lo realizó mediante el procedimiento por varillado señalado en este método de ensayo.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo que cada una de ellas fueron:

Para la masa unitaria (peso volumétrico):

$$M = (G - T) / V \quad (5.8)$$

Dónde:

M = masa unitaria (peso volumétrico) del árido (gr/cc)

G = masa del árido más el molde (gr)

T = masa del molde (gr)

V = volumen del molde (cc)



Para el volumen del molde:

$$V = (W - M) / D \quad (5.9)$$

Dónde:

V = volumen del molde (cc)

W = masa del agua, placa de vidrio y molde (gr)

M = masa de la placa de vidrio y molde (gr)

D = densidad del agua para la temperatura de medición (gr/cc)

- **Determinación de la densidad máxima de los agregados**

Se determinó la densidad óptima de los áridos, de conformidad con lo establecido en la Norma NTE INEN 858:2010.

- **Diseño del hormigón a utilizar en la investigación**

El hormigón considerado para la investigación será de una resistencia a la compresión, a los 28 días de 200 kg/cm², para lo cual se ha procedido a su diseño utilizando los métodos de la densidad máxima y el método ACI



5.3.3. Análisis de las propiedades de la fibra de refuerzo

5.3.3.1. Propiedades físicas de la Iriarte deltoidea

- **Determinación de la densidad, contenido de humedad y contracción de la madera**

Estos ensayos se determinaron utilizando probetas rectangulares de 2.5x2.5x10 cm y sus resultados se obtuvieron con las siguientes formulas:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso de la madera a un Contenido de Humedad}}{\text{Volumen de la madera al mismo Contenido de Humedad}}$$

$$C.H. = \frac{Pv - Psh}{Psh} \times 100$$

De donde:

C.H = Contenido de humedad en porcentaje

Pv = Peso de la muestra con humedad o peso verde

Psh = Peso de la muestra seca al horno.

$$\text{Contracción} = \frac{Dv - Dsh}{Dv} \times 100$$

D_v = Dimensión de la muestra verde

D_{sh} = Dimensión de la muestra seca al horno.

En las figuras comprendidas entre la 5.7 a la 5.9, se muestran las imágenes de la toma de datos de las probetas ensayadas en el laboratorio de Dendrocronología de la Madera de la UNL.



Figura 5.7. Toma de datos de las probetas.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.



Figura 5.8. Toma de datos de las probetas.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.



Figura 5.9. Toma de datos de las probetas.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.

Los resultados obtenidos se compararon con el cuadro para la clasificación de las propiedades físicas de la fibra, constante en el anexo Nro. 13.

5.3.3.2. Propiedades mecánicas de la Iriartea deltoidea

- **Compresión paralela a la fibra**

El ensayo de resistencia a la compresión paralela a la fibra se realizó en el laboratorio de Dendrocronología de la Madera de la UNL, con probetas rectangulares de 2.5x2.5x10 cm de acuerdo a la norma ASTM D143/253. Este ensayo consiste en determinar la deformación que sufre la probeta durante la aplicación de la carga hasta la falla, tal como se grafica en la figura 5.10.

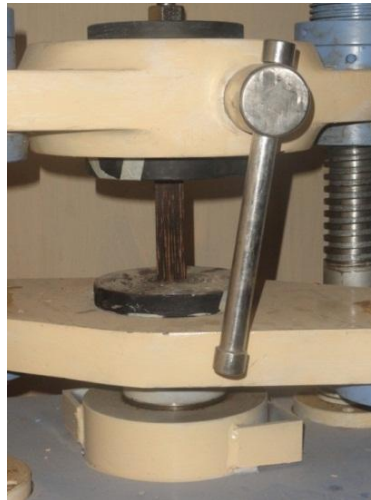


Figura 5.10. Ensayo de Compresión paralela a la fibra.
Fuente: Autor de la investigación, 2013.

- **Flexión estática:**

El ensayo de flexión estática se lo realizó en el Laboratorio de Dendrocronología de la Madera de la UNL, con probetas de 2,5 x 2,5 x 41 cm, de acuerdo a la norma ASTM – 143/245. El objetivo de este ensayo fue determinar el comportamiento que presenta una viga simplemente apoyada, cuando se aplica una carga en el centro de la luz. Se designa con el nombre de luz el espacio libre entre los dos apoyos, tal como se grafica en las figuras 5.11 y 5.12.



Figura 5.11. Equipo para ensayo de flexión estática en maderas



Figura 5.12. Ensayo flexion estatica.
Fuente: Autor de la investigación, 2013

Los resultados obtenidos se compararon con los cuadros para la clasificación de las propiedades mecánicas de la fibra, constante en el anexo Nro. 14.



5.3.3.3. Características anatómicas de la fibra

- **Preparación de tejido macerado**

Utilizando probetas de la especie, se extrajeron palillos que fueron depositados en un tubo de ensayo agregando ácido nítrico. En esta solución las muestras permanecieron 2 días. Luego se lavó con agua destilada para facilitar la desintegración de la madera, y posteriormente se los sometió a cocción en autoclave, por un lapso de media hora. Luego con la ayuda del mortero se facilitó la separación de los elementos constitutivos y se colocó la muestra en el portaobjetos para observarlos en el microscopio.

Los datos que se registraron fueron: tamaño de fibra, diámetro de: fibra, lumen y pared celular. Su calificación se realizó en base a las normas INEN 1 163. 1984-04.

Los resultados obtenidos se compararon con los cuadros para la clasificación de las características anatómicas de la fibra, constante en el anexo Nro. 15.



6. RESULTADOS

6.1. Materia prima

Previo a la realización de la experimentación, se procedió a determinar las características de los materiales que serán parte del hormigón y la fibra de la Iriartea deltoidea (Pambil), que se utilizará como refuerzo vegetal en esta investigación.

6.1.1. Materiales Pétreos

- **Densidad y absorción de agua en el árido fino**

Densidad real promedio (Estado SSS): $D_{sss} = 2,63 \text{ gr/cc}$

Densidad seca promedio (Estado seco): $D_s = 2,59 \text{ gr/cc}$

Porcentaje de absorción promedio: $P_a = 1,58 \%$

- **Densidad y absorción de agua en el árido grueso**

Densidad real promedio (Estado SSS): $D_{sss} = 2,50 \text{ gr/cc}$

Densidad seca promedio (Estado seco): $D_s = 2,48 \text{ gr/cc}$

Porcentaje de absorción promedio: $P_a = 1,10 \%$



- **Determinación de la granulometría de los áridos**

Árido fino:

En la tabla 6.1, se indican los resultados del ensayo de granulometría para el árido fino, realizado en el laboratorio de resistencia de materiales. La presentación de estos datos se realiza a través del gráfico 6.1, donde consta la curva granulométrica y el área de cribado para este tipo de material.

TAMIZ	TAMIZ	P. MUES+TAMIZ	PESO TAMIZ	PESO RETENIDO		% RETENIDO		% PASA
		gr	gr	PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9,500	592.40	447,00	145.40	145.40	7,18	7.18	92,82
4	4,750	719,40	439,50	279.90	425.30	13.83	21.02	78.98
8	2,360	772.20	412,00	360.20	785.50	17,80	38.82	61.18
16	1,180	774.60	361,50	413.10	1198.60	20,41	59.23	40.77
30	0,600	695.70	320,00	375.70	1574,30	18,57	77.79	22.21
50	0,300	586.10	294,00	292.10	1866,40	14,43	92,23	7,77
100	0,150	388.40	280,40	108.00	1974,40	5.34	97,56	2,44
200	0,075	305,90	274,70	31,20	2005,60	1.54	99,11	0,89
FONDO		271,70	253,60	18.10	2023,70	0,89	100,00	0,00

Tabla 6.1. Granulometría del árido fino
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Módulo de finura = 3,94

Tamaño máximo del agregado= 3/8"

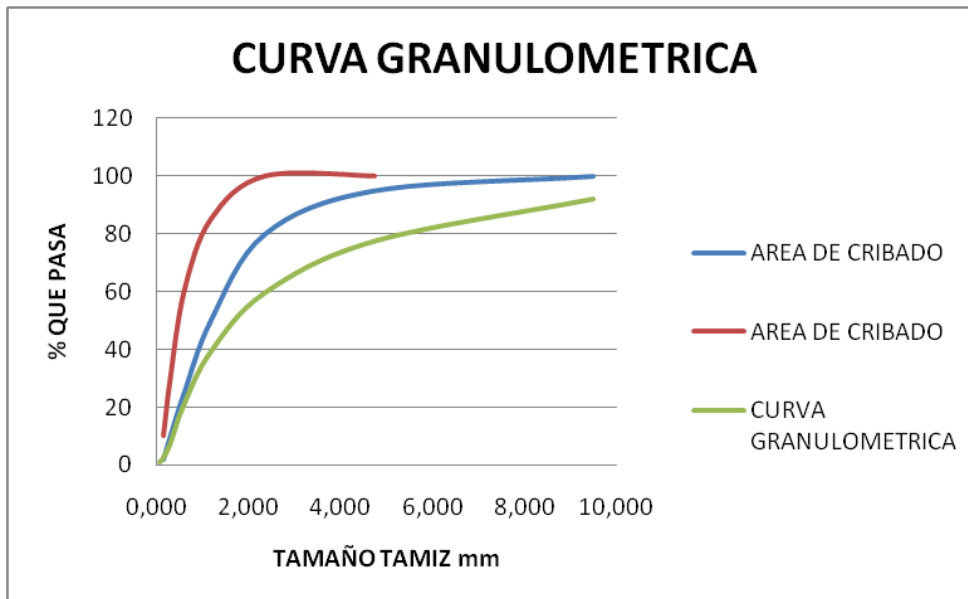


Gráfico 6.1. Curva granulométrica del árido fino
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Árido grueso:

En la tabla 6.2, se indican los resultados del ensayo de granulometría para el árido grueso, realizado en el laboratorio de resistencia de materiales. La presentación de estos datos se realiza a través del gráfico 6.2, donde consta la curva granulométrica y el área de cribado para este tipo de material.

TAMIZ	TAMIZ (mm)	P. MUES+TAMIZ gr	PESO TAMIZ gr	PESO RETENIDO		% RETENIDO		% PASA
				PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
2"	50,00	435,50	435,50	0,00	0,00	0	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	1004,00	470,00	534,00	534,00	6,18	6,18	93,82
1	25,00	1528,00	461,00	1067,00	1601,00	12,35	18,53	81,47
3/4"	19,00	2241,50	445,50	1796,00	3397,00	20,79	39,32	60,68
1/2"	12,50	2334,00	465,00	1869,00	5266,00	21,63	60,95	39,05
3/8"	9,500	1897,50	447,00	1450,50	6716,50	16,79	77,74	22,26
4	4,750	1803,00	439,50	1363,50	8080,00	15,78	93,53	6,47
8	2,360	918,00	412,00	506,00	8586,00	5,86	99,38	0,62
16	1,180	409,50	361,50	48,00	8634,00	0,56	99,94	0,06
30	0,600	323,00	320,00	3,00	8637,00	0,03	99,97	0,03
50	0,300	294,50	294,00	0,50	8637,50	0,01	99,98	0,02
100	0,150	281,00	280,40	0,60	8638,10	0,01	99,98	0,02
200	0,075	275,10	274,70	0,40	8638,50	0,00	99,99	0,01
FONDO		254,50	253,60	0,90	8639,40	0,01	100,00	0,00

Tabla 6.2. Granulometría del árido grueso
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Módulo de finura = 7,17

Tamaño máximo del agregado = 1 ½"

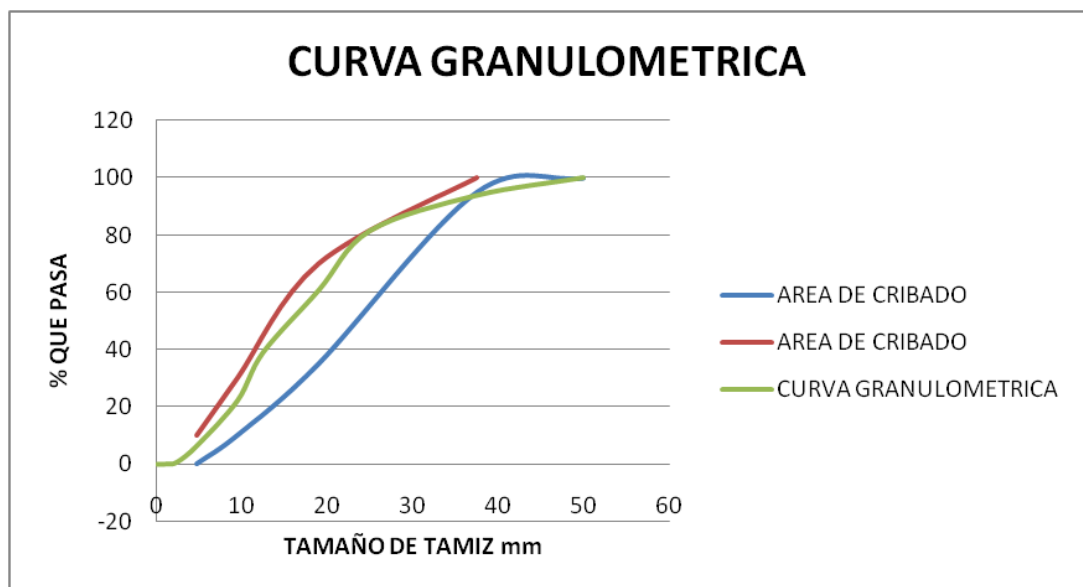


Gráfico 6.2. Granulometría del árido grueso
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.



- **Determinación de la densidad aparente suelta y compactada de los áridos**

Árido fino:

En las tablas 6.3 y 6.4, se presentan los datos de la densidad aparente suelta y compactada del árido fino.

ENSAYO NUMERO		1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.		3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA		7817,50	7850,00	7825,50
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)		5241,00	5273,50	5249,00
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)		1,73	1,74	1,73
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,73	gr/cc		

Tabla 6.3. Densidad aparente suelta del árido fino

ENSAYO NUMERO		1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.		3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA		8097,50	8134,50	8104,50
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)		5521,00	5558,00	5528,00
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)		1,82	1,83	1,82
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,82	gr/cc		

Tabla 6.4. Densidad aparente compactada del árido fino
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

- **Determinación de la densidad máxima de los agregados**

Árido grueso:

En las tablas 6.5 y 6.6, se presentan los datos de la densidad aparente suelta y compactada del árido grueso.



ENSAYO NUMERO		1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.		3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA		7689,50	7681,00	7794,00
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)		5113,00	5104,50	5217,50
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)		1,68	1,68	1,72
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,69	gr/cc		

Tabla 6.5. Densidad aparente suelta del árido grueso

ENSAYO NUMERO		1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.		3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA		8151,00	8124,00	8136,50
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)		5574,50	5547,50	5560,00
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)		1,84	1,83	1,83
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,83	gr/cc		

Tabla 6.6. Densidad aparente compactada del árido grueso
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

- **Diseño del hormigón a utilizar en la investigación**

Método ACI

En la tabla 6.7, se muestra la dosificación calculada para el hormigón a utilizarse en la investigación, la cual fue elaborada mediante el método ACI.

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACION POR SACO	0,48	1,00	1,85	4,15

Tabla 6.7. Dosificación del hormigón por el Método ACI.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.



Método de la Densidad Máxima

En la tabla 6.8, se muestra la dosificación calculada para el hormigón a utilizarse en la investigación, la cual fue elaborada mediante el método de la densidad máxima.

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACION POR SACO	0,47	1,00	2,27	3,47

Tabla 6.8. Dosificación del hormigón por el Método de la Densidad Máxima
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

El detalle del cálculo de las dosificaciones consta en los anexos 7a, 7b, 8a y 8b.

6.1.2. Análisis de las propiedades de la fibra de refuerzo

- **Propiedades físicas de la Iriarte deltoidea**

Determinación de la densidad, contenido de humedad y contracción de la madera

En la tabla 6.9, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de densidad, contenido de humedad y contracción de las probetas de pambil, efectuados en el laboratorio de dendrocronología y anatomía de la madera de la UNL.



