

**PROPUESTA PARA SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES
ALTERNATIVOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL.**

**FERNANDO DIAZ GARZÓN
DIANA ISABEL MURILLO VEGA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO - MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

**PROPUESTA PARA SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES
ALTERNATIVOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL.**

**FERNANDO DIAZ GARZÓN
DIANA ISABEL MURILLO VEGA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil.**

**Director
RICARDO ALFREDO CRUZ HERNANDEZ
Ingeniero Civil Msc. Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO - MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2006**

*A mi padre Bernabé Díaz Torres.
Quien con su ejemplo me enseñó a luchar incansablemente por las cosas, que
en la vida un ser humano se propone, ha su apoyo, dedicación, amor y la
formación que como ser humano me otorgó.*

*A mi madre Esperanza Garzón Rodríguez.
Quien toda mi vida me ha brindado amor, comprensión, quien ha sido la
más sabia consejera, la que siempre ha estado dispuesta a escucharme sin
esperar nada a cambio. Tú tienes la palabra adecuada para avivar mi
lucha.*

A mis padres "gracias". Por ellos y a mi esfuerzo hoy cumpla esta meta.

*A mi novia Diana Isabel Murillo Vega.
Que a mi lado ha luchado estos últimos años para alcanzar un sueño y que
hoy hacemos realidad. Te doy gracias por el amor que me has brindado, tu
compañía y alegría que siempre irradian demuestran la gran mujer que eres.*

*A mi abuelito Francisco Díaz Torres.
Que desde el cielo me protege y acompaña.*

Fernando Díaz Garzón.

*A mi madre María del Carmen Vega Mecón
Quien ha estado conmigo siempre en las buenas y en las malas brindándome todo su
amor y apoyo. Gracias a ti mamita linda por permitirme que hiciéramos este sueño
realidad y por acompañarme en este camino; mamita las palabras son pocas para
expresarte el gran agradecimiento que te tengo.*

*A mi hermana Yeline Murillo Vega
Gracias por creer en mí, por hacer que mi vida fuera más fácil, por haber estado
dispuesta a ayudarme. Una y mil veces gracias.*

*A mi hermana Nidia Esperanza
A quien quiero mucho y por quien pido todos los días.*

*A mi hermana Leydy Fernanda
Quien me dio la fuerza de seguir adelante.*

*A mi hermano Joyce Dick
A quien no defraudaré, pues sé que se siente orgulloso de mí.*

*A mi hermanita Dayana Gabriela y a mis sobrinos Manuela, Carlos
Jván, Angie Lizzeth y Kevin Andrés.
Quienes son el futuro de mi familia y a quien les debo un buen ejemplo.*

*A mi Novio Fernando Diaz Garzón
Quien en estos últimos años se convirtió en algo muy lindo en mi vida, quien me
cuida, me protege, me llena cada día de amor y con quien hoy cumplo este sueño.
Te Amo*

Diana Isabel Murillo Vega

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

A Ricardo Alfredo Cruz H., Ingeniero Civil y Director de la Investigación, por su dedicación, colaboración y motivación incondicional en el desarrollo de esta investigación.

Al Grupo de Investigación en nuevos Materiales y Estructuras, INME, por el soporte técnico que aportó en el desarrollo de esta investigación.

A nuestros padres, por su apoyo en aquellos momentos difíciles y a esas cortas palabras pero motivadoras que siempre tuvieron cuando desfallecíamos en nuestro intento y que nos ayudaron a que hoy alcanzáramos nuestra meta.

Y, a cada una de las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

CONTENIDO

pág.

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>1. PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA</u>	3
1.1. CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.	3
1.2. SELECCIÓN DE MATERIALES	5
1.2.1. LISTA DE ALGUNOS MATERIALES CARACTERIZADOS POR EL GRUPO INME	5
1.3. EVALUACION DE MATERIALES	13
1.3.1. USO DEL FERROCEMENTO COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS Y ESCALERAS EN VIVIENDAS.	13
1.3.1.1. Análisis de Resultados	17
1.3.2. UTILIZACIÓN EN CONSTRUCCIÓN DE RESIDUOS DE MADERA MODIFICADA	17
1.3.2.1. Análisis de Resultados	20
1.3.3. ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE PANELES EN GUADUA PARA LA CONFORMACIÓN DE VIVIENDA.	21
1.3.3.1. Análisis de resultados	22
1.3.4. MODELO DE VIVIENDA BIFAMILIAR DE DOS PISOS EN MATERIAL DE SUELO – CEMENTO Y POR EL SISTEMA DE AUTOCONSTRUCCIÓN.	24
1.3.4.1. Análisis de Resultados	26
1.3.5. ADECUACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO “E” COMO REFUERZO DEL MORTERO PARA SU UTILIZACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DELGADOS.	27
1.3.5.1. Análisis de resultados	30
1.3.6. OPTIMIZACIÓN DE UNIÓN EN GUADUA ANTE SOLICITACIÓN DE FUERZA SÍSMICA.	31
1.3.6.1. Análisis de Resultados	33
1.3.7. APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GRANDES PANELES PREFABRICADOS EN ZONA DE RIESGO SÍSMICO ALTO.	35
1.3.7.1. Análisis de Resultados	37
1.3.8. PROPUESTA DE ELEMENTO CONSTRUCTIVO BASE LAMINADO DE GUADUA.	38
<u>2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS.</u>	43
2.1. ELEMENTOS CONSTRUIDOS CON FIBRA DE VIDRIO TIPO “E” COMO REFUERZO DEL MORTERO.	43

2.1.1.	TIPO DE MEZCLA.	43
2.1.2.	DIMENSIONES DE ELEMENTOS	43
2.1.3.	DOSIFICACIÓN EN PESO DE LA MEZCLA.	43
2.1.4.	FORMALETA	43
2.1.5.	PROCESO CONSTRUCTIVO	45
2.1.6.	POSIBLES USOS	47
2.2.	UTILIZACIÓN DE LA MEZCLA DE SUELO-CEMENTO PLÁSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.	48
2.2.1.	TIPO DE MEZCLA.	48
2.2.2.	SELECCIÓN DEL SUELO.	48
2.2.3.	PORCENTAJE DE CEMENTO EN VOLUMEN SEGÚN LA CLASE DE SUELO.	48
2.2.4.	PROCESO DE LAVADO.	49
2.2.5.	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD OPTIMA DE LA MEZCLA.	49
2.2.6.	PREPARACIÓN DE LA MEZCLA.	49
2.2.7.	ELABORACIÓN DE BLOQUES DE SUELO-CEMENTO PLÁSTICO.	50
2.2.8.	ELABORACIÓN DE BALDOSÍN EN SUELO-CEMENTO PLÁSTICO + MINERAL	50
2.2.9.	POSIBLES USOS.	52
2.3.	ELEMENTOS EN FERROCEMENTO	53
2.3.1.	MATERIALES	53
2.3.2.	FORMALETA	53
2.3.3.	DOSIFICACIÓN PARA ELEMENTOS EN FERROCEMENTO	55
2.3.4.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.	55
2.4.	ELEMENTOS DE MADERA MODIFICADA	57
2.4.1.	MATERIALES	57
2.4.2.	FORMALETA	57
2.4.3.	DOSIFICACIÓN PARA ELEMENTOS EN MADERA MODIFICADA	59
2.4.4.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	59
2.4.5.	POSIBLES USOS	59
2.5.	PANELES EN GUADUA	60
2.5.1.	EPOCA DE SIEMBRA Y DE COSECHA.	60
2.5.2.	CORTE DE LA GUADUA.	60
2.5.3.	CURADO DE LA GUADUA.	61
2.5.4.	INMUNIZACIÓN DE LA GUADUA.	61
2.5.5.	ELABORACIÓN DE LA UNIÓN A UTILIZAR EN LOS PANELES.	61
2.5.5.1.	Elemento horizontal.	61
2.5.5.2.	Elemento vertical.	62
2.5.6.	CONSTRUCCIÓN DE LOS PANELES.	63
2.5.7.	POSIBLES USOS.	65
2.5.8.	REVESTIMIENTO.	66
2.6.	VIGAS FABRICADAS EN LAMINADO DE GUADUA.	68
2.6.1.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.	68
2.7.	PERFILES CONSTRUIDOS EN MATERIAL RCFV (RESINA-CENIZA-FIBRA DE VIDRIO).	70
2.7.1.	DOSIFICACIÓN.	70
2.7.2.	FORMALETA.	71
2.7.3.	PROCESO CONSTRUCTIVO.	71

2.7.4.	POSIBLES USOS.	72
2.8.	AUTOMATIZACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS	79
2.8.1.	PROCESO DE PULTRUSIÓN.	79
2.8.2.	SISTEMA DE PROYECCIÓN SIMULTÁNEA.	81
3.	<u>SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO</u>	82
3.1.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PROPUESTO.	82
3.1.1.	LEVANTAMIENTO DE MUROS LATERALES Y FACHADA.	83
3.1.2.	FABRICACIÓN DE VIGAS Y COLUMNETAS.	85
3.1.3.	MUROS DIVISORIOS.	86
3.1.4.	COLOCACIÓN DE BLOQUES EN SUELO CEMENTO PLÁSTICO, PARA INCLINACIÓN DE CUBIERTA.	87
3.1.5.	COLOCACIÓN DE CERCHAS.	88
3.1.6.	COLOCACIÓN DE LA CUBIERTA PARA LA VIVIENDA.	89
3.2.	APLICACIÓN DEL SISTEMA A UN PROTOTIPO DE VIVIENDA.	90
4.	<u>ANÁLISIS DE COSTOS</u>	91
4.1.	COSTO REAL Y ANÁLISIS PRESTACIONAL.	92
4.2.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.	93
4.3.	PRESUPUESTO CASA CONSTRUIDA POR EL INVISBU (INSTITUTO DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL Y REFORMA URBANA DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA).	94
4.4.	PRESUPUESTO PARA SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES ALTERNATIVOS PARA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.	95
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	96
6.	<u>RECOMENDACIONES.</u>	98
	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	99
	<u>ANEXOS</u>	102

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Formaleta para panel.	44
Gráfica 2. Detalles del sistema de cierre de la formaleta	44
Gráfica 3. Formaleta para Teja.	45
Gráfica 4. Formaleta para Caballete.	45
Gráfica 5. Colocación de capa de mortero + capa de fibra de vidrio.	46
Gráfica 6. Compactación de la mezcla.	46
Gráfica 7. Panel de mortero reforzado con fibra de vidrio.	47
Gráfica 8. Teja de mortero reforzado con fibra de vidrio. 1.0m*1.60m e=7mm.	47
Gráfica 9. Caballete para teja 1.0m*0.50m e=7mm.	48
Gráfica 10. Bloque de mezcla de suelo – cemento plástico. (40cm*20cm*10cm)	52
Gráfica 11. Panel de mezcla de suelo – cemento plástico.	52
Gráfica 12. Baldosín de suelo-cemento plástico (25cm*25cm) e= 2cm	53
Gráfica 13. Formaleta en madera para casetón de ferrocemento.	53
Gráfica 14. Detalle del seguro de la formaleta	54
Gráfica 15. Detalle de las bisagras de la formaleta	54
Gráfica 16. Formaleta en madera para panel en ferrocemento. (2.0 mts * 2.35 mts)	54
Gráfica 17. Detalles del sistema de cierre de la formaleta	55
Gráfica 18. Casetón de ferrocemento	56
Gráfica 19. Panel de ferrocemento. (2.0m*2.35m), e=3cm	57
Gráfica 20. Formaleta metálica para aligeramiento de madera modificada	58
Gráfica 21. Detalles del sistema de cierre de la formaleta	58
Gráfica 22. Formaleta metálica para panel de madera modificada. (0.62m*2.23m), Altura=12cm	59
Gráfica 23. Aligeramiento para placa de entrepiso	60
Gráfica 24. Panel de madera modificada. (2.23m*0.62m*0.12m)	60
Gráfica 25. Configuración del elemento horizontal	62
Gráfica 26. Configuración del elemento vertical	63
Gráfica 27. Unión ensamblada	63
Gráfica 28. Boca de pescado	63
Gráfica 29. Picoeflauta	64
Gráfica 30. Panel puerta, fabricado en guadua	65
Gráfica 31. Panel muro, fabricado en guadua	65
Gráfica 32. Panel ventana, fabricado en guadua	66
Gráfica 33. Enmallado panel puerta con malla hexagonal	66
Gráfica 34. Acabado del panel puerta con suelo cemento	67
Gráfica 35. Enmallado panel muro con malla hexagonal	67
Gráfica 36. Acabado del panel muro con suelo-cemento	67
Gráfica 37. Enmallado panel ventana con malla hexagonal	68
Gráfica 38. Acabado del panel ventana con suelo-cemento	68
Gráfica 39. Empalmes longitudinales	70
Gráfica 40. Viga en laminado de Guadua	70
Gráfica 41. Molde para perfil en I	72
Gráfica 42. Perfil en I para unión de elementos de ferrocemento y madera modificada	72

Gráfica 43. Molde para perfil en E	73
Gráfica 44. Perfil en E para unión de paneles con aire atrapado.	73
Gráfica 45. Molde para perfil en I con C lateral	74
Gráfica 46. Perfil en I con C lateral para unión de muro de ferrocemento y madera modificada + panel	74
Gráfica 47. Molde para perfil de tres elementos tipo panel.	75
Gráfica 48. Perfil para unión de tres elementos tipo panel.	75
Gráfica 49. Molde para perfil mixto.	76
Gráfica 50. Perfil mixto para unión de muro en ferrocemento y dos paneles con aire atrapado.	76
Gráfica 51. Molde para perfil esquina.	77
Gráfica 52. Perfil esquina Tipo I	77
Gráfica 53. Molde para perfil esquina.	78
Gráfica 54. Perfil esquina Tipo II	78
Gráfica 55. Molde para perfil esquina.	79
Gráfica 56. Perfil esquina Tipo III.	79
Gráfica 57. Esquema de planta de producción, sistema industrializado. (Pultrusión)	80
Gráfica 58. Viga de amarre para cimiento	82
Gráfica 59. Casetón de ferrocemento + aislante acústico y térmico.	83
Gráfica 60. Muro de ferrocemento + residuos de madera modificada.	84
Gráfica 61. Cerramiento lateral del lote con muros de ferrocemento + aislante de madera modificada.	85
Gráfica 62. Detalle de columnetas y vigas de amarre sobre muros.	85
Gráfica 63. Vaciado de vigas y columnetas y colocación de pisos.	86
Gráfica 64. Muros divisorios.	87
Gráfica 65. Colocación de bloques en suelo cemento plástico, para inclinación de cubierta	88
Gráfica 66. Colocación de vigas en laminados de Guadua	89
Gráfica 67. Colocación de cubierta.	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Áreas mínimas de lote para VIS tipo 1 y 2	4
Tabla 2. Porcentaje de Cesiones Urbanísticas Gratuitas	4
Tabla 3. Composición y propiedades	14
Tabla 4. Dosificación de la mezcla	15
Tabla 5. Resultados	16
Tabla 6. Análisis de la efectividad del panel	23
Tabla 7. Resultados de ensayos de Alcalinidad	28
Tabla 8. Resultados de ensayo de Sílice disuelta (Sc)	29
Tabla 9. Dosificación en peso de la mezcla	43
Tabla 10. Porcentaje de cemento en volumen según la clase de suelo	48
Tabla 11. Dosificación para elementos e=3cm	55
Tabla 12. Dosificación para elementos de madera modificada.	59

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Pág.

Foto1. Lavadero para fracción fina	49
Foto2. Máquina vibradora para hacer bloques de arena y cemento.	50
Foto 3. Molde para baldosín de cemento, arena y mineral	51
Foto 4. Prensa para elaboración de baldosines de cemento, arena y mineral	52

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Diseños arquitectónicos de la vivienda de interés social del INVISBU.	113
Anexo 2. Sistema propuesto.	114
Anexo 3. Análisis de precios unitarios. A.P.U.	102
Anexo 4. Diseño de instalaciones hidráulicas	111

RESUMEN

TITULO

PROPUESTA PARA SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES ALTERNATIVOS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL.*

AUTORES

DIAZ GARZÓN, Fernando

MURILLO VEGA, Diana Isabel**

PALABRAS CLAVES

Sistema, Constructivo, Vivienda, Materiales, Alternativos.

DESCRIPCIÓN

El objetivo de este trabajo, es proponer un sistema constructivo para vivienda de interés social utilizando materiales alternativos evaluados por el Grupo de Investigación en Materiales y Estructuras de Construcción (INME) de la Universidad Industrial de Santander; dado que uno de los principales problemas de la construcción de vivienda de interés social en el país y en América Latina surge de los altos costos de los materiales tradicionales utilizados en su construcción.

Para dar solución a esta problemática se seleccionaron algunos de los materiales que por presentar buenas propiedades mecánicas ante los requerimientos estructurales que se presentan en una vivienda favorecen la conformación de esta; en la búsqueda de un sistema constructivo más económico se tuvo en cuenta que los materiales seleccionados fueran económicos, de fácil adquisición y los elementos que se elaboraran con ellos fueran de fácil fabricación.

Con los materiales seleccionados se propuso su utilización en la conformación de elementos que hacen parte de una vivienda, se siguió un proceso constructivo detallado para cada uno de ellos el cual lleva a una fácil fabricación del elemento; algunos de estos elementos se proponen para ser utilizados en un prototipo de vivienda de interés social con materiales alternativos, el proceso que se debe seguir en su conformación esta descrito adecuadamente para así obtener una vivienda mas económica frente a los sistemas tradicionales.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, CRUZ H. Ricardo A.

ABSTRACT

TITLE

PROPOSITION FOR CONSTRUCTIVE SYSTEM WITH ALTERNATIVE MATERIALS FOR SOCIAL INTEREST HOUSES.*

AUTHORS

DIAZ GARZÓN, Fernando

MURILLO VEGA, Diana Isabel**

KEY WORDS

System, Constructive, Houses, Materials, Alternative.

DESCRIPTION

The objective of this work, is propose a constructive system for social interest houses using alternative materials evaluated by the Materials and Structures of Construction Investigation Group (INME) of the University Industrial of Santander; one of the main problems of construction of social interest houses in the country and in Latin America it arises of the high costs of the traditional materials used in their construction.

To solve to this problem it selected some materials which have good mechanical properties for the structural requirements that are presented in a house helping their conformation; in the search of a more economic constructive system it was necessary that the selected materials were economic, of easy acquisition and the elements that were elaborated with them they were of easy production.

With the selected materials was proposed their use in the conformation of elements that make part of a house, it was followed a detailed constructive process for each one of them which takes to an easy production of the element; some of these elements are proposed to be used in a social interest houses prototype with alternative materials, the process that most be continued in their conformation is properly described appropriately to obtain a more economic house in compared with the traditional systems.

* Grade Project.

** Physics-Mechanics Engineering Faculty, Civil Engineering School, CRUZ H. Ricardo A.

INTRODUCCIÓN

Los elevados costos presentados en la construcción de vivienda son generados primordialmente por los materiales tradicionales utilizados en ella, requiriendo la innovación y utilización de nuevos sistemas de construcción que empleen materiales alternativos. Es por ello que la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander observando esta problemática, hace unos años inició con el grupo INME (Grupo de Investigación en nuevos materiales y estructuras) investigaciones para la caracterización de nuevos materiales. En esta investigación se les pretende dar una aplicabilidad que ayude a solucionar el problema social que genera la escasez de vivienda en particular la de interés social. Aquí se busca darle una aplicación a los materiales evaluados por el grupo INME para proponer una solución de vivienda posiblemente mas económica y con facilidades constructivas, disminuyendo el tiempo de construcción dando a su vez una alternativa más que ayude a solucionar el problema de vivienda a las personas de estratos bajos, ya que en la actualidad no pueden acceder fácilmente a las soluciones que las grandes urbanizadoras y constructoras están construyendo hoy día.

Este estudio consiste en dar una solución diferente a la unidad habitacional que se construye actualmente por el INVISBU (Instituto de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana de Bucaramanga) ubicada en el sector de Café Madrid, la propuesta del sistema constructivo consiste en lo posible en la no utilización de los materiales tradicionales, involucrando de esta forma los materiales caracterizados por el Grupo INME, manteniendo los diseños arquitectónicos que poseen estas viviendas, observando al final del estudio como la implementación de nuevos materiales pueden generar una solución más a esta vivienda.

El desarrollo de esta investigación se hace a través de cuatro capítulos: el primer capítulo llamado PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA, en el se muestra la problemática actual de la Vivienda de Interés Social en Colombia, los requerimientos que esta debe tener al igual que los diferentes materiales evaluados por el Grupo INME.

El segundo capítulo llamado PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS, propone la utilización de los diferentes materiales para la elaboración de elementos que conforman una vivienda con un detallado proceso constructivo.

En el tercer capítulo llamado SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO, se propone involucrar algunos de los elementos evaluados en un sistema de vivienda los cuales actúen en conjunto y llegar a conformar una unidad habitacional, describiendo detalladamente el procedimiento constructivo que se debe seguir en obra.

El cuarto capítulo llamado ANALISIS DE COSTOS es el último capítulo de este estudio, en el se muestra los costos de los elementos propuestos al igual que el presupuesto para el sistema propuesto, comparándolo con el costo de la vivienda tradicional el cual fue suministrado por el INVISBU (Instituto de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana de Bucaramanga).

1. PLANTEAMIENTO TEORICO DEL PROBLEMA

1.1. CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.

La vivienda de interés social (VIS) es aquella cuyo valor gira alrededor de los 40 - 50 SMLMV, a su vez este tipo de vivienda se divide en viviendas tipo 1 o 2 de acuerdo a la densidad poblacional propia de cada municipio y esta encaminada hacia los estratos 1 y 2.

La vivienda tipo 1 y 2 son las que sufren la problemática actual de la vivienda de interés social debido a que en la asignación de subsidios solo pueden acceder personas con ingresos mayores a \$700.000 quedando las personas con menos ingresos imposibilitadas para acceder a estas ayudas.

Se considera que el comportamiento de desaceleración de la VIS se debe a tres aspectos básicamente.

El primero es que se mantienen los problemas de oferta de vivienda para el rango más bajo en varias ciudades, lo que lleva a que los posibles compradores no puedan acceder a ella.

El segundo aspecto tiene que ver con el acceso al crédito, el cual es cada vez más limitado. En estudios que se han hecho recientemente, se ha encontrado que la gente por sus responsabilidades económicas tiene la posibilidad de atender sus obligaciones hipotecarias o de adquisición de vivienda ya no con el 30 por ciento sino con el 20 por ciento de sus ingresos, lo que incide en la capacidad para adquirir un monto de crédito.

Y en tercer lugar se encuentra que el Gobierno, por su interés de llegarle a más familias de bajos ingresos, redujo el valor de los subsidios entregados, para maximizar el uso de los recursos destinados a este fin.

Otro gran problema es el costo de la vivienda, aunque el sector de la construcción hace grandes esfuerzos para edificar vivienda de interés social de tipo 1 y 2, con la

baja rentabilidad que estos proyectos generan y los altos costos que conllevan; pese a ello continúan edificando este tipo de vivienda aunque algunos prefieren dirigirse a las de tipo tres y cuatro, sin embargo, han notado desde finales del año pasado (2005) una desaceleración en la demanda de vivienda de interés social de menor rango.

La problemática actual de vivienda requiere que cada vez se vayan optimizando mas los elementos que la conforman, pero nos encontramos que en el mercado colombiano y a nivel mundial los sistemas constructivos están monopolizados por el concreto. Hoy en día las empresas urbanizadoras se inclinan hacia los materiales y sistemas constructivos tradicionales en los que se destacan los sistemas aporticados y de mampostería.

El ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en el decreto 2060 del 24 de junio de 2004 establece las normas mínimas para vivienda de interés social urbana.

Tabla 1. Áreas mínimas de lote para VIS tipo 1 y 2

Tipo de vivienda	Lote Mínimo	Frente Mínimo	Aislamiento Posterior
Vivienda Unifamiliar	35 mts.2	3,50 ml (mts. lin.)	2,00 ml (mts. lin.)
Vivienda Bifamiliar	70 mts. 2	7,00 ml (mts. lin.)	2,00 ml (mts. lin.)
Vivienda Multifamiliar	120 mts. 2		

Fuente: Decreto 2060 24 de Junio de 2004, Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Porcentaje de Cesiones Urbanísticas Gratuitas

El Porcentaje mínimo de las cesiones urbanísticas gratuitas para el desarrollo de programas VIS Tipo 1 y 2 será del 25% del Área Neta Urbanizable, distribuido así:

Tabla 2. Porcentaje de Cesiones Urbanísticas Gratuitas

Para espacio público	Entre el 15% al 20% del Área Neta Urbanizable
Para equipamiento	Entre el 5% al 10% del Área Neta Urbanizable

Fuente: Decreto 2060 24 de Junio de 2004, Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Densidad Habitacional

La Densidad Habitacional aprovechable será el resultado de aplicar las anteriores normas de lote mínimo y cesiones urbanísticas gratuitas sobre el predio objeto de desarrollo y en todo caso, se calculará buscando generar el máximo número de soluciones posibles en las condiciones de precio de las viviendas de interés social Tipo 1 y 2 que establecen las normas vigentes.

1.2. SELECCIÓN DE MATERIALES

En esta etapa del proyecto se realizará una búsqueda previa de los materiales que ha estudiado y caracterizado el grupo INME, presentándolos en una lista y destacando de ellos las características más importantes, las ventajas y desventajas que estos presentan según el análisis realizado por los autores de estas investigaciones; para luego hacer un diagnóstico de aquellos posibles materiales que presenten las mejores características y ventajas en comparación con los materiales tradicionales utilizados en la construcción de vivienda y que pueden ser incorporados en el sistema propuesto.

1.2.1. Lista de algunos materiales caracterizados por el grupo INME

✧ Estudio sobre el comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda.

Resumen: En este proyecto se propone el uso de paneles de guadua que conforman un sistema de muro estructural para la construcción de vivienda de uno y dos pisos. Se dispone de una metodología para el cálculo estructural. La resistencia de los paneles está directamente relacionada con la cantidad de guadua que se utilice para su construcción.