Nº probeta	CH (%)	Densidad (g/cm ³)			CONTRACCIÓN (%)				Relación T/R
		Verde	Anhidra	Básica	Longitudinal	Tangencial	Radial	Volumétrica	
Probeta 1	31.37	1.24	1.07	0.94	0.18	6.37	5.43	11.62	1.17
Probeta 2	29.72	1.18	1.05	0.91	0.15	6.69	6.96	13.32	0.96
Probeta 3	24.24	1.21	1.09	0.98	0.33	5.46	5.10	10.58	1.07
Probeta 4	25.36	1.16	1.05	0.92	0.08	6.56	6.17	12.39	1.06
Probeta 5	23.97	1.17	1.09	0.94	0.20	7.28	6.13	13.14	1.19
Probeta 6	30.79	1.12	1.01	0.86	0.18	8.74	6.82	15.11	1.28
Probeta 7	27.43	1.24	1.10	0.97	0.28	6.01	5.71	11.62	1.05
PROMEDIO	27.56	1.19	1.07	0.93	0.20	6.73	6.05	12.54	1.11
CLASIFICACIÓN				Muy alta		Bajo	Alto	Medio	Bajo

Tabla 6.9. Densidad contenido de humedad y contracción
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

- **Propiedades mecánicas de la Iriartea deltoidea**

Compresión paralela a la fibra

En la tabla 6.10, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de compresión paralela a la fibra, a que fueron sometidas las seis probetas de pambil en el laboratorio de dendrocronología y anatomía de la madera de la UNL.

Nº Probeta	Carga limite proporcional		Carga máxima		deformación- limite proporcional	L	ELP	MRC	Módulo de Young
	kN	(P1) Kg/cm2	(kN)	(P2) Kg/cm2	d (cm)	(cm)	kg/cm2	kg/cm2	Y (kg/cm2)
1	7.608	775.79	12.34	1258.51	0.231	10	124.126	201.362	5373.422
2	7.920	807.60	13.10	1335.40	0.138	10	129.216	213.664	9363.506
3	8.560	872.86	12.44	1268.20	0.128	10	139.658	202.912	10910.790
4	7.336	748.05	12.14	1237.51	0.179	10	119.688	198.001	6686.498
5	8.136	829.63	13.19	1345.19	0.181	10	132.740	215.230	7333.727
6	7.192	733.37	11.92	1215.48	0.145	10	117.339	194.477	8092.339
PROMEDIO							127.128	204.274	7960.047
CLASIFICACIÓN							Muy baja	Muy baja	Muy baja

Tabla 6.10. Resultados de la compresión paralela a la fibra
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En el gráfico 6.3, constan las curvas esfuerzo-deformación de las seis probetas ensayadas a compresión paralela a la fibras.

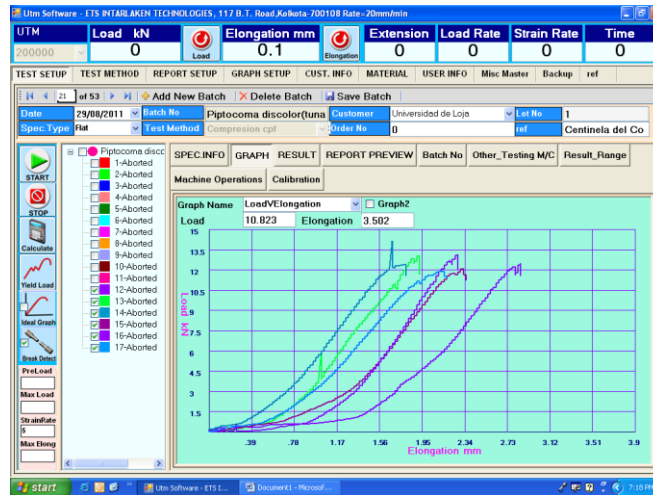


Gráfico 6.3. Resultados de la compresión paralela a la fibra
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Flexión estática:

En la tabla 6.11, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de flexión estática, a que fueron sometidas las cinco probetas de pambil en el laboratorio de dendrocronología y anatomía de la madera de la UNL.

Nº Probeta	Long.	Deflexión al límite.prp (cm)	Carga limite .proporcional	Carga máxima	ELP	MOE	MOR	
	cm		P1 (kg/cm2)	P2 (kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	(kg/cm2)	
1	37.2	0.404	62.81	166.82	224.32	51224.83	595.76	
2	37.2	0.412	95.44	153.46	340.85	76323.78	548.05	
3	37.2	0.431	71.79	134.29	256.37	54875.26	479.59	
4	37.2	0.500	77.50	129.20	276.76	51065.17	461.38	
5	37.2	0.633	116.65	144.80	416.59	60716.05	517.10	
PROMEDIO					302.98	58841.02	520.38	
CLASIFICACIÓN					Muy baja	Muy baja	Muy baja	

Tabla 6.11. Resultados de la flexión estática de la probeta de Iriartea deltoidea
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En el gráfico 6.4, constan las curvas esfuerzo-deformación de las cinco probetas ensayadas a flexión estática.

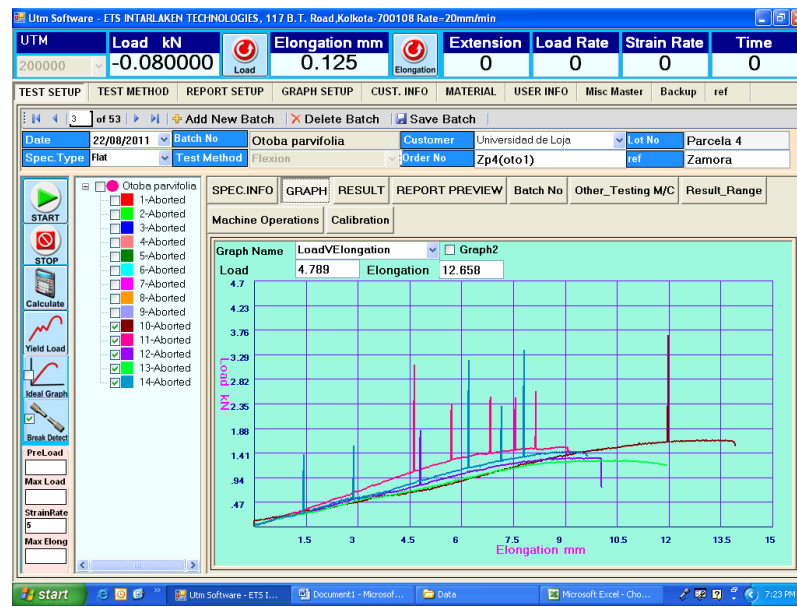


Grafico 6.4. Resultados de la flexión estática de la probeta de Iriartea deltoidea
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

- **Características anatómicas de las fibras**

En las figuras 6.1, 6.2 y 6.3, se muestran las micro fotografías capturadas a través del microscopio de 32 megas de resolución del laboratorio de dendrocronología y anatomía de la madera, que corresponden a las características anatómicas de las fibras de pambil analizadas.

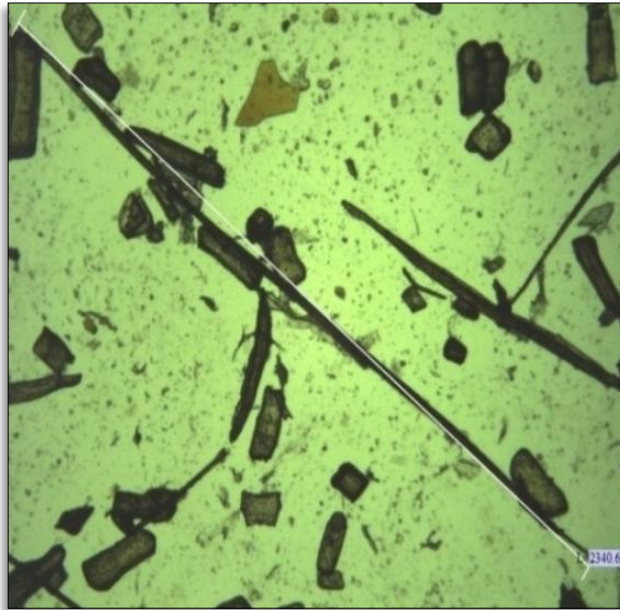


Figura 6.1. Tamaño de fibra de la fibra de Pambil
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

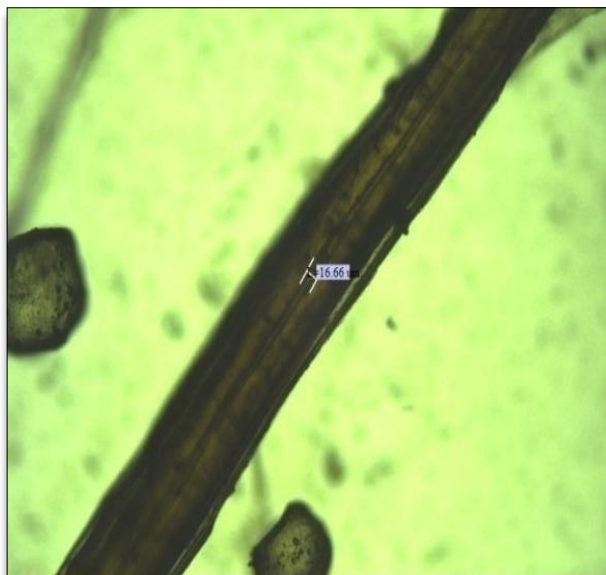


Figura 6.2. Diámetro de lumen de la fibra de Pambil.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.



Figura 6.3. Diámetro de la fibra de Pambil.
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En la tabla 6.12, constan los datos del tamaño, el diámetro del lumen y el diámetro de la fibra de pambil.

N°	Largo (μ)	Ancho (μ)	Lumen (μ)	Pared (μ)
1	2149,22	54,05	6,93	23,56
2	2145,93	45,32	5,20	20,06
3	2533,25	27,41	4,90	11,26
4	2519,08	93,65	9,67	41,99
5	2576,74	48,97	7,10	20,94
6	1584,51	126,72	16,66	55,03
7	2566,09	35,40	4,74	15,33
8	2599,51	56,08	8,77	23,66
9	2515,74	84,81	6,60	39,11
10	2513,93	86,41	9,50	38,46
11	2164,14	65,41	7,38	29,02
12	2563,41	134,24	16,06	59,09
13	2540,39	124,57	11,59	56,49
14	3316,73	78,32	8,96	34,68
15	1935,48	87,97	5,22	41,38
16	2947,39	101,78	9,71	46,04
17	2103,96	80,84	8,97	35,94
18	2520,39	116,55	13,91	51,32
19	2234,82	22,86	2,12	10,37



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

N°	Largo (μ)	Ancho (μ)	Lumen (μ)	Pared (μ)
20	4428,30	70,14	4,10	33,02
21	1339,59	85,01	7,33	38,84
22	3581,37	54,57	4,84	24,87
23	2340,69	63,18	7,02	28,08
24	1748,72	45,39	5,03	20,18
25	1847,04	36,65	7,38	14,64
26	4496,77	78,21	7,75	35,23
27	2341,23	63,35	5,78	28,79
28	2755,52	88,54	8,70	39,92
29	2202,38	29,62	2,49	13,57
30	2156,37	105,98	6,29	49,85
31	1991,10	66,97	7,29	29,84
32	1965,51	64,11	4,42	29,85
33	1693,52	72,70	9,66	31,52
34	1905,52	80,46	4,35	38,06
35	2574,51	63,45	6,01	28,72
36	2634,55	66,71	5,60	30,56
37	2463,22	69,83	5,59	32,12
38	3038,99	65,86	4,60	30,63
39	1619,46	70,25	5,22	32,52
40	2138,81	45,46	4,17	20,65
41	1290,42	29,29	2,43	13,43
42	1782,97	67,75	5,89	30,93
43	1542,30	88,88	6,48	41,20
44	3561,61	29,31	2,90	13,21
45	2998,93	35,18	4,77	15,21
46	2412,13	40,89	2,95	18,97
47	1400,38	72,83	5,56	33,64
48	2386,02	41,44	3,00	19,22
49	2567,30	34,82	2,61	16,11
50	2332,46	110,19	7,32	51,44
	2391,37	68,17	6,63	30,77

Tabla 6.12. Resultados de las mediciones de las características anatómicas de la fibra de pambil.

Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En la tabla 6.12, constan el análisis estadístico realizado a los datos del tamaño, el diámetro del lumen y el diámetro de la fibra de pambil.



Análisis estadístico				
	Largo (μ)	Ancho (μ)	Lumen (μ)	Pared (μ)
Media	2391,37	68,17	6,63	30,77
Error típico	94,52	3,91	0,45	1,78
Mediana	2363,63	66,84	5,95	30,59
Moda	#N/A	#N/A	7,38	#N/A
Desviación estándar	668,35	27,66	3,17	12,59
Varianza de la muestra	446689,29	765,21	10,06	158,60
Curtosis	2,32	-0,26	2,26	-0,49
Coefficiente de asimetría	1,15	0,45	1,30	0,36
Rango	3206,35	111,38	14,54	48,72
Mínimo	1290,42	22,86	2,12	10,37
Máximo	4496,77	134,24	16,66	59,09
Suma	119568,40	3408,38	331,52	1538,43
Cuenta	50	50	50	50
Nivel de confianza(95,0%)	189,94	7,86	0,90	3,58

Tabla 6.13. Análisis estadístico de las características anatómicas del pambil.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

6.2. Resultados de la experimentación

6.2.1. Resistencia a la compresión

Las tablas 6.14y 6.15, muestran los resultados de los ensayos efectuados para la determinación de la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas ensayadas a los 7 y 28 días de curado, para lo cual se utiliza la norma A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R).

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	16,48	15,93	15,78	16,06	0,37
M2	T4	0,50	14,71	15,43	15,15	15,10	0,36
M3	T4	1,50	18,42	17,71	19,05	18,39	0,67
M4	T4	2,50	16,69	16,02	15,75	16,15	0,48
M5	T8	0,50	20,82	21,24	21,04	21,03	0,21
M6	T8	1,50	13,53	18,60	19,15	18,88	0,39
*			18,92	17,44	18,54	17,99	0,77
M7	T8	2,50	24,89	22,37	24,04	23,77	1,28
VALOR DESCARTADO POR PRUEBA INCONSISTENTE							
*	NUEVA SERIE DE CILINDROS PARA LA MEZCLA M6						

Tabla 6.14. Resultados de las pruebas a compresión de los cilindro a 7 días de curado
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En el gráfico 6.5, constan los resultados de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 7 días

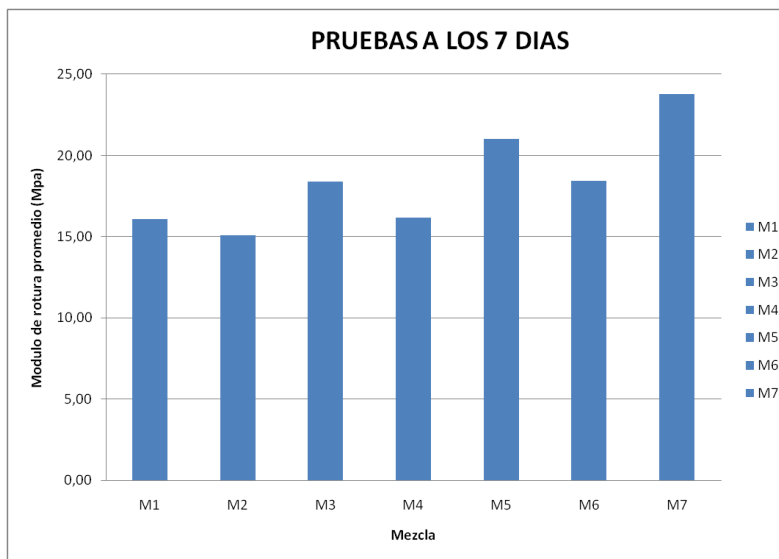


Grafico 6.5. Resultado de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 7 días.
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	20,54	18,18	19,27	19,33	1,18
M2	T4	0,50	20,03	21,59	22,24	21,29	1,14
M3	T4	1,50	22,62	22,68	21,18	22,16	0,85
M4	T4	2,50	27,63	29,20	28,36	28,40	0,79
M5	T8	0,50	23,23	21,16	24,36	22,92	1,62
M6	T8	1,50	22,09	24,15	25,12	23,79	1,55
M7	T8	2,50	27,83	32,25	29,84	29,97	2,21

Tabla 6.15. Resultados de las pruebas a compresión de los cilindro a 28 días de curado
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En el gráfico 6.6, constan los resultados de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 28 días

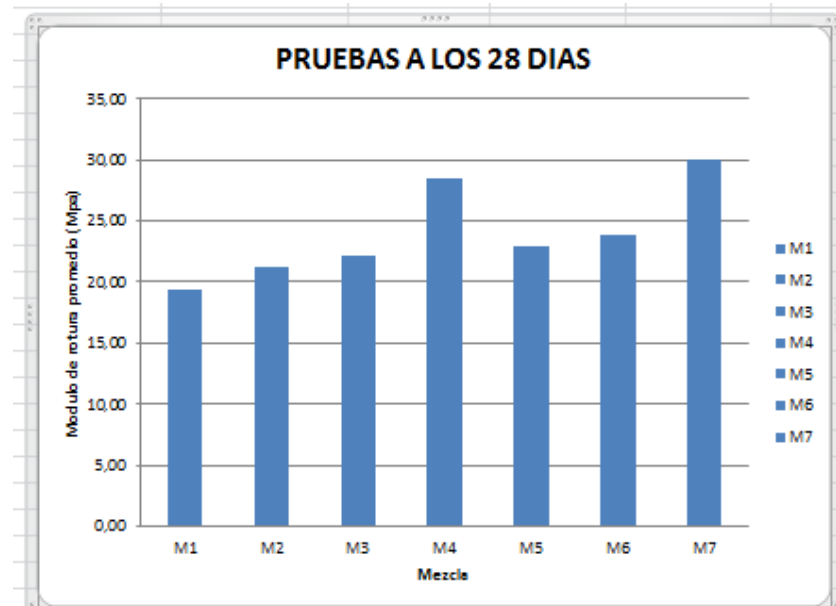


Gráfico 6.6. Resultado de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 28 días.
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

6.2.2. Resistencia a la flexión

La tabla 6.16., muestra los resultados de los ensayos efectuados para la determinación de la resistencia a la flexión de las probetas prismáticas ensayadas a los 28 días de curado, para lo cual se utiliza la norma A.S.T.M. C-78.

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	4,58	4,60	4,54	4,57	0,03
M2	T4	0,50	4,35	4,06	4,24	4,22	0,15
M3	T4	1,50	4,44	3,95	4,25	4,21	0,25
M4	T4	2,50	3,73	3,57	4,04	3,78	0,24
M5	T8	0,50	3,85	3,75	4,09	3,90	0,17
M6	T8	1,50	4,17	3,78	3,72	3,89	0,24
M7	T8	2,50	3,58	3,64	3,71	3,64	0,07

Tabla 6.16. Resultados de las pruebas a la flexión de las probetas prismáticas a 28 días de curado
 Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

En el gráfico 6.7, constan los resultados de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 7 días

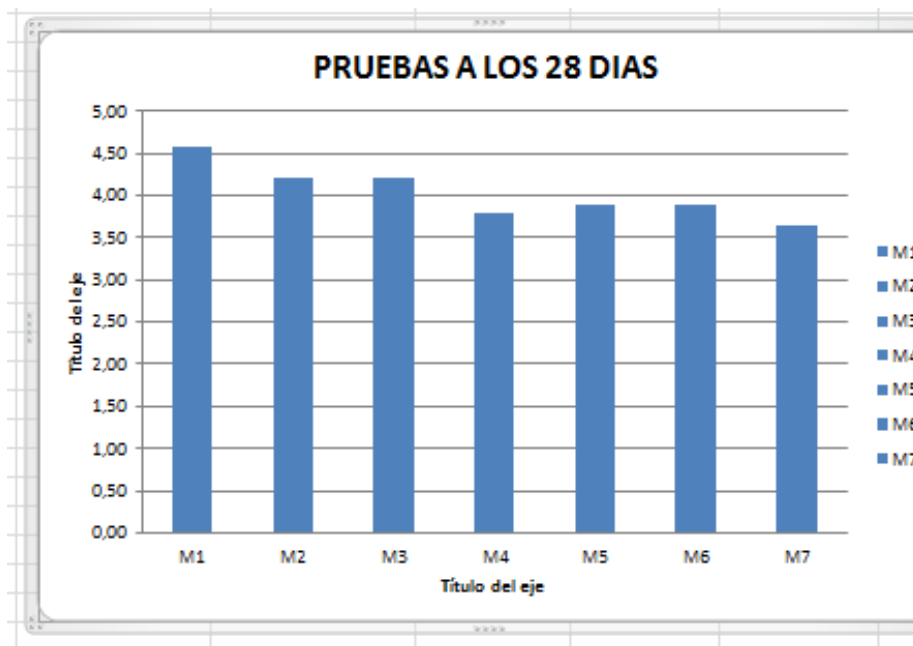


Gráfico 6.7. Resultado de las pruebas a flexión de las vigas ensayadas a 28 días.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.



7. DISCUSIÓN

7.1. Materiales Pétreos

7.1.1. Árido fino

Los áridos escogidos para la investigación, según se detalló en el numeral 5.3.2 en el capítulo correspondiente a la Metodología, provienen de las Canteras “La Flaca” y “Junior” los cuales son de uso común en la ciudad de Loja, y se explota en grandes cantidades siendo clasificados mediante el uso de una serie de zarandas, en este proceso se hace uso de la gravedad y el empleo de agua para realizar el movimiento del material y su lavado. Para el caso del árido fino fue necesario hacer el estudio granulométrico para determinar los tamaños de las partículas del agregado, los cuales según los resultados, adopta una curva bajo el área de cribado, lo que significa que no existe una distribución adecuada del tamaño de los granos, que de alguna manera influye en el momento de la preparación del hormigón que demandó correcciones en el diseño, además que técnicamente se recomienda una adecuada gradación de las partículas, para lograr mejores resistencias lo que influye en los costos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

En cuanto a la densidad del árido fino en estado superficialmente seco, densidad seca y porcentaje de absorción los resultados obtenidos, aplicando la Norma INEN 856 y que constan en el capítulo de Resultados fueron de 2,63 gr/cm³, 2,59 gr/cm³ y 1,58 %, los cuales confirman con bastante aproximación los valores con los que se trabajan las prácticas en el laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja y en la ciudad de Loja, cuya referencia se la ha hecho constar en el ANEXO 1 y que son de: 2,64 gr/cm³; 2,59 gr/cm³ y 1,70 %.

Si el Módulo de Finura del agregado fino, es el índice aproximado que describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen, para el caso de estudio, el mismo alcanzó el valor absoluto de 3,94 lo cual confirma que se trata de arena gruesa.⁶ En cambio el tamaño máximo del agregado es de 9,5 mm, el cual está muy cercano al recomendable (12,7 a 9,5 mm), para lograr una resistencia a la compresión alta con elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento.

En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.

⁶Si el módulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina; y si el modulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Y si el modulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.



Por otra parte, la densidad aparente suelta, que es la que permite transformar peso a volumen o viceversa alcanzó el valor de 1,73 gr/cm³, el cual es cercano al común utilizado en el medio que es de 1,678 gr/cm³; en cambio la densidad compactada alcanzó el valor de 1,82 gr/cm³

7.1.2. Árido grueso

Para el caso del árido grueso se utilizó el material proveniente de las quebradas detalladas anteriormente, este material fue sometido a un estudio granulométrico para definir los tamaños de las partículas del agregado, los cuales según los resultados, adopta una curva que está dentro del área de cribado, lo que significa que existe una distribución adecuada del tamaño de los granos, condición que influye en el momento de la preparación del hormigón, por lo que este material no demandó una correcciones en el diseño y que permitió que este sea lo más uniforme.

En cuanto a la densidad del árido grueso en estado superficialmente seco, densidad seca y porcentaje de absorción los resultados obtenidos, aplicando la Norma INEN 857 y que constan en el capítulo de Resultados fueron de 2,50 gr/cm³; 2,48 gr/cm³ y 1,10 %, los cuales confirman con bastante aproximación los valores con los que se trabajan



en las practicas del laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja y en la ciudad de Loja, cuya referencia se la ha hecho constar en el ANEXO 12 y que son de: 2,65 gr/cm³; 2,60 gr/cm³ y 1,63 %.

Si el Módulo de Finura del agregado grueso alcanzó el valor absoluto de 7,17 lo cual confirma que se trata una árido grueso. En cambio el tamaño máximo del agregado es de 37,5 mm, el cual está dentro del rango recomendable (37,5 a 19,0 mm), para lograr una resistencia a la compresión alta.

Por otra parte, la densidad aparente suelta, que es la que permite transformar peso a volumen o viceversa alcanzó el valor de 1,51 gr/cm³, el cual es cercano al común utilizado en el medio que es de 1,54 gr/cm³; en cambio la densidad compactada alcanzó el valor de 1,66 gr/cm³

7.2. Diseño del hormigón utilizado en la investigación

En el medio local, en la gran mayoría de veces se ha diseñado hormigones con métodos desarrollados a otras realidad y con características diferentes, particularmente en lo referido a la granulometría y la superficie de los áridos, lo que de alguna manera influye en las tablas establecidas para la relación agua/cemento. Para la presente investigación al haber empleado el



Método de la Densidad Máxima, se obtuvo una combinación óptima de agregados y de resultados previos en cuanto a las resistencias de los hormigones tanto a compresión como a tracción, dosificación que sirvió de punto de partida para la fabricación de hormigón con adición de fibra.

El diseño de hormigón permitió una resistencia promedio de 19,33 MPa., a los 28 días, valor que sirvió de referencia para los ensayos de mezclas con adición de fibras.

7.3. Fibra de refuerzo

Los resultados de los ensayos aplicados a la fibra seleccionada correspondiente al “Pambil”, establecida para la investigación de hormigón reforzado, permitió conocer que el rango de variación del contenido de humedad de las 7 probetas se fijó entre 23,95 % y 31,37 %, pudiendo afirmarse que la humedad propia a temperatura ambiente de la Iriartea deltoidea es del 27,56 %.

Para el caso de las densidades, según los datos registrados en el numeral 6.1.2 del capítulo de Resultados, se realizaron 3 cálculos: densidad verde, anhidra y básica. La densidad verde es la que posee la madera en la planta viva y corresponde al peso verde sobre el volumen verde, ésta es calculada en probetas recién extraídas del árbol, sin embargo; en este caso se tuvo



que saturar las muestras de agua para que las células puedan recuperar el agua perdida desde la tala del árbol y cuyo valor promedio es de 1.19 gr/cm³.

La densidad anhidra se define como la relación entre el peso y el volumen seco, para lo cual las probetas fueron sometidas a 103°C en la estufa por 24 horas, siendo su valor de 1.07 gr/cm³. La densidad básica es la relación entre el peso anhidro y el volumen verde, ésta densidad es la más utilizada en la industria forestal porque define la relación que hay entre el material seco de la madera y su volumen.

Una vez analizados los resultados, se puede observar que la madera de pambil presenta una densidad básica de 0.93 (g/cm³), al ser ésta mayor a 0.80 (g/cm³) se convierte en una madera de densidad muy alta (Norma INEN 1 162). Además se debe tomar en cuenta que la densidad básica está directamente relacionada con las propiedades mecánicas.

Por otro lado, en cuanto a las propiedades relacionadas con los cambios dimensionales que presenta la madera; se obtuvo valores de 6.73% para la contracción tangencial, 6.05% contracción radial y 12.54% para la contracción volumétrica, lo que clasifican a la madera como moderadamente estable en sus dimensiones, en cuanto a su contracción volumétrica se refiere. Entendiéndose por contracción a la reducción



dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de la fibra.

Los cambios dimensionales de la madera están asociados directamente por la presencia de parénquima, cabe señalar además que las muestras para los ensayos son tomadas de diferentes individuos, por lo que los cambios dimensionales puede verse influenciados por la edad que presenta cada individuo.

La relación T/R, considerada como la relación del porcentaje de contracción tangencial entre el porcentaje de la contracción radial, ésta relación es utilizada para conocer la estabilidad dimensional que presenta la madera, además la relación T/R es un índice de la mayor o menor tendencia que puede tener para desarrollar defectos de secado.

Las probetas de madera de pambil presentaron una relación T/R con un valor de 1,11 calificado como BAJO, es decir que es una madera estable y presenta un buen comportamiento al proceso de secado.

Las propiedades mecánicas de la madera corresponden al resultado reflejado por el comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o carga, éste puede tener varias modificaciones, dependiendo del tipo de fuerza que se aplique y la estructura de la madera.



La compresión paralela es la resistencia debida a la acción de una fuerza que tiende a aplastar la madera en sentido paralelo a la fibra. Para este ensayo se calcularon tres parámetros: ELP (esfuerzo límite proporcional), MRC (máxima resistencia a la compresión paralela) que es una medida de la capacidad que tiene la madera para soportar cargas en compresión paralela al grano hasta el punto de falla, y Módulo de Young; éste último valor representa la capacidad que tiene la madera para recuperar su forma y tamaño original después de remover los esfuerzos.

El objetivo de este ensayo fue determinar la resistencia de la madera a la compresión paralela, es decir, cuando la madera actúa en forma de columna.

De los datos registrados en el numeral 6.1.2 del capítulo de Resultados, se pudo observar que existe una MUY BAJA resistencia de la madera a la compresión paralela a la fibra en cuanto a su ELP, MRC y Módulo de Young se refiere, es decir que esta madera tiene muy baja capacidad para recuperar su forma y tamaño original después de remover los esfuerzos y no soporta cargas máximas en su compresión paralela a la fibra. Todos estos resultados están directamente influenciados por la cantidad de parénquima presente a lo largo del árbol, lo que impide tener una mayor resistencia de la compresión en la madera, no existiendo diferencia significativa de entre una y otra probeta.



Los ensayos de flexión se basan en aplicar una carga continua, a una velocidad constante en la mitad de la luz de la probeta, midiendo las deformaciones producidas por la aplicación de dicha carga hasta llegar al punto de rotura de la probeta.

El objetivo de este ensayo es determinar el comportamiento que presenta una viga simplemente apoyada, cuando se aplica una carga en el centro de la luz, es decir el espacio libre entre dos apoyos.

Del análisis del valor promedio obtenido de las 5 probetas, se puede observar que la resistencia a la flexión es Muy Baja, tomando en cuenta la presencia de parénquima en abundancia presente a lo largo del árbol, por lo que la convierte a la madera de muy baja resistencia a la flexión estática. Es decir, la presente madera tiene una muy baja resistencia a la deformación, así como respecto de la capacidad para recuperar su forma y tamaño una vez aplicada la fuerza y baja capacidad de soportar carga.

En el grafico 6.4 se indican las cinco curvas de la resistencia a la flexión que generó cada una de las probetas.

Si bien los resultados obtenidos en el presente estudio, no fueron los esperados, hay que tomar en cuenta que este trabajo investigativo ayudó a determinar la capacidad de la resistencia que tiene la madera a ciertas



propiedades mecánicas (compresión paralela a la fibra y flexión estática), sin embargo, para presentes estudios sería aconsejable identificar muestras de madera con menor cantidad de parénquima, para que esta no influya en la resistencia que presenta la madera ante las propiedades mecánicas aplicadas.

De acuerdo a la tabla 6.12, las fibras de pambil son muy largas ($2391,37\mu$), son de diámetro grueso ($68,17\mu$) y su pared celular es muy gruesa ($30,77\mu$), éste último indicador es un factor determinante en la densidad de madera (Campos 2006), sin embargo no existen metodologías que ayuden a calcular las propiedades mecánicas específicamente de la fibra, sino exclusivamente para piezas de madera.

De acuerdo a los ensayos de las propiedades mecánicas de las piezas de madera de pambil se logró determinar baja resistencia a las propiedades mecánicas, tomando en consideración el gran porcentaje de parénquima que presenta la especie, lo que reduce la resistencia a las propiedades mecánicas. No obstante, la fibra presentó una pared celular gruesa lo que indica una rigidez exclusivamente para la fibra, más no para la madera, debido a la influencia de la parénquima.

7.4. Análisis e interpretación de resultados de hormigón simple con adición de fibra

Los resultados obtenidos, luego de realizada la investigación, se enfocan principalmente en deducir la influencia de la adición de las fibras de pambil, en el comportamiento de los compuestos con matriz de hormigón con cemento portland, en lo que tiene que ver con las propiedades mecánicas.

- A compresión:

De conformidad con lo señalado en la Metodología se ha procedido a ensayar a compresión las muestras cilíndricas cuyas edades de curado fueron de 7 y 28 días.

El uso de fibras de pambil usadas como refuerzo en una matriz de hormigón conformada con cemento portland, permite obtener resistencias a la compresión elevadas, como se detalla a continuación en el grafico 7.1.