Los paneles diseñados para conformar la propuesta de vivienda soportaron las solicitaciones de servicio, trabajando a un porcentaje menor de carga que el valor en el límite proporcional hallado del comportamiento carga deformación, garantizando la hipótesis de comportamiento lineal y elástico.

Para garantizar que la guadua resista el aplastamiento puro por compresión perpendicular a las fibras es necesario rellenar los cañutos con mortero.

Diagnóstico: Debido a que se construyeron los paneles, se ensayaron y se encontró que soportaron satisfactoriamente las solicitaciones de servicio que estos pudieran tener en una vivienda; se decidió realizar una evaluación para una posible incorporación de este elemento en el sistema.

✧ **Optimización de unión en guadua ante solicitación de fuerzas inerciales.**

Resumen: La utilización de mortero embebido y perno longitudinal atravesando varios cañutos es el anclaje más utilizado para uniones en guadua.

Las pletinas y los anclajes tipo mecánico y tipo abrazadera como elementos conectores logran tomar ventaja de la resistencia que presentan las paredes de la guadua obteniéndose en estudios anteriores excelentes resultados. El mal uso de estos tipos de anclaje puede volver la guadua inútil.

El pretaladrar los orificios en la pared de la guadua mejora los resultados de resistencia al no ocasionar fisuras iniciales durante la introducción de los clavos o pasadores.

Diagnóstico: En esta investigación se hicieron pruebas de los diferentes tipos de uniones que se deben realizar en los elementos que involucren la guadua, para obtener elementos que se comporten mejor ante las solicitaciones requeridas, además es indispensable para complementar la tesis “*Estudio sobre comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda*” y así darle una mejor optimización al panel; por tal motivo se decidió realizar una evaluación de esta alternativa para incorporarla en las soluciones que se estudien y que involucren a la guadua como material de construcción.

✧ **Reforzamiento de columnas con sistema compuesto orgánico (SCO).**

Resumen: El S.C.O. usado esta compuesto de un epóxico de dos componentes de relación 2:1, y malla de fique de ecofibras.

La resistencia de las columnas reforzadas con S.C.O. aumentó en un cuarenta por ciento.

El S.C.O. presenta una excelente adherencia al concreto, nunca se vio desprendimientos ni fisuras.

El S.C.O. para aumentar la resistencia en columnas de concreto reforzado es una opción para rehabilitación estructural.

Diagnóstico: Este estudio llevo a la conclusión de que este recubrimiento ayuda de manera sustancial a aumentar la resistencias en las columnas, pero en el sistema este recubrimiento llevaría consigo costos adicionales, que no serian necesarios ya que el concreto actualmente trabaja satisfactoriamente. Por tal motivo no se incorporará en el sistema alternativo de construcción.

✧ **Fabricación de concreto liviano con arcillas expansivas para la utilización en prefabricados.**

Resumen: De acuerdo a los diseños de mezcla que se realizaron, el concreto ligero con pelets requiere mayor cantidad de cemento, comparado con el concreto normal para lograr resistencias similares. De ahí el incremento considerable de sus costos.

El concreto obtenido tiene un peso unitario que se encuentra por debajo del peso del concreto normal, pero no se considera concreto ligero estructural por que sobrepasa el valor estipulado por el Instituto Americano Del Concreto.

Diagnóstico: Esta alternativa no es viable debido a su incremento de costos y no se obtiene una reducción de peso unitario considerable, es decir la relación beneficio/costo es muy baja. Debido a esta razón no se propondrá como una alternativa viable.

✧ **Aplicación del sistema de grandes paneles prefabricados en zonas de riesgo sísmico alto.**

Resumen: La dureza y resistencia del elemento a las 24 horas de fundido permite su manipulación y puesta en obra.

Se estudiaron tres materiales denominados RC (Resina+Ceniza), RFV (Resina +Fibra de Vidrio) y RCFV (Resina+Ceniza+Fibra de Vidrio); comparados con el hormigón

presentan mayor resistencia a compresión, tensión, flexión, tracción indirecta, al impacto, menor peso, no presenta fisuras por retracción de fraguado.

Este material presenta fácil moldeo, mejor adherencia, es un material que se puede cortar o serruchar.

El material RC puede ser usado como muros portantes y el material RCFV puede ser usado como entrepisos.

Los elementos tipo sándwich pueden ser usados como placas de entrapiso, ya que se obtiene un buen aislamiento térmico y acústico generado por la propiedad de los materiales sumado al creado por la cámara de aire; es un material de media a baja resistencia al fuego.

Diagnóstico: Debido a que el material presenta buena resistencia en comparación con el concreto, permite un moldeo fácil para la elaboración de elementos y es muy liviano se tendrá en cuenta para incorporarlo en el sistema propuesto.(SI)

✧ **Modelo de vivienda bifamiliar de dos pisos en material de suelo cemento y por el sistema de autoconstrucción.**

Resumen: Con este sistema se permite un mejor acondicionamiento a las exigencias arquitectónicas.

El terminado del elemento permite prescindir del pañete para techo y la placa de contrapiso reduciendo carga muerta.

Reducción de costos por m² para muro comparado con un sistema tradicional es de 12.7% con frisado por una sola cara y 35.1% frisado por ambas.

Los tres tipos de elementos de muro ensayados resistieron una compresión vertical de 20 Ton (28.8 Kg/cm²) sin evidenciarse ningún tipo de falla, esfuerzo que esta muy por encima de los esfuerzos que soportaría el muro mas crítico (15 Kg/cm²).

Se deben estudiar varios tipos de suelos para mezcla plástica y profundizar en la estabilización previa del suelo con pequeños porcentajes de cemento.

Diagnóstico: Según lo estudiado en este proyecto se encuentra que la solución de material de suelo cemento presenta características excelentes, ya que resiste muy bien a las cargas que se ensayo y además de esto tiene bajos costos en comparación a los sistemas tradicionales. Por ende se utilizará como una alternativa viable en el sistema.

✧ **Posible utilización de la fibra de la hoja de piña como agregado en concretos y morteros.**

Resumen: La adición de la fibra disminuye la manejabilidad de la mezcla.

Los aumentos en las resistencias dependen de la cantidad de fibra de piña adicionada a la mezcla.

La adición de la fibra mejora la resistencia a la compresión, a la tensión del concreto, a la compresión de morteros y bloques de cemento.

Diagnóstico: Los ensayos realizados, arrojaron como resultado una disminución en la manejabilidad de la mezcla, además las resistencias varían de acuerdo a la cantidad que se adicione de fibra, generándose incertidumbre en la adición de la fibra en mano de obra no calificada pudiendo variar así las propiedades adquiridas al adicinarla; debido a esto no se trabajará con este material.

✧ **Utilización de la fibra de fique como agregado en la fabricación de productos aglomerados.**

Resumen: Se fabricaron paneles aglomerados de fibra de fique (probetas), paneles tipo sándwich con mortero, paneles fibroreforzados, paneles reforzados con malla de fique, bloques huecos para muros.

Cuando se aplican porcentajes mayores del 1% en peso de la mezcla total, la manejabilidad del mortero se pierde; pues el volumen de fibra es muy grande y se dificulta su mezclado.

Las fibras poseen una carga eléctrica alta y presentan dificultades en la manejabilidad del mortero. No se realizaron curvas de esfuerzo deformación.

Diagnóstico: La adición de este material en la mezcla genera dificultades en la manejabilidad por tal motivo no se involucrará en la propuesta.

✧ **Uso de la malla de fique como refuerzo externo de elementos de concreto sometidos a compresión**

Resumen: Al colocar la malla de fique como recubrimiento aumenta la resistencia a compresión.

No se realizaron pruebas para medir la acción que sufren las mallas por efectos del medio ambiente, ni como varían las propiedades físico-mecánicas con relación al tiempo; solo se realizaron pruebas de elementos sometidos a compresión.

Diagnóstico: No se cuenta con información suficiente para determinar el comportamiento que tendrá este recubrimiento con el tiempo. Debido a esto no se involucrará en el sistema.

✧ **Adecuación de la fibra de vidrio tipo “E” como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados.**

Resumen: Principales aplicaciones: Muros divisorios de oficina, elementos externos de fachada, pasamanos y en general elementos no estructurales.

Se fabricó un panel con dimensiones 180 * 50 cm. Con espesor uniforme de 15 mm.

Diagnóstico: Es un material que se puede emplear en elementos no estructurales además de esto reduce sus costos considerablemente, por esta razón se incorporará en el sistema.

✧ **Factibilidad de la utilización del suelo estabilizado con emulsión asfáltica en la fabricación de un elemento de mampostería (bloque prensado y adobe).**

Resumen: Hay que realizar varias pruebas para ver si el suelo es apto o no, para fabricar elementos en mampostería.

Diagnóstico: Se necesita disposición de suelo en sitios cercanos a la obra y que el suelo sea apto para estabilizarlo con la emulsión asfáltica, pudiendo generar incertidumbre en su utilización, además la emulsión asfáltica puede incrementar costos. Debido a esto no se involucrará en el sistema.

✧ **Propuesta de utilización del ferrocemento en la construcción de tanques de almacenamiento de agua.**

Resumen: Habla de la metodología de diseño, de sus propiedades etc.

El costo con respecto al concreto, fibra de vidrio, asbesto cemento, es confiable pues disminuye y además se fabrica rápido.

Diagnóstico: El material posee excelentes características, además es muy liviano y resistente; por ello se trabajará con él en el sistema.

✧ **Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas.**

Resumen: Hay que tener en cuenta que los máximos desplazamientos en el modelamiento de un elemento curvo se presentaron en la parte central superior y fueron de 1.16 cm., también se habla de las propiedades mecánicas del ferrocemento, procedimiento de construcción, esta exento de la corrosión y putrefacción.

Se construyeron dos tipos de escaleras y se ensayaron ante distintas sollicitaciones.

La combinación del mortero y mallas definidos para cada uno de los elementos detallados en este trabajo es la más adecuada tanto en economía como en resistencia.

Los materiales y formaletas a usar son económicos, de fácil fabricación y pueden ser contruidos por mano de obra no calificada.

Diagnóstico: Éste material presenta buenas características en cuanto a resistencia se refiere, siendo de fácil fabricación los elementos contruidos con él, presentando una reducción de costos, pudiéndose construir elementos prefabricados, por estas razones

se propondrá su utilización en elementos que puedan dar solución al sistema propuesto.

✧ **Utilización de residuos de caucho en morteros y su aplicación en la construcción.**

Resumen: La acumulación de caucho de llantas brinda la posibilidad de utilizar partículas de caucho con aditivos, modificando algunas cosas en él y contrarrestando el problema de la contaminación.

El mecanismo de obtención de las partículas de tamaños finos de caucho no es tan rápido. Los morteros utilizados en esta investigación no se pueden utilizar como un material para fines estructurales, sino como morteros de recubrimiento o como morteros impermeabilizantes.

Diagnóstico: La obtención del material se debe realizar por medio de una máquina o una planta industrializada, lo cual no sería accesible para todas las personas, además los morteros no se pueden utilizar como un material para fines estructurales. Por esta razón no se utilizará en el sistema.

✧ **Utilización en construcción de residuos de madera modificada.**

Resumen: Se realizó una caracterización del material compuesto (residuos de madera-polímero). El material es abundante y se puede conseguir a bajo precio.

El polímero que se utilizó respondió de gran forma a los requerimientos de la investigación; el polímero puede reaccionar de una manera más lenta en el momento de aplicar presión y secado al aire.

El nuevo material presenta excelentes resultados de aislante acústico encontrando un coeficiente de reducción del ruido muy bueno 0.8 - 0.9 siendo mejor que los valores ofrecidos por algunos fabricantes de paneles para aislamiento acústico.

Diagnóstico: La obtención del material se realiza de una manera fácil y de bajo costo y presenta excelentes características como aislante acústico, por esta razón se utilizará en la propuesta.

✧ **Propuesta de elemento constructivo base laminado de guadua**

Resumen: La comparación mecánica del laminado de guadua con otras especies de madera, demuestra que ofrece propiedades mecánicas competentes para el mercado de la construcción de madera. Desde el punto de vista económico el laminado de guadua tiene precio superior a las maderas utilizadas en el mercado sin embargo el sobre costo no supera el 6%.

Diagnóstico: Las vigas en laminado de guadua puede ser una solución viable para soportar la cubierta en una vivienda, por esta razón se involucrara en el sistema propuesto.

1.3. EVALUACION DE MATERIALES

Después de realizar la selección de los materiales de acuerdo a sus propiedades y ventajas que estos presentan, será adecuado realizar una evaluación mas detallada de cada uno de ellos. La metodología para llevar acabo este proceso será la de analizar cada una de las investigaciones seleccionadas de acuerdo a la caracterización que los autores de forma individual le otorgó a cada una ellas.

A continuación se presentara un breve resumen de estas investigaciones lo cual nos permitirá conocer más detalladamente cada uno de los materiales, y de esta forma conocer la aplicabilidad y funcionabilidad que le asignaremos a estos materiales analizados.

1.3.1. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas.¹

El ferrocemento es un material estructural compuesto, donde los materiales que lo constituyen son mallas electro soldadas, cuadradas o de galpón de baja, media, o alta resistencia, rodeadas de un mortero de alta resistencia ($f'_{cr} \geq 28$ Mpa).

¹ GONZÁLES GÁLVEZ, Ada Lida y MURCIA MANCERA, Ximena Liliana. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

Debido a sus propiedades mecánicas y a los materiales que lo constituyen, los espesores de este compuesto son ínfimos (máx. 3 cm), lo que hacen del ferrocemento un material liviano. Además por su buena impermeabilización y alta resistencia a la corrosión, fue muy utilizado en el mundo para la construcción de barcos al principio, para después darle otros usos, como en la construcción de tanques de agua, silos, piscinas, etc.

Los materiales que constituyen el ferrocemento son: cemento, arena, agua, aditivos, mortero, refuerzo de acero

Tabla 3. Composición y propiedades

Refuerzo de malla de alambre	Diámetro del alambre Tipo de malla Tamaño de la abertura Número de capas de mallas Fracción de volumen de refuerzo V_f Superficie específica de refuerzo S_r	$0.5 \leq \Phi \leq 1.5 \text{ mm}$ Malla de gallinero, soldada o tejida con alambre galvanizado. $6 \leq s \leq 25 \text{ mm}$ Hasta 5 capas por cm de espesor Hasta 8% en ambas direcciones $\leq 3 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ en ambas direcciones
Refuerzo acero	Tipo Diámetro Tamaño cuadrícula	Alambres, barras, cables $3 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm}$ $5 \text{ cm} \leq s \leq 25 \text{ mm}$
Mortero	Cemento Pórtland Relación arena – cemento Relación agua – cemento Recomendaciones para la arena	Tipo I al Tipo III $1 \leq a/c \leq 2.5$ por peso $0.4 \leq ag/c \leq 0.6$ por peso Arena fina pasa 100% No. 8

Ferrocemento	Espeor	$6 \text{ mm} \leq t \leq 50 \text{ mm}$
	Recubrimiento	$1.5 \text{ mm} \leq r \leq 5 \text{ mm}$
	Esfuerzo permisible a la tracción σ_{ft}	Hasta 1033 N/cm^2
	Resistencia a la compresión R_{fc}	$2750 - 6800 \text{ N/cm}^2$

Fuente: Tesis. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas

- *Propiedades mecánicas.*

La resistencia del ferrocemento es considerada como su propiedad más valiosa, además de su impermeabilidad y durabilidad.

- *Ensayos realizados al ferrocemento.*

Debido a la combinación de mallas usadas en los elementos de ferrocemento (una electro soldada mas una hexagonal), se hizo necesario practicar ensayos para hallar algunos parámetros desconocidos de esta combinación de mallas, ya que no existe información en otras investigaciones con respecto a combinar dos tipos diferentes de mallas. Las mallas usadas son electro soldado y hexagonal.

Los ensayos que se realizaron fueron: tensión, compresión y flexión

Tabla 4. Dosificación de la mezcla

Componente	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen / m ³
Arena	1306.24 kg	2.53 gr/cm ³	516.3 lts
Cemento	653.12 kg	2.936 gr/cm ³	222.45 lts
Agua	261.25 kg	1 gr/cm ³	234.25 lts

Fuente: Tesis. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas

- *Análisis de resultados.*

Los esfuerzos en tracción de ferrocemento aumentaron en un 76.8% de los 7 a los 28 días.

Los esfuerzos en compresión del ferrocemento aumentaron en un 42.85% de los 7 a los 28 días.

Tabla 5. Resultados

Ensayo	Tiempo (días)	σ_{cr} (MPa)
Tracción ferrocemento	7	1.467
	28	2.6
Compresión ferrocemento	7	32.2
	28	46
Compresión mortero	7	26
	28	35.8
Flexión ferrocemento	7	4.613
	28	9.619

Fuente: Tesis. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas

Los esfuerzos en compresión del mortero aumentaron en un 37.6% de los 7 a los 28 días.

Los esfuerzos a flexión del ferrocemento aumentaron en un 108.5% de los 7 a los 28 días.

Los esfuerzos en compresión del ferrocemento a los 28 días aumentaron 28% con respecto a los del mortero.

- *Prueba de carga para elemento prefabricado tipo panel.*

Con el objeto de observar el comportamiento del ferrocemento en dimensiones más grandes que las probetas usadas en la máquina universal se realizaron dos tipos de pruebas de carga, a flexión y compresión, que se describen a continuación.

✧ *Flexión:* Es evidente que este elemento no trabaja a fuerzas de flexión pero su carácter de prefabricado estará expuesto a diversos tipos de transporte y manejo que no siempre pueden estar supervisados. Se fabricó una probeta de ferrocemento de 1 m * 0.45m * 2cm. Para fallarla se colocó una carga viva de 500 N. La carga de falla fue de 52 Kg. La falla fue súbita y por todo el centro de la probeta, en el proceso de carga solo se fisuró en el centro. El elemento soporta muy bien su propio peso y alcanza a resistir una carga adicional. Además se colocó el panel grande a que soportara su propio peso. Se evidencio una fisuración de mas o menos 30 cm. de los apoyos la cual se supone, se debió a que el elemento no se manejo apropiadamente.

✧ *Compresión:* Se fabricó una probeta de ferrocemento de 1m * 0.45m *2cm con las mallas especificadas. La falla de la probeta fue súbita y por pandeo debido a que no

estaba arriostrada lateralmente y a su pequeño espesor. La carga de falla fue de 3000 KN. Entonces $f'c = 3.333$ MPa.

- *Construcción de los elementos para la prefabricación.*

La construcción del ferrocemento requiere un mínimo de trabajo especializado y utiliza materiales fáciles de conseguir. Para comprobar el funcionamiento, la facilidad para realizarlos y la economía de los elementos propuestos, se construyeron estos a escala real.

1.3.1.1. Análisis de Resultados

✧ La resistencia en compresión de la combinación de una malla electro soldada más una hexagonal (1E+1H) a los 28 días aumentó con respecto al mortero en un 28%, ósea que la combinación de mallas usada con el mortero forma un material compuesto.

✧ Entre mayor sea el número de capas de mallas, mayor será la resistencia a la tracción.

✧ Al utilizar la combinación de mallas (1E+1H) en los ensayos de propiedades mecánicas al ferrocemento, se concluyó lo siguiente con respecto a la mejor combinación (3E) usada en la tesis de Moreno y Vega. El valor de resistencia a la compresión a los 28 días se incrementó en un 35.7%, el valor de resistencia a la flexión a los 28 días aumentó en un 3%, el valor de resistencia a la tracción a los 28 días disminuyó en un 26%.

1.3.2. Utilización en construcción de residuos de madera modificada².

Los residuos de madera se clasificaron por su tamaño según su granulometría de acuerdo con la norma I.N.V. E 123 para clasificación de un suelo.

- *Dosificación para obtener la mezcla óptima.*

Las variables a tener en cuenta fueron.

²ESPITIA PINTO, Alexander y VERGEL CORREDOR, Alesxandro. Utilización en construcción de residuos de madera modificada. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

- Material clasificado.
- Temperatura.
- Número de capas.
- Número de golpes.
- Cantidad de polímero.

Escogimos 3 materiales, los retenidos en el tamiz número 4, 10, 40. Ya que después de clasificarlos por tamaño, se presentan en mayor cantidad.

- Muestra O
 - Residuos de madera de tamiz no.40: 50gr
 - Temperatura: 150°
 - Capas: 4
 - Golpes: 40
 - Polímero: 15ml

La temperatura se suministro durante un periodo de 5 horas. Con esta mezcla se obtuvo lo que veníamos buscando: manejabilidad, consistencia y estabilidad.

La relación del polímero con el material fue: por cada 50 gr. de material se utilizó 15ml de polímero

- *Caracterización del material compuesto (residuos de madera – polímero).*

Ficha técnica

Nombre: Residuos de madera modificada utilizados en construcción

Material utilizado:

- Residuos de madera retenidos en el tamiz No. 40.
- Polímero 216 FEL

Recomendaciones de salud y seguridad: no presenta ninguna restricción de manejo ni prevención. Utilizar guantes y tapa boca para evitar aspirar partículas diminutas de residuos.

Temperatura de aplicación: 150°c durante 4 a 6 horas.

Numero de capas: cuatro capas por cada 15 cm de longitud.

Numero de golpes: 40 golpes por capa.

Resistencia a la compresión: 621.40 N/cm².

Resistencia a la flexión: 2.38N/mm²

Resistencia a la tracción: 70.68 N/cm².

Aislante térmico: 0.16 a 0.26 vatios / m °c

Aislante acústico: NRC = 0.8

Permeabilidad alta K: 1540 Darcys muy permeable.

Durabilidad: mejora sus características de resistencia con el tiempo cuando es expuesto al sol. Mantiene su color y aspecto.

- *Elementos de material compuesto propuesto*

Después de haber realizado las pruebas y ensayos, obteniendo los resultados en la caracterización del nuevo material se propone utilizar los residuos de madera modificada retenidos en el tamiz No. 40; por haber presentado mejores resultados en las pruebas de compresión, tracción y dando un excelente aislamiento térmico y acústico, manteniendo su apariencia al ser expuesto en las pruebas de durabilidad.

° *Paneles o muros divisorios:* Se debe disponer de una formaleta que será cuadrada de dimensiones 1.5 cm de altura y 70 cm de lado; en otros casos se podrá utilizar cualquier otra dimensión teniendo especial cuidado en la medida del lado que no sea inferior a 1.0 cm para tener un mejor desempeño en la compactación de los residuos y un mejor acabado. Se recomienda hacer una mezcla totalmente homogénea y de gran cantidad para que en ningún momento de la elaboración del panel llegue a faltar el material.

Se utilizaron 4000 gr. de residuos de madera impregnada con 1200 ml del polímero, se revolvió el material constantemente hasta lograr una mezcla homogénea. Se empieza a disponer el material en la formaleta de manera uniforme en capas iguales a ¼ de la altura de la formaleta y mantener las características del número de capas de la investigación, la compactación se realiza capa a capa, cada una con 40 golpes, utilizando el pisón cuadrado de 1874 gr de peso y 10 cm de lado, se debe realizar uniformemente y no deben presentarse zonas de mayor o menor compactación, por último se debe enrasar para luego depositar la formaleta en el horno durante un periodo de cinco horas a una temperatura de 150°.

◦ *Vigas rectangulares como sistema de aligeramiento para placas:* Se cuenta con una formaleta metálica de dimensiones 15 cm * 15 cm * 120 cm de fácil desencofrado. Se utilizaron 8000 g r. de residuos de madera impregnándolos con 2400 ml de polímero y realizando el mismo proceso de fabricación del panel.

◦ *Vigas cilíndricas como sistema de aligeramiento para placas:* Se utilizó como formaleta un tubo de PVC de 4" de diámetro cortado por la mitad para lograr un fácil desencofrado, con un juego de abrazaderas dispuestas cada 15cm y lograr una buena compresión en las paredes del tubo, la longitud total del tubo fue de 60cm pudiendo utilizarse cualquier otra longitud. Se utilizaron 3000 gr de residuos de madera modificada retenidos en el tamiz # 40, impregnado con 900 ml del polímero. Se realiza una relación de la longitud del tubo con la longitud de las probetas utilizadas para saber que número de capas se debe utilizar y se compacta con un una varilla de 3/4" de 20 cm de largo manteniendo el número de golpes por capa.

1.3.2.1. Análisis de Resultados

✧ El polímero utilizado respondió de gran forma a los requerimientos de la investigación. Se encontró una muy buena adherencia y rápida respuesta en el momento de adicionar calor a la mezcla. La mezcla óptima se obtuvo con la siguiente dosificación: Por cada 50 gr de material se utilizó 15 ml de polímero para cuatro capas cada una de 40 golpes y una temperatura de 150°C.

✧ Comparando los valores de la conductividad térmica de materiales muy conocidos como el acero el vidrio y madera los cuales presentan valores de conductividad muy diferentes, siendo el acero un conductor muy bueno, el vidrio un posible aislante y la madera un aislante. Se encontró que el nuevo material conserva las características de un aislante al tener una conductividad en los valores de 0.15 - 0.26 vatios /m °c.

✧ Con el tiempo 100, 200, 500 Y 1000 horas mejoran sus características de resistencia posiblemente por continuar reaccionando el polímero y aumentar su resistencia, estéticamente no cambio se mantuvo el color y su apariencia.

✧ Luego de emplear probetas para las pruebas de resistencia a la compresión que fue el factor de mayor importancia en la investigación con los residuos de madera

retenidos de los diferentes tamices 4, 10, 20, 40, 60, se encuentra que los mejores resultados los tienen los residuos retenidos en el tamiz # 40. Los de mayor resistencia a la compresión, tracción y flexión son los residuos finos el retenido en el tamiz No. 40 con y una resistencia a la compresión de 63.37 Kg/cm^2 .

✧ Las pruebas de resistencia a la flexión con residuos de madera retenidos en el tamiz No. 40 dio como $MR = 216.38 \text{ N/mm}^2$ y en el caso del ensayo a tracción se compararon valores de pruebas de residuos finos y de gruesos dando como resultado los retenidos en el tamiz No. 4 = 30.10 N/cm^2 y los retenidos en el tamiz # 40 = 70.32 N/cm^2 .