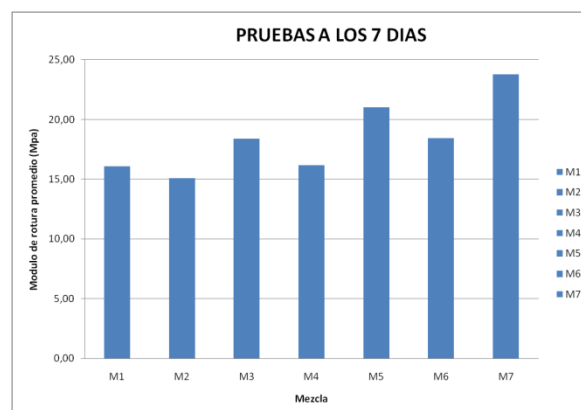


Grafico 7.1. Resultado de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 7 días.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Las mezclas que presenta mejores característica de resistencia a la compresión a los 7 días de curado son las M5 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 0.50 % de fibra) incrementando en un 30,94 % con respecto al Hormigón sin adición de fibra y M7 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 2.50 % de fibra) en un 47,97 %; con respecto a la mezcla M1 (patrón o sin adición de fibra), tal como se representa en el grafico 7.2.

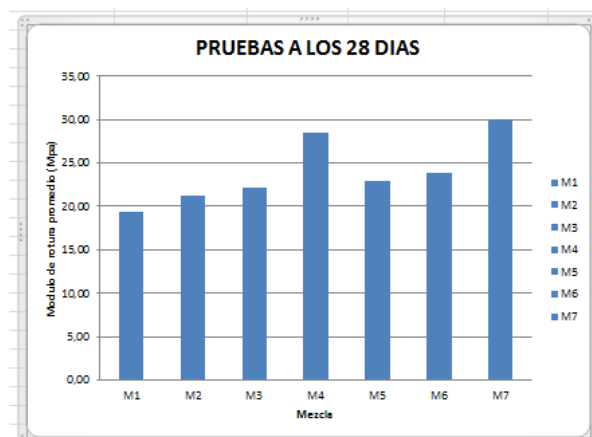


Grafico 7.2. Resultado de las pruebas a compresión de los cilindros ensayados a 28 días.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

Las mezclas que presenta mejores característica a la compresión a los 28 días de curado son las M4 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 4, con el 2,50 % de fibra) incrementando en un 46,90 % con respecto al hormigón sin adición de fibra y M7 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 2,50 % de fibra) en un 55,06 %; con respecto a la mezcla M1 (patrón sin adición de fibra), en cambio la mezcla M5 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 0,50 % de fibra) que inicialmente a los 7 días presentaba una resistencia elevada, alcanzó el 18,57 % a esta edad, no logrando mejoras características al final.

Del análisis se establece que, los cilindros con adición de fibras sometidos a los esfuerzos de compresión incrementan la resistencia del hormigón que no posee fibra, y los mejores resultados se obtuvieron en las muestras analizadas a los 28 días con el contenido de fibra de 2,50 % para los tamaño de fibra retenidos en los tamices 4 y 8.

- **A flexión:**

A flexión se ensayaron vigas a una edad de 28 días de curado, los resultados de este ensayo se presenta en el grafico 7.3.

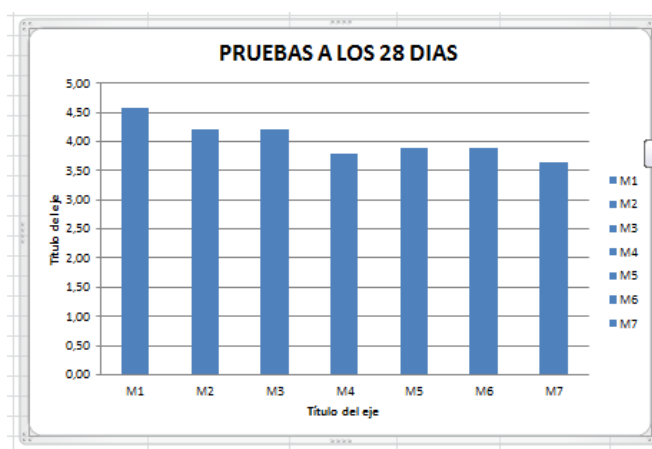


Grafico 7.3.Resultado de las pruebas a flexión de las vigas ensayadas a 28 días.
Elaboración: Autor de la investigación, 2013.

La utilización de la fibra de Iriarte deltoidea como refuerzo en el hormigón disminuyó la resistencia a la flexión, tal como se detalla en el gráfico anterior, es así que para las mezclas que a compresión se obtuvieron los mejores resultados como son las M4 (conformada por la fibra retenida en el



tamiz 4, con el 2,50 % de fibra) disminuyo en un 11.01 % con respecto a la mezcla patrón M1 o sin adición de fibra y la M7 (conformada por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 2,50 % de fibra) disminuyó en un 18.28 %.

De los resultados obtenidos se establece que ninguna de las mezclas ensayadas a flexión presentaron mejores características que la M1 (patrón o sin adición de fibra) y a más cantidad de fibra ésta disminuye en mayor cantidad.

Reconociendo que el hormigón es utilizado en elementos que exigen resistir a esfuerzos de compresión y flexión, y al obtener en los ensayos que uno de los dos requerimientos no es cubierto, no se recomienda el uso de esta fibra en hormigones estructurales debiendo realizarse mayores ensayos o investigaciones que permitan obtener otras opciones para su utilización.

En razón de no haberse logrado buenas características técnicas en el material compuesto (hormigón más fibra de pambil), no se considera necesario efectuar la viabilidad económica, en razón de no recomendarse su uso y aplicación.



8. CONCLUSIONES

- La utilización de fibras de pambil, usadas como refuerzo, en una matriz de hormigón conformada con cemento portland, permite obtener resistencias a la compresión elevadas, si se compara con hormigones sin adición de fibra.

- Las mezclas que presentan mejores característica de resistencia a la compresión, a los 7 días de curado, con respecto a la mezcla patrón, son :
 - ✓ Las conformadas por la fibra retenida en el tamiz 8, con el 0.50 % de fibra, con un incremento del 30,94 %.
 - ✓ Las conformadas por las fibras retenidas en el tamiz 8, con el 2.50 % de fibras en un 47,97 %.

- Las mezclas que presentan mejores características a la compresión, con respecto a la mezcla patrón, a los 28 días de curado son:
 - ✓ Las conformada por la fibra retenida en el tamiz 4, con el 2.50 % de fibras, incrementando en un 46.90 %.
 - ✓ Las conformadas por las fibras retenidas en el tamiz 8, con el 2.50 % de fibra, en un 55.06 %; con respecto a la mezcla patrón.

- Ninguna de las mezclas ensayadas a flexión presentaron mejores características que la mezcla patrón; observándose además que a mayor cantidad de fibra, esta disminuye sus cualidades en mayor cantidad. Con lo



cual se concluye que la utilización de la fibra de Iriarte deltoidea como refuerzo en el hormigón disminuye su resistencia a la flexión. Se presume que estos resultados están relacionados con el elevado contenido de parénquima que tiene esta fibra.

- El hormigón preparado fue utilizado en elementos que exigen resistir a esfuerzos de compresión y flexión obteniéndose como resultado, en los ensayos realizados, que no se cumple con uno de los dos requerimientos; por lo tanto, no se recomienda el uso de esta fibra en hormigones estructurales.
- Esta investigación permitió determinar la necesidad de efectuar estudios sobre el comportamiento a nivel microscópico de las fibras orgánicas dentro de la matriz, con la finalidad de profundizar en el conocimiento de estos materiales.
- Uno de los objetivos planteados en la presente investigación era la realización de los estudios de viabilidad económica, en relación a la utilización de fibras de Pambil en la elaboración de concretos reforzados para la construcción; sin embargo, de conformidad a los resultados obtenidos en la presente investigación, no se considera necesario realizar este análisis, puesto que la hipótesis planteada no se llegó a confirmar.



9. RECOMENDACIONES

- Ampliar las investigaciones o estudios para conocer las características mecánicas de la fibra de pambil y si el elevado contenido de parénquima provoca que la resistencia a la flexión disminuya.
- Es necesario investigar sobre el módulo de elasticidad y la resistencia a la tensión de los materiales compuestos por una matriz de cemento portland y fibra vegetal.
- Proporcionar mayores experimentaciones con fibras provenientes de otros vegetales de la región, que nos permita tener datos que puedan ser comparados, lo que permitirá tener un mejor conocimiento de los materiales compuestos de origen orgánico.
- Efectuar estudios sobre el comportamiento a nivel microscópico de las fibras orgánicas dentro de la matriz, con la finalidad de profundizar en el conocimiento de estos materiales.
- La necesidad de superar la dependencia tecnológica hace necesario continuar investigando materiales alternativos, en donde se puedan emplear fibras orgánicas que son de fácil obtención en la Región Sur del Ecuador.



10. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, P. (1998). *Demography, stem harvesting, and conservation of the palm Iriartea deltoidea*. Ph.D. thesis, University of Florida, Gainesville.
- Apopyan, V. S. (1997). *Uso de Materiais Alternativos a base de Fibras Vegetais na Construcao rurais*. Seminario Iberoamericano 1997, Cali.
- Bailón, E. (1983). *Estudio de los Aridos de la Quebrada de Nangora y Dosificación en Peso y Volumen*. Tesis de Ingenieria Civil, UTPL, Facultad de Ingenieria Civil, Loja.
- Bailón, E. (2009). *Los Desafios de la Educación Pública en la Ciencia y la Tecnología, para viviendas de Interes Social Experiencia de la Universidad Nacional de Loja: Ponencia presentada en el IX Encuentro Iberoamericano de Ingenierias, Arquitectas y Agrimensoras*.
- Bailón, E. (2011). *Propuesta teórica del Proyecto de Investigación 818 cofinanciado por la SENESCYT y la Universidad Nacional de Loja*. SENESCYT-UNL, Loja.
- Beraldo, A. (1997). *Compositos Biomassa vegetal cimento*. In toledo . *Filho D. Materiais nao convencionais para construco es rurais*, 48.
- Brundtland, H. (1987). *desarrollosostenible.wordpress.com/2006/09/27/informe-brundtland/*. Recuperado el Abril de 2012, de <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>



- Caldas, A. (2002). *Estudo da Durabilidade de Compositos Reforcados com Fibra de Celulose*. Tese para obtencao do titulo de Mestre em Engenharia Civil, Universidad de Sao Paulo.
- Carrión, F. (18 de Enero de 2003). El Problema de la Vivienda en el Ecuador. *Diario Hoy*
- CEPAL. (1995). Panorama social de América Latina. Santiago de Chile, Chile.
- Cepeda, R. E. (1997). *Resista del ISCYC*. San Salvador.
- Correa Freile , C. (2008). *La vivienda social en el Ecuador*.
- Empresa Pública Municipal de Vivienda, V.-E. (2013). www.loja.gob.ec/files/quienes_somos.pdf. Recuperado el Marzo de 2013, de www.loja.gob.ec/files/quienes_somos.pdf.
- Hernández, R. (2003). *Metodología de la Investigación* (Tercera ed.). México D.F.: Mc Graw-Hill.
- Lewis, G. M. (1979). Natural Vegetable Fibers as Reinforcement in Cement Sheets. *Mafazine of Concrete Research*, 31 (107), 104-108.
- Macías Mesa, Artola y Hernández. (s.a). *Utilización de fibras en hormigones: La experiencia cubana con el empleo del fibrequen*.
- MacVicar, R. M. (1999). *Aging Mechanisms in Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites*. *Cement and Composites*. V. 21.
- Municipio de Loja, G. (2010). <http://www.loja.gob.ec/exposhanghai/contenido/informacion-de-la-planta-cementera-de-isimanchi>. Recuperado el Mayo de 2012, de



<http://www.loja.gob.ec/exposhanghai/contenido/informacion-de-la-planta-cementera-de-isimanchi>.

- Osorio Saraz, J. A. (noviembre de 2007). Recuperado el 4 de Enero de 2012, de Dyna: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615322>
- Pazmino, C. (2006). *Investigacion Cientifica. Tiempo de Investigar* (Segunda edicion ed.). Quito: Grupo Leer.
- Rich, P. M. (1987). Mechanical structure of the stem of arborescent palms. *Botanical Gazzete* .
- Ruiz Pozo, S. (2007). Contrato Social por la Vivienda en Ecuador.
- Shao, Y., & Moras, S. (2000). *et al. Wood Fibre-Cement Composites by Extrusion*.Canada: In: Canadian Journal Civ. Eng. Vol. 27.
- Szalachman, R. (2000). Perfil de déficit y políticas de vivienda de interes social: situación de los paises de la región en los noventa. *CEPAL* .



11. ANEXOS





ANEXO Nro: 2a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

ANALISIS DE GRANULOMETRICO

ARIDO FINO

MUESTRA Nro: 1
PESO MUESTRA: 2025,50 gr

ORIGEN: RIO SOLANDA
FECHA: 17 DE ENERO DE 2013

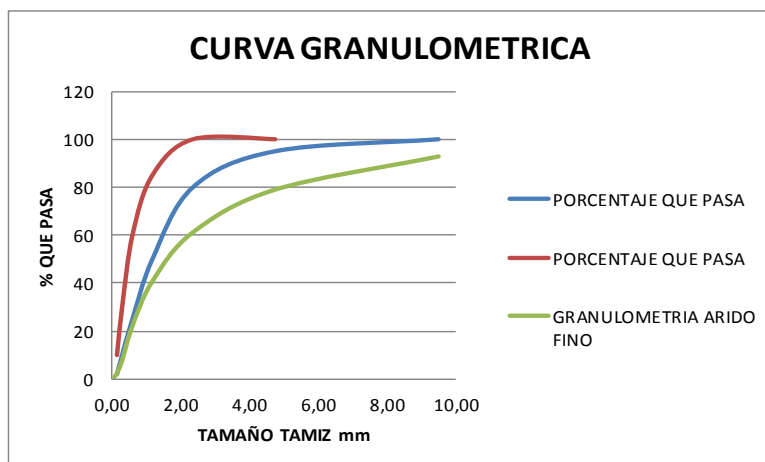
TAMIZ	TAMIZ	P. MUES+TAMIZ gr	PESO TAMIZ gr	PESO RETENIDO		% RETENIDO		% PASA
				PARCIAL	ACUMULADO	PARCIAL	ACUMULADO	
3/8"	9,5	592,40	447,00	145,40	145,40	7,18	7,18	92,82
4	4,75	719,40	439,50	279,90	425,30	13,83	21,02	78,98
8	2,36	772,20	412,00	360,20	785,50	17,80	38,82	61,18
16	1,18	774,60	361,50	413,10	1198,60	20,41	59,23	40,77
30	0,6	695,70	320,00	375,70	1574,30	18,57	77,79	22,21
50	0,3	586,10	294,00	292,10	1866,40	14,43	92,23	7,77
100	0,15	388,40	280,40	108,00	1974,40	5,34	97,56	2,44
200	0,075	305,90	274,70	31,20	2005,60	1,54	99,11	0,89
FONDO		271,70	253,60	18,10	2023,70	0,89	100,00	0,00

MODULO DE FINURA =

3,94

TAMANO MAXIMO =

3/8"





ANEXO Nro: 4.a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

DETERMINACION DE LA DENSIDAD APARENTE DEL ARIDO FINO

NORMA: INEN 858

MUESTRA:	ARIDO FINO	SECTOR:	RIO SOLANDA
CANTERA:	LA FLACA Y JUNIOR	FECHA:	07 DE MARZO DE 2013
PESO DEL RECIPIENTE VACIO MAS PLACA DE VIDRIO:	4776,0	FACTOR DE CORRECCION:	0,99823
PESO DEL RECIPIENTE MAS AGUA MAS PLACA DE VIDRIO:	7806,5	VOLUMEN DEL RECIPIENTE:	3035,87
TEMPERATURA DEL AGUA:	20 °C		
PESO RECIPIENTE VACIO:	2576,5 gr		

DENSIDAD APARENTE EN ESTADO SUELTO

ENSAYO NUMERO	1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.	3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA	7817,50	7850,00	7825,50
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)	5241,00	5273,50	5249,00
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)	1,73	1,74	1,73
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,73 gr/cc		

DENSIDAD APARENTE EN ESTADO SUELTO: $d = \frac{m}{V}$

OBSERVACIONES:

DENSIDAD APARENTE EN ESTADO COMPACTADO

ENSAYO NUMERO	1	2	3
VOLUMEN DEL RECIPIENTE: V en cc.	3035,87	3035,87	3035,87
PESO DEL RECIPIENTE MAS MUESTRA	8097,50	8134,50	8104,50
MASA DE LA MUESTRA DE ENSAYO: m (gr)	5521,00	5558,00	5528,00
DENSIDAD APARENTE : d (gr/cc)	1,82	1,83	1,82
VALOR PROMEDIO DENSIDAD APARENTE SUELTA:	1,82 gr/cc		

DENSIDAD APARENTE EN ESTADO SUELTO: $d = \frac{m}{V}$

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



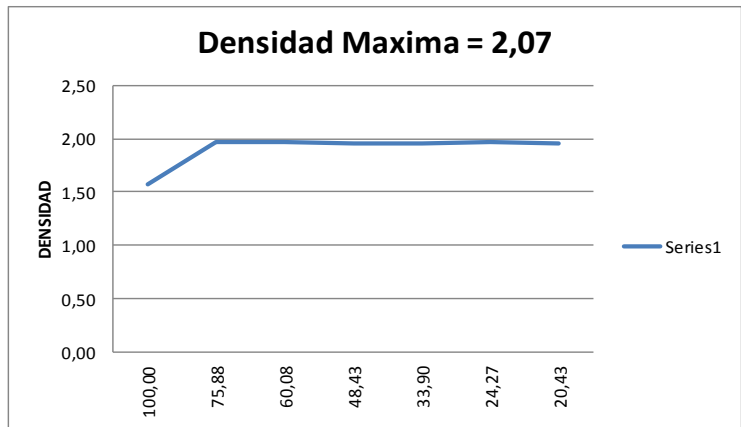
CUADRO Nro: 6a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

DETERMINACION DE LA DENSIDAD MAXIMA DE LOS AGREGADOS

ENSAYO #:	1	SECTOR:	RIO SOLANDA
CANTERA:	JUNIOR Y LA FLACA	FECHA:	02/02/2013
PESO RECIPIENTE:	2576,5 gr	VOL. RECIPIENTE:	3035,87

MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	PESO (gr)		ARENA A AÑADIR	PESO MEZCLA (gr)	PESO RECIPIENTE + MEZCLA (gr)	DENSIDAD APARENTE
			GRAVA	ARENA				
1	100	0	4764,50	0,00		4764,50	7341,00	1,57
2	79,89	20,11	4764,50	1199,50		5964,00	8540,50	1,96
3	59,98	40,02	3583,50	2391,00		5974,50	8551,00	1,97
4	48,92	51,08	2901,50	3030,00		5931,50	8508,00	1,95
5	33,90	66,10	2008,00	3916,00		5924,00	8500,50	1,95
6	24,27	75,73	1452,00	4529,50		5981,50	8558,00	1,97
7	20,43	79,57	1215,50	4734,50		5950,00	8526,50	1,96



DENSIDAD MAXIMA:	1,96	DENSIDAD OPTIMA:	1,88
PORCENTAJE DE ARENA:	39,92	PORCENTAJE OPTIMO DE ARENA:	38,32
PORCENTAJE DE GRAVA:	60,08	PORCENTAJE DE GRAVA:	60,08



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

DISEÑO DE HORMIGONES

METODO A.C.I

DATOS REQUERIDOS PARA LA DOSIFICACION		
* RESISTENCIA A LA COMPRESION QUE SE DESEA:	200	kg/cm2
* TAMAÑO DE LA GRAVA (TMG):	1 1/2 "	g/cm3
* PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO (PEC):	3,17	g/cm3
* PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO (PEA) o D.sss:	2,63	g/cm3
* PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO (PEG) o Dsss:	2,51	g/cm3
* DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA SUELTA(DAA):	1,73	g/cm3
* DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA COMPACTADA(DAA):	1,82	g/cm3
* DENSIDAD APARENTE DE LA GRAVA SUELTA (DAG):	1,69	g/cm3
* DENSIDAD APARENTE DE LA GRAVA COMPACTADA (DAG):	1,83	g/cm3
* DENSIDAD MAXIMA DEL AGREGADO (DMA):	1,96	g/cm3
* DENSIDAD OPTIMA DEL AGREGADO(DOA):	1,88	g/cm3
* PORCENTAJE DE ARENA EN EL AGREGADO (PAA):	38	%
CORRESPONDIENTE A LA DENSIDAD OPTIMA DEL AGREGADO		
* MODULO DE FINURA DE LA ARENA:	3,94	
* MODULO DE FINURA DE LA GRAVA:	7,17	
* CONSISTENCIA Y DESCENSO EN EL CONO DE ABRASM (cm):	3	cm

Tabla 4.3. Cantidades aproximadas de agua de mezclado que se requieren para diferentes asentamientos y tamaños de grava.

Asentamiento (mm)	Agua: litros por m ³ de hormigón para los tamaños máximos de grava indicados (mm)							
	10*	12,5*	20*	25*	38*	50**	70**	150**
Hormigón sin Aire Incluido								
20 a 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	240	230	210	205	185	180	170	...
Cantidad aproximada de aire atrapado, (%)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Hormigón con Aire Incluido								
20 a 50	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180	215	205	190	185	170	165	160	...
Contenido de aire total promedio recomendado para el nivel de exposición (%)								
Benigno	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
Moderado	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5*	3.0*	...
Riguroso	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Tomado de Tabla 3. Dosificación de Mezclas. Ing. Raúl Camarero, Pág. 43

R (kg/cm2)	a/c (por peso)
180	0,54
200	0,53
240	0,48
300	0,45

Cantidad de agua 160
Aire atrapado 1

CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN POR HUMEDAD

MUESTRA ARIDO FINO	
PESO ARENA HUMEDA + RECIPIENTE	8677,50
PESO ARENA SECA + RECIPIENTE	8379,50
PESO DEL RECIPIENTE	291,50
PESO AGUA EVAPORADA	298,00
PESO ARENA SECA	8088,00
CONTENIDO DE HUMEDAD	3,68
CAPAC. ABSORC	1,70

MUESTRA 2 ARIDO GRUESO	
PESO GRAVA HUMEDA + RECIPIENTE	4387,00
PESO GRAVA SECA + RECIPIENTE	4344,00
PESO DEL RECIPIENTE	155,50
PESO AGUA EVAPORADA	43,00
PESO GRAVA SECA	4188,50
CONTENIDO DE HUMEDAD	1,03
CAPAC. ABSORC	1,10

MUESTRA 1 ARIDO GRUESO	
PESO GRAVA HUMEDA + RECIPIENTE	10738,50
PESO GRAVA SECA + RECIPIENTE	10637,50
PESO DEL RECIPIENTE	351,50
PESO AGUA EVAPORADA	101,00
PESO GRAVA SECA	10286,00
CONTENIDO DE HUMEDAD	0,98
CAPAC. ABSORC	1,10



DISEÑO DE HORMIGONES

METODO A.C.I

MUESTRA Nro: **1** ANEXO Nro: **7b**
 ORIGEN: **LA FLACA Y JUNIOR**
 FECHA:

DATOS		CALCULOS		dc ^{m3}
f'c = kg/cm ²	200	Cantidad de agua		160,00
Pesos Especificos	g/cm ³	Aire atrapado		10,00
Cemento	3,17	Vol. Arido grueso		700,00
Arena	2,63	Relacion a/c		0,52
Grava	2,51	Cemento (kg)	309,18	97,53
Dens. opt. Agregado DOA	1,88	Agua (kg)	160,00	160,00
Porc. Opt. Arena PAA	38	Arena (kg)	584,15	222,11
Asentamiento	3	Grava (kg)	1281	510,36

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
dc ^{m3}	160,00	309,18	584,15	1281,00
Relacion por peso	0,52	1,00	1,89	4,14
Cantidad por saco	25,875	50,00	94,47	207,16
Peso Unitario kg/dm ³	1	1,11	1,73	1,69
Volumen (dm ³)	160,00	278,54	337,66	757,99
Relacion al volumen	0,57	1,00	1,21	2,72
Correlacion de consistencia				
Total por saco	25,88	50,00	94,47	207,16
Relacion al peso	0,52	1	1,89	4,14
Kg/m ³	160,00	309,18	584,15	1281,00

CORRECCION DE DOSIFICACION POR HUMEDAD DE LOS MATERIALES				
MATERIALES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACIÓN (SSS)	0,52	1,00	1,89	4,14
CANT. /SACO (SSS)	25,88	50,00	94,47	207,16
CAPAC. ABSORC			1,70	1,10
CONT. HUMEDAD			3,68	1,00
AGUA LIBRE (%)			-1,98	0,10
AGUA LIBRE (PESO)	-1,68		-1,87	0,20
CANTIDADES A MEZCLA KG	24,20	50,00	92,59	207,36



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACION POR SACO	0,48	1,00	1,85	4,15

CANTIDAD DE CILINDROS A ELABORARSE = 8 UN

CANTIDAD = 120 kg

CEMENTO = 16,04 Kg

DOSIFICACION PARA 120 kg

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES PARA 120 kg				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACION AL PESO	7,76	16,04	29,70	66,51



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

DISEÑO DE HORMIGONES

METODO DE LA DENSIDAD MAXIMA

DATOS REQUERIDOS PARA LA DOSIFICACION		
* RESISTENCIA A LA COMPRESION QUE SE DESEA:	200	kg/cm ²
* TAMAÑO DE LA GRAVA (TMG):	1 1/2 "	
* PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO (PEC):	3,17	g/cm ³
* PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO (PEA):	2,63	g/cm ³
* PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO (PEG):	2,51	g/cm ³
* DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA (DAA):	1,73	g/cm ³
* DENSIDAD APARENTE DE LA GRAVA (DAG):	1,69	g/cm ³
* DENSIDAD MAXIMA DEL AGREGADO (DMA):	1,96	g/cm ³
* DENSIDAD OPTIMA DEL AGREGADO(DOA):	1,88	g/cm ³
* PORCENTAJE DE ARENA EN EL AGREGADO (PAA):	38	%
CORRESPONDIENTE A LA DENSIDAD OPTIMA DEL AGREGADO		
* CONSISTENCIA Y DESCENSO EN EL CONO DE ABRASM (cm):	3	cm

Asentamiento deseado		Cantidad de pasta
0	3	POV + 4 % de POV
3	6	POV + 8 % de POV
6	9	POV + 11% de POV
9	12	POV + 13% de POV

R (kg/cm ²)	a/c (por peso)
180	0,54
200	0,53
240	0,48
300	0,45

CORRECCIÓN DE LA DOSIFICACIÓN POR HUMEDAD

MUESTRA ARIDO FINO	
PESO ARENA HUMEDA + RECIPIENTE	8677,50
PESO ARENA SECA + RECIPIENTE	8379,50
PESO DEL RECIPIENTE	291,50
PESO AGUA EVAPORADA	298,00
PESO ARENA SECA	8088,00
CONTENIDO DE HUMEDAD	3,68
CAPAC. ABSORC	1,70

MUESTRA 1 ARIDO GRUESO	
PESO GRAVA HUMEDA + RECIPIENTE	10738,50
PESO GRAVA SECA + RECIPIENTE	10637,50
PESO DEL RECIPIENTE	351,50
PESO AGUA EVAPORADA	101,00
PESO GRAVA SECA	10286,00
CONTENIDO DE HUMEDAD	0,98
CAPAC. ABSORC	1,10

MUESTRA 2 ARIDO GRUESO	
PESO GRAVA HUMEDA + RECIPIENTE	4387,00
PESO GRAVA SECA + RECIPIENTE	4344,00
PESO DEL RECIPIENTE	155,50
PESO AGUA EVAPORADA	43,00
PESO GRAVA SECA	4188,50
CONTENIDO DE HUMEDAD	1,03
CAPAC. ABSORC	1,10

PROMEDIO = 1,00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

DISEÑO DE HORMIGONES

METODO DE LA DENSIDAD MAXIMA

MUESTRA Nro: **1** ANEXO Nro: **8b**
CANTERA: **LA FLACA Y JUNIOR**
FECHA:

DATOS		CALCULOS	
f'c = kg/cm2	200	Densidad real gr/cm3	2,56
Pesos Especificos	g/cm3	P.O.V (%)	26,44
Cemento	3,17	C.P (%)	27,49
Arena	2,63	Relacion a/c	0,52
Grava	2,51	Cemento (kg/m3)	330,07
Dens. opt. Agregado DOA	1,88	Agua (lit/m3)	170,81
Porc. Opt. Arena PAA	38	Arena (kg/m3)	735,20
Asentamiento	3	Grava (kg/m3)	1144,80

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
Kg/m3	170,81	330,07	735,20	1144,80
Relacion por peso	0,52	1,00	2,23	3,47
Cantidad por saco	25,875	50,00	111,37	173,42
Peso Unitario kg/dm3	1	1,11	1,73	1,69
Volumen (dm3)	170,81	297,36	424,97	677,40
Relacion al volumen	0,57	1,00	1,43	2,28
Correlacion de consistencia				
Total por saco	25,88	50,00	111,37	173,42
Relacion al peso	0,52	1	2,23	3,47
Kg/m3	170,81	330,07	735,20	1144,80

CORRECCION DE DOSIFICACION POR HUMEDAD DE LOS MATERIALES				
MATERIALES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACIÓN (SSS)	0,52	1,00	2,23	3,47
CANT. /SACO (SSS)	25,88	50,00	111,37	173,42
CAPAC. ABSORC			1,70	1,10
CONT. HUMEDAD			3,68	1,00
AGUA LIBRE (%)			1,98	-0,10
AGUA LIBRE (PESO)	-2,38		2,21	-0,17
CANTIDADES A MEZCLA KG	23,50	50,00	113,58	173,25

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES				
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA
DOSIFICACION POR SACO	0,47	1,00	2,27	3,47



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



CANTIDAD DE CILINDROS A ELABORARSE = 6 UN

CANTIDAD = 90 kg

CEMENTO = 12,49 Kg

DOSIFICACION PARA 90 kg

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES PARA			90 kg		
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA	FIBRA
DOSIFICACION AL PESO	5,87	12,49	28,37	43,27	0,00
0,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	43,06	0,22
1,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	42,62	0,65
2,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	42,19	1,08

CANTIDAD DE VIGAS A ELABORARSE = 3 UN

CANTIDAD = 90 kg

CEMENTO = 12,49 Kg

DOSIFICACION PARA 90 kg

DOSIFICACION Y CANTIDAD DE MATERIALES PARA			90 kg		
UNIDADES	AGUA	CEMENTO	ARENA	GRAVA	FIBRA
DOSIFICACION AL PESO	5,87	12,49	28,37	43,27	0,00
0,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	43,06	0,22
1,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	42,62	0,65
2,5 % DE FIBRA	5,87	12,49	28,37	42,19	1,08



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

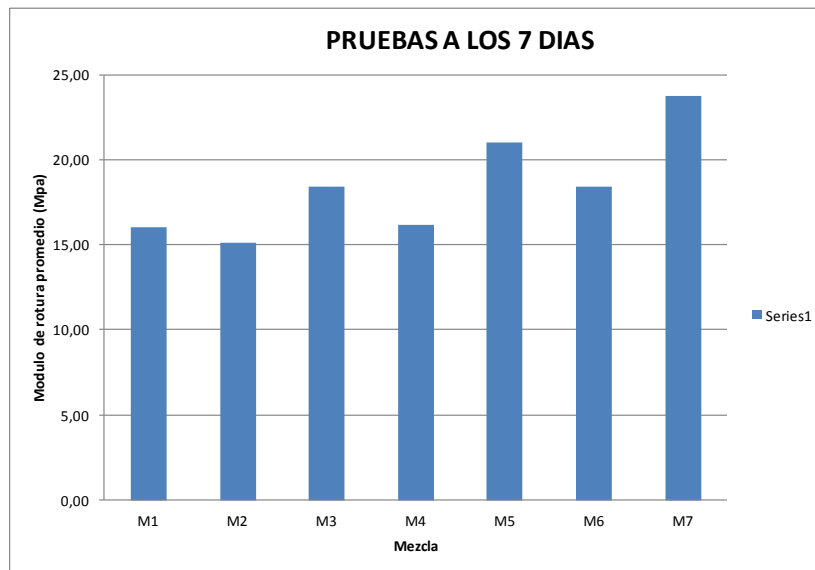
MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	16,48	15,93	15,78	16,06	0,37
M2	T4	0,50	14,71	15,43	15,15	15,10	0,36
M3	T4	1,50	18,42	17,71	19,05	18,39	0,67
M4	T4	2,50	16,69	16,02	15,75	16,15	0,48
M5	T8	0,50	20,82	21,24	21,04	21,03	0,21
M6	T8	1,50	13,53	18,60	19,15	18,88	0,39
*			18,92	17,44	18,54	17,99	0,77
M7	T8	2,50	24,89	22,37	24,04	23,77	1,28