1.3.3. Estudio sobre el comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda.³

Se realizó un estudio sobre la resistencia y comportamiento sísmico de bahareque encementado de guadua y madera, se analizan tres tipos de paneles.

◦ *Paneles tipo 1*: consisten en un sistema de paneles modulares de esqueleto de guadua formado con esterilla, horizontalmente, sobre la cual se clava una capa de malla de alambre con tejido hexagonal.

◦ *Panel tipo 2*: utilizados en construcción modular, estos paneles contienen un esqueleto cuyo marco es de madera aserrada. Los piedrechos y las diagonales son en guadua.

◦ *Paneles tipo 3*: estos paneles son de pared completa, con una longitud de 2.85 m y una altura de 2.2 m la construcción no es modular.

● Resultados

Los paneles de tipo 1 resistieron cargas últimas entre 5 KN/m y 12.8 KN/m y su rigidez oscila entre 0.14 KN/mm hasta 0.41 KN/mm, mientras que los paneles tipo 2 obtuvieron cargas últimas entre 21.47 KN/m y 30.7 KN/m y su rigidez oscila entre valores de 0.38 KN/mm hasta 0.48 KN/mm los paneles tipo 3 se comportan

³ HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Jackson y SANTOS MANTILLA, Antonio Vicente. Estudio sobre el comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

linealmente hasta la falla que ocurre en promedio a los 59 KN/m y su rigidez es de 1.432 KN/mm.

- *Diseño de paneles con láminas de guadua*

Los paneles estructurales resistieron hasta 900 Kg. de carga vertical y hasta 400 Kg. a cargas horizontales produciendo deformaciones verticales máx. de 8 mm y deformaciones horizontales máx. de 2 cm. Se produjo desprendimiento de las láminas debido al pandeo producido por las cargas. No se produjo rompimiento ni destrucción del panel. Al retirar las cargas el panel recupero su forma inicial.

- *Propiedades físicas y mecánicas*

° Propiedades físicas:

Contenido de humedad (CH): 12.16 %

Peso específico aparente o densidad: 0.8 gr/cm³.

° Propiedades mecánicas:

Tracción, compresión paralela a la fibra y corte paralelo a la fibra.

Flexión y compresión perpendicular a la fibra.

Modulo de elasticidad.

- *Construcción de los paneles*

Tipo de unión empleado: El tipo de unión empleado es la unión Simón Vélez⁴, que propone una unión atravesando una varilla roscada por un cañuto, este se rellena posteriormente con mortero relación 1:4 con una resistencia de 3000 Kg. por cada cañuto relleno de mortero en la unión del elemento trabajando a tensión. En este caso se utilizó varilla de 3/8" grado N°2.

1.3.3.1. Análisis de resultados

◇ *Fatiga:* Debido a los ciclos de carga horizontal y a la carga vertical constante, los paneles presentaron fatiga tanto del material de guadua como de los elementos de acero y de mortero, teniendo como punto crítico el comportamiento de los pasadores en las diagonales sometidas a tensión. Al someter la guadua a cargas fluctuantes, en

⁴ Ibid., p. 30

vez de cargas sostenidas, su resistencia a la fatiga, al igual que para otros materiales disminuye en relación con su resistencia estática.

✧ *Limite proporcional:* Al comparar los valores con respecto a las cargas últimas se tiene que la carga en el limite proporcional para el panel puerta es un 74.6% de la carga última, para el panel muro un 75.65% y para el panel ventana un 83.3%.

✧ *Rigidez real del panel:* Las rigideces reales son extraordinariamente mas bajas que las teóricas producto de los menores desplazamientos, estas discrepancias se deben principalmente a que a medida que se aplica carga en el panel, las uniones tienden a separarse producto de la deflexión de los pasadores que transmiten la fuerza axial a las paredes de la guadua, también influye el ensamble entre guaduas que es hecho por medio de cortes que carecen de exactitud proporcionando cierta holgura, debido al carácter irregular de la sección de la guadua.

✧ *Revestimientos:* El panel se revocara por una cara, se supone de una malla de metal expandido con un espesor de 0.8 mm. aberturas de 10 * 20 mm clavos doblados sobre la malla a 10 cm., en extremos de malla y a 20 cm., en la zona interior y mortero de cemento arena 1:4 de 1.5 cm. de espesor construido en dos capas el cual aporta una rigidez de 150 Kg/cm*m

Tabla 6. Análisis de la efectividad del panel

PANEL	Carga de diseño horizontal (Kg)	Carga en el limite proporcional (Kg)	%
Muro	470	680	69.1
Puerta	353	425	83.1
ventana	322	450	71.6

Fuente: Tesis. Estudio sobre el comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda

✧ *Aplastamiento:* El elemento que mayor sollicitación a aplastamiento presenta se encuentra en el panel puerta con un valor de 580 Kg.

✧ *Compresión axial:* El elemento más crítico es el panel puerta siendo esta de 335 Kg. y se encuentra sometido a un esfuerzo de 7.2 Kg/cm².

✧ *Corte paralelo a la fibra:* El elemento vertical más crítico a esta solicitación es el panel puerta con una solicitación de 390 Kg. y el elemento diagonal mas crítico se encuentra en el panel puerta con una solicitación de 350 Kg.

1.3.4. Modelo de vivienda bifamiliar de dos pisos en material de suelo – cemento y por el sistema de autoconstrucción.⁵

El suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo (tierra) pulverizado con cantidades medidas de cemento Pórtland y agua.

Se puede decir que el suelo-cemento ya ha pasado del estado experimental, así lo atestiguan carreteras, protección de taludes, canales y presas, pistas de aterrizaje y en el caso de viviendas en la construcción de adobes, bloques y paneles prefabricados utilizados como paredes.

Los componentes son: suelo, cemento y agua.

Los ensayos preliminares son: granulometría, gravedad específica, estimación de densidad, contenido de cemento para Proctor.

- *Diseño mezcla plástica de suelo – cemento*

Por su composición, cemento, agregados, agua y la cantidad de aire naturalmente atrapado, la mezcla de suelo-cemento plástica podría considerarse como un concreto.

En nuestro medio el uso de concreto hecho a base de agregados pétreos naturales de peso normal cuyo peso unitario es del orden de 2300 kg/m^3 es el mas común y generalizado, de tal manera que desde el punto de vista de su peso unitario el “terracrete” aquí obtenido clasifica como un concreto ligero ($500 - 2000 \text{ kg/m}^3$) y dentro de esta clasificación como un concreto con agregado de peso ligero.

- *Elaboración de partes estructurales*

Se diseñaron una viga y cuatro muretes. Como materiales adicionales al “terracrete” se emplearon caña brava, grafil de 60.000 Psi de 5.5 mm, alambre de púas y alambre negro.

⁵ JEREZ JAIMES, Oscar Heli y LEZAMA SERRANO, Ricardo Antonio. Modelo de vivienda bifamiliar de dos pisos en material de suelo – cemento y por el sistema de autoconstrucción. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

° *Suelo-cemento*

Relación volumétrica fino / grueso	60:40
Relación agua – cemento A / C	0.8
Porcentaje de cemento en peso de los agregados	19.8
Kg de cemento por m ³ de terracrete	340
Slump en cm.	5

Los testigos se ensayaron a los 7 y 28 días. A los 28 días se hizo control de deformaciones para determinar el módulo de elasticidad del material, obteniéndose.

$$E_c = 81.181 \text{ kg/cm}^2.$$

° *Refuerzo*

Acero grafilado de 5.5 mm corrugado al cual se le práctico control de calidad encontrándose:

Esfuerzo de fluencia:	4.041 kg/cm ² – 57.730 Psi
Esfuerzo de rotura:	4.412 kg/cm ² – 63.030 Psi
Deformación longitudinal:	6.6%

° *Caña brava*

A la caña brava se le practicaron ensayos de impacto, flexión, compresión y tracción axial. La caña se mineralizó previamente sometiéndola a inmersión durante 24 horas en una solución de cal al 4% en peso a volumen de agua.

Las probetas promedio de 2,7 cm. Presentaban estados de maduración diferente, es decir en algunas verdes y otras secas.

Los resultados son:

Impacto (verde)	no falló, la probeta se agrieta longitudinalmente.
(Seca)	1,11 kg – cm / cm ²
Flexión (verde)	40,5 kg / cm ² .
(Seca)	15,3 kg / cm ² .
Compresión (seca)	120,8 kg / cm ² .
Tracción (verde)	84,2 kg / cm ² .

- *Diseño*

La viga esta conformada y ensamblada de acuerdo al sistema del muro portante; se calcula y ensaya como una viga simplemente apoyada para estudiar las posibilidades de utilización como elemento de entre piso.

$$E_c=50000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s=2030000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c= 50 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y= 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

- *Bloques de suelo cemento*

Se utilizó una máquina vibraodra para elaborar H-15 con material pasa 3/8 lavado y no lavado. Las siguientes proporciones fueron empleadas en su elaboración:

✧ Relación en peso suelo /cemento	7.40
✧ Relación volumétrica de la mezcla	
Cemento: suelo: agua	10: 8.5: 4.0

1.3.4.1. Análisis de Resultados

- ✧ *Muretes:* Los muretes se sometieron a compresión axial, aplicándoles una carga gradual de 1 Ton. cada 3 segundos hasta alcanzar la carga máxima disponible por la máquina, 20 Ton. Ninguno de los muretes evidencio falla a compresión con esta carga. El esfuerzo promedio aplicado por los muretes fue de 28.79 Kg/cm^2

- ✧ *Viga:* La carga se aplicó uniformemente, diferida en intervalos iguales de 10 minutos, midiendo simultáneamente deformaciones a L/3 de cada apoyo. Al primer ciclo de aplicación de la carga aparecen grietas de tensión de aproximadamente 0,2 mm. que penetran el espesor de la viga en forma ascendente no más de 3 cm. y separadas entre si aproximadamente 10 cm. Concluida la aplicación de la carga de servicio, se evidencia aparición de grietas de características similares a las anteriores en los tercios extremos, pero no a menos de 50 cm. de los apoyos.

Las grietas iniciales se extienden a lo ancho de la viga por su cara de tensión. Posteriormente y en la misma forma se completa la carga de rotura sin que se evidencie la falla.

- ✧ *Bloques:* Los bloques elaborados con suelo-cemento (material no lavado), no fue posibles ensayarlos por desintegración de los mismos a la manipulación. Los

elaborados con suelo lavado fueron ensayados a compresión a los siete días; obteniéndose un esfuerzo promedio de 10,4 Kg/m².

1.3.5. Adecuación de la fibra de vidrio tipo “E” como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados.⁶

Es importante entender que el G.F.R.C. (Mortero reforzado con fibra de vidrio), es un compuesto cuyos elementos de refuerzo (fibra de vidrio) están distribuidos al azar a través de toda la matriz, a diferencia del concreto reforzado donde el acero es colocado en áreas exclusivas de refuerzo a tensión.

Generalmente el G.F.R.C. se emplea en la fabricación de paneles que tienen entre 9 y 13 mm de espesor si son sencillos, entre 60 y 80 mm. de espesor si son paneles tipo sándwich, que consiste en dos capas externas de G.F.R.C. cada una de 7 a 13 mm. y separadas por un núcleo liviano y resistente que normalmente esta hecho a base de perlas de poliestireno o espuma de poliuretano.

- *Resistencia del G.F.R.C.*

En su resistencia mecánica influyen los siguientes factores: contenido, longitud, orientación y diámetro de las fibras de vidrio, proporciones de cemento, arena, agua, aire de la matriz y método de fabricación empleado.

- *Ventajas*

- Su mayor relación resistencia/peso permite utilizar espesores pequeños que originan reducciones en peso de hasta 1.85% frente a elementos de hormigón.

- Facilidad para fabricar formas complicadas, lo cual es de gran ayuda para los diseños arquitectónicos.

- Cortarse o taladrarse fácilmente con herramientas simples lo que permite resolver incidencias en obra por causas no previstas en el diseño.

- *Diseño de la mezcla de mortero*

⁶DÍAZ OLARTE, Edgar y VICHADA SALAZAR, Gustavo Adolfo. Adecuación de la fibra de vidrio tipo “E” como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

Sus componentes son cemento, agua y agregado fino

- *Adecuación química de la fibra de vidrio tipo "E"*

Se decidió trabajar con la fibra de vidrio tipo "E" utilizada en la industria de plástico reforzado, adecuándola por medio de un tratamiento químico que elimina su reactividad con los álcalis del cemento ya que la fibra de vidrio con alto componente en circonio y resistente a los álcalis no se importa a Colombia.

Existen varios productos para lograr este fin, un polímero de látex y el monómero estireno; se optó por el uso del estireno ya que es el más barato de los polímeros rígidos, es de producción nacional y fácil disponibilidad y ante todo porque se conoce su comportamiento en experiencias similares.

- *Impregnación de la fibra de vidrio "E" con estireno*

Por medio de la impregnación se busca crear una película protectora de estireno sobre las fibras teniendo en cuenta su resistencia a los álcalis. Como no era necesaria la polimerización y endurecimiento del estireno, este se usó tal y como se encuentra comercialmente, en forma líquida y con un inhibidor para evitar que se endurezca durante el almacenamiento.

- *Ensayos*

- *Reducción en Alcalinidad (Rc).*

Se analizaron tres muestras y los resultados son los siguientes:

Tabla 7. Resultados de ensayos de Alcalinidad

Muestra	V ₂ (ml)	Rc (ml/l)
1	12.7	194.12
2	12.55	206.78
3	12.5	211

Fuente: Tesis. Adecuación de la fibra de vidrio tipo "E" como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados

El promedio de los valores de Rc es 204 milimoles por litro.

- *Sílice disuelta:*

Se obtuvieron los siguientes resultados en tres muestras analizadas:

Tabla 8. Resultados de ensayo de Sílice disuelta (Sc)

Muestra	W ₁ (gr)	Sc (ml/l)
1	0.083	206.46
2	0.085	213.12
3	0.078	189.81

Fuente: Tesis. Adecuación de la fibra de vidrio tipo "E" como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados

El promedio para Sc es 203.13 milimoles por litro.

Comprobando $\overline{Rc} = 204$ y $\overline{Sc} = 203.13$ con los resultados de cada muestra, se pueden considerar aceptables los datos obtenidos.

Según los ensayos realizados la fibra de vidrio tipo "E" impregnada con estireno se puede considerar como agregado no dañino.

° *Porcentaje de fibra agregada al mortero:*

Teniendo en cuenta que la fibra afecta la manejabilidad del mortero y que debido a su baja densidad es imposible trabajar con altos porcentajes por efectos del volumen, tras algunas pruebas, se decidió hacer los ensayos con el 1% de fibra como porcentaje en peso del peso total de la muestra, para morteros con relación cemento-arena 1:3, 1:2, 1:1, también se hicieron ensayos con el 2% y 3% de fibra para el mortero 1:1.

° *Longitud de la fibra:*

El rango mas utilizado varia de los 16 mm a los 38 mm, por lo cual se decidió trabajar con 20 mm y 30 mm como longitudes tipo.

• *Resistencia de los paneles*

Se fabricaron otros 2 paneles con dimensiones de 90*50 cm y uno de 180*50 cm, con espesor de 15 mm. Estos elementos se hicieron para evaluar su resistencia de la siguiente manera:

Un panel de 90*50 cm se sometió a una carga distribuida en el extremo del panel y aplicado al voladizo; el elemento se cargó con cilindros de concreto de 1450 gr de peso cada uno, el panel soportó una carga de 29 Kg distribuidos en 50 cm (58K/m). La distancia en voladizo fue 65 cm, lo que equivale a un momento de 18.85 Kg*m en el

apoyo. Según el artículo B.4.2.2. del C.C.C.S.R, los pasamanos y antepechos deben soportar un empuje de 75 Kg/m; el elemento podrá soportar esta carga a los 28 días teniendo en cuenta que cuando se ensayo tenía una edad de 60 días.

El panel de 180*50 cm se ensayo a flexión a los 60 días, se apoyo a los extremos con una luz libre de 160 cm y se cargo con cilindros de 1450 gr distribuidos longitudinalmente. El elemento soportó una carga de 32.3 Kg/m. La carga por peso propio será de 17 Kg/m; y el esfuerzo a flexión es 84.7Kg/cm².

1.3.5.1. Análisis de resultados

✧ La resistencia a compresión aumento con las mezclas realizadas con fibra de 3 cm. Al igual que los esfuerzos de falla a tensión y flexión

✧ Las mejoras en los esfuerzos tienen una relación directa con la proporción cemento-arena de la mezcla, se observó mejor rendimiento para las mezclas 1:1.

✧ Los aumentos en los valores de resistencia se debe a que las fibras, además de aportar resistencia, reducen notablemente la microfisuración debida a la retracción por fraguado y forman una trama que aumenta la cohesión de la mezcla.

✧ El estireno aplicado a la fibra de vidrio tipo "E" evita que se presenten reacciones desfavorables entre las fibra y el cemento, y contribuye a que ésta se pueda usar como refuerzo en el mortero, mejorando su resistencia especialmente a tensión y flexión.

✧ Las fibras no solo mejoran las resistencias del mortero, sino que absorben los esfuerzos después de que éste ha fallado, eliminado la característica de falla frágil.

✧ La fibra le brinda una alta resistencia al mortero a temprana edad, lo cual es una ventaja para efectos de desencofrado y manipulación.

1.3.6. Optimización de unión en guadua ante sollicitación de fuerza sísmica.⁷

Para la construcción de viviendas no se debe emplear guaduas que hayan sido atacadas por insectos, que presentan señales de pudrición o rajaduras ya que estas se prolongan con el tiempo. Debido a la disposición de las fibras en la pared de la Guadua esta tiende a rajarse limitando el uso de clavos y puntilla, luego toda perforación deberá ser pretaladrada.

- *Propiedades mecánicas*

La Guadua posee fibras longitudinales con una alta resistencia a tracción, se ha llegado a encontrar en ensayos de latas de Guadua de la pared externa sin nudos, una resistencia a la tracción promedio de 2561 Kg./cm²; resistencia bastante alta si se tiene en cuenta que el acero A36 tiene un esfuerzo de fluencia de 2530 Kg./cm²; por esta razón se conoce a la Guadua como el acero vegetal. También se encontró una resistencia a la tracción promedio en fibra externa con nudo de 1647 Kg./cm². en fibra completa sin nudo de 1562 Kg./cm² y en fibra completa con nudo de 873 Kg./cm². La resistencia a la tracción en la pared externa es más alta que en pared completa, ya que la primera contiene incrustaciones de sílice, lignina y cutina además de una mayor cantidad de fibras que en su parte interna.

- *Empalmes.*

Debido a la forma cilíndrica y hueca de la guadua, al tratar de unir dos elementos, se deben realizar ciertos cortes especiales para que dicha unión sea perfecta y no presente desplazamientos posteriores inclusive cuando se rasgue.

Los empalmes que se presentan a continuación son para aquellas uniones realizadas en un mismo plano. Las que mas se utilizan a nivel de vivienda por ser las más precisas son solo tres: a bisel, pico de flauta y boca de pescado.

Los anteriores empalmes se realizan con diferentes herramientas como formón, broca, sacabocado, san josé que es un serrucho muy flexible que permite dar cortes curvos, etc.

- *Uniones*

⁷ PRIETO ALZATE, Raúl. Optimización de unión en guadua ante sollicitación de fuerza sísmica. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

De acuerdo a su distribución espacial, las uniones se pueden clasificar en dos grandes grupos:

⊕ En dos planos: Son las menos recomendadas ya que hacen trabajar la estructura a momento torsor y esfuerzo cortante perpendicular a las fibras. Su aplicabilidad se encuentra sobre todo en cerchas y pueden tener cargas simétricas o asimétricas. De acuerdo a la configuración que se tiene entre los elementos logran ser: perpendiculares, paralelas y diagonales

⊕ En un plano: Son las más utilizadas ya que con ellas la Guadua estará sometida a esfuerzos de tracción y compresión paralelos a fibra. Su configuración entre elementos es perpendicular.

- *Diseño de unión*

Para el diseño de la unión se escoge como aplicación una solución de vivienda de un solo piso capaz de resistir una fuerza horizontal equivalente a la fuerza sísmica que tendría dicha construcción.

Debido a sus excelentes propiedades físico mecánicas en comparación a su peso, las cargas verticales, aunque importantes, no son significativas para la estabilidad de la edificación, situación contraria a las fuerzas inerciales.

° *Propuestas preliminares:* El tipo de unión que se escoge para optimizar y analizar, la presentan todos los paneles de la solución de vivienda y es una unión en un plano a 90°, esquinera en donde ningún elemento es puesto a trabajar a fuerzas axiales por su configuración dentro del panel excepto la diagonal.

La primera modificación que se debe realizar es la configuración de los elementos. Como la sollicitación más importante será la carga horizontal, para que esta unión pueda resistir satisfactoriamente se debe colocar el elemento horizontal a un costado y no encima del elemento vertical.

- ° *Elemento horizontal*

Estará sometido a cortante paralelo a las fibras debido a la fuerza transmitida por el perno del elemento vertical al perno transversal del elemento horizontal.

Dicho pasador será una varilla roscada de diámetro de 5/8" grado 2 como mínimo y tendrá una distancia mínima al extremo de la Guadua de 10 veces el diámetro del perno (15 cm.)

La conexión entre el elemento horizontal con el vertical se hará mediante varilla roscada interna al elemento horizontal con doblez de 180° el cual será necesario soldar para que al momento de ejercer la fuerza este no se abra. Se utilizará lámina cold rolled calibre 22 de 1m de largo * 5 cm. de ancho estándar. La utilización de 1 o 2 pernos como elementos transmisores de la fuerza entre elementos se hace con la idea de distribuir el esfuerzo de cortante que se creará en el pasador transversal del elemento horizontal.

° *Elemento vertical*

Estará sometido a cortante vertical a las fibras o aplastamiento debido al efecto que haga empalme del elemento horizontal sobre la pared del elemento vertical y por el otro lado de la tuerca y arandela sobre la pared del elemento vertical. El diámetro mínimo para el elemento conector será una varilla roscada de grado 2 de diámetro 1/2". Un diámetro menor hará fluir el perno y no la Guadua. También se utilizará lámina cold rolled calibre 22 de 1 m de largo * 5 cm. de ancho y como anclaje clavos de acero de 1/8" * 1" así como la utilización de mortero y tacos de madera y la presencia de nudo o no en el extremo del elemento.

1.3.6.1. Análisis de Resultados

◇ *Elemento horizontal*

Fue el elemento que menos inconvenientes presentó en su comportamiento. Debido a su configuración en el panel, este elemento solo estará sometido a fuerzas axiales, es decir, a tracción o compresión siendo la primera la sollicitación más importante ya que por ella se dificulta el anclaje entre elementos.

El incremento en la resistencia para probetas que poseen nudos en el extremo a las que no tiene es progresivo a medida que se aumenta la carga. El tener nudo en el extremo le puede aportar al elemento una resistencia entre 200 y 400 Kg.

El elemento horizontal será capaz de producir una fuerza de 1.4 ton si este presenta un diafragma en el borde de falla presentado con una deformación de aproximadamente 17mm. Si el elemento no presenta un nudo en el extremo se hace necesario ayudarlo a resistir el cortante mediante algún accesorio externo.

Las fallas presentadas se deben al cortante paralelo a las fibras por acción del perno transversal.

Para aumentar la resistencia del elemento horizontal se buscó la manera de embeber el cañuto para rigidizar el perno transversal pero sin aumentar el peso del elemento. Para esto se diseñó una mezcla que consiste en cemento y aserrín cuyas proporciones en peso comparadas con el cemento es el 50% para la viruta y 60% para el agua.

Para evitar el abollamiento y retardar el cortante cuando no presenta nudo en el extremo se rigidizó la pared de la guadua envolviéndola en lámina anclada a ésta con clavos de acero.

Se debe tener una distancia mínima de 10 veces el diámetro del perno atravesado al borde de la guadua.

✧ *Elemento vertical*

La utilización de madera puede ser considerada una alternativa viable como material de relleno justificando su comportamiento parecido al del mortero, además de su ayuda en la reducción de peso en la estructura y por lo tanto en la fuerza sísmica presente en la edificación. Sin embargo, aunque su costo en la compra del material es mucho mas bajo que el utilizado en el mortero su construcción y tiempo de realización supera al utilizado en este último.

Como última alternativa y tratando de tomar las ventajas que presentan cada uno de los materiales anteriores como son, la facilidad en la construcción del mortero y la liviandad en el taco de madero se diseño un aglomerado consistente en cemento, aserrín y agua de las mismas características que el utilizado en las propuestas para el elemento horizontal. Además se colocó una lámina que envolviera el elemento para evitar el cortante.

1.3.7. Aplicación del sistema de grandes paneles prefabricados en zona de riesgo sísmico alto.⁸

Consiste en la elaboración de muros, placas-entrepiso, cimientos, escaleras en un sitio independiente del lugar donde se construya la obra.

El sistema esta conformado por elementos o paneles verticales u horizontales y sus respectivas uniones, cuyas dimensiones conforman el espacio considerado para un cuarto o habitación.

- *Propuesta de material alternativo para uso en la construcción de grandes paneles*
Se propone el uso de un material que se puede clasificar dentro del grupo de los plásticos. Este material se compone de la mezcla o unión de tres elementos:

- Resina poliéster insaturada preacelerada
- Fibra de vidrio
- Ceniza de coque (residuo de las termoeléctricas)

- *Material propuesto RC, RFV, RCFV.*

- Material RC: Resultado de la mezcla de resina y ceniza.
- Material RFV: Resultado de la mezcla de resina y fibra de vidrio.
- Material RCFV: Resultado de la unión del material RC y del material RFV.

Para la elaboración de perfiles o láminas con este tipo de material, el molde o formaleta se debe preparar previamente agregando un tipo de desmoldeante. Los más usados son: cera para carros y el alcohol polivinílico, para así evitar la adherencia de la resina al molde o formaleta.