VALOR DESCARTADO POR PRUEBA INCONSISTENTE

* NUEVA SERIE DE CILINDROS PARA LA MEZCLA M6





ANEXO Nro: 9a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'_c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
PATRON 1	149,79	02/03/2013	09/03/2013	7	12849	17742,20	16,48	82,40
	150,18							
	151,04							
PATRON 2	149,15	02/03/2013	09/03/2013	7	12710	17789,50	15,93	79,65
	159,69							
	151,13							
PATRON 3	150,76	02/03/2013	09/03/2013	7	13005	17979,10	15,78	78,90
	151,09							
	152,55							





ANEXO Nro: 9b

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 0,50 % TAMIZ 4	150,04	09/03/2013	16/03/2013	7	12804	17624,40	14,71	73,55
	149,48							
	150,10							
2 0,50 % TAMIZ 4	151,05	09/03/2013	16/03/2013	7	13000	17813,10	15,43	77,15
	151,37							
	141,41							
3 0,50 % TAMIZ 4	148,57	09/03/2013	16/03/2013	7	12627	17460,00	15,15	75,75
	149,80							
	149,09							





ANEXO Nro: 9c

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 1,50 % TAMIZ 4	157,06	10/03/2013	17/03/2013	7	13922	19433,30	18,42	92,10
	157,75							
	157,11							
2 1,50 % TAMIZ 4	157,44	10/03/2013	17/03/2013	7	13778	19187,00	17,71	88,55
	155,25							
	156,51							
3 1,50 % TAMIZ 4	157,38	10/03/2013	17/03/2013	7	13726	19507,50	19,05	95,25
	157,62							
	157,87							





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
 MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
 Mención: Vivienda de Interés Social



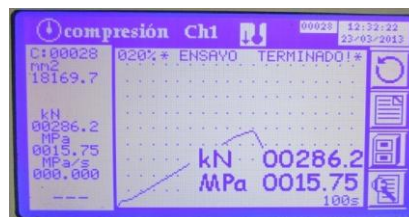
ANEXO Nro: 9d

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA f'c = 20 Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 2,50 % TAMIZ 4	149,43	16/03/2013	23/03/2013	7	12766,50	17695,00	16,69	83,45
	150,98							
	149,72							
2 2,50 % TAMIZ 4	150,27	16/03/2013	23/03/2013	7	12720,00	17695,00	16,02	80,10
	152,11							
	149,68							
3 2,50 % TAMIZ 4	152,64	16/03/2013	23/03/2013	7	12994,50	18169,70	15,75	78,75
	152,17							
	151,89							





ANEXO Nro: 9e

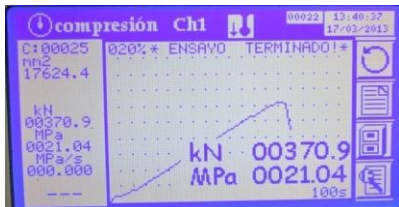
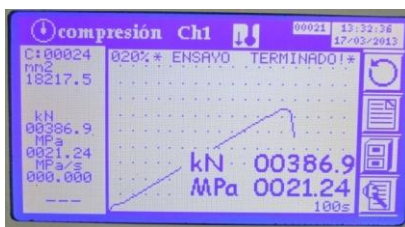
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS

NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 0,50 % TAMIZ 8	151,33	10/03/2013	17/03/2013	7	12813,50	17789,50	20,82	104,10
	149,73							
	150,58							
2 0,50 % TAMIZ 8	152,23	10/03/2013	17/03/2013	7	13066,50	18217,50	21,24	106,20
	152,32							
	152,48							
3 0,50 % TAMIZ 8	149,96	10/03/2013	17/03/2013	7	12751,50	17624,40	21,04	105,20
	150,28							
	149,54							





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA f'c = 20 Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 1,50 % TAMIZ 8	149,18	16/03/2013	23/03/2013	7	12824,50	17436,60	13,53	67,65
	148,08							
	149,87							
2 1,50 % TAMIZ 8	150,95	16/03/2013	23/03/2013	7	13194,50	17931,60	18,60	93,00
	150,90							
	151,96							
3 1,50 % TAMIZ 8	150,44	16/03/2013	23/03/2013	7	12887,00	17813,10	19,15	95,75
	149,62							
	151,84							

 VALOR DESCARTADO POR PRUEBA INCONSISTENTE




ANEXO Nro: 9g

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS

NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 1,50 % TAMIZ 8	149,51	27/05/2013	03/06/2013	7	12690,50	17789,50	18,92	94,60
	151,49							
	150,56							
2 1,50 % TAMIZ 8	148,83	27/05/2013	03/06/2013	7	12463,00	17436,60	17,44	87,20
	149,67							
	148,74							
3 1,50 % TAMIZ 8	150,89	27/05/2013	03/06/2013	7	12666,00	17789,50	18,54	92,70
	149,69							
	151,11							





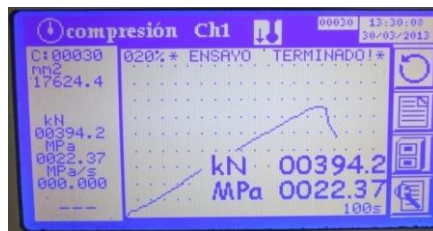
ANEXO Nro: 9h

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA f'c = 20 Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 7 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 2,50 % TAMIZ 8	150,81	23/03/2013	30/03/2013	7	12933,50	17695,00	24,89	124,45
	149,21							
	150,48							
2 2,50 % TAMIZ 8	149,24	23/03/2013	30/03/2013	7	13031,00	17624,40	22,37	111,85
	150,66							
	149,68							
3 2,50 % TAMIZ 8	152,04	23/03/2013	30/03/2013	7	13244,00	17931,60	24,04	120,20
	150,89							
	150,82							





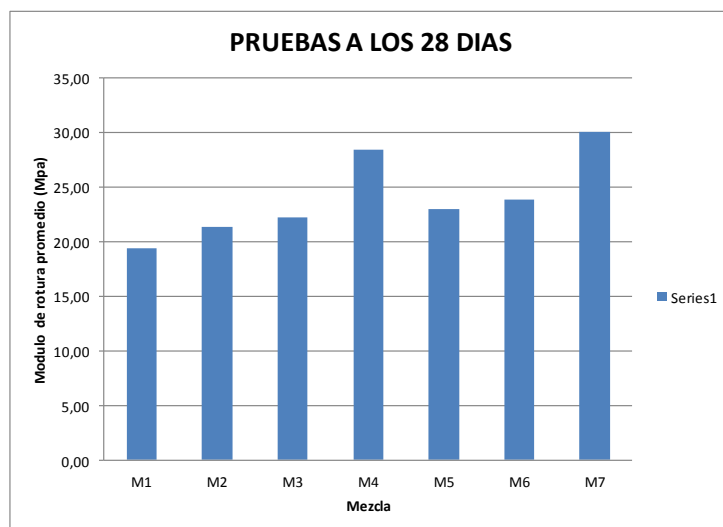
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f_c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS

NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	20,54	18,18	19,27	19,33	1,18
M2	T4	0,50	20,03	21,59	22,24	21,29	1,14
M3	T4	1,50	22,62	22,68	21,18	22,16	0,85
M4	T4	2,50	27,63	29,20	28,36	28,40	0,79
M5	T8	0,50	23,23	21,16	24,36	22,92	1,62
M6	T8	1,50	22,09	24,15	25,12	23,79	1,55
M7	T8	2,50	27,83	32,25	29,84	29,97	2,21





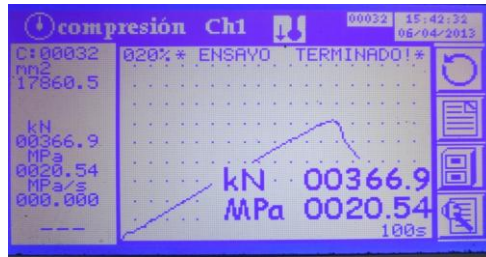
ANEXO Nro: 10a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
PATRON 1	151,06	09/03/2013	06/04/2013	28	12886	17860,50	20,54	102,70
	149,75							
	151,64							
PATRON 2	149,90	09/03/2013	06/04/2013	28	12754	17695,00	18,18	90,90
	150,28							
	150,48							
PATRON 3	152,15	09/03/2013	06/04/2013	28	13041	18098,10	19,27	96,35
	151,71							
	151,87							





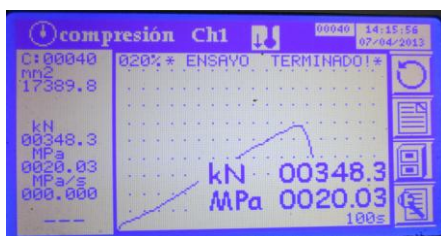
ANEXO Nro: 10b

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 0,50 % TAMIZ 4	148,19	10/03/2013	07/04/2013	28	12772	17389,80	20,03	100,15
	149,10							
	149,17							
2 0,50 % TAMIZ 4	149,56	10/03/2013	07/04/2013	28	13007	17577,30	21,59	107,95
	149,51							
	149,79							
3 0,50 % TAMIZ 4	150,29	10/03/2013	07/04/2013	28	13079	17789,50	22,24	111,20
	150,86							
	150,59							





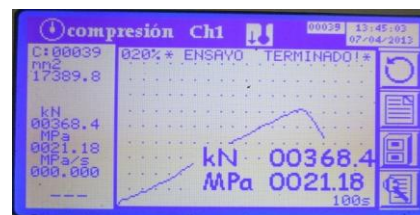
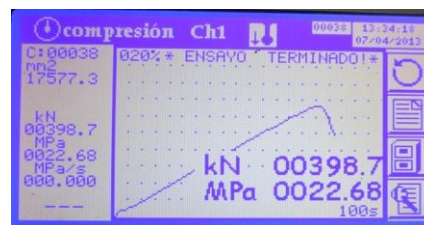
ANEXO Nro: 10c

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 1,50 % TAMIZ 4	149,98	10/03/2013	07/04/2013	28	12943,0	17577,30	22,62	113,10
	149,51							
	149,72							
2 1,50 % TAMIZ 4	149,20	10/03/2013	07/04/2013	28	12885,5	17577,30	22,68	113,40
	149,36							
	150,51							
3 1,50 % TAMIZ 4	149,06	10/03/2013	07/04/2013	28	12735,00	17389,80	21,18	105,90
	148,31							
	149,60							





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
 MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
 Mención: Vivienda de Interés Social



ANEXO Nro: 10d

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA f'c = 20 Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm2)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 2,50 % TAMIZ 4	157,12	23/03/2013	20/04/2013	28	13866,00	19433,30	27,63	138,15
	157,51							
	157,74							
2 2,50 % TAMIZ 4	157,80	23/03/2013	20/04/2013	28	13836,50	19557,10	29,20	146,00
	157,89							
	158,15							
3 2,50 % TAMIZ 4	156,88	23/03/2013	20/04/2013	28	13751,00	19359,30	28,36	141,80
	157,32							
	157,02							





LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'_c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 29 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (dias)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 0,50 % TAMIZ 8	150,69	16/03/2013	14/04/2013	29	12966,00	17695,00	23,23	116,15
	150,07							
	150,05							
2 0,50 % TAMIZ 8	150,84	16/03/2013	14/04/2013	29	13046,50	17742,20	21,16	105,80
	149,90							
	150,29							
3 0,50 % TAMIZ 8	149,54	16/03/2013	14/04/2013	29	12813,50	17506,90	24,36	121,80
	149,26							
	149,21							





ANEXO Nro: 10f

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 29 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 1,50 % TAMIZ 8	157,11	16/03/2013	14/04/2013	29	13995,00	19433,30	22,09	110,45
	157,47							
	157,32							
2 1,50 % TAMIZ 8	156,25	16/03/2013	14/04/2013	29	13851,00	19310,00	24,15	120,75
	156,75							
	157,97							
3 1,50 % TAMIZ 8	157,23	16/03/2013	14/04/2013	29	13933,50	19383,90	25,12	125,60
	157,53							
	156,62							





ANEXO Nro: 10g

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'_c = 20$ Mpa

ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS

NORMA: A.S.T.M. C-39 (NTE INEN 1573:2010 1R)

CILINDRO Nro.	DIAMERO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (cm ²)	RESISTENCIA	
		ELAB.	ENSAYO				Mpa	(%)
1 2,50 % TAMIZ 8	150,59	23/03/2013	20/04/2013	28	12739,50	17577,30	27,83	139,15
	148,99							
	149,25							
2 2,50 % TAMIZ 8	149,58	23/03/2013	20/04/2013	28	12972,00	17624,40	32,25	161,25
	150,73							
	149,35							
3 2,50 % TAMIZ 8	149,23	23/03/2013	20/04/2013	28	12731,50	17506,90	29,84	149,20
	149,00							
	149,66							



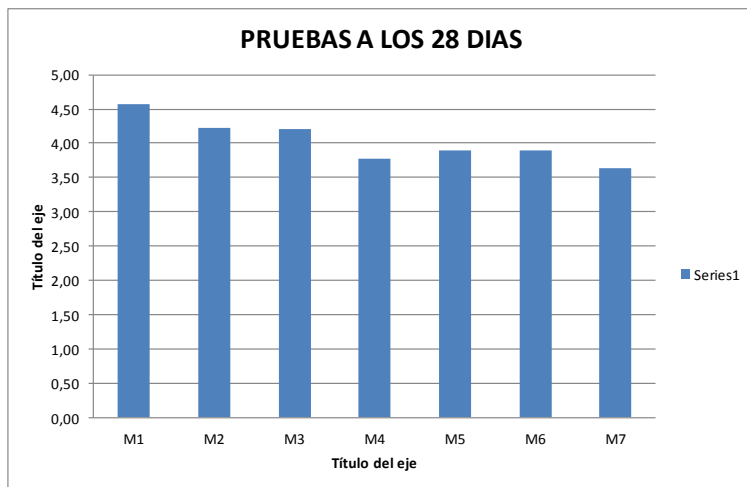


LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20$ Mpa

ENSAYO A FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-78

MEZCLA Nro.	TAMAÑO FIBRA TAMIZ	VOLUMEN FIBRA %	REPETICIONES (Mpa)			PROMEDIO Mpa	DESVIACION ESTANDAR
			I	II	III		
M1	0,00	0,00	4,58	4,60	4,54	4,57	0,03
M2	T4	0,50	4,35	4,06	4,24	4,22	0,15
M3	T4	1,50	4,44	3,95	4,25	4,21	0,25
M4	T4	2,50	3,73	3,57	4,04	3,78	0,24
M5	T8	0,50	3,85	3,75	4,09	3,90	0,17
M6	T8	1,50	4,17	3,78	3,72	3,89	0,24
M7	T8	2,50	3,58	3,64	3,71	3,64	0,07





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
 MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
 Mención: Vivienda de Interés Social



ANEXO Nro:

11a

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
 NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
PATRON 1	150	149	503	30/03/2013	27/04/2013	28	276644	7410,30	4,58	TERCIO MEDIO
	150	149	503							
	149	150	502							
PATRON 2	152	149	501	30/03/2013	27/04/2013	28	27957,5	7514,80	4,60	TERCIO MEDIO
	152	150	500							
	151	150	500							
PATRON 3	151	150	500	30/03/2013	27/04/2013	28	27767,5	7555,00	4,54	TERCIO MEDIO
	151	150	500							
	152	150	499							





MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'_c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 0,50 % TAMIZ 4	151	151	500	14/04/2013	12/05/2013	28	27595	7651,00	4,35	TERCIO MEDIO
	151	151	501							
	151	152	502							
2 0,50 % TAMIZ 4	150	150	500	14/04/2013	12/05/2013	28	27461,5	7500,00	4,06	TERCIO MEDIO
	150	150	500							
	150	150	500							
3 0,50 % TAMIZ 4	151	151	499	14/04/2013	12/05/2013	28	27555	7505,00	4,24	TERCIO MEDIO
	151	150	500							
	151	150	501							





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



CUADRO Nro: 11c

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
 NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 1,50 % TAMIZ 4	151	150	503	14/04/2013	12/05/2013	28	27554,5	7500,00	4,44	TERCIO MEDIO
	150	150	503							
	150	149	503							
2 1,50 % TAMIZ 4	150	151	499	14/04/2013	12/05/2013	28	27106	7500,00	3,95	TERCIO MEDIO
	151	150	498							
	151	150	498							
3 1,50 % TAMIZ 4	150	150	501	14/04/2013	12/05/2013	28	27302	7500,00	4,25	TERCIO MEDIO
	150	151	501							
	150	150	501							





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
 MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
 Mención: Vivienda de Interés Social



CUADRO Nro: 11d

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'_c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
 NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 2,50 % TAMIZ 4	152,85	151,24	502	20/04/2013	18/05/2013	28	27266	7814,20	3,73	TERCIO MEDIO
	152,61	151,87	502							
	152,72	152,67	500							
2 2,50 % TAMIZ 4	150,86	150,9	501	20/04/2013	18/05/2013	28	26749	7681,40	3,57	TERCIO MEDIO
	151,17	151,09	502							
	151,20	151,98	502							
3 2,50 % TAMIZ 4	151,24	151,63	502	20/04/2013	18/05/2013	28	27066,5	7701,70	4,04	TERCIO MEDIO
	152,18	150,85	501							
	152,25	150,88	500							

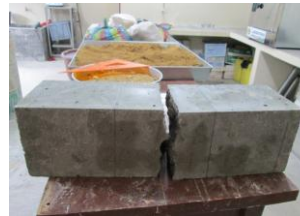
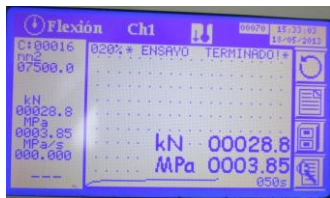




MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
 NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 0,50 % TAMIZ 8	151,00	150,00	502,00	20/04/2013	18/05/2013	28	27388,5	7500,00	3,85	TERCIO MEDIO
	150,00	150,00	502,00							
	150,00	150,00	503,00							
2 0,50 % TAMIZ 8	152,70	151,80	501,00	20/04/2013	18/05/2013	28	27421	7789,90	3,75	TERCIO MEDIO
	152,30	151,88	501,00							
	152,25	151,92	500,00							
3 0,50 % TAMIZ 8	151,36	151,19	502,00	20/04/2013	18/05/2013	28	27442	7727,20	4,09	TERCIO MEDIO
	151,51	151,82	503,00							
	151,07	151,79	504,00							

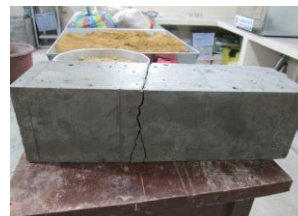




MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 1,50 % TAMIZ 8	151,97	151,52	500,00	21/04/2013	19/05/2013	28	27517,5	7737,20	4,17	TERCIO MEDIO
	152,26	151,08	500,00							
	153,42	151,12	500,00							
2 1,50 % TAMIZ 8	151,08	150,20	500,00	20/04/2013	18/05/2013	28	27162	7580,30	3,78	TERCIO MEDIO
	150,66	150,46	501,00							
	150,27	150,89	502,00							
3 1,50 % TAMIZ 8	153,26	152,47	503,00	20/04/2013	18/05/2013	28	27675,5	7870,80	3,72	TERCIO MEDIO
	153,00	152,15	503,00							
	153,58	151,92	502,00							





UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



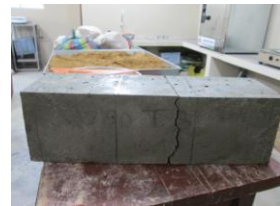
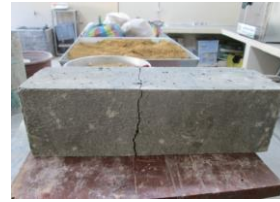
CUADRO Nro: 11g

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y HORMIGONES

MEZCLA DE PRUEBA MÉTODO DENSIDAD MÁXIMA $f'c = 20 \text{ Mpa}$

ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS DE PRUEBA A LOS 28 DÍAS
NORMA: A.S.T.M. C-78

VIGAS	CARA PRUEBA (mm)	CARA LATERAL (mm)	LARGO (mm)	FECHA		EDAD (días)	CARGA (Kg)	AREA (mm ²)	RESISTENCIA Mpa	UBICACIÓN DE LA FALLA
				ELAB.	ENSAYO					
1 2,50% TAMIZ 8	152,1	151,37	503	21/04/2013	19/05/2013	28	26916,5	7706,70	3,58	TERCIO MEDIO
	152,26	151,19	503							
	152,47	150,64	503							
2 2,50% TAMIZ 8	152,62	151,13	502	21/04/2013	19/05/2013	28	27374	7778,30	3,64	TERCIO MEDIO
	152,43	151,57	503							
	152,51	151,8	504							
3 2,50% TAMIZ 8	152,74	151,78	500	21/04/2013	19/05/2013	28	27266	7793,60	3,71	TERCIO MEDIO
	152,32	151,92	500							
	152,82	151,77	500							





ANEXO 12

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS ARIDOS PARA DOSIFICACION DE HORMIGONES

IDENTIFICACION DE LOS ARIDOS	DENSIDAD EN ESTADO SSS (gr/cc)	DENSIDAD EN ESTADO SECO (gr/cc)	PORCENTAJE ABSORCION (%)	MODULO DE FINURA	TAMAÑO MAXIMO mm	DENSIDAD APARENTE SUELTA (gr/cc)	DENSIDAD APARENTE COMPACTADA (gr/cc)
QUEBRADA CURITROJE							
ARENA	2,646	2,599	1,854	3,540	12,500	1,511	1,816
GRAVA	2,630	2,581	1,902	7,480	50,000	1,503	1,628
RIO MALACATOS (EL CAPULI)							
ARENA	2,611	2,557	2,121	3,880	9,500	1,626	1,784
GRAVA	2,634	2,589	1,746	7,710	50,000	1,465	1,605
RIO MALACATOS (EL PORVENIR)							
ARENA	2,641	2,605	1,227	3,990	12,500	1,792	1,947
GRAVA	2,655	2,627	1,065	7,250	37,500	1,535	1,709
QUEBRADA NANGORA							
ARENA	2,658	2,624	1,316	4,940	19,000	1,748	1,834
GRAVA	2,680	2,652	1,076	6,560	37,500	1,620	1,751
QUEBRADA MONICA							
ARENA	2,643	2,593	1,965	4,480	12,500	1,715	1,893
GRAVA	2,628	2,568	2,335	7,460	50,000	1,573	1,804
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERISTICAS DE CADA UNA LAS CANTERAS RECOPIADAS							
ARENA	2,640	2,596	1,697	4,166	12,500	1,678	1,855
GRAVA	2,645	2,603	1,625	7,292	50,000	1,539	1,699
RESULTADO DE LA CANTERA JUNIOR Y LA FLACA							
ARENA	2,630	2,590	1,580	3,940	9,500	1,730	1,820
GRAVA	2,500	2,480	1,100	7,170	37,500	1,510	1,660



FOTOGRAFÍA 01.- Tamizado de fibra de pambil



FOTOGRAFÍA 02.- Adición de la fibra al hormigón



FOTOGRAFÍA 03.- Preparación probetas de pambil



FOTOGRAFÍA 04.- Toma de datos de las probetas de pambil



FOTOGRAFÍA 05.- Ensayo de compresión paralela a la fibra



FOTOGRAFÍA 06.- Ensayo de flexión estática de las probetas de pambil



FOTOGRAFÍA 07.- Prensa hidráulica



FOTOGRAFÍA 08.- Probetas cilíndrica



FOTOGRAFÍA 09.- Chequeo de la consistencia del hormigón



FOTOGRAFÍA 10.- Equipo para ensayo a flexión en vigas de hormigón



FOTOGRAFÍA 11.- Moldes prismáticos para vigas de hormigón.



FOTOGRAFÍA 12.- Probeta ensayada a compresión



FOTOGRAFÍA 13.- Cantera de exportación material pétreo



FOTOGRAFÍA 14.- Probeta prismatice ensayada a flexión



FOTOGRAFÍA 15.- Fibra en el hormigón



FOTOGRAFÍA 16.- Probetas ensayadas



FOTOGRAFÍA 17.- Curado de las probetas



FOTOGRAFÍA 18.- Ensayo de flexión en vigas



Cuadros para la clasificación de las propiedades físicas de la fibra

CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS					
CLASIFICACIÓN	MUY BAJA (1)	BAJA (2)	MEDIA (3)	ALTA (4)	MUY ALTA (5)
Densidad seca al aire (g/cm ³)	< 0,500	0,500 - 0,660	0,661 - 0,849	0,850 - 1,000	> 1,000
Densidad básica (g/cm ³)	< 0,400	0,400 - 0,555	0,556 - 0,699	0,700 - 0,800	> 0,800
Cont. Tangencial seca al aire (%)	< 3,0	3,0 - 4,0	4,1 - 5,9	6,0 - 7,0	> 7,0
Cont. Tangencial seca al horno (%)	< 5,0	5,0 - 7,5	7,6 - 10,4	10,5 - 12,5	> 12,5
Cont. Radial seca al aire (%)	< 1,5	1,5 - 2,0	2,1 - 3,0	3,1 - 4,0	> 4,0
Cont. Radial seca al horno (%)	< 2,5	2,5 - 4,0	4,1 - 5,9	6,0 - 7,5	> 7,5
Relación (T/R) seca al aire	----	< 2,0	2,0 - 2,5	> 2,5	----
Relación (T/R) seca al horno	----	< 1,7	1,7 - 2,0	> 2,0	----
Cont. Volumet. seca al aire (%)	< 4,0	4,0 - 6,0	6,1 - 8,4	8,5 - 11,0	> 11,0
Cont. Volumet. seca al horno (%)	< 8,0	8,0 - 12,0	12,1 - 15,4	15,5 - 19,0	> 19,0



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA
MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social



ANEXO Nro.: 14

Cuadros para la clasificación de las propiedades mecánicas de la fibra

CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS					
CLASIFICACIÓN	MUY BAJA (1)	BAJA (2)	MEDIA (3)	ALTA (4)	MUY ALTA (5)
<u>Flexión estática</u>					
E.L.P. (Kg/cm ²)	< 465	465 - 668	669 - 889	890 - 1035	> 1035
MOR (Kg/cm ²)	< 745	745 - 1060	1061 - 1424	1425 - 1800	> 1800
MOE (10 ³ Kg/cm ²)	< 104	104 - 140	141 - 182	183 - 225	> 225
<u>Comp. Paralela</u>					
E.L.P. (Kg/cm ²)	< 305	305 - 425	426 - 529	530 - 645	> 645
M.R.C. (Kg/cm ²)	< 400	400 - 565	566 - 749	750 - 900	> 900
Y (10 ³ Kg/cm ²)	< 90	90 - 130	131 - 164	165 - 210	> 210
<u>Comp. Perpendicular</u>					
E.L.P. (Kg/cm ²)	< 40	40 - 67	68 - 102	103 - 145	> 145
<u>Dureza Janka</u>					
De lado (kg)	< 275	275 - 550	551 - 924	925 - 1250	> 1250
De punta (kg)	< 400	400 - 695	696 - 1029	1030 - 1350	> 1350
Tenacidad (m·kg)	< 1,05	1,05 - 1,50	1,51 - 2,44	2,45 - 3,00	> 3,00
Rest. Al cizallamiento (Kg/cm²)	< 72	72 - 106	107 - 129	130 - 160	> 160
Rest. Al arranque de clavos (Kg)	< 65	65 - 120	121 - 204	205 - 235	> 235
Rest. Al arranque lateral de tornillo (Kg)	< 160	160 - 250	251 - 399	400 - 450	> 450



Cuadros para la clasificación de las características anatómicas de la fibra


Calificación de la longitud	
Extremadamente cortas	hasta 0.75
Muy cortas	de 0.76 a 1.0
Cortas	de 1.1 a 1.5
Largas	de 1.6 a 2.0
Muy largas	sobre 2.0

Calificación del diámetro	
hasta 24	Finas
de 25 a 40	Medianas
sobre 40	Gruesas

Calificación de la pared celular	
Muy delgadas	75% a más
Delgadas	de 50% a 75%
Gruesas	de 33% a 50%
Muy gruesas	menor de 33%

Ficha de Afloramiento

DESCRIPCION DEL MATERIAL ALUVIAL DEL RIO SOLANDA					
DESCRIPCION DE TERRAZAS		FECHA	12/04/2014	N°	1
UBICACIÓN	DIMENSIONES DE LATERRAZA	TIPO DE MATERIAL		OBSERVACIONES	
Punto de acceso Chinguilamaca	Altura: 3m	Cantos rodados de filita, cuarzo, Diorita,		Rio arriba flanco derecho	
Concesión JUNIOR		Matri arena		Clima cálido seco Ancho del rio: 12,7m Al flanco izquierdo exuberante vegetación	
	Condición de la				
X:685877 Y:9535318	Terraza artificial Vegetación Sin vegetación	5 cm 10cm			



The photograph shows a wide riverbed filled with light-colored gravel and stones. In the background, there are green hills. A yellow timestamp '2014/04/12' is visible in the bottom right corner of the photo. Below the photo is a cross-section diagram of the riverbed. The diagram shows a central channel labeled 'Rio' with water. On either side of the channel, there are layers of 'grava' (gravel) and 'esquisto' (schist) rock. The schist layer is shown as a textured, sloping bank.

Ficha1. Descripción de las terrazas aluviales de la concesión Minera "Junior Acumulada". Punto1.




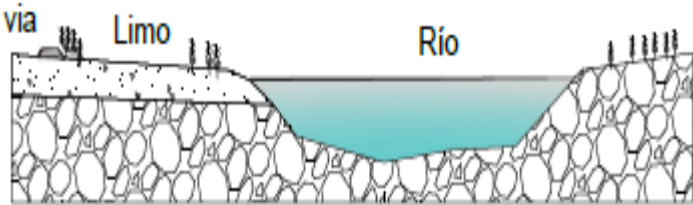
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

DESCRIPCION DEL MATERIAL ALUVIAL DEL RIO SOLANDA					
DESCRIPCION DE TERRAZAS ALUVIALES		FECHA	12/04/2014	N°	2
UBICACIÓN	DIMENSIONES DE LA TERRAZA	TIPO DE MATERIAL		OBSERVACIONES	
Punto de acceso	Altura: 3m	Arena, limo en presencia de lodo de Color oscuro		Rio arriba flanco derecho Clima Cálido seco Ancho del rio: 60m Muy playado y de gran profundidad. Corriente suave.	
Chinguilamaca		Matriz			
Concesión	Ancho: 5m	Ninguna			
JUNIOR ACUMULADA		Diámetro de cantos			
Coordenadas	Condición de la terraza	ninguno			
X:686055 Y:9535155 Z:1200	Terraza artificial				
	Vegetación Arbustiva y herbácea de mediana altura				





Ficha2. Descripción de las terrazas aluviales de la concesión Minera “Junior Acumulada”. Punto2.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA



Instituto Superior Politécnico
José Antonio Echeverría
cujae

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales
No Renovables

**MAESTRIA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO
SUSTENTABLE**

PROYECTO DE TESIS

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE PAMBIL”**

AUTOR: Ing. Hernán Fabricio Alvarado Romero

DIRECTORA: Ing. Mg. Sc. Emperatriz Isabel Bailón Abad

LOJA - ECUADOR
2012



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. TEMA:

ANALISIS DE LA RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CON ADICION DE FIBRAS DE PAMBIL

2. PROBLEMÁTICA:

En América Latina el déficit de vivienda, según la CEPAL, supera los 2.5 millones de unidades habitacionales; solventar este problema en forma inmediata requiere la suma de 125 mil millones de dólares. Extrapolando este dato a nuestro país, necesitaríamos algo más de 6 mil millones de dólares para cubrir el déficit habitacional ecuatoriano de un millón doscientas mil soluciones, situación que resulta imposible de solventar.