- *Análisis del material RC (Resina-Ceniza)*

El material RC (Resina-Ceniza) se obtiene de la mezcla de los siguientes elementos:

- Resina poliéster insaturada preacelerada de uso general, material Líquido-viscoso.
- Ceniza de coque escoria de alto horno de termotasajero (material en polvo).

⁸ PINZÓN, Luis Alberto y HERNÁNDEZ BONILLA, Pedro Luis. Aplicación del sistema de grandes paneles prefabricados en zona de riesgo sísmico alto. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

De donde la dosificación o contenido de los elementos resina y ceniza se hace en relación al peso de resina presente en la mezcla.

Las relaciones porcentaje en peso de resina – ceniza con la cuales se elaboraron las probetas a ser ensayadas fueron:

- Relación % en peso Resina/Ceniza 50/50.
- Relación % en peso Resina/Ceniza 40/60.

El contenido de ceniza en la mezcla tiene como objetivo:

- Reducir la cantidad de resina usada para la elaboración de un determinado elemento obteniendo una reducción en el costo del elemento.
- Incremento de la resistencia a compresión del material RC.
- *Ensayos realizados al material RC.*

El comportamiento del material sometido a esfuerzos de compresión presentó tres tipos de fallas.

- *Fallas por cortante:* Presenta un plano de falla aproximado de 45° con la horizontal.
- *Falla por aplastamiento:* La probeta presentó una gran variedad de planos de falla sin orientación definida, con ensanchamiento en la sección, pero sin llegar completamente a la rotura brusca de la probeta.
- *Falla elástica:* La apariencia de la probeta después de la falla, no presenta ningún signo de planos de fisuramiento o rotura; a simple vista el aspecto es como el de una probeta que no se ha sometido al ensayo.

El comportamiento de este material a tracción indirecta fue similar al comportamiento del concreto en cuanto al tipo de falla.

- *Análisis del material RFV*

El material RFV se obtiene de la unión de los siguientes elementos:

- Resina poliéster insaturada preacelerada
- Fibra de vidrio en forma de MAT (tipo de forma de fibra de vidrio que quiere decir manta de hebras troceadas).

Este material se propone especialmente para:

- Proporcionar la resistencia a tensión requerida por los muros y entrepisos.
- Elaborar el acabado y presentación final del muro y entrepiso.

◦ *Ensayos realizados al material RFV*

El comportamiento a tracción pura del material presentó dos tipos de fallas:

- *Falla por esfuerzos normales:* La resina y la fibra de vidrio rompen bruscamente en la totalidad de la sección transversal. La sección transversal después de la falla no presenta ninguna deformación; características propias de un material de comportamiento elástico.

- *Análisis del material RCFV*

El material RCFV se compone de la unión de dos materiales:

- Material RC
- Material RFV

Se propone el uso de las láminas en éste material para la construcción de paneles tipo sándwich que trabajen básicamente a flexión.

◦ *Ensayos realizados al material RCFV*

El comportamiento del material ensayado a flexión presentó un tipo de falla:

- *Falla por tensión:* Rompimiento de la resina y las láminas de fibra de vidrio por esfuerzo de tracción producido en las fibras externas, es un tipo de falla brusca, propia de los materiales frágiles.

1.3.7.1. Análisis de Resultados

✧ Material RC (Resina-Ceniza) con relación en peso de resina-ceniza en proporciones 50/50 y 40/60. Material de aspecto poroso con buenas características de resistencia a compresión.

✧ Para el moldeo o fundido de las láminas o perfiles la elaboración de los moldes o formaletas no requiere especificaciones técnicas especiales, de modo que pueden ser construidos en madera, lámina de acero, resina poliéster, yeso etc.

✧ La dureza o resistencia del elemento a las 24 horas de fundido permite su manipulación y puesta en obra.

✧ En general estos materiales (RC, RCFV, RFV) al compararlos con el hormigón presenta las siguientes características; el material RC mayor resistencia a compresión, RFV mayor resistencia a tensión, RCFV mayor resistencia a flexión, mayor resistencia al impacto, menor peso, no presenta fisuras por retracción de fraguado, mejor adherencia, fácil moldeo, material impermeable, material que se puede cortar o serruchar

1.3.8. Propuesta de elemento constructivo base laminado de guadua.⁹

La selección del adhesivo es pieza clave para la buena funcionabilidad del laminado estructural; se revisó los adhesivos utilizados en las carpinterías encontrando la posibilidad de utilizar un adhesivo, conocido como “*La cola de Carpintero*”. Finalmente se plantearon tres adhesivos a los cuales se les hizo análisis: PVA1, PVA2 Y COLA.

Análisis de resultados del tipo de adhesivo

✧ *Caracterización del adhesivo.*

Para seleccionar el adhesivo se tuvo en cuenta únicamente el comportamiento mecánico a corto plazo, descartando las propiedades físicas y el comportamiento ante agentes biológicos, corrosivos o degradantes. Para tal fin se desarrollaron los ensayos descritos a continuación:

- *Ensayo de cortante en adhesivo:* El esfuerzo máximo promedio resistido por el adhesivo PVA1 fue de 4.34 MPa con una desviación de 0.88 MPa, para el adhesivo PVA2 el esfuerzo máximo promedio fue 5.58 MPa y desviación de 1.21 MPa y para la Cola el esfuerzo máximo promedio resistido fue 7.18 MPa y desviación de 1.15 MPa.
- *Ensayo de tracción en adhesivo:* El esfuerzo máximo promedio resistido por el adhesivo PVA1 fue de $\sigma_{PN} = 3.17$ MPa con una desviación de 1.03 MPa, para el adhesivo PVA2 el esfuerzo máximo promedio resistido fue de $\sigma_{PN} = 2.57$

⁹ BUENO CARREÑO, Sergio Antonio y RODRÍGUEZ GALÁN, Luis Eduardo. Propuesta de elemento constructivo base laminado de guadua. Tesis. Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

MPa con una desviación de 0.26 MPa y para la Cola el esfuerzo máximo promedio resistido fue de $\sigma_{PN} = 7.07$ MPa con una desviación de 2.51 MPa

- *Propiedades mecánicas del laminado*

Para la determinación de las propiedades mecánicas del compuesto, guadua adhesivo, se plantean una serie de ensayos:

- *Ensayo de compresión.* Los ensayos de compresión están definidos en tres tipos:
 - *Compresión paralela.* La resistencia última promedio a la compresión paralela a la fibra del laminado fue de 35.42 MPa con una desviación de 2.13 MPa. El promedio del módulo de elasticidad fue de 1777.04 con una desviación de 360 MPa. El tipo de falla observado en las probetas está caracterizado por una línea en sentido transversal en la parte superior de la probeta.
 - *Compresión perpendicular.* La resistencia última promedio a la compresión perpendicular a la fibra del laminado fue de 12.9 MPa con una desviación de 2.18 MPa. En el ensayo se observó falla en el adhesivo donde los esfuerzos se concentraron en la línea del encolado y falla en la guadua donde las láminas exteriores de las probetas fallan, separándose las fibras a lo largo de una línea en sentido diagonal.
 - *Compresión perpendicular por aplastamiento.* Se observa que las probetas al llegar a una deformación unitaria promedio de 0.43 resistía carga sin deformarse (Zona dentro del círculo), esto sucede por el grado de compactación de las fibras producido por el excesivo aplastamiento, sin embargo las probetas ya habían fallado. Este ensayo se suspendió antes de llegar a los 4000 Kg. La resistencia última promedio a la compresión perpendicular a la fibra del laminado fue de 18.15 MPa con una desviación de 2.90 MPa. El tipo de falla observada en la probeta corresponde a una rotura de fibras a lo largo de líneas orientadas diagonalmente.
- *Ensayo de tracción.* La resistencia última promedio a la tracción paralela a la fibra del laminado fue de 94.25 MPa con una desviación de 12.26 MPa. Los resultados obtenidos para las probetas de tracción para el laminado

evidencian una resistencia mayor que para secciones de láminas con nudo, pero menores que para secciones de lámina sin nudo.

◦ *Ensayo de flexión.* Para evaluar esta propiedad se elaboraron dos tipos de ensayos:

- *Flexión con láminas verticales.* El esfuerzo último a flexión promedio para laminado orientado verticalmente fue 92.72 MPa con una desviación de 5.71 MPa. El promedio del módulo de elasticidad fue de 10465.28 MPa con una desviación de 2.652 MPa; el tipo de falla observada para la flexión vertical fue rotura de fibras en la parte inferior de la sección de la probeta.

- *Flexión con láminas horizontales.* El esfuerzo último a flexión promedio para laminado orientado horizontalmente fue 76.73 MPa con una desviación de 6.51 MPa. El promedio del módulo de elasticidad fue de 5450.1 MPa con una desviación de 1212.15 MPa.

En el ensayo se observó falla en el adhesivo, observando separación de las láminas fallando por cortante y falla en la guadua observando rotura de las fibras

- *Propuesta del elemento*

En esta investigación se propone elementos vigas y elementos columnas, bases del sistema estructural aporticado e igualmente utilizados en otros sistemas. Los elementos fueron ensayados, analizando los factores predominantes del diseño y el tipo de falla presentados.

- *Columna*

Las columnas son elementos cuya sollicitud principal es a compresión

Características del ensayo y del espécimen

- *Dirección de la fibra.* Analizando los resultados obtenidos en los ensayos de las probetas de compresión para las diferentes direcciones de la fibra se observó un mejor comportamiento desde el punto de vista de resistencia última y deformación unitaria cuando la sollicitud se hace paralela a la fibra.

- *Configuración.* La configuración de las láminas se hizo en diferentes direcciones basándose en la configuración para baldosa evitando así inducir líneas de fallas en la columna.
- *Dimensión.* Las dimensiones de las columnas por facilidad constructiva y limitación del material se escogieron de 6cm * 6cm y la altura de 20cm guardando las proporciones recomendadas por la norma.

Análisis de resultados

El promedio de los esfuerzos máximos que resistieron los modelos estuvieron por encima del promedio obtenido en los ensayos de las probetas. El mínimo esfuerzo obtenido correspondió al espécimen uno con 33.05 MPa, el máximo esfuerzo correspondió al de el espécimen cuatro con 39.83 MPa y el promedio fue de 37.57 MPa con una desviación estándar de 2.87 MPa.

Se observó un buen comportamiento en general de las columnas teniendo en cuenta que las fallas que se presentaron corresponde a la rotura típica de los elementos de madera sometidos a compresión, el adhesivo no fue crítico ya que el desprendimiento de los módulos y las láminas se dio después de alcanzar la carga máxima cuando ya las láminas habían fallado.

- *Viga*

Las vigas son elementos cuya solicitud principal es a flexión generando en las fibras esfuerzos de cortante, tracción y compresión.

Características del ensayo y del espécimen

- *Dirección de la fibra.* Los ensayos de flexión se realizaron utilizando probetas cuya dirección de la fibra era perpendicular a la carga. Para la elaboración de los elementos se usó de igual forma en dirección perpendicular a la carga.
- *Configuración.* Analizando los resultados de los ensayos de flexión de las probetas PFV Y PFH se puede observar un mejor comportamiento de las probetas PFV cuya configuración presenta láminas orientadas verticalmente, mayor resistencia con una deformación menor. La propuesta se configuró combinando láminas horizontales y verticales para obtener un mejor comportamiento, teniendo en cuenta que el promedio de la resistencia última de las probetas con las láminas orientadas horizontalmente corresponde al

82.3% de la resistencia última promedio de las probetas orientadas verticalmente, dando viabilidad al uso de los dos tipos de configuración. La sección está compuesta por módulos, los cuales están formados por varias láminas, configurados vertical u horizontalmente, teniendo entonces una sección LB1 con módulos horizontales arriba y abajo y un módulo vertical en el centro, y otra sección LB2 con módulos verticales arriba y abajo y un módulo horizontal en el centro.

- *Dimensión.* Las dimensiones propuestas fueron de 3.5cm * 7.9cm para la sección LB1 y de 3.5cm * 8.8cm para la sección LB2 y una luz libre de 1m.
- *Empalmes longitudinales.* Se escogió el empalme en bisel plano a 45° que ofrece mayor resistencia. Las uniones se ubicaron de tal forma que de un nivel a otro de laminados existiera una separación para no crear líneas de debilidad en el espécimen. Para el módulo inferior de la viga la unión no puede estar en la mitad de la luz, donde los esfuerzos de tracción inducidos por la carga son mayores.

Análisis de resultados

Analizando los resultados obtenidos al fallar los especímenes y el tipo de falla presentada para cada caso se observó mejor comportamiento para las vigas tipo LB2. Lo especímenes evidenciaron debilidad en los empalmes longitudinales inferiores, disminuyendo la sección resistente a tracción, subiendo el eje neutro de la viga.

2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS.

En esta etapa de la investigación se propondrán elementos con los materiales evaluados en el capítulo anterior, describiendo su proceso constructivo e ilustrando gráficamente los tipos de formaletas a utilizar y su acabado final. El dimensionamiento de estos elementos se hizo para los requerimientos arquitectónicos que tendrá la unidad habitacional suministrada por el INVISBU ver anexo No. 1

2.1. ELEMENTOS CONSTRUIDOS CON FIBRA DE VIDRIO TIPO “E” COMO REFUERZO DEL MORTERO.

2.1.1. Tipo de mezcla.

M (1: 1); F (3,1); es decir Mortero 1: 3 con fibra de 3 cm. al 1%.

La mezcla M (1:1) tiene las siguientes relaciones en peso: Cemento: Arena (1:1) y Agua/cemento=0.45.

Donde “M” es la relación cemento-arena del mortero, “F” corresponden a la propiedades de la fibra como son (longitud, % de agregado).

2.1.2. Dimensiones de elementos

° *Panel*: Alto =235 cm. * Ancho = 100 cm. Espesor = 15 mm.

° *Teja*: 100cm * 160cm. Radio de ondulación 10cm Espesor =7mm.

° *Caballote*: 50cm * 100cm Inclinación 20% Espesor = 7mm

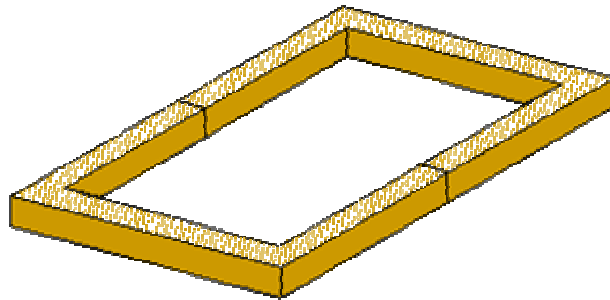
2.1.3. Dosificación en peso de la mezcla.

Tabla 9. Dosificación en peso de la mezcla

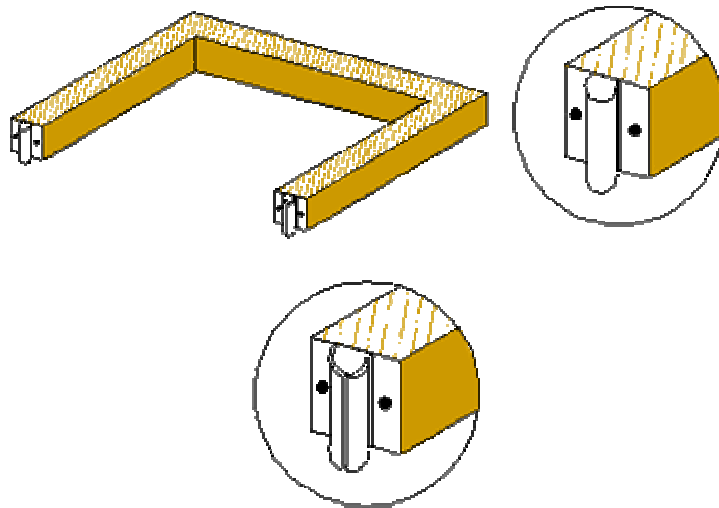
Material	Panel	Teja
Cemento	37 Kg.	7.5 Kg.
Arena	37 Kg.	7.5 Kg.
Agua	17 Lit.	3.5 Lit.
Fibra de Vidrio	907 gr.	185 gr.

2.1.4. Formaleta

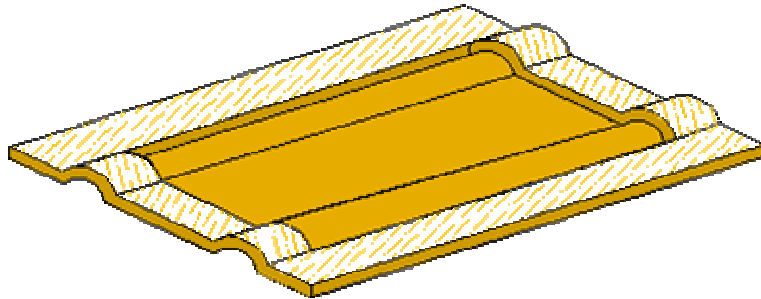
Se fabricará una formaleta en madera triplex, la cual descansara sobre una superficie horizontal, para el panel ésta tendrá en sus interior las siguientes dimensiones: 2.35m * 1.00m * 0.015m las cuales pueden variar de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos; la formaleta tendrá una apariencia similar a la del marco de una puerta. La formaleta para la teja tendrá en su interior las siguientes dimensiones: 1.60m * 1.00m donde sus ondulaciones tienen un radio de 10cm. Teniendo en sus extremos un seguro que permite cerrar el sistema y facilitar el desencofrado. A la superficie de la formaleta se le aplicará un desmoldante.



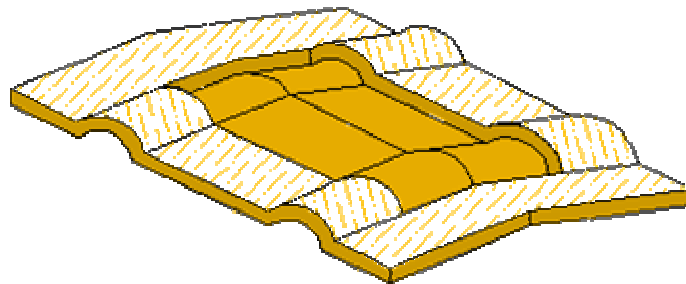
Gráfica 1. Formaleta para panel.



Gráfica 2. Detalles del sistema de cierre de la formaleta



Gráfica 3. Formaleta para Teja.

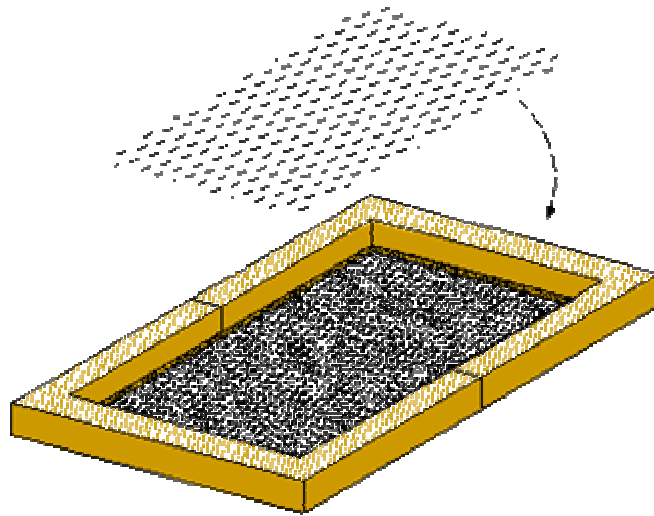


Gráfica 4. Formaleta para Caballete.

2.1.5. Proceso Constructivo

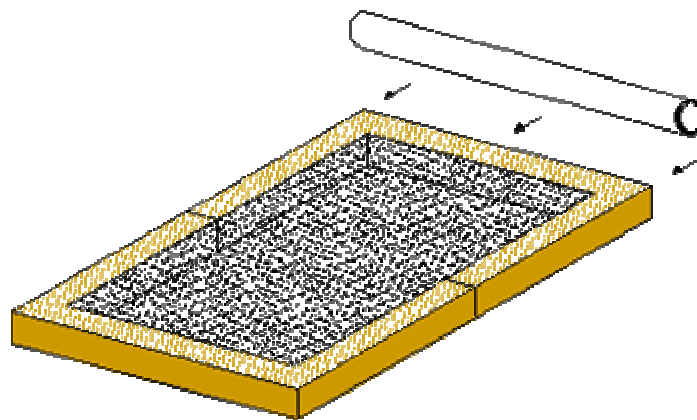
- La fibra de vidrio se debe impregnar con estireno, este procedimiento se puede hacer manualmente con una espuma de poliuretano, luego se procede a esparcir sobre la formaleta una capa de mortero lo mas delgada posible y sobre esta capa, a continuación se rosea fibra de vidrio la cual quedara distribuida en todas las direcciones.

Recomendación: Realizar la impregnación de la fibra de vidrio en un cuarto cerrado para evitar la evaporación del estireno.



Gráfica 5. Colocación de capa de mortero + capa de fibra de vidrio.

- Manualmente se puede compactar la fibra con un rodillo de PVC de diámetro 4" y éste relleno de concreto; o mecánicamente mediante la utilización de una mesa vibratoria; esto con el fin de permitir una mejor adherencia entre la fibra y el mortero.



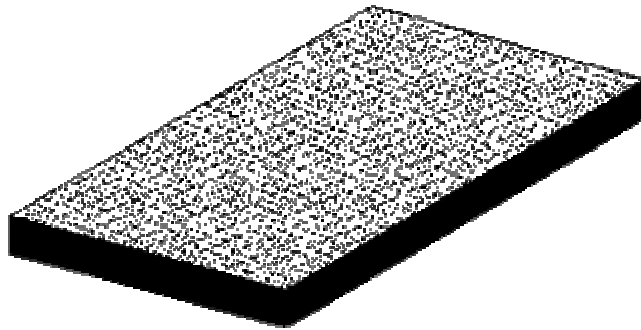
Gráfica 6. Compactación de la mezcla.

- Esparcir mortero nuevamente y repetir el proceso hasta alcanzar el espesor deseado.

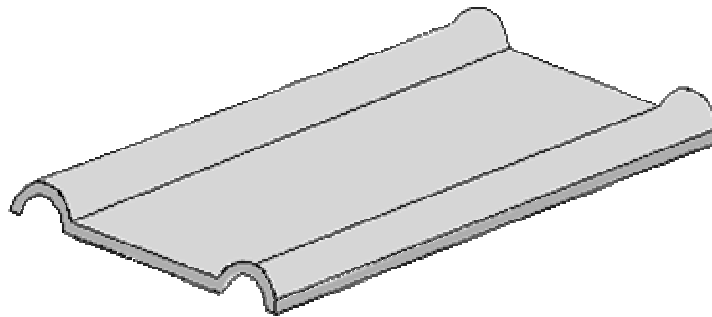
- Por último aplicar una capa uniforme de mortero con el fin de facilitar el enrase y lograr un buen acabado superficial.

2.1.6. Posibles usos

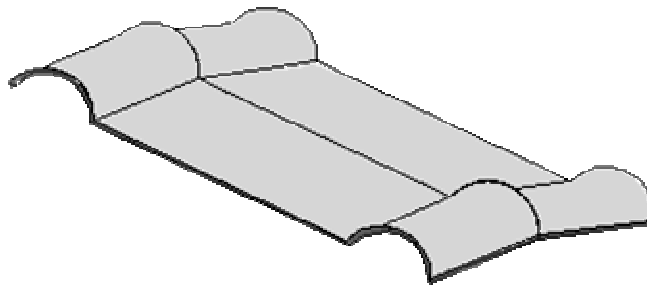
- Panel divisorio.
- Plafond de techo.
- Panel doble para pared tipo sándwich.
- Formaleta perdida.
- Tejas



Gráfica 7. Panel de mortero reforzado con fibra de vidrio.



*Gráfica 8. Teja de mortero reforzado con fibra de vidrio. 1.0m*1.60m e=7mm.*



Gráfica 9. Caballete para teja 1.0m*0.50m e=7mm.

2.2. UTILIZACIÓN DE LA MEZCLA DE SUELO-CEMENTO PLÁSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

2.2.1. Tipo de mezcla.

Mezcla plástica de suelo-cemento; compuesta por cemento, agregados, agua y alguna cantidad de aire atrapado.

2.2.2. Selección del suelo.

Esta selección se puede realizar a través de ensayos en el laboratorio o en el campo¹⁰, su diferencia reside en la exactitud de los resultados.

2.2.3. Porcentaje de cemento en volumen según la clase de suelo.

Tabla 10. Porcentaje de cemento en volumen según la clase de suelo

Clase de suelo	% normal de cemento
Arenoso	8.75-13.10
Limoso	12.35-16.50
Arcilloso	16.5-19.4 (No es recomendable su utilización)

Fuente: tesis. Modelo de vivienda bifamiliar de 2 pisos en material de Suelo-Cemento y por el sistema de autoconstrucción

¹⁰ JEREZ y SERRANO, Op. cit., p. 22.

2.2.4. Proceso de lavado.¹¹

El material a lavar es el obtenido por tamizado de suelo total, material que pasa a la malla 23/4, el material retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ se ha descartado.

Para el lavado de la fracción fina se puede hacer mediante un tanque con filtro de grava en el fondo y desagüe (El desagüe con filtro de material de $1\frac{1}{2}$ pulgada).

Foto1. Lavadero para fracción fina



Fuente: tesis. Modelo de vivienda bifamiliar de dos pisos en material de Suelo-Cemento y por el sistema de autoconstrucción

2.2.5. Determinación de la humedad óptima de la mezcla.¹²

Al mezclar el suelo y el cemento en seco se debe agregar agua en forma de lluvia con una regadera hasta conseguir que el agua se distribuya uniformemente en la mezcla.

2.2.6. Preparación de la mezcla.

- Mezclar íntimamente, cemento y fracción fina, destruyendo con la pala los terrones que se formen.
- Cuando la mezcla tenga coloración uniforme, se inicia el mezclado con la fracción gruesa en condición saturada.
- Uniformizada la mezcla se procede a agregar el agua.

¹¹ JEREZ y SERRANO, Op. cit., p. 80.

¹² JEREZ y SERRANO, Op. cit., p. 32.

2.2.7. Elaboración de bloques de suelo-cemento plástico.

- Realizar los ensayos necesarios para determinar los componentes básicos del suelo.
- Determinar el porcentaje de cemento que requiere la mezcla, de acuerdo a los ensayos de campo o de laboratorio.
- Efectuar el proceso de lavado para el material establecido anteriormente.
- Dosificar agua a la mezcla hasta lograr la humedad óptima.
- Preparar la mezcla de acuerdo a lo descrito anteriormente.
- Utilizar la máquina vibradora para hacer bloques de arena y cemento, la cual nos permite elaborar los bloques con la nueva mezcla; elaborando así bloques de 40 * 20 * 10, con material pasa 3/8 lavado. Estas dimensiones son dadas por moldes que se acoplan a la máquina vibradora

Foto2. Máquina vibradora para hacer bloques de arena y cemento.



Fuente: fotografía tomada por Fernando Diaz Garzón

- Proporciones en peso suelo/cemento= 7.40
- Relación volumétrica de la mezcla. Cemento : suelo : agua = 10: 8.5: 4
- Los bloques se curan al aire libre y se deben humedecer por siete días.

2.2.8. Elaboración de baldosín en suelo-cemento plástico + mineral

Se sigue el mismo procedimiento que se hace para la elaboración de bloques, en lo que se refiere a la determinación del suelo y preparación de la mezcla, para su fabricación se dispone de los moldes y prensa que se utiliza para la elaboración de baldosín de arena, cemento y mineral.

La adición del mineral tiene como función darle un acabado estético y liso al baldosín, el proceso para su fabricación es el siguiente:

- Vaciado del mineral sobre el molde, el cual tiene una película protectora de aceite
- Rociar la mezcla de suelo cemento plástico sobre el molde.
- Introducir el molde con los materiales constituyentes en la prensa durante 2 minutos.
- Después de que el baldosín se retira de la prensa éste se deja secar durante 1 día al aire libre.
- Se deposita el baldosín durante un día en un tanque con agua, transcurrido este tiempo se retira y se deja secar por 8 días.

Foto 3. Molde para baldosín de cemento, arena y mineral



Fuente: fotografía tomada por Fernando Diaz Garzón

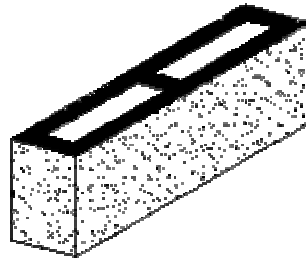
Foto 4. Prensa para elaboración de baldosines de cemento, arena y mineral



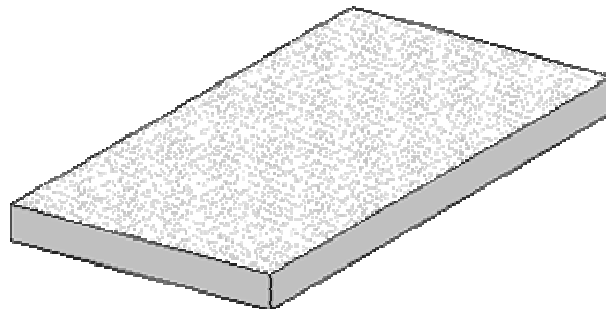
Fuente: fotografía tomada por Fernando Diaz Garzón

2.2.9. Posibles usos.

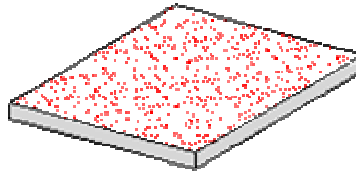
- Bloques.
- Paneles divisorios.
- Baldosines



Gráfica 10. Bloque de mezcla de suelo – cemento plástico. (40cm*20cm*10cm)



Gráfica 11. Panel de mezcla de suelo – cemento plástico.



Gráfica 12. Baldosín de suelo-cemento plástico (25cm*25cm) e= 2cm

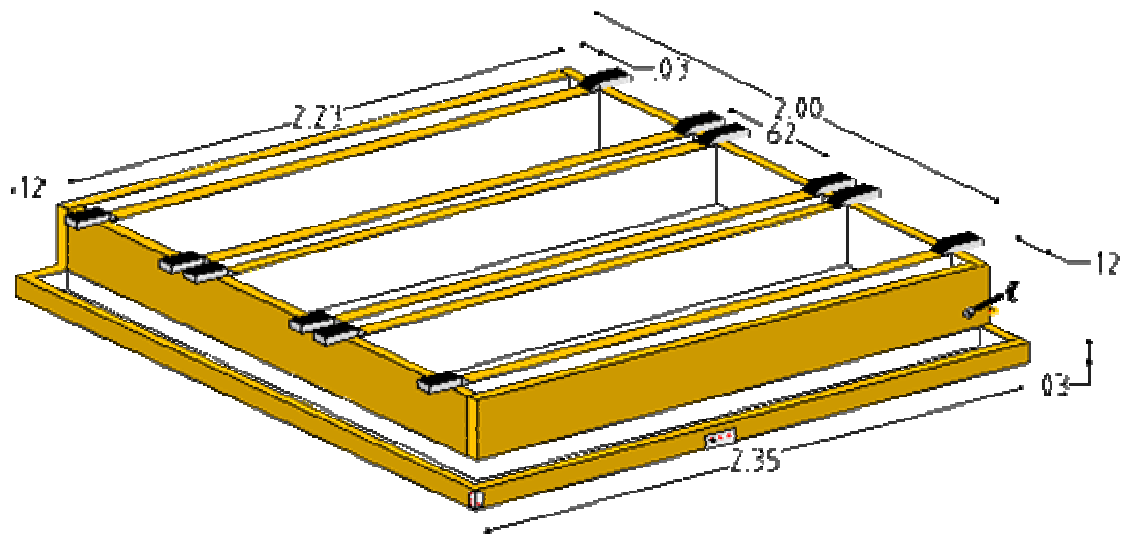
2.3. ELEMENTOS EN FERROCEMENTO

2.3.1. Materiales

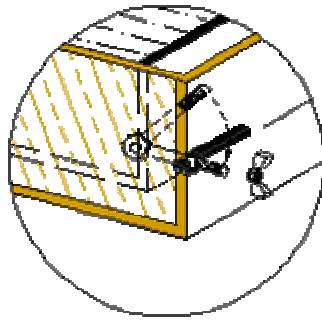
Cemento, arena fina, malla electro soldada de diámetro 3 mm, separación de 15 cm., malla hexagonal calibre 22 de separación 1/2".

2.3.2. Formaleta

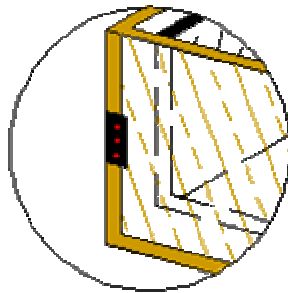
Se proponen dos elementos construidos con este material, los cuales conformaran un muro, constituido por un casetón y un panel. Para su elaboración se utilizará una formaleta en madera la cual debe ser impregnada con una emulsión asfáltica, o un plástico para así lograr un fácil desencoformado del elemento construido.



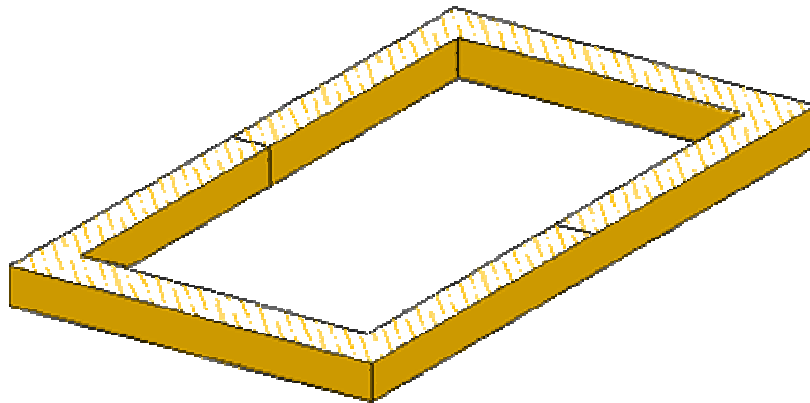
Gráfica 13. Formaleta en madera para casetón de ferrocemento.



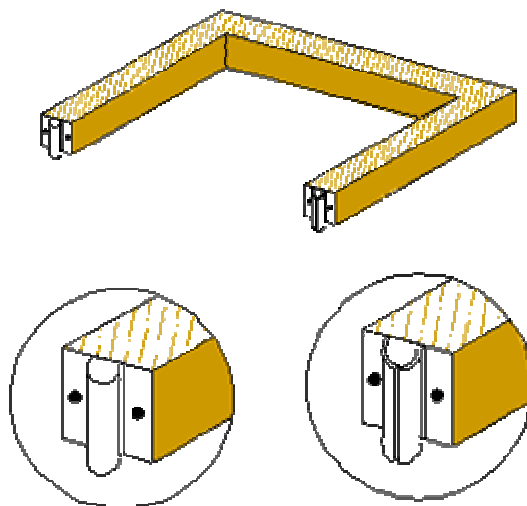
Gráfica 14. Detalle del seguro de la formaleta



Gráfica 15. Detalle de las bisagras de la formaleta



*Gráfica 16. Formaleta en madera para panel en ferrocemento. (2.0 mts * 2.35 mts)*



Gráfica 17. Detalles del sistema de cierre de la formaleta

2.3.3. Dosificación para elementos en ferrocemento

Tabla 11. Dosificación para elementos e=3cm

Material.	Casetón de ferrocemento 2.0m * 2.35m	Panel de ferrocemento 2.0m * 2.35m
Mortero.	0.17 m ³ .	0.14 m ³ .
Malla electrosoldada Sf= 0.15 m.	6m ²	4.7 m ²
Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	6m ²	4.7 m ²

Relación Agua / cemento (A/C): 0.4

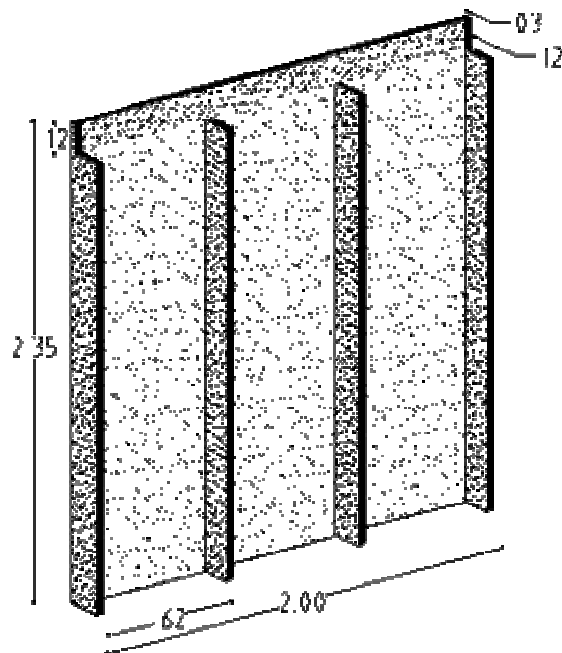
Relación Cemento - Arena: 1:2

2.3.4. Procedimiento constructivo.

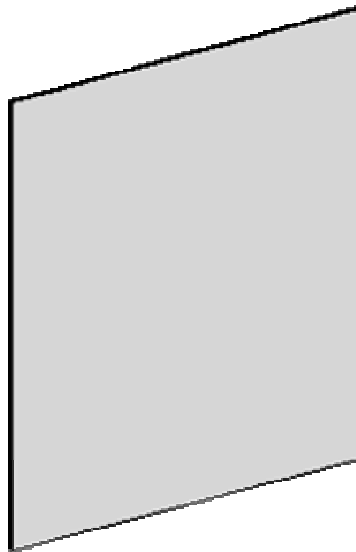
- Cortar las mallas a la medida requerida y amarrarlas unas con otras con alambre dulce, cuidando que estas queden lo mas estiradas posibles y que vayan traslapadas unas con otras.
- Realizar la mezcla del mortero en una mezcladora mecánica agregando primero la mitad del agua con la arena tamizada, luego el cemento. Mezclar por unos

segundos y por último agregar el resto del agua. El tiempo mínimo de mezclado debe ser de 3 minutos.

- Con ayuda de palustres, repartir una capa de menos de 1 cm. de espesor de mortero compactándolo, pero tratando de no dejar una superficie lisa para no provocar un plano de falla; seguidamente colocar las mallas apretándolas un poco contra el mortero, vaciar el resto del mortero aprisionándolo bien contra las mallas.
- Pasar por último una regla de madera apoyada en los bordes para darle altura uniforme y acabado a todo el elemento.
- A las 24 horas iniciar el proceso de curado, el cual consiste en un curado intenso por 7 días y un curado normal por 15 días.
- A las 48 horas desmoldar el elemento colocándolo de tal manera que soporte la mínima carga, y seguir con el proceso de curado.



Gráfica 18. Casetón de ferrocemento



*Gráfica 19. Panel de ferrocemento. (2.0m*2.35m), e=3cm*

2.4. ELEMENTOS DE MADERA MODIFICADA

2.4.1. Materiales

Residuos de madera retenidos en el tamiz No. 40 y polímero sintético plástico Ref. 216 F. E. L.

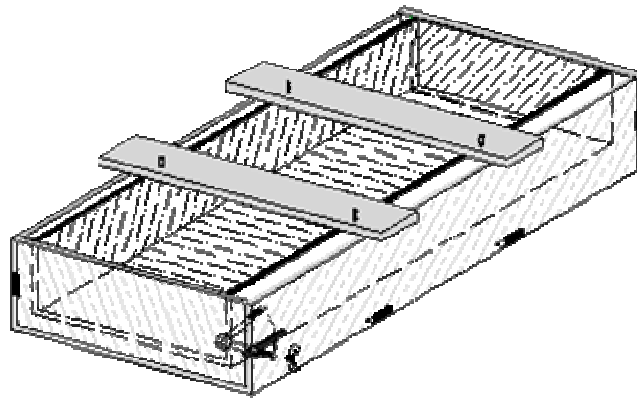
2.4.2. Formaleta

Se proponen dos elementos construidos con este material, un panel que actuará como aislante térmico y acústico y un aligeramiento para placa de entrepiso.

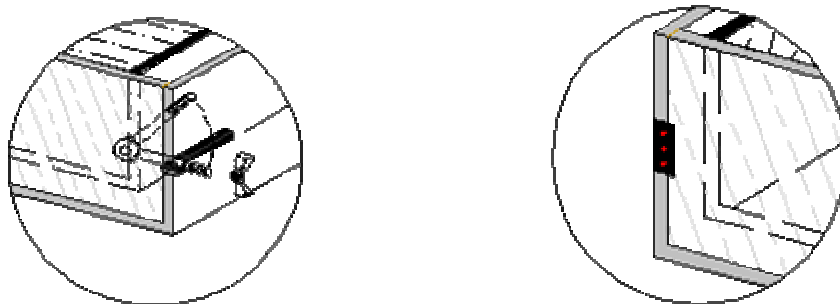
Para el panel se utilizará una formaleta metálica con un sistema de cierre igual al utilizado en la formaleta para el panel de ferrocemento, permitiendo así un fácil desencofrado. Para el aligeramiento se utilizará una formaleta metálica abatible, donde la libertad de abrir o cerrar se la darán las bisagras las cuales tendrán como función unir los lados de las formaletas, permitiendo así un fácil desencofrado del elemento construido; la formaleta del aligeramiento para placa de entrepiso consta de una formaleta interna la cual tiene las siguientes dimensiones en sus aristas externas 0.25mts de alto* 0.7mts de ancho*1.50mts de profundidad. Y una formaleta externa la

cual tiene las siguientes dimensiones en sus aristas internas 0.30mts de alto* 0.8mts de ancho*1.50mts.

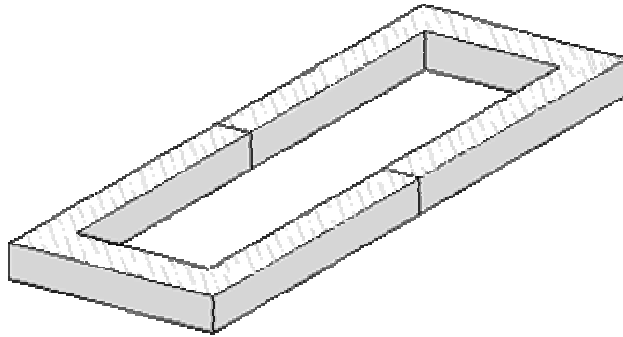
Las dos formaletas se ensamblaran por medio de dos láminas metálicas las cuales permiten que la formaleta mas pequeña pueda soportarse sobre la formaleta mas grande, esto para otorgar las dimensiones requeridas al elemento; y el sistema de cierre de la formaleta será un tornillo giratorio con una rosca externa en uno de sus extremos, y una rosca interna se encargara de cerrar el sistema.



Gráfica 20. Formaleta metálica para aligeramiento de madera modificada



Gráfica 21. Detalles del sistema de cierre de la formaleta



Gráfica 22. Formaleta metálica para panel de madera modificada. (0.62m*2.23m), Altura=12cm

2.4.3. Dosificación para elementos en madera modificada

Tabla 12. Dosificación para elementos de madera modificada.

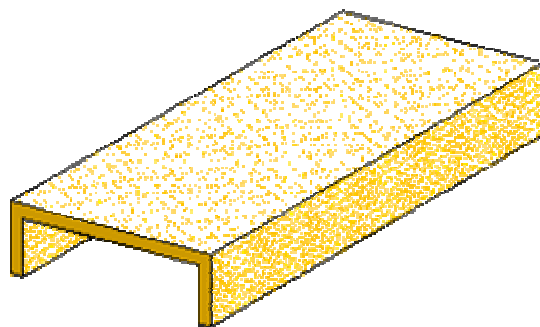
Material	Panel de madera modificada. 2.23m*0.62m, e=12cm	Aligeramiento para placa de entrepiso 1.5m*0.80m*0.30 m e=3cm
Residuos de madera Retenidos en el tamiz N° 40.	38 Kg.	15.2Kg.
Polímero	11.5 Lit.	4.5Lit.

2.4.4. Procedimiento constructivo

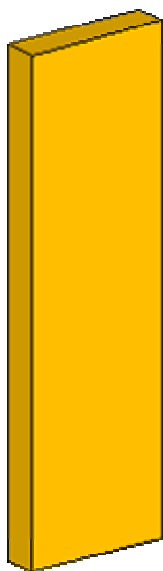
- Mezclar los residuos de madera con el polímero constantemente hasta lograr una mezcla homogénea. La relación del polímero con el material es por cada 50 gr. de material utilizar 15 ml. de polímero.
- Disponer el material en la formaleta de manera uniforme en capas iguales a $\frac{1}{4}$ de la altura de la formaleta, estas capas se deben compactar una a una de forma uniforme y no deben presentarse zonas de mayor o menor compactación.
- Por último se debe enrasar para luego depositar la formaleta en el horno durante un periodo de cinco horas a una temperatura de 150°.

2.4.5. Posibles usos

- Aligeramiento para placas de entrepiso.
- Aislante acústico y térmico en forma de panel.



Gráfica 23. Aligeramiento para placa de entrepiso



*Gráfica 24. Panel de madera modificada. (2.23m*0.62m*0.12m)*

2.5. PANELES EN GUADUA

2.5.1. Época de siembra y de cosecha.

La siembra se debe realizar durante el periodo húmedo; y la época ideal para la cosecha es durante el periodo seco, ya que la emisión de brotes en esta época es baja y el contenido de humedad en los cultivos también.

2.5.2. Corte de la Guadua.

- Cortar en menguante y en horas de la madrugada.

- Cortar a una altura de 15-30 cm. por encima del suelo y quedar por encima del nudo para evitar la pudrición posterior del rizoma.

2.5.3. Curado de la Guadua.

- Se deja secar en forma natural dejándola en pie en el mismo Guadual por un tiempo de 8 días y por encima del suelo, no cortando ramas ni follaje.
- Se somete al proceso de secado normal con contenidos de humedad entre el 10 y 15%.
- Hacer orificios en los cañutos para la liberación de los gases que se forman durante el curado y así evitar que esta se raje.
- Otra alternativa de curado es la que se realiza al calor; este procedimiento consiste en poner las guaduas en forma horizontal sobre brazas a una distancia prudente para que no se quemen, las cañas se deben rotar para que con la diferencia de temperatura no se vayan a producir agrietamientos.

2.5.4. Inmunización de la guadua.

Las guaduas deben estar completamente secas y se deben someter a inmersión en solución de bórax y ácido bórico.

2.5.5. Elaboración de la unión a utilizar en los paneles.¹³

La unión a utilizar en la elaboración de los paneles es una modificación de la unión tipo Simón Vélez; a continuación se describen las características que deben tener las uniones.

Se debe colocar el elemento horizontal a un costado y no encima del elemento vertical, los elementos horizontales y verticales tendrán una configuración especial que se describe a continuación.

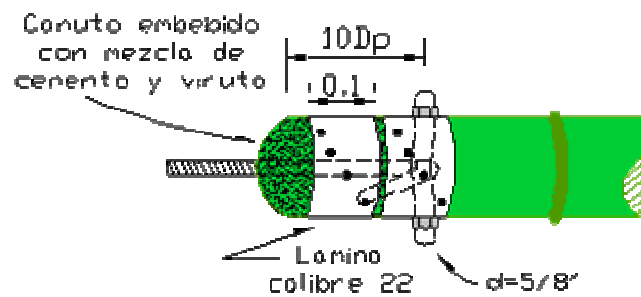
2.5.5.1. Elemento horizontal.

Utilizar un pasador, el cual será una varilla roscada de diámetro 5/8" grado 2 como mínimo y tendrá una distancia mínima al extremo de la Guadua de 10 veces el diámetro del perno (Dp), (15 cm.). La conexión entre el elemento horizontal con el vertical se hará mediante una varilla roscada interna al elemento horizontal con doblez

¹³ ALZATE. Op. cit., p. 47.

de 180° el cual será necesario soldar para que al momento de ejercer la fuerza este no se abra.

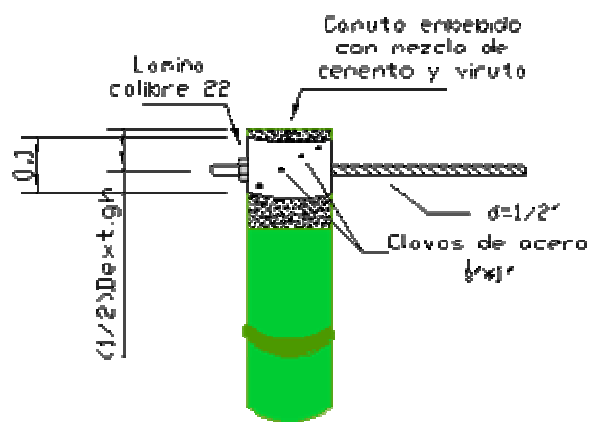
Se utilizará lámina cold rolled calibre 22 de 1m de largo * 10 cm. de ancha como refuerzo de las paredes de la guadua anclada a ésta con clavos de acero. Embeber el cañuto con una mezcla compuesta de cemento y aserrín cuyas proporciones en peso comparadas con el cemento es el 50% para la viruta y 60% para el agua.



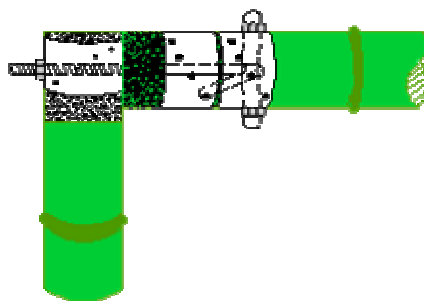
Gráfica 25. Configuración del elemento horizontal

2.5.5.2. Elemento vertical.

El diámetro mínimo para el elemento conector será una varilla roscada de grado 2 de diámetro 1/2", a una distancia del borde igual a la mitad del diámetro externo de la guadúa horizontal que llega a él ($1/2 * D_{ext.gh}$), el dobléz de 180° que presenta en el extremo para conectarse con el perno horizontal debe estar amarrado de alguna forma. También se utilizará lámina cold rolled calibre 22 de 1 m de largo * 10 cm. de ancho, al igual que el elemento horizontal y como anclaje clavos de acero de 1/8" * 1"; como material de relleno del cañuto se utilizará una mezcla de cemento, aserrín y agua; de las mismas características que el utilizado en el elemento horizontal.



Gráfica 26. Configuración del elemento vertical



Gráfica 27. Unión ensamblada

2.5.6. Construcción de los paneles.

- Cortar los “piedrechos” y las soleras, teniendo en cuenta dejar un espacio suficiente para elaborar las “boca de pescado”.



Gráfica 28. Boca de pescado

- Con la sierra de copa (*herramienta*) se hacen los orificios en los extremos de los piedrechos, midiendo el diámetro de la solera que se conectara con estos.
- Con el San José (*herramienta*) se perfecciona y se garantiza un acople aceptable con el fin de que la unión quede lo mas ajustada posible.
- Fabricar un “picoeflauta” para las diagonales, para ello primero se hace un corte con el serrucho y luego se perfecciona con el San José.



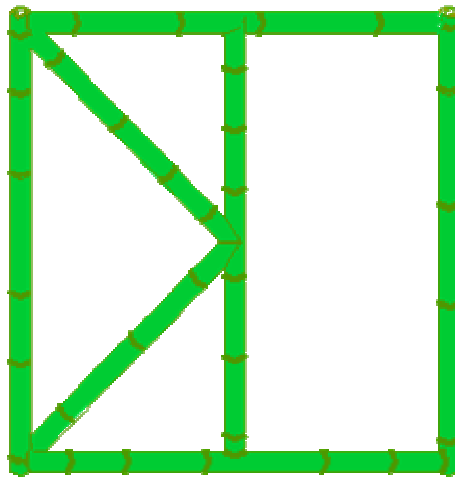
Gráfica 29. Picoeflauta

- Con los elementos listos para ensamblar, se procede a realizar los orificios para los pernos y los ganchos que sujetaran el panel.
- Se debe garantizar una distancia de los orificios al borde de la guadua de por lo menos 10D o preferiblemente 15D de la broca; esto para garantizar que la resistencia del elemento sea mayor.
- Cortar los pernos con las longitudes necesarias y doblar los ganchos que sujetan un perno con otro.
- Teniendo listos los pasos anteriores se inicia con el proceso de armada del panel, es importante instalar acoples de sintético en los puntos donde el perno atraviesa una diagonal para que la arandela empalme correctamente y no se doble al ajustarla.
- Teniendo armado los paneles se perforan orificios de $\phi 1\frac{1}{4}$, este procedimiento se realiza con una sierra copa adecuada para inyectar el mortero, para realizar este procedimiento se utiliza un embudo y un madero que ayuda a empujar la mezcla hacia adentro del cañuto.

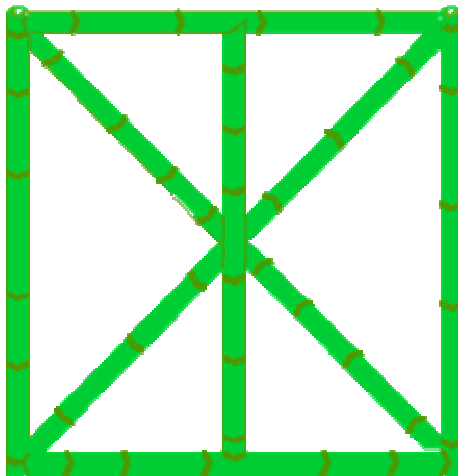
- Realizados los pasos anteriores y con los cañutos llenos de la mezcla de mortero y aserrín ya fraguados termina el proceso de elaboración de los paneles.

2.5.7. Posibles usos.

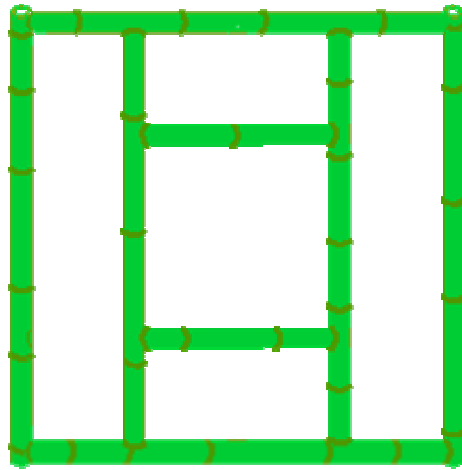
- Panel puerta
- Panel muro
- Panel ventana



Gráfica 30. Panel puerta, fabricado en guadua



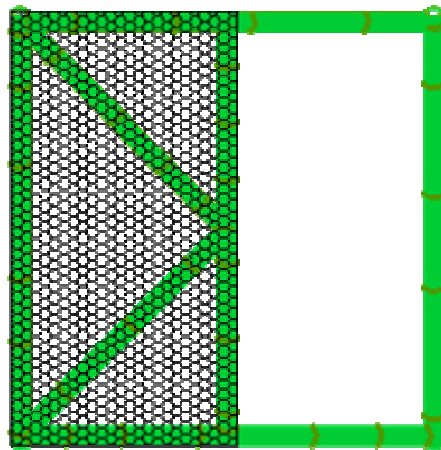
Gráfica 31. Panel muro, fabricado en guadua



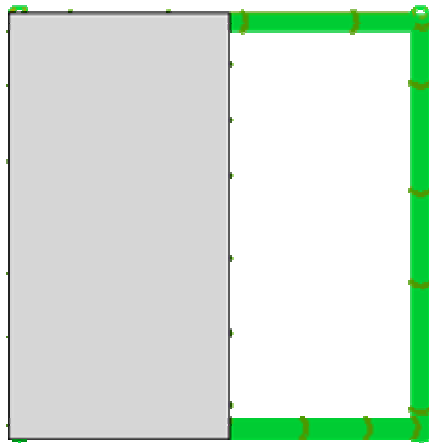
Gráfica 32. Panel ventana, fabricado en guadua

2.5.8. Revestimiento.

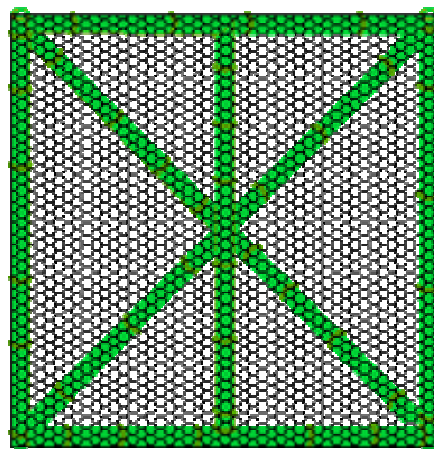
El revestimiento se compone de una malla hexagonal calibre 22, la cual debe ser cortada con las medidas requeridas para cada panel; esta se sujeta al panel en Guadua para así proceder a lanzar una mezcla de suelo cemento sobre esta superficie; posteriormente se debe pasar una regla metálica para darle un buen acabado al panel.



Gráfica 33. Enmallado panel puerta con malla hexagonal



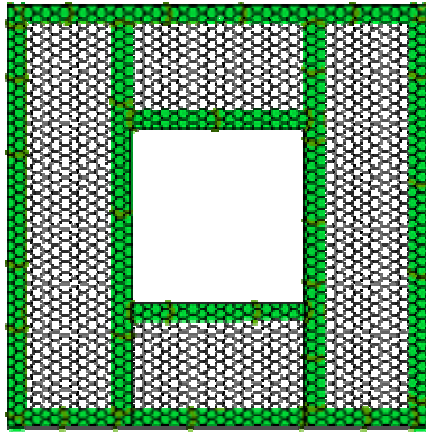
Gráfica 34. Acabado del panel puerta con suelo cemento



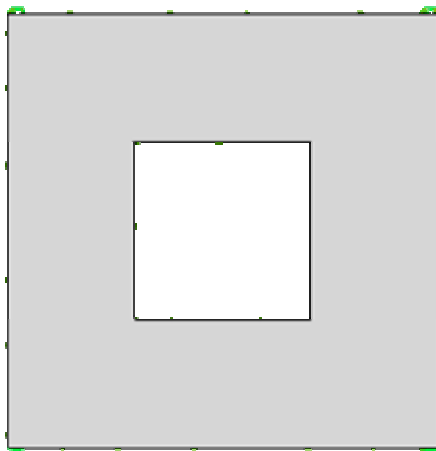
Gráfica 35. Enmallado panel muro con malla hexagonal



Gráfica 36. Acabado del panel muro con suelo-cemento



Gráfica 37. Enmallado panel ventana con malla hexagonal



Gráfica 38. Acabado del panel ventana con suelo-cemento

2.6. VIGAS FABRICADAS EN LAMINADO DE GUADUA.

Estas vigas tienen unas dimensiones de 3.5cm. * 8.5cm. y su longitud varía de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos. A lo largo de su longitud y donde lo requiera llevará empalmes longitudinales. Estas vigas se utilizarán para soportar la cubierta.

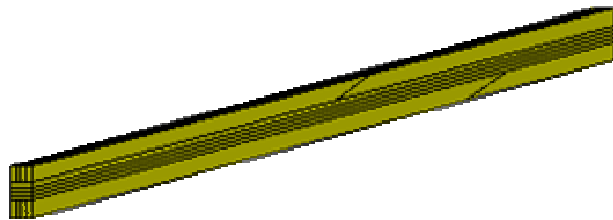
2.6.1. Procedimiento constructivo.

- *Troceo.* Se unifica la longitud de las guaduas. Se puede realizar con una sierra de banco de un solo disco, una sierra radial, una sierra colilladora, sin embargo es indispensable utilizar guías para que el corte sea totalmente perpendicular y la longitud sea uniforme.

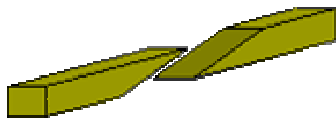
- *Aserrado.* En este proceso se obtienen las latas. Este proceso se puede realizar con una sierra de banco de un solo disco, sin embargo es aconsejable utilizar una sierra paralela para que el ancho de las latas sea uniforme.
- *Denudado.* En el proceso de denudado se retira la parte exterior del nudo para obtener una lata plana. Este proceso se puede realizar con una sierra de banco de un solo disco, sin embargo es aconsejable utilizar una sierra paralela para retirar al mismo tiempo el sobrante de la parte interna obteniendo una lata plana por ambas caras.
- *Cocción.* En el proceso de cocción se blanquea las latas evitando un producto final manchado. En el proceso de cocción la guadua es depositada en una caldera con agua y peróxido de hidrógeno (HO₂) al 2% hasta que la solución hierva.
- *Secado.* En el proceso de secado las latas pierden la humedad hasta llegar a un nivel inferior al 15%. Con este proceso las latas estabilizan sus dimensiones y disminuyen el ataque de hongos y xilófagos. El secado se puede llevar a cabo de diferentes formas: secado al aire, en invernaderos, en hornos.
- *Cepillado.* En el proceso de cepillado es retirada de la lata la capa de sílice y la parte blanca interior para mejorar la adherencia. Este proceso se puede realizar en una cepilladora o planeadora, teniendo en cuenta que la sílice de las latas desgasta las cuchillas en gran medida, recomendando utilizar cuchillas de tungsteno.
- *Lijado.* En el proceso de lijado se calibran las dimensiones de las latas igualmente desaparecen las imperfecciones que se pudieran presentar en la lámina aún después del proceso de cepillado. El proceso de lijado se realiza en una regruesadora, lijadora o cualquier otra máquina adaptada para tal fin.
- *Aplicación de Adhesivo.* En el proceso de encolado se aplica adhesivo en las láminas de forma uniforme y con la suficiente cantidad para obtener un resultado

óptimo. En el proceso de encolado se puede utilizar cola. Después del encolado las láminas son prensadas hasta que el adhesivo fragüe. Para el proceso de prensado es recomendable utilizar una prensa hidráulica para mejorar el rendimiento del proceso.

- *Corrección de dimensiones y superficies.* Después del encolado es común encontrar imperfecciones en la superficie, de igual forma las dimensiones del producto final deben ser calibradas, tanto en sección como en longitud. Para este proceso el producto es pasado por una cepilladora y posteriormente por una lijadora, el elemento es cortado según la longitud requerida con una sierra radial o una sierra colilladora.
- *Manejo de residuos.* El proceso de laminados deja muchos residuos. Es indispensable tener un buen manejo de los residuos para obtener beneficios de ellos y disminuir los costos del proceso. Los residuos del proceso pueden convertirse en combustible para los hornos utilizados en el secado y las calderas que son usadas para la cocción.



Gráfica 39. Empalmes longitudinales



Gráfica 40. Viga en laminado de Guadua

2.7. PERFILES CONSTRUIDOS EN MATERIAL RCFV (RESINA-CENIZA-FIBRA DE VIDRIO).

2.7.1. Dosificación.

- Relación % en peso resina/ceniza 40/60.

- Refuerzo de 3-6 láminas de fibra de vidrio en forma de MAT (Un tipo de forma de fibra de vidrio que quiere decir manta de hebras troceadas).

2.7.2. Formaleta.

Pueden ser construidas en madera, láminas de acero, resina poliéster o yeso. Se le debe aplicar al molde o formaleta un desmoldeante, los cuales pueden ser: la cera para carros o alcohol pilivinílico. El desencofrado de estos elementos se puede hacer con un elemento de igual configuración y realizando una fuerza de empuje.

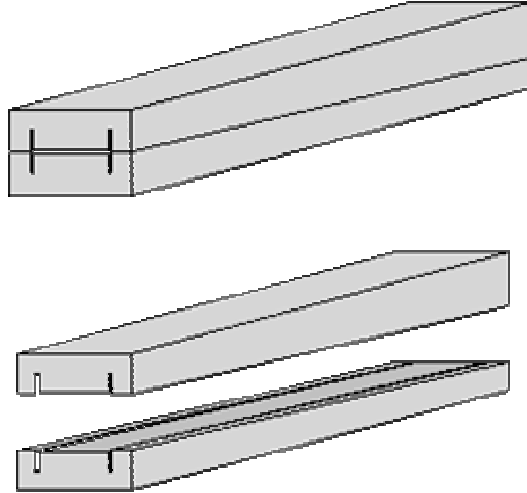
2.7.3. Proceso constructivo.

Los siguientes pasos se deben tener en cuenta para un mezclado manual o industrializado

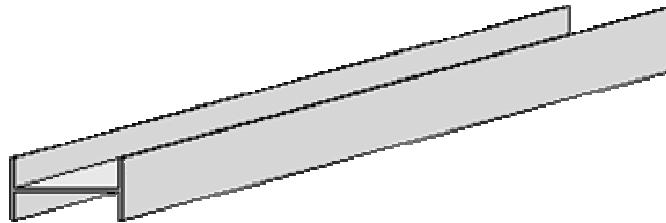
- Mezclar la resina poliéster preacelerada con el catalizador (MEK peroxido) en proporción de 0.5% al 1% en peso.
- Agregar a la mezcla anterior la ceniza en porcentaje en peso.
 - Relación % en peso resina/ceniza 40/60.
- Mezclar rápidamente estos materiales hasta lograr una apariencia homogénea líquido-viscosa.
- Vaciar la mezcla sobre la formaleta o molde con previa aplicación de desmoldeante hasta que ésta ocupe por completo la superficie del molde. No requiere método de vibrado.

2.7.4. Posibles usos.

- Perfil en I para unión de elementos de ferrocemento y madera modificada.

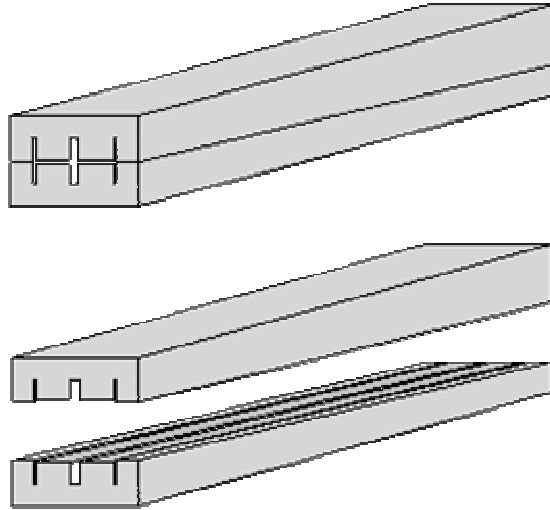


Gráfica 41. Molde para perfil en I

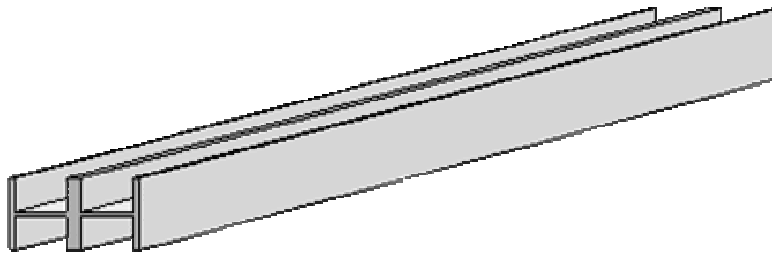


Gráfica 42. Perfil en I para unión de elementos de ferrocemento y madera modificada

° Perfil en E para unión de paneles con aire atrapado.

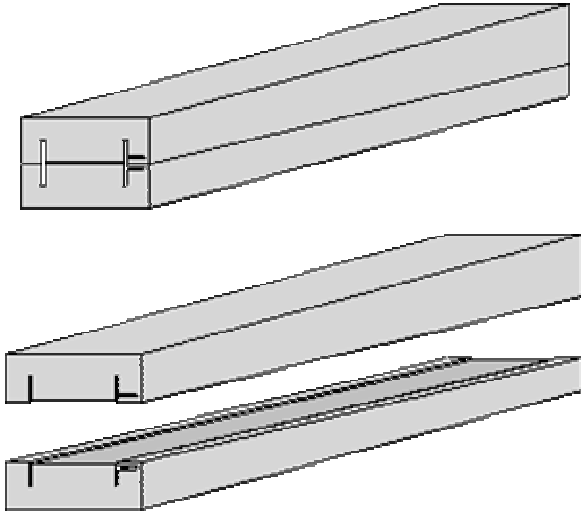


Gráfica 43. Molde para perfil en E

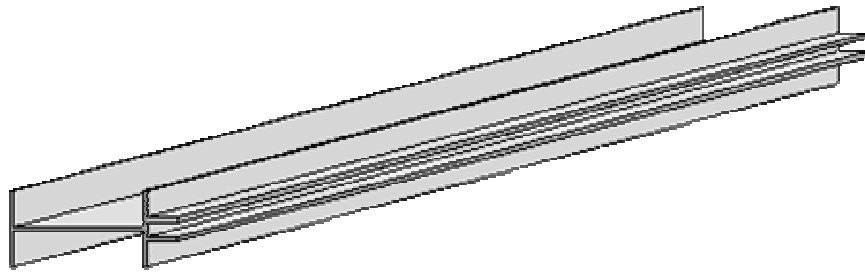


Gráfica 44. Perfil en E para unión de paneles con aire atrapado.

- Perfil en I con C lateral para unión de muro de ferrocemento y madera modificada + panel.

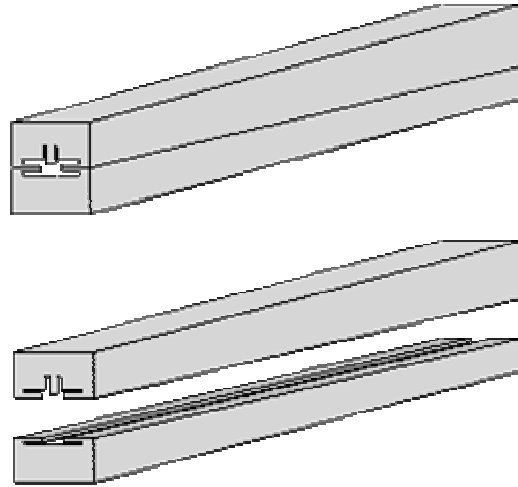


Gráfica 45. Molde para perfil en I con C lateral

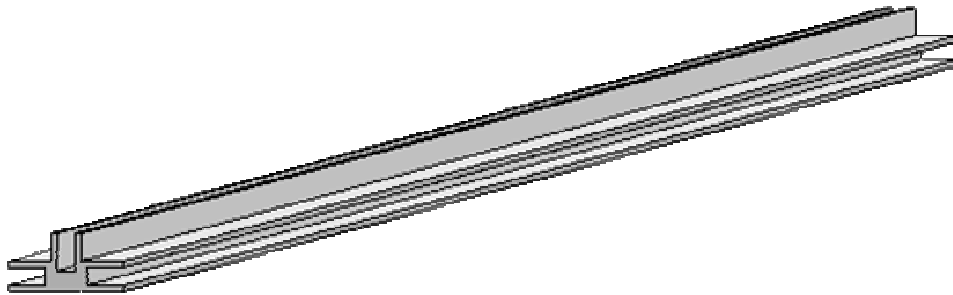


Gráfica 46. Perfil en I con C lateral para unión de muro de ferrocemento y madera modificada + panel

° Perfil para unión de tres elementos tipo panel.

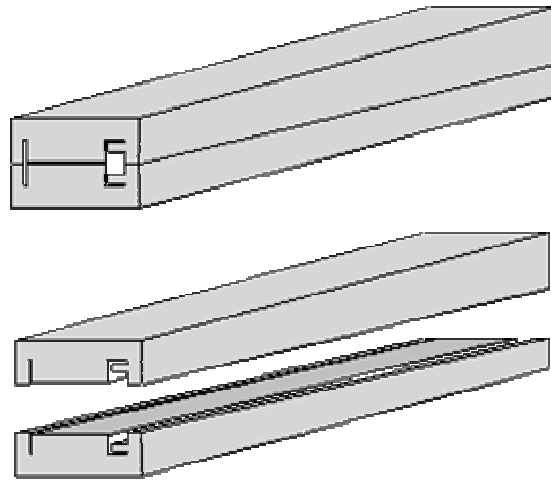


Gráfica 47. Molde para perfil de tres elementos tipo panel.

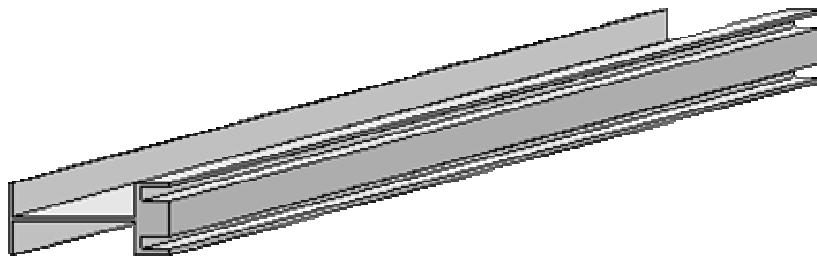


Gráfica 48. Perfil para unión de tres elementos tipo panel.

- Perfil mixto para unión de muro de ferrocemento y dos paneles con aire atrapado.

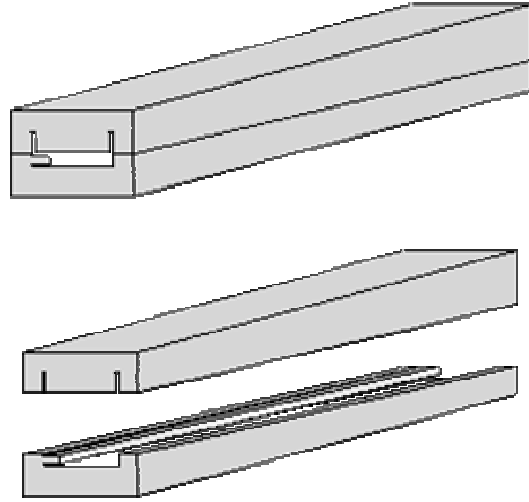


Gráfica 49. Molde para perfil mixto.

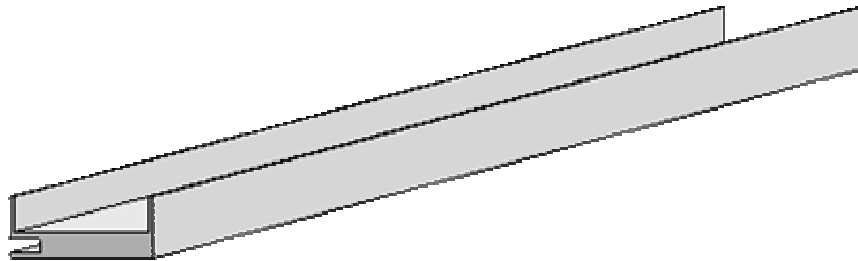


Gráfica 50. Perfil mixto para unión de muro en ferrocemento y dos paneles con aire atrapado.

- Perfil para esquina para muro de ferrocemento y madera modificada con panel. Tipo I

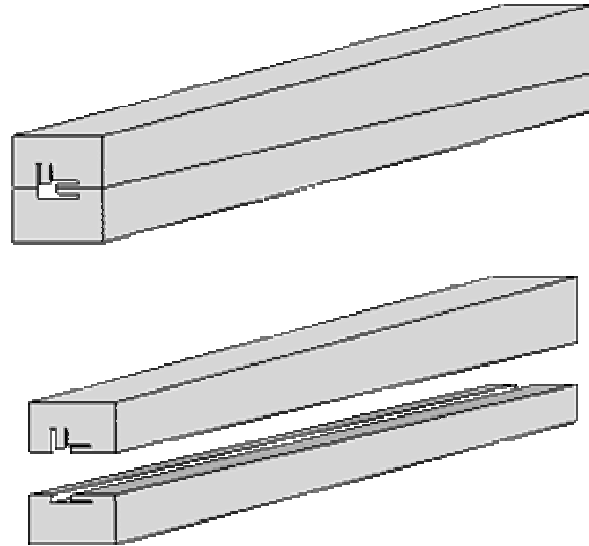


Gráfica 51. Molde para perfil esquina.

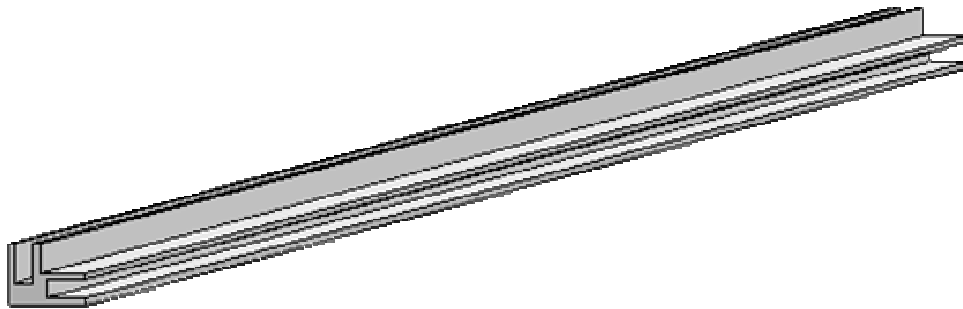


Gráfica 52. Perfil esquina Tipo I

° Perfil tipo para esquina con paneles. Tipo II

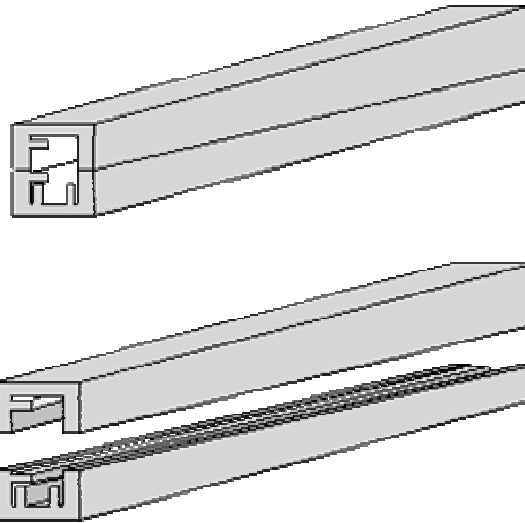


Gráfica 53. Molde para perfil esquina.

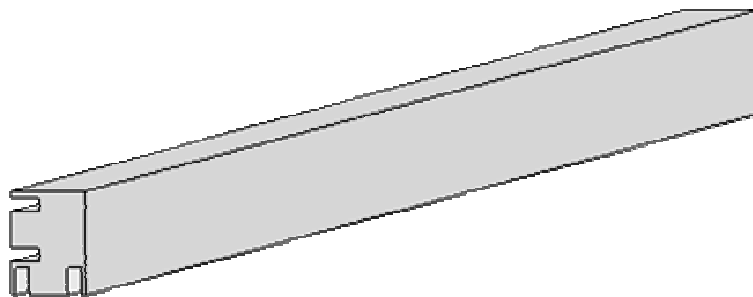


Gráfica 54. Perfil esquina Tipo II

- Perfil para esquina para panel doble con aire atrapado. Tipo III



Gráfica 55. Molde para perfil esquina.



Gráfica 56. Perfil esquina Tipo III.

2.8. AUTOMATIZACIÓN DE ALGUNOS PROCESOS.

2.8.1. Proceso de Pultrusión.

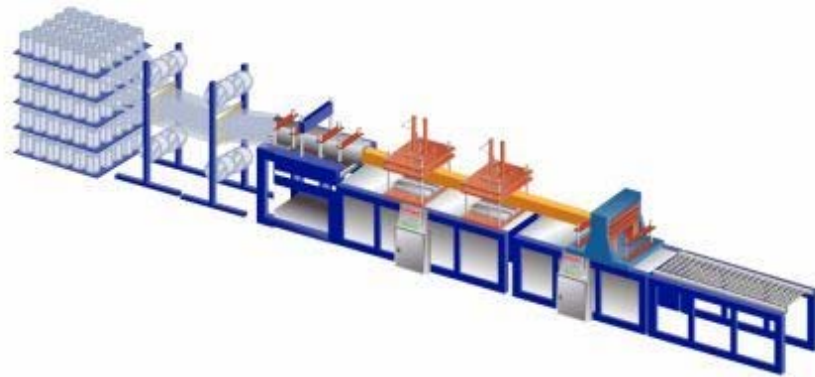
La pultrusión se define como un proceso productivo automatizado para obtener laminados o perfiles compuestos de resinas termoestables y fibras de materiales mecánicamente más resistentes.

La ventaja del proceso de pultrusión es que se pueden conseguir infinitas formas de perfiles.

Las fases principales en el proceso de pultrusión son:

- Preparación de la resina.

- Preparación e incorporación de las fibras.
- Impregnación de la resina.
- Preformación del perfil y moldeado de la sección.
- Estirado y finalmente corte.



Gráfica 57. Esquema de planta de producción, sistema industrializado. (Pultrusión)¹⁴

El proceso productivo prevé que las fibras de refuerzo se incorporen y dirijan desde las estanterías de almacenamiento de las bobinas de fibra de vidrio hacia la zona de impregnación, atravesando una estación de preformación donde se moldean debidamente para las fases sucesivas. La impregnación de todas las fibras tiene lugar mientras se atraviesa el baño de resina.

El material compuesto de fibras y resina entra en la zona de molde de trefilado caliente y se tira a través de éste. El calor suministrado da lugar a una reacción exotérmica que pone en marcha el proceso de polimerización o endurecimiento de la matriz. Finalmente, un perfil de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRF), polimerizado y con las dimensiones de sección requeridas, sale del molde de pultrusión. El mecanismo de tiro puede ser un remolque oruga o dos carros alternados para garantizar el movimiento continuo.

¹⁴ www.fibrotec.es

La última etapa del proceso es el corte del perfil en longitudes adecuadas para su transporte, almacenamiento y manipulación, al igual que sucede con perfiles de otros materiales. El corte se realiza en la misma línea de producción mediante sistemas de corte automático.

Siendo un proceso continuo, la pultrusión se organiza en 3 turnos y es adecuada para una producción en gran escala.

2.8.2. Sistema de proyección simultánea.¹⁵

Cuando se trata de la producción en serie de elementos G.F.R.C., el sistema de proyección simultánea adoptado de la industria del plástico reforzado ha resultado ser tan versátil y óptimo que prácticamente se emplea en la fabricación del 90% de los productos.

En su forma simple, el proceso consiste en aplicar simultáneamente un chorro de mortero pulverizado en un compresor, el cual se lanza por medio de una pistola y un chorro de fibra lanzado por un troceador de mechas, el cual la corta en longitudes predeterminadas. Los dos chorros convergen cerca de la superficie del molde, de modo que forman una mezcla uniforme. El sistema permite aplicar capas muy finas de 3 o 4 mm que se compactan manualmente con un rodillo con el fin de remover el aire atrapado, darle mayor consistencia a las capas y asegurar una buena compactación y contacto entre las fibras de vidrio y el mortero. La proporción fibra–mortero se controla con una correcta calibración en las velocidades de los chorros. Normalmente el mortero se trata con aditivos plastificantes para garantizar una alta fluidez y la arena se hace pasar por el tamiz No. 20 para evitar que se puedan obstruir las boquillas y mangueras utilizadas.

En cuanto a la planta de fabricación, debe ser un área cerrada y cubierta, debe evitarse el trabajar a temperaturas muy altas o muy bajas que puedan afectar la calidad de los materiales o incidir en el curado; también se deben evitar las corrientes fuertes de aire, ya que estas afectan la proyección homogénea de la fibra y el mortero. Se debe disponer de un área adecuada para la manipulación del equipo y de los elementos fabricados, así como para su curado y almacenamiento.

¹⁵ OLARTE y VICHADA. Op. cit., p.110.

3. SISTEMA CONSTRUCTIVO PROPUESTO.

En esta fase de la investigación se concretaran las ideas del capitulo anterior involucrándolas en una propuesta de vivienda de interés social; la cual esta constituida por materiales diferentes a los utilizados en los sistemas tradicionales, planteando así una solución más a la necesidad habitacional de la sociedad colombiana y en general.

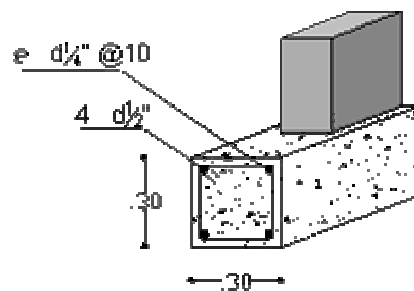
Para llegar al sistema constructivo propuesto se desarrollaran una serie de pautas de las tareas que se deben seguir en obra, presentando gráficamente las ideas expuestas, permitiendo de esta forma al lector una mejor contextualización.

Para proponer un nuevo sistema constructivo se partió de una solución de vivienda que actualmente se construye con materiales tradicionales, teniendo como referencia los requerimientos arquitectónicos que ésta posee. El acceso a estos diseños se logro gracias al INVISBU (Instituto de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana del Municipio de Bucaramanga) quienes facilitaron a su acceso con fines investigativos solamente.

3.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA PROPUESTO.

El sistema de cimentaciones esta conformado por vigas de amarre de 30cm.*30cm. con concreto de 2500 Psi. y 4 barras como refuerzo longitudinal de $\frac{1}{2}$ " y estribos de $\frac{1}{4}$ " cada 10 cm.

La cimentación será corrida fundida en sitio y por el sistema tradicional, los muros laterales irán soportados sobre la cimentación por medio de mortero de pega.

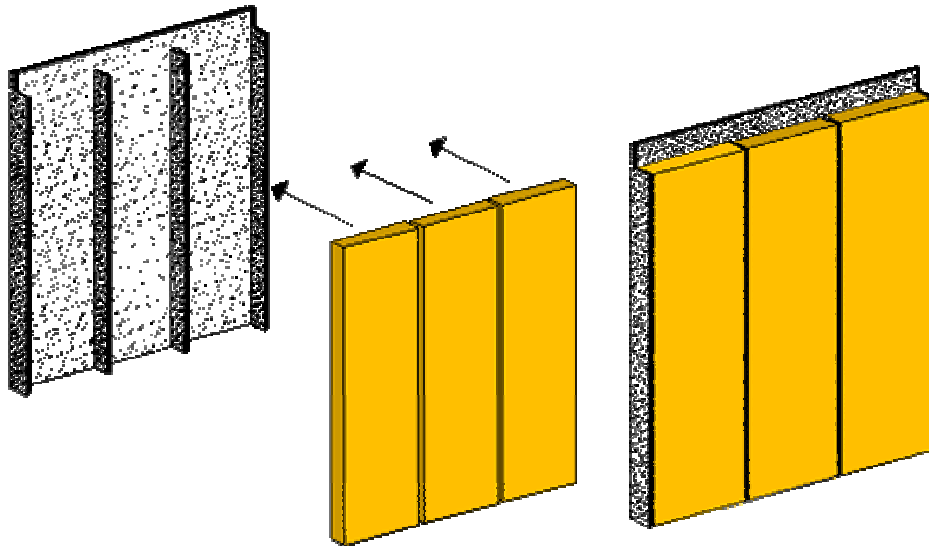


Gráfica 58. Viga de amarre para cimiento

3.1.1. Levantamiento de muros laterales y fachada.

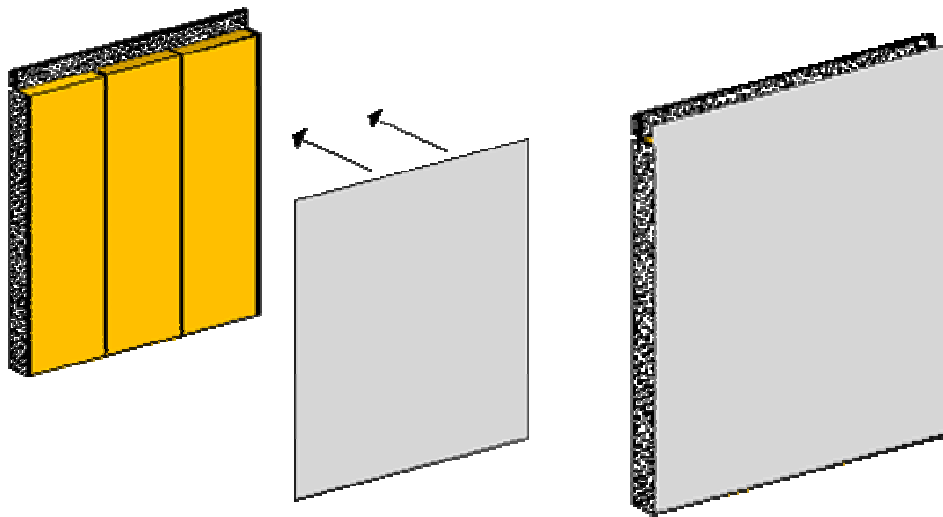
El confinamiento lateral del lote se realiza por medio de muros compuestos, este tipo de muro es prefabricado, conformado por un casetón elaborado en ferrocemento, un aislante acústico elaborado de madera modificada (residuos de madera + polímero plástico) y un panel de ferrocemento. (*Remitirse capítulo 2.3*) cuyas dimensiones son:

- ❖ Casetón en ferrocemento. 2.0m*2.35m*0.15m y 1.0m.*2.35m*0.15m.
 - ❖ Panel en ferrocemento. 2.35m * 2.0m * 0.03 m. y 2.35m *1.0m * 0.03m
 - ❖ Panel en madera modificada: 2.23 * 0.62 * 0.12 mts.
- Ensamble del muro.
 - ❖ El casetón de ferrocemento será puesto en obra de forma vertical al igual que el panel de madera modificada el cual servirá de aislante acústico y térmico. Se deberá acomodar los paneles de madera modificada en el casetón de ferrocemento.



Gráfica 59. Casetón de ferrocemento + aislante acústico y térmico.

- ❖ Por último se debe cubrir el muro con el panel de ferrocemento, sujetándolo a él mediante pernos en sus extremos.

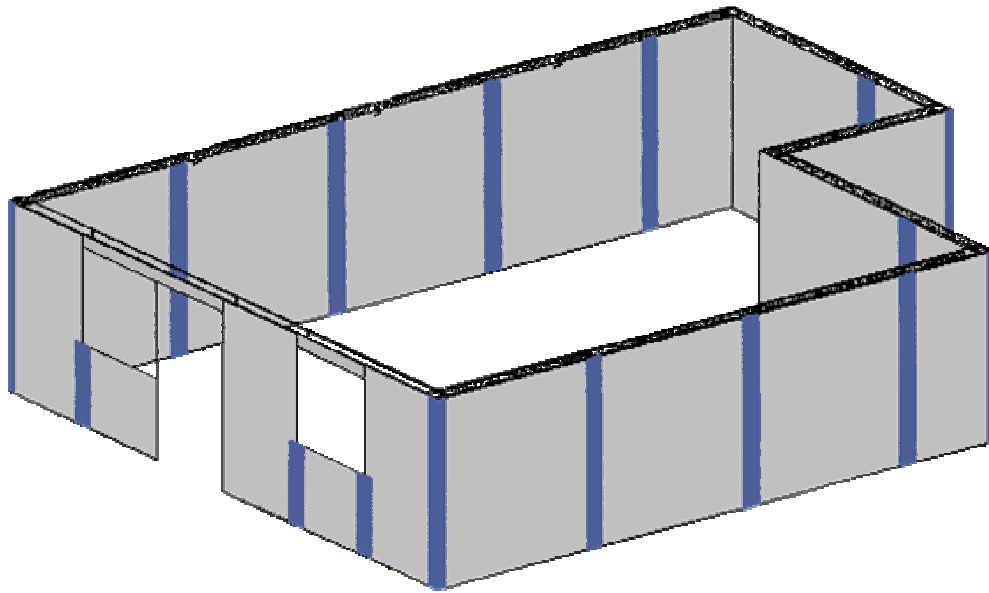


Gráfica 60. Muro de ferrocemento + residuos de madera modificada.

Los muros se unirán entre si por medio de perfiles construidos en material RCFV (Resina – Ceniza – Fibra de vidrio). (Remitirse capítulo 2.7) los cuales se acoplaran entre si por medio de pernos sujetadores, estos perfiles tendrán un espesor de 3mm y una longitud de 2.23 mts.

La fachada de la casa la componen paneles de la misma configuración de los muros laterales.

El cerramiento lateral y la fachada se muestran a continuación.

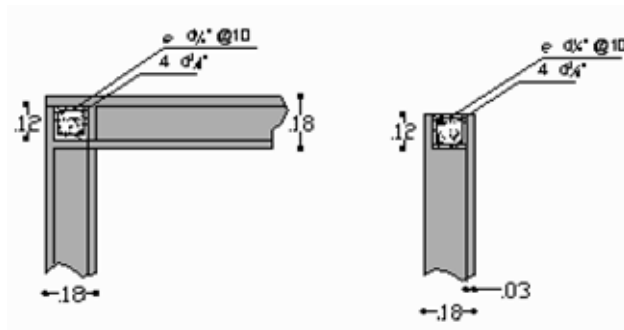


Gráfica 61. Cerramiento lateral del lote con muros de ferrocemento + aislante de madera modificada.

3.1.2. Fabricación de vigas y columnetas.

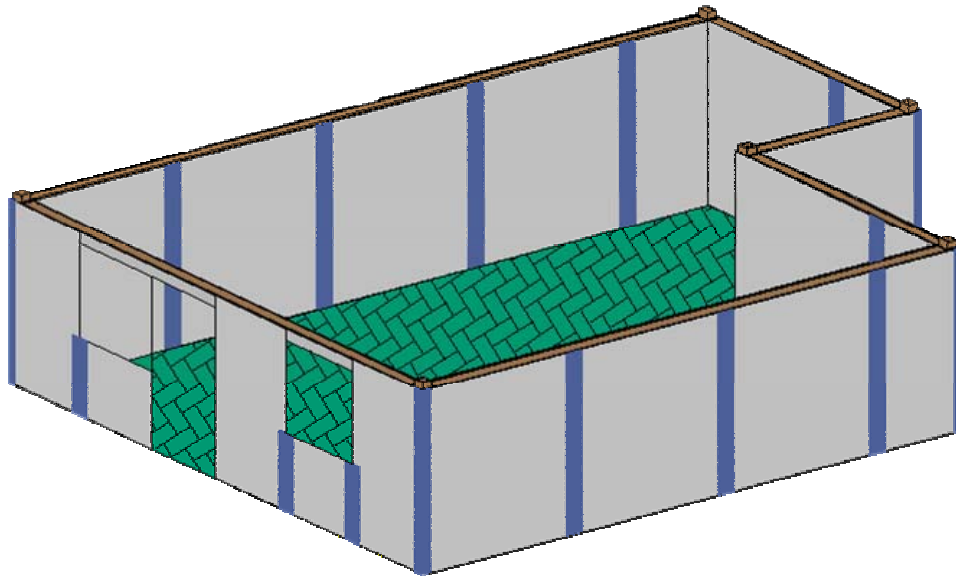
Este procedimiento es de fácil realización ya que la configuración de los muros laterales permite un vaciado de vigas y columnetas, evitando el alquiler o compra de formaleta; dando así una mayor rigidez al sistema. Estas columnetas y vihas de amarre sobre los muros laterales son de concreto de 2500 Psi. y tienen 4 barras de refuerzo longitudinal de diámetro de 3/8" y estribos de diámetro 1/4" cada 10 cm. Sus dimensiones son:

- ❖ Vigas. 12 * 12cm.
- ❖ Columnetas. 12 * 12cm.



Grafica 62. Detalle de columnetas y vigas de amarre sobre muros.

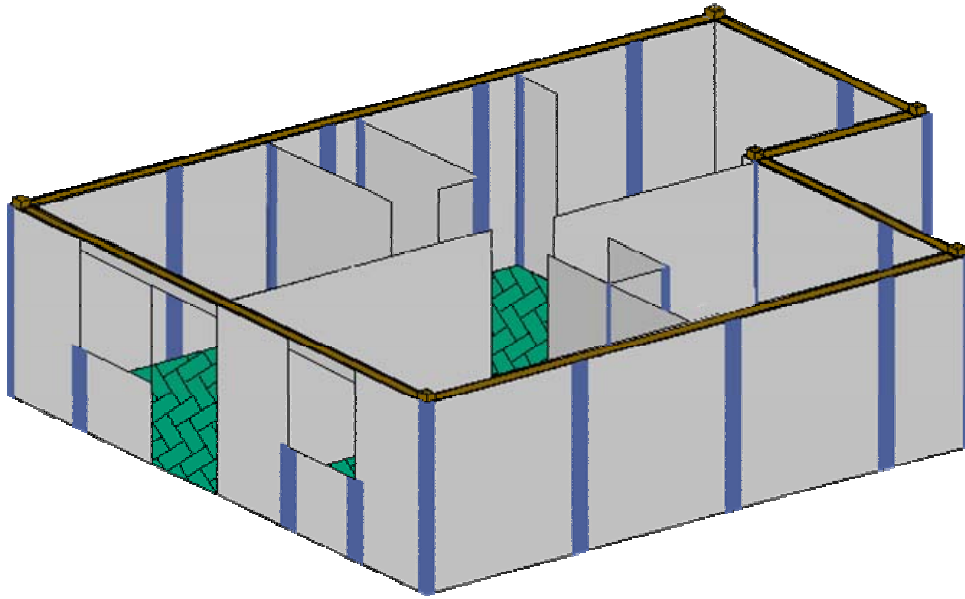
Para darle solución a los pisos se proponen baldosines de suelo- cemento plástico los cuales tienen una dimensión de 25 * 25cm con un espesor de 2 cm.



Gráfica 63. Vaciado de vigas y columnetas y colocación de pisos.

3.1.3. Muros divisorios.

Estos muros divisorios son fabricados con mortero reforzado con fibra de vidrio tipo "E" (*Remitirse al capítulo 2.1*). Cuyas dimensiones se acomodan a los requerimientos arquitectónicos con una longitud máxima de 1.0mt. con un espesor estándar de 1.5cm. Estos muros se ensamblaran a todo el sistema mediante perfiles en material RC (resina –ceniza), de acuerdo al tipo de perfil que requiera; a su vez el sistema de acople entre perfil y muro se hará mediante pernos sujetadores.

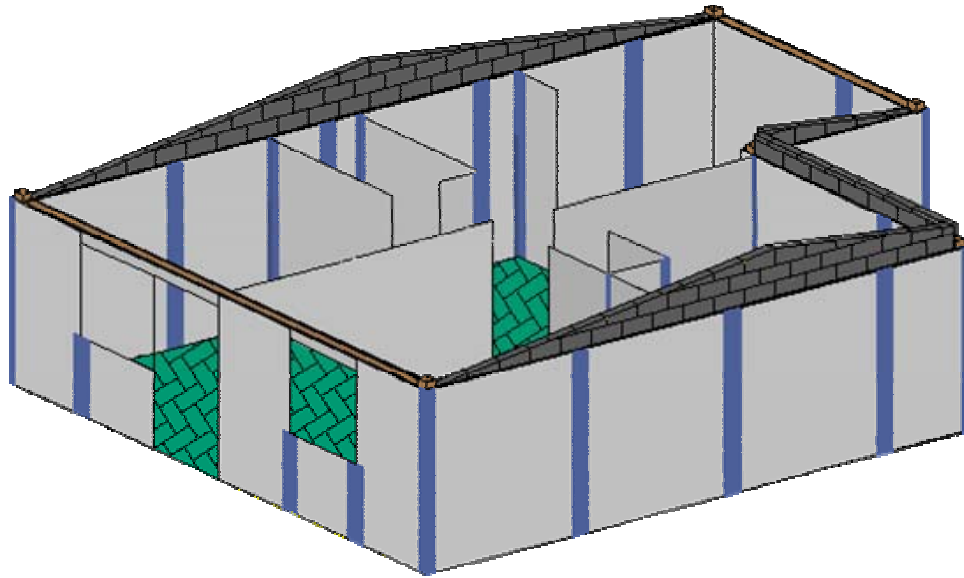


Gráfica 64. Muros divisorios.

3.1.4. Colocación de bloques en suelo cemento plástico, para inclinación de cubierta.

Para darle la inclinación a la cubierta se realizará por medio de bloques elaborados en mezcla de suelo cemento plástico los cuales irán sobre los dos muros laterales de la vivienda. Cuyas dimensiones de los bloques son: 40*20*10 cm. (*Remitirse capítulo 2.2*). La colocación de los bloques será de tal forma que garanticen una inclinación de 15.5% en la parte frontal de la vivienda y un 20% en la parte posterior, para ello será necesario tres hileras de bloques de suelo cemento en la parte más alta.

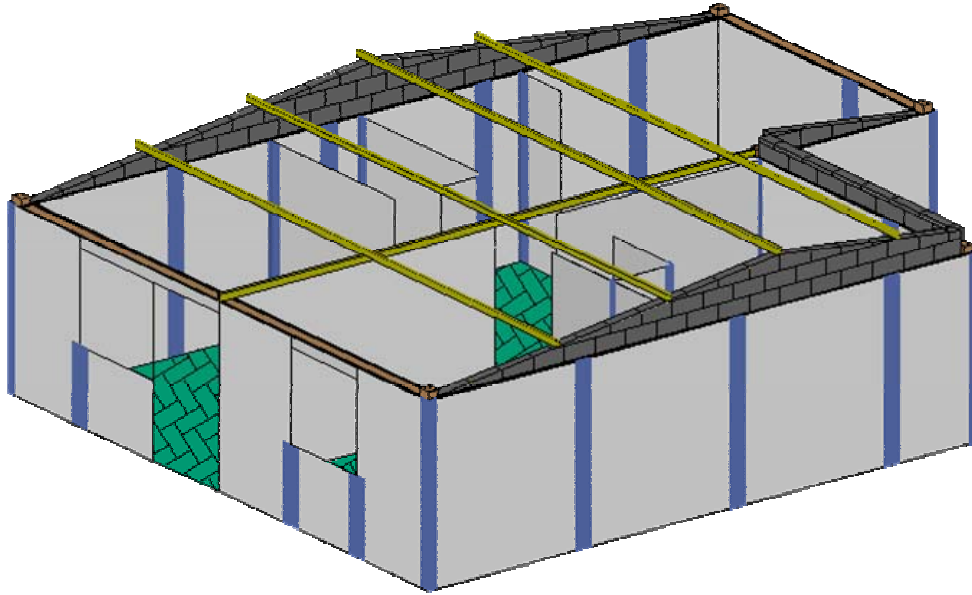
Este tipo de bloques se soportará sobre la viga de amarre que se encuentra a lo largo de los muros laterales.



Gráfica 65. Colocación de bloques en suelo cemento plástico, para inclinación de cubierta

3.1.5. Colocación de Cerchas.

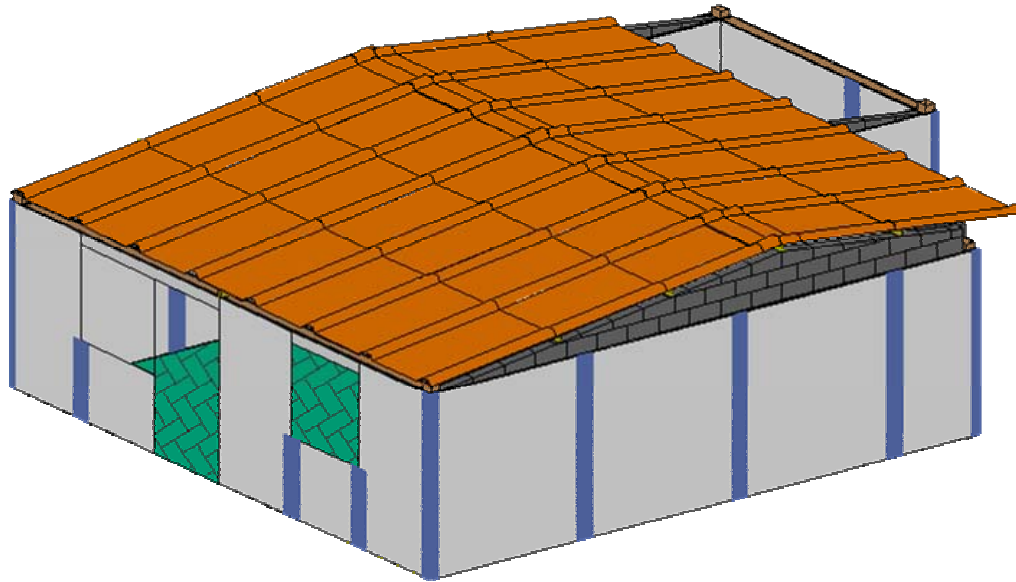
Las cerchas se colocan sobre los bloques de suelo cemento para ayudar a soportar la cubierta, estas cerchas se fabricaran con material de laminados de Guadua (*Remitirse al capítulo 2.6*), cuya sección transversal es de 8.5 cm. * 3.5 cm. Y la longitud será la requerida por los diseños, para el sistema propuesto estas vigas tienen una longitud de 5.85 mts.



Gráfica 66. Colocación de vigas en laminados de Guadua

3.1.6. Colocación de la cubierta para la vivienda.

El tipo de cubierta utilizada en el sistema es una teja fabricada en mortero con refuerzo de fibra de vidrio (*Remitirse al capítulo 2.1*) la cual tiene las siguientes dimensiones 1.60 mts. * 1.0 mts. Radio de ondulaciones=10 cm. La cubierta tendrá una inclinación de 15.5% en el frente de la vivienda y una inclinación de 20% en la parte posterior.



Gráfica 67. Colocación de cubierta.

Las vigas y columnetas ayudan a confinar el sistema de muros compuestos por casetones de ferrocemento y paneles de madera modificada, muros que tienen una configuración maciza y reforzada, ya que los elementos de ferrocemento tienen embebido un refuerzo de malla hexagonal y malla electrosoldada, lo que ayuda a que la vivienda resista las cargas de servicio a las que estará expuesta en su vida útil.

Las cargas verticales que tendrá que soportar el sistema son las de su peso propio ya que es una vivienda de un solo piso, y las vigas de amarre sobre los muros soportan la carga de la cubierta, carga que a su vez será transmitida hacia las columnetas y estas a la cimentación.

3.2. APLICACIÓN DEL SISTEMA A UN PROTOTIPO DE VIVIENDA.

✧ DISEÑOS ARQUITECTÓNICOS DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL DEL INVISBU.
Anexo 1.

✧ SISTEMA PROPUESTO.
Anexo 2.

4. ANALISIS DE COSTOS

Esta es la parte final del proyecto en donde se calculará el valor de los elementos propuestos y a su vez del sistema.

Para realizar este análisis de costos, en primera instancia se realiza un análisis de prestaciones sociales para el salario mínimo legal vigente para trabajadores de obra con remuneración, esto para saber el valor total del jornal de un trabajador de obra, seguidamente se realiza un análisis de precios unitarios (A.P.U) para cada uno de los elementos propuestos, este análisis se realiza por metro cuadrado (m²), metro lineal (ml) o unidad (Un) según corresponda. Para calcular los rendimientos se tuvo en cuenta procesos semejantes los cuales se pudieran relacionar con los procesos aquí trabajados. A continuación se realiza un presupuesto de obra para el sistema propuesto y para el sistema del INVISBU y así poder comparar su precio.

Los precios que aquí se trabajan son precios para la ciudad de Bucaramanga (Colombia).

El periodo de análisis para calcular el valor del jornal de un trabajador de obra se tomo de 12 meses ya que este periodo seria el más desfavorable debido a que se desconoce la duración total de la obra.

4.1. Costo Real y Análisis Prestacional.

Análisis de prestaciones sociales
Salario mínimo legal vigente año
Trabajadores de obra con remuneración

Costo Real y Análisis Prestacional

FACTOR REAL SALARIAL 2,29
TOTAL FACTOR PRESTACIONAL 1,80
FACTOR DE PRODUCTIVIDAD 1,28

DIA	1hora
\$ 34.817,03	\$ 4.352,13

periodo de analisis
12 meses

Salario basico **FACTOR** 1,12

	DIA	MES	12meses	%
Salario mínimo legal vigente	13600	408000	4896000	100%
Auxilio de transporte	1590	47700	572400	11,69%
SUBTOTAL	15190	455700	5468400	111,69%

Prestaciones Sociales **FACTOR** 0,26

	12meses	%
Cesantias	537300	10,97%
intereses de cesantias	64476	1,32%
vacaciones	204000	4,17%
prima semestral	455700	9,31%
SUBTOTAL	1261476	25,77%

Seguridad social **FACTOR** 0,26

	12meses	%
Pensiones ATP	550800	11,25%
Salud E.P.S	391680	8,00%
Riesgos Profesionales A.R.P	340762	6,96%
SUBTOTAL	1283241,6	26,21%

Aportes parafiscales **FACTOR** 0,12

	12meses	%
Aporte ordinario SENA	97920	2,00%
Fondo Industrial construccion	122400	2,50%
I.C.B.F	146880	3,00%
Caja de compensacion	195840	4,00%
SUBTOTAL	563040	11,50%

Dotaciones y Seguro **FACTOR** 0,04

	12meses	%
Botas y overol	150000	3,06%
Proteccion y seguridad	42595	0,87%
Seguro colectivo	24480	0,50%
SUBTOTAL	217075,2	4,43%

TOTAL FACTOR PRESTACIONAL 1,80

Tiempo de ejecucion	12meses
Días corrientes	365
Dominicales	52
Festivos	19
Permisos	4
Enfermedades sin permiso	4
PAGADOS	365
NO TRABAJADOS	79
TRABAJADOS	286

FACTOR DE PRODUCTIVIDAD	1,28
--------------------------------	-------------

4.2. Análisis de Precios Unitarios.
Anexo 3.

4.3. Presupuesto Casa Construida por el INVISBU (Instituto de Vivienda de Interés Social y Reforma Urbana del Municipio de Bucaramanga).

COD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR PARCIAL
CASA					
1	PRELIMINARES				
1,1	Localizacion y replanteo	Mt2	45,27	\$ 1.813	\$ 82.089,2
1,2	Excavacion desagues	Mt3	2,64	\$ 8.512	\$ 22.471,7
1,3	Relleno y compactacion desagues	Mt3	2,64	\$ 6.412	\$ 16.927,7
1,4	Retiro sobrantes en volqueta cargue manual	Mt3	3,43	\$ 8.974	\$ 30.780,8
2	CIMENTACIONES				
2,1	Cocreto ciclopeo 2500 psi	Mt3	1	\$ 148.658	\$ 148.658,0
2,2	Viga cimiento 0.3 X 0.3	Mt3	2,6	\$ 417.968	\$ 1.086.716,8
2,3	Acero de refuerzo 1/2"	Kg	118	\$ 2.650	\$ 312.700,0
2,4	Acero de refuerzo 1/4"	Kg	51	\$ 2.650	\$ 135.150,0
2,5	Nivelacion y compactacion de pisos	Mt2	40,67	\$ 1.176	\$ 47.827,9
3	ESTRUCTURA				
3,1	Columneta de confinamiento 0,15*0,15	MI	37,4	\$ 28.893	\$ 1.080.584,7
3,2	Viga cinta 0,15 * 10 incluye refuerzo	MI	3,53	\$ 14.347	\$ 50.645,4
3,3	Viga sobre muro de 0,20 * 0,10	MI	17	\$ 20.615	\$ 350.457,7
3,4	Alfagias ventanas	MI	3,86	\$ 13.655	\$ 52.708,5
3,5	Placa tanque elevado 0,75*0,75*0,07	Un	1	\$ 57.582	\$ 57.582,0
4	MAMPOSTERIA				
4,1	Mamposteria H-15	Mt2	70	\$ 23.475	\$ 1.643.236,6
4,2	Mamposteria H-10	Mt2	15	\$ 14.455	\$ 216.823,3
4,3	Dinteles en ladrillo H-10	MI	7,72	\$ 18.650	\$ 143.978,0
5	CUBIERTA				
5,1	Cubierta Termoacustic	Mt2	42,7	\$ 36.969	\$ 1.578.567,4
5,2	Caballote para teja	Un	6	\$ 11.000	\$ 66.000,0
5,3	Cerchas metalicas. Calibre 19. L=6 mts.	Un	8	\$ 30.000	\$ 240.000,0
5	ACABADOS				
5,1	Piso concreto allanado	Mt2	40,67	\$ 22.758	\$ 925.584,1
5,2	Pañete impermeabilizado baño	Mt2	9,74	\$ 11.130	\$ 108.402,9
5,3	Pañete impermeabilizado fachada	Mt2	8,8	\$ 11.318	\$ 99.594,7
5,4	Pañete sobre muros interior	Mt2	160,3	\$ 18.800	\$ 3.013.640,0
5,5	Estuco para muros interior.	Mt2	160,3	\$ 3.500	\$ 561.050,0
5,5	Graniplast para Fachadas	Mt2	8,8	\$ 6.174	\$ 54.331,2
6	INSTALACIONES HIDRAULICAS*				
6,1	Tuberia 1/2" PVC	MI	17,58	\$ 2.200	\$ 38.676,0
6,2	Tuberia 3/4" PVC	MI	9,15	\$ 3.000	\$ 27.450,0
6,3	Tuberia 1" PVC	MI	5,93	\$ 4.000	\$ 23.720,0
7	PISOS				
7,1	Baldosa de cemento y arena. 25cm.*25cm.	Mt2	40,67	\$ 12.000	\$ 488.040,0
Total costos directos 1 casa. A=45,27 mt2.					\$ 12.704.395

Subtotal	\$ 12.704.395
Administracion 5%	\$ 635.220
Imprevistos 3%	\$ 381.132
Utilidad 5%	\$ 635.220

*Para el sistema del INVISBU se asumen longitudes iguales al sistema propuesto.

Total Costo por Mt2 \$ 14.355.966 \$ 317.119

4.4. Presupuesto para Sistema Constructivo con Materiales Alternativos para Vivienda de Interés Social.

COD	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR PARCIAL
CASA					
1	PRELIMINARES				
1,1	Localizacion y replanteo	Mt2	48	\$ 1.813	\$ 87.040
1,2	Excavacion desagues	Mt3	2,64	\$ 8.512	\$ 22.472
1,3	Relleno y compactacion desagues	Mt3	2,64	\$ 6.412	\$ 16.928
1,4	Retiro sobrantes en volqueta cargue manual	Mt3	3,43	\$ 8.974	\$ 30.781
2	CIMENTACIONES				
2,1	Cocreto ciclopeo 2500 psi	Mt3	1	\$ 148.658	\$ 148.658
2,2	Viga cimiento 0.3 X 0.3	Mt3	2,7	\$ 417.968	\$ 1.128.514
2,3	Acero de refuerzo 1/2"	Kg	120	\$ 2.650	\$ 318.000
2,4	Acero de refuerzo 1/4"	Kg	52	\$ 2.650	\$ 137.800
2,5	Nivelacion y compactacion de pisos	Mt2	42,7	\$ 1.176	\$ 50.215
3	ESTRUCTURA				
3,1	Columnetas 0.12 * 0.12	MI	15	\$ 23.000	\$ 345.000
3,2	Viguetas 0.12 * 0.12	MI	29,28	\$ 15.000	\$ 439.200
3,3	Muro de Ferrocemento	m2	65,45	\$ 47.648	\$ 3.118.589
3,4	Panel en madera modificada	m2	56,95	\$ 11.806	\$ 672.351
3,5	Perfil en I	ml	38,25	\$ 7.853	\$ 300.365
3,6	Placa tanque elevado 0,75*0,75*0,07	Un	1	\$ 57.582	\$ 57.582
4	MAMPOSTERIA				
4,1	Bloque de suelo-cemento	UN	92	\$ 651	\$ 59.890
4,2	Muro divisorio de mortero reforzado con fibra de vidrio e=1,5 cm.	m2	29,5	\$ 22.642	\$ 667.951
4,3	Perfil para union de muros divisorios	ml	25,85	\$ 9.226	\$ 238.486
5	CUBIERTA				
5,1	Teja de mortero refoerzada con fibra de vidrio	Un	30	\$ 22.613	\$ 678.400
5,2	Caballete para teja de mortero reforzado con fibra de vidrio	Un	6	\$ 11.713	\$ 70.277
5,3	Vigas en laminado de Guadua 3.5 cm * 8.5 cm.	ml	34	\$ 16.552	\$ 562.753
6	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
6,1	Tuberia 1/2" PVC	MI	17,58	\$ 2.200	\$ 38.676
6,2	Tuberia 3/4" PVC	MI	9,15	\$ 3.000	\$ 27.450
6,3	Tuberia 1" PVC	MI	5,93	\$ 4.000	\$ 23.720
7	PISOS				
7,1	Baldosin en suelo cemento	m2	42,7	\$ 7.915	\$ 337.953
Total costos directos 1 casa. A=48 mt2.					\$ 9.579.050

Subtotal	\$ 9.579.050
Administracion 5%	\$ 478.952
Imprevistos 3%	\$ 287.371
Utilidad 5%	\$ 478.952
Total	\$ 10.824.326
Costo por Mt2	\$ 225.507

5. CONCLUSIONES

- ✧ El sistema propuesto es una alternativa a la cual las personas de escasos recursos pueden acceder más fácilmente, ya que a lo largo del proyecto se dieron pautas y se describió cada uno de los procesos para construir los elementos con la finalidad de que cada usuario pueda construir su vivienda.

- ✧ El periodo de análisis para calcular el valor del jornal de un trabajador de obra se tomo de 12 meses, ya que este periodo seria el más desfavorable debido a que se desconoce la duración total de la obra; este periodo puede ser menor cuando se construya en serie los elementos y así poder lograr un ahorro considerable en el valor del jornal y a su vez en el total de la vivienda.

- ✧ El sistema propuesto puede variar su conformación dependiendo de la disponibilidad de materiales que existan en la zona donde se vaya a construir la vivienda, es por ello que se realizo un análisis de costos para cada elemento propuesto.

- ✧ El dimensionamiento de algunos elementos se realizó de acuerdo a las probetas fabricadas por los autores que realizaron la caracterización de los materiales.

- ✧ La fabricación de elementos en Guadua en Bucaramanga se hace costosa debido a la poca comercialización del producto en esta región del país; los elementos construidos con este material es una alternativa en las zonas donde el cultivo y la comercialización de la Guadua sea mayor.

- ✧ Las vigas y columnetas aportan al sistema un confinamiento, que ayudara a la vivienda a soportar las cargas de servicio a las que estará expuesta.

- ✧ El costo de la estructura del sistema propuesto es mayor dado que involucra el cerramiento lateral de la vivienda en su totalidad, con el confinamiento que proporcionan las vigas y columnetas.

✧ El mayor ahorro del sistema se debe a que se prescindie de acabados internos y externos para muros.

✧ El sistema propuesto con materiales alternativos evaluados por el grupo INME representa un 29.9% menos por m² en el valor total de la vivienda en comparación con el sistema tradicional, esta reducción de costos se puede hacer aun mayor con la producción en serie de algunos elementos y automatización de los procesos.

6. RECOMENDACIONES.

- ✧ Se recomienda mirar los rendimientos reales de cada proceso, debido a que los rendimientos utilizados fueron de procesos semejantes.

- ✧ Se debe modelar el sistema constructivo propuesto con la ayuda de un programa computacional como ANSYS, para de esta forma evaluar los elementos elaborados con diferentes materiales y observar cual es su comportamiento al incorporarlos en el sistema.

- ✧ Por medio de la modelación es aconsejable optimizar las dimensiones de los elementos, dependiendo de la zona donde se vaya a construir la vivienda, para así no tener elementos sobre diseñados.

- ✧ A los materiales que no se tuvieron en cuenta para incorporarlos en el sistema se recomienda realizarles un estudio adicional para optimizar sus propiedades.

- ✧ Construir los elementos propuestos y ensayarlos ante las diferentes solicitaciones.

- ✧ Es aconsejable conformar la vivienda con el sistema propuesto y observar su comportamiento ante las solicitaciones de servicio.

- ✧ Proponer el sistema constructivo con materiales alternativos a las entidades encargadas de dar solución a la vivienda de interés social en Colombia.

- ✧ El material de la viga utilizado para soportar la cubierta aumenta los costos en comparación con el utilizado en el sistema tradicional, es recomendable buscar otro tipo de material para dar solución a este elemento.

- ✧ Se debe estudiar un tipo de unión que garantice la transmisión de esfuerzos de los muros a la cimentación.

BIBLIOGRAFIA

- ✧ BUENO CARREÑO, Sergio Antonio y RODRIGUEZ GALAN, Luis Eduardo. Propuesta de elemento constructivo base laminado de guadua. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2005.

- ✧ BUENO CHACON, Erika Zamara y PINILLA MORENO, Jerson Marco. Utilización de residuos de caucho en morteros y su aplicación en la construcción. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2003.

- ✧ CHAPARRO GARCIA, Sonia Lucia y RAMIREZ DELGADO, Victor Manuel. Fabricación de concreto liviano con arcillas expansivas para la utilización en prefabricados. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1992.

- ✧ COMBARIZA ROA, Edgar Alfonso y MARTINEZ MOLINA, Julio Alfonso. Uso de la malla de fique como refuerzo externo de elementos de concreto sometidos a compresión. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1999.

- ✧ DELGADO PINZON, Ricardo Eliécer y FERNANDEZ QUINTANA, Luis Enrique. Posible utilización de la fibra de la hoja de piña como agregado en concretos y morteros. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1993.

- ✧ DÍAZ OLARTE, Edgar y VICHADA SALAZAR, Gustavo Adolfo. Adecuación de la fibra de vidrio tipo "E" como refuerzo del mortero para su utilización en la fabricación de elementos delgados. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1996.

- ✧ ESPITIA PINTO, Alexander y VERGEL CORREDOR, Alesxandro. Utilización en construcción de residuos de madera modificada. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2004.

- ✧ FUENTES QUINTERO, Efraín y VERA CACHOPO, Viviana Andrea. Reforzamiento de columnas con sistema compuesto orgánico (S.C.O).Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga.2005.

- ✧ GONZALEZ GELVEZ, Ada Lida y MURCIA MANCERA, Ximena Liliana. Uso del ferrocemento como material alternativo en la construcción de muros y escaleras en viviendas. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2000.

- ✧ HERNANDEZ MARTINEZ, Jackson y SANTOS MANTILLA, Antonio Vicente. Estudio sobre el comportamiento de paneles en guadua para la conformación de vivienda. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2004.

- ✧ JEREZ JAIMES, Oscar Heli y LEZAMA SERRANO, Ricardo Antonio. Modelo de vivienda bifamiliar de dos pisos en material de suelo cemento y por el sistema de autoconstrucción. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1993.

- ✧ MORENO OSOSRIO, Jenny Emilia y VEGA ARGUELLO, Alexis. Propuesta de utilización del ferrocemento en la construcción de tanques de almacenamiento de agua. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1998.

- ✧ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 2060 de 2004. Santafé de Bogota D.C. 24 de Junio de 2004.

- ✧ PADILLA VARGAS, Heli Fernando y RAMIREZ SOLANO, Jorge Arturo. Utilización de la fibra de fique como agregado en la fabricación de productos aglomerados. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1999.

- ✧ PIMIENTO ARDILA, Johanna Lucía y SANTOS SANCHEZ, Olga Patricia. Factibilidad del suelo estabilizado con emulsión asfáltica en la fabricación de un elemento de mampostería (Bloque prensado y adobe). Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1997.

- ✧ PINZON, Luis Alberto y HERNANDEZ BONILLA, Pedro Luis. Aplicación del sistema de grandes paneles prefabricados en zona de riesgo sísmico alto. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 1993.

✧ PRIETO ALZATE, Raúl. Optimización de unión en guadua ante sollicitación de fuerza sísmica. Universidad Industrial de Santander. Tesis. Bucaramanga. 2004.

ANEXOS

ANEXO 3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS. A.P.U.

	ACTIVIDAD	<i>Panel de mortero y fibra de vidrio</i>				UN	m2
	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UN</i>	<i>CANT</i>	<i>% DES</i>	<i>VALOR UNITARIO</i>	<i>VALOR PARCIAL</i>	
MATERIALES	Cemento	kg	15,7	5%	\$ 240	\$ 3.956,40	
	Arena	m3	0,00628	5%	\$ 33.700	\$ 222,22	
	Agua	Lit	7,07	5%	\$ 10	\$ 74,24	
	Fibra de vidrio	Kg	0,3847	5%	\$ 6.500	\$ 2.625,58	
	Estireno	Kg	0,1	5%	\$ 6.000	\$ 630,00	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 7.508,43
	HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND			
Mezcladora Mecanica		Hr	0,35		\$ 13.000	\$ 4.550,00	
Heramienta menor		Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00	
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 4.950,00	
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. H-Cdlla		
	Mano de obra. Cdlla (0 *2)	HC	1,17	2	\$ 8.704	\$ 10.184	
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 10.183,98	
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 22.642,41	

ACTIVIDAD →		<i>Teja de mortero y fibra de vidrio. 1,0m*1,6m*0,007m</i>					UN ⇨	Un
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	kg	7,5	5%	\$ 240	\$ 1.890,00		
	Arena	m3	0,003	5%	\$ 33.700	\$ 106,16		
	Agua	Lit	3,5	5%	\$ 10	\$ 36,75		
	Fibra de vidrio	Kg	0,185	5%	\$ 6.500	\$ 1.262,63		
	Estireno	Kg	0,07	5%	\$ 6.000	\$ 441,00		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 3.736,53	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Mezcladora Mecanica	Hr	0,35		\$ 13.000	\$ 4.550,00		
	Heramiento menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 4.950,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. H-Cdlla			
	Mano de obra. Cdlla (0 *2)	HC	1,60	2	\$ 8.704	\$ 13.927		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 13.926,81		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD						\$ 22.613,34	

ACTIVIDAD →		<i>Caballete para Teja de mortero+ fibra de vidrio. 1,0m*0,5m*0,007m</i>					UN ⇨	Un
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	kg	3	5%	\$ 240	\$ 756,00		
	Arena	m3	0,0012	5%	\$ 33.700	\$ 42,46		
	Agua	Lit	1,5	5%	\$ 10	\$ 15,75		
	Fibra de vidrio	Kg	0,08	5%	\$ 6.500	\$ 546,00		
	Estireno	Kg	0,03	5%	\$ 6.000	\$ 180,00		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 1.540,21	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Mezcladora Mecanica	Hr	0,35		\$ 13.000	\$ 4.550,00		
	Heramiento menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 4.950,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. H-Cdlla			
	Mano de obra. Cdlla (0 *2)	HC	0,60	2	\$ 8.704	\$ 5.223		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 5.222,56		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD						\$ 11.712,77	

ACTIVIDAD \Rightarrow		Panel de suelo cement.1,0m*1,0m*.05m				UN \Rightarrow	m2	
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	Kg	17	5%	\$ 240	\$ 4.284,00		
	Agregados Fino. Suelo	Kg	14	5%	\$ 22	\$ 323,40		
	Agua	Lit.	6,5	5%	\$ 10	\$ 68,25		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 4.675,65	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Heramiento menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,50	1	\$ 4.352	\$ 2.176		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 2.176,06		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD						\$ 7.251,71	

ACTIVIDAD \Rightarrow		Bloques de suelo cemento				UN \Rightarrow	Un	
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	Kg	2	5%	\$ 240	\$ 504,00		
	Agregados Fino. Suelo	Kg	1,5	5%	\$ 22	\$ 34,65		
	Agua	Lit.	1	5%	\$ 10	\$ 10,50		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 549,15	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Maquina vibradora	Hr	8,33E-03		\$ 7.000	\$ 58,31		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 58,31		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,01	1	\$ 4.352	\$ 44		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 43,52		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD						\$ 650,98	

ACTIVIDAD →		Baldosa de suelo cemento25cm*25cm*2cm					UN ⇨	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	Kg	6,8	5%	\$ 240	\$ 1.713,60		
	Agregados Fino. Suelo	Kg	5,5	5%	\$ 22	\$ 127,05		
	Agua	Lit.	2,5	5%	\$ 10	\$ 26,25		
	Mineral	Kg	0,1	5%	\$ 11.000	\$ 1.155,00		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 3.021,90	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Prensa para baldosa	Hr	0,35		\$ 10.000	\$ 3.500,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 3.500,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,32	1	\$ 4.352	\$ 1.393		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 1.392,68		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 7.914,58		

ACTIVIDAD →		Panel en ferrocemento					UN ⇨	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	kg	9	5%	\$ 240	\$ 2.268,00		
	Arena fina	m3	0,014	5%	\$ 33.700	\$ 495,39		
	Agua	Lit	6	5%	\$ 10	\$ 63,00		
	Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	m2	1	5%	\$ 3.050	\$ 3.202,50		
	Malla electrosoldada Sf=0,15m	m2	1	5%	\$ 5.300	\$ 5.565,00		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 11.593,89	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Mezcladora mecánica	Hr	0,35		\$ 13.000	\$ 4.550,00		
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 4.950,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,50	1	\$ 4.352	\$ 2.176		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 2.176,06		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 18.719,95		

ACTIVIDAD →		Casotón en ferrocemento				UN →	m2	
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Cemento	kg	15	5%	\$ 240	\$ 3.780,00		
	Arena fina	m3	0,024	5%	\$ 33.700	\$ 849,24		
	Agua	Lit	10	5%	\$ 10	\$ 105,00		
	Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	ml	1,5	5%	\$ 3.050	\$ 4.803,75		
	Malla electrosoldada Sf=0,15m D=3mm.	ml	1,5	5%	\$ 5.300	\$ 8.347,50		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 17.885,49	
	HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND				
Mezcladora mecánica		Hr	0,35		\$ 13.000	\$ 4.550,00		
Herramienta menor		Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 4.950,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,70	2	\$ 8.704	\$ 6.093		
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 6.092,98	
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 28.928,47		

ACTIVIDAD →		Panel en madera modificada				UN →	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
MATERIALES	Residuos de madera Ret. Tamiz No. 40	kg	28	5%	\$ 30	\$ 882,00	
	Polímero sintético (216.F.E.L).	Gn	2,11	5%	\$ 2.000	\$ 4.431,00	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 5.313,00
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND				
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00	
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00	
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla		
	Mano de obra	HC	0,70	2	\$ 