En la ciudad de Loja solo el 49.1 % de los hogares poseen vivienda propia (SIISE versión 3.0), por lo que se necesita aproximadamente 11.743 soluciones habitacionales.

Este problema social que día a día se incrementa, no ha podido ser solucionado debido en gran parte a los costos elevados que poseen los materiales tradicionales en la construcción. Ante esta situación, dentro de la concepción de la Maestría en Construcción Civil y



Desarrollo Sustentable, Mención Vivienda de Interés Social, se propuso especializar en el campo de la construcción, a profesionales de la ingeniería civil y la arquitectura para que a través de la investigación, desarrollen nuevas técnicas y materiales de construcción que faciliten el desarrollo de viviendas de interés social, con soluciones viables y efectivas que posibiliten hacer frente a este agudo problema.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA

La presente investigación tiene como propósito principal generar una alternativa más económica en lo que se refiere a materiales de construcción, para lo que se plantea la utilización del concreto con adición de fibras de Pambil, lo que nos permitirá mejorar las características del concreto tradicional, reduciendo los costos de producción y uso de materiales convencionales, pero manteniendo un alto grado de seguridad en cuanto a sus propiedades y necesidades de resistencia, en la construcción de diferentes elementos elaborados con hormigón, utilizados en las viviendas de interés social, contribuyendo de esta forma al desarrollo sustentable del país.

En las provincias de el Oro, Zamora Chinchipe y en la gran parte de la Amazonia, se ubican plantaciones de Pambil (*Iriatea deltoides*), este material en la actualidad es utilizado en la construcción de elementos tales como: columnas de apoyo de casas de madera o mixtas, en la



elaboración del tiriado para la colocación de cubiertas de teja, como elementos de acabados en la construcción (pisos, recubrimiento de paredes, etc.), entre otros.

Por lo expuesto, y tomando como referencia los resultados obtenidos en otras investigaciones, realizadas con distintas fibras vegetales, en las que se relata los buenos resultados obtenidos, resulta interesante realizar una investigación sobre el comportamiento que tendrá el concreto con la adición de la fibra del pambil con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del mismo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General:

Demostrar que con la incorporación de fibras de pambil en tamaño y porcentaje óptimo al concreto, se puede elaborar un material durable y competitivo, con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, para ser utilizados en la construcción de los diferentes elementos de hormigón de las viviendas de interés social.



4.2. Objetivos específicos:

- Determinar mediante un diseño experimental el tamaño y porcentaje óptimo de adición de fibras de pambil, para reforzar el concreto elaborado con los áridos de la quebrada Nangora.
- Demostrar la viabilidad económica de utilizar concretos reforzados con fibras de Pambil.

5. MARCO TEORICO

5.1. Generalidades

En la antigüedad el hombre primitivo comenzó a utilizar las cavernas como refugios de la intemperie y de los peligros de la noche. Más tarde, empieza a construir viviendas artificiales, siendo uno de los elementos principales las fibras naturales que encontró en su medio.

“Los Andes centrales de Ecuador, Perú y Bolivia conforman una enorme región natural con gran diversidad biológica de ecosistemas forestales (bosques tropicales montanos, bosques de niebla, bosques secos interandinos) y no forestales (páramo y puna), donde los pobladores locales han utilizado múltiples especies de plantas como materia prima para la obtención de fibra en todos estos hábitats. Las



plantas de fibra han tenido y siguen teniendo gran importancia en la vida cotidiana de los pobladores andinos, principalmente en las localidades más rurales y campesinas, por lo que conforman una parte esencial en sus culturas.” (Morales, 371: 2006).

5.2. Características de los materiales

5.2.1. Materiales Compuestos

“Material compuesto es aquél constituido por dos, o más, componentes cuyas propiedades son superiores a las que tienen cada uno por separado, permaneciendo todos perfectamente identificables en la masa del elemento.” (Olivares, 54, 1996).

“Las combinaciones de propiedades de los materiales y la gama de sus valores se han ampliado, y se siguen ampliando, mediante el desarrollo de materiales compuestos (*composites*). En términos generales, se considera que un material compuesto es un material multifase que conserva una proporción significativa de las propiedades de las fases constituyentes de manera que presente la mejor combinación posible.” (Calliste, 532: 1997). De acuerdo con este principio de acción combinada, las mejores propiedades se obtienen por la combinación razonada de dos o más materiales diferentes.



5.2.2. Materiales Compuestos Reforzados con Fibras

“Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia y rigidez a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros resistencia específica y módulo específico, que corresponden, respectivamente, a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico y entre el módulo de elasticidad y el peso específico. Utilizando materiales de baja densidad, tanto para la matriz como para las fibras, se fabrican compuestos reforzados con fibras que tienen resistencias y módulos específicos excepcionalmente elevados.” (Bravo, 7: 2003)

“Las investigaciones realizadas para obtener materiales alternativos al concreto reforzado convencional se han incrementado; y en esa búsqueda de alternativas, el concreto reforzado con fibras presenta las características de una solución con viabilidad técnica y económica. Así, se han utilizado ya, fibras de acero, fibras de vidrio, fibras de carbón, fibras minerales y naturales (madera, yute, bambú, coco, henequén, asbesto, lana, entre otros), fibras de polipropileno y muchas otras fibras sintéticas como el Nylon y Poliéster.” (Cepeda, 7: 1997).



5.3. Propiedades mecánicas

De la investigación realizada en la Universidad Nacional de Colombia, respecto al “Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar, encontraron que la fibra le imparte propiedades mecánicas importantes al compuesto, principalmente con adiciones de fibra entre 0.5 y 2.5 % en relación al peso total del agregado grueso, y cuyas fibras con longitudes entre 15 y 25 mm son retenidas en el tamiz N° 6, las cuales alcanzan resistencia a compresión a los 14 días de fraguado entre 8.6 y 16.88 MPa, estando por encima de probetas sin adición de fibras. Así mismo permiten reducciones en la densidad del material que varían entre 141 y 336 Kg/m³, con respecto a probetas patrones con densidades promedias de 2400 Kg/m³, lo que constituye un aspecto importante para la consideración de cargas muertas por peso propio en estructuras. A demás se determina que la resistencia a compresión del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar es inversamente proporcional al porcentaje de la fibra adicionada y al diámetro de las partículas, aspecto que coincide con lo encontrado en ensayos realizados con otras fibras como el coco, el bambú, entre otros.” (Osorio, 78: 2007)



5.4. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que deben considerarse en un material compuesto se refieren principalmente a la masa específica, la absorción de agua y la porosidad; en este sentido, Savastano Jr. trabajo con cuatro tipos de fibras (Pinus radiata, sisal, banana y eucalipto) encontró que la masa específica, la absorción de agua y la porosidad están íntimamente relacionadas, esto significa que a medida que la presencia de las fibras es mayor, disminuye la masa específica y aumentan la absorción y la porosidad. (Savastano: 1997)

En ese mismo sentido Caldas, en su trabajo con fibras residuales de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) con matrices de escoria de altos hornos con yeso y cal hidratada (EGCH) y de escoria de altos hornos activada con cemento Pórtland (ECP) encuentra también que la absorción de agua y la porosidad aumentan con la presencia de la fibra y contrario a la masa específica; aduce que este comportamiento puede estar influenciado por varios factores entre los que destaca una mayor fracción volumétrica del refuerzo, aumento de porosidad debido a la elevada relación de a/c, presencia de poros en las fibras y la formación de canales debido a la presión negativa aplicada. (Caldas: 2002).

Contrariamente, Shao y Moras descubren que la absorción del agua no está relacionada con la fracción volumétrica de la fibra en el compuesto, sino más bien a la porosidad de la matriz. (Shao: 2000)



5.5. Durabilidad de la fibra

Aunque los resultados obtenidos en estas investigaciones han sido alentadores, se han encontrado algunas deficiencias respecto de su durabilidad; estas deficiencias al parecer son resultado de la reacción entre la alcalinidad de la pasta de cemento y las fibras, además del ataque de microorganismos en presencia de la humedad. (Lewis: 1979).

“En compuestos de origen orgánico los principales agentes de degradación son las incompatibilidades química y física entre fibras y matrices, la primera se da por dos circunstancias:

- La elevada alcalinidad del agua provoca porosidades en la matriz alrededor de la fibra en donde se acumula hidróxido de calcio que al aumentar la temperatura provoca una sensible aceleración de la degradación; y
- Cuando la lignina y la hemicelulosa se descomponen debido al alto contenido de pH en el agua debilitando la adherencia con la matriz y transformando a la fibra en un material inerte dentro del compuesto.” (MacVicar, 549: 1999).



Para evitar los procesos de degradación de la fibra vegetales en la matriz de concreto por efectos de la alcalinidad, y buscando que el fraguado del cemento no se vea afectado, Beraldo utilizo el lavado del material. (Beraldo: 1997).

A las fibras de Pambil se le aplicara sulfato de aluminio al 2.0 % en relación a la masa de cemento, para evitar la incompatibilidad con la pasta de cemento.

6. METODOLOGIA

Los objetivos planteados en el presente trabajo, se realizarán de acuerdo a la siguiente metodología:

6.1. Investigación bibliográfica.

La que nos permitirá conocer las experiencias y resultados obtenidos en investigaciones realizadas con otros tipos de fibras vegetales para el reforzamiento del hormigón, proporcionándonos las pautas para determinar la metodología para el diseño de mezclas; así mismo se hará una revisión de la normativa existente sobre el tema.



6.2. Diseño de mezclas. Se realizará las siguientes tareas:

6.2.1. Caracterización de los materiales

6.2.2. Diseño experimental:

Para la presente investigación se ha determinado utilizar como variables el tamaño y el porcentaje de fibra de pambil que se adicionará a las probetas de hormigón, en las cuales permanecerá constante la relación agua/cemento en 0,55 que es lo recomendado por Frds (1988).

Los resultados de los ensayos a compresión y flexión serán analizados utilizando el modelo estadístico correspondiente al Análisis de Variancia ANOVA de Z^2 , con tres repeticiones, con un $\alpha = 0,05$, es decir un nivel de confianza del 95%, este modelo permitirá definir la incidencia de cada uno de los factores más representativos de estos ensayos, así como su interacción. (Osorio, 78: 2007).

6.2.3. Tamaño Muestral:

- Se elaborarán cinco tipos de mezclas de concreto, la primera será una mezcla patrón (sin adición de fibra), y en las cuatro restantes se variará el tamaño de fibra entre 2 y 5



cm y el porcentaje de adición de fibra entre 0.50 y 1.5 %.
(Quintero, 135: 2006).

- Para todas las mezclas se trabajará con una misma matriz de concreto; el cuadro 1 muestra los tipos de mezclas que se realizarán y las repeticiones que se harán con cada una de ellas.

Cuadro 1

Tipos de mezclas realizadas y nomenclatura utilizada para su identificación

Mezcla N°	Tamaño de la fibra (Tamiz)	Volumen de la fibra (%)	Repeticiones		
			I	II	III
M1	0	0			
M2	4	0,5			
M3	4	1,5			
M4	4	2,5			
M5	8	0,5			
M6	8	1,5			
M7	8	2,5			

6.2.4. Análisis de las propiedades mecánicas:

Con cada tipo de mezcla se elaboraron dos tipos de especímenes:
cilindros y vigas.

- Las muestras cilíndricas para ensayos de compresión, se curarán hasta las edades de 7 y 28 días, tanto las testigos como las que contienen fibra, en un número total de treinta muestras.



- Y las vigas para ensayos de flexión, se curarán hasta la edad de 28 días, en un número total de quince muestras.

6.3. Análisis financiero.

Se abordarán lo relacionado al análisis de costos y estudio de factibilidad.

Los métodos utilizados en esta investigación serán empíricos, teóricos y estadísticos como a continuación se especifica:

- Empíricos
 - Hipotético – deductivo
 - Experimentación
 - Criterio de experto

- Teóricos
 - Análisis y síntesis
 - Inducción – deducción

- Estadísticos.



7. DURACIÓN ESTIMADA

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																			
	Actividad	Tiempo en meses																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	Elaboración del Marco Teórico y diagnóstico	██████████																			
2	Diseño experimental de la investigación						██████████														
3	Elaboración de probetas y ensayos de laboratorio										██████████										
4	Procesamiento de datos y presentación de resultados. Documento final.																	██████████			

El desarrollo del trabajo puede empezar a partir de la aprobación definitiva del proyecto.



8. COSTOS.

1 PRESUPUESTO ESTIMADO DEL PROYECTO EN DÓLARES				
CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
RECURSOS HUMANOS	GLOBAL	1.00	1500.00	1500.00
RECURSOS MATERIALES Y LABORATORIOS	GLOBAL	1.00	1500.00	1500.00
RECURSOS TECNOLÓGICOS	GLOBAL	1.00	500.00	500.00
MOVILIZACIÓN	GLOBAL	1.00	1500.00	1500.00
TOTAL:				5000.00

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agopyan, V.; Savastano, H. *Uso de Materiais Alternativos à base de Fibras Vegetais na Construção Civil: Experiencia Brasileira*. In: Seminario Iberoamericano 1997 de Materiales Fibrorreforzados, 1., y Reunión Proyecto PIP VIII.5 Cyted, 3., Cali, 1997. Memorias.

- Bravo Celis José Patricio, *Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Vidrio*, Influencia del Porcentaje de Fibra Adicionado, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería de los materiales, 2003.



- Beraldo, A.L. *Compositos biomassa vegetal cemento*. In Toledo filho D. *Materiais nao convencionais para construcoes rurais*, p. 48, 1997.
- Caldas, A. *Estudo da Durabilidade de Compósitos Reforçados com Fibra de Celulose*. Tese para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo. 2002.
- Callister, William D. *“Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales”*, 1° Edición, Barcelona, España, Editorial Reverté , 1997, pág. 532.
- Cepeda, R., Escobar Henríquez, J.M., Gómez Aguirre, C.R., Estela, N., *Resista del ISCYC*. San Salvador, 1997, Vol. 2, No. 5, pags 6-15.
- FRDS, Z., *Natural or Modified Cellulose Fibres as Reinforced in Cement composites*, *Concrete Technology and Design* Vol. 5, *Natural Fibre Reinforced Cement and Concrete*, edited by R. N, Swamy, Blackie and Son Ltd, U.K., 1988, p173 – 207.
- John, V.M.; Agopyan, V.; Prado, T.A. *Durabilidade de Compósitos de Cimentos e Fibras Vegetais para Telados*. In: *Simposio Ibero-*



- Americano de Telhados para Habitação, 3., São Paulo, 1998.
- Anais. São Paulo, Cytod/USP, 1998.
- Martirena, J. et al. *Investigaciones para el Uso de Fibras Orgánicas como Refuerzo en Morteros y Hormigones.*
 - MacVicar, R; Matuana, L.M.; Balatinecz, J.J. *Aging Mechanisms in Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites.* Cement and Composites. V. 21, 1999, p. 189-196.
 - Merrit, F. *Manual del Ingeniero Civil.* Edit. McGraw-Hill. México, 1999.
 - M. Olivares Santiago, C. Galán Marín, J. Roa Fernández, *Los composites: Características y aplicaciones en la edificación,* Informes de la Construcción, Dpto. Construcciones Arquitectónicas 1. Escuela T. Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, Vol. 54, n° 484, pag. 54.
 - Lewis, G., Mirihaglia, P., *Natural Vegetable Fibers as Reinforcement in Cement Sheets,* Magazine of Concrete Research, Vol. 31, No. 107, 1979, pags. 104 – 108.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO
ECHEVERRÍA – CUBA



MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DESARROLLO SUSTENTABLE,
Mención: Vivienda de Interés Social

- Shao, Y.; Moras, S.; *et al.* *Wood Fibre-Cement Composites by Extrusion*. In: Canadian Journal Civ. Eng. Vol. 27 pp. 543-552. Canada, 2000.

- Tolêdo Filho, R.D. *Materiais Compósitos Reforçados com Fibras Naturais Vegetais*. In: Tolêdo Filho. R.D.; Nascimento, J.W.B.; Ghavami, K. (coord..) *Materiais não Convencionais para Construções rurais*. Campina Grande, UFPB/SBEA, Cap. 2, p. 49-82. 1997.

- Quintero, S.; González, L., *Uso de fibra de Estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*, Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte, Colombia, p. 135, 2006.

- Universidad Mayor de San Andrés, *Botánica Económica de los Andes Centrales*, La Paz, 2006, pags. 370-384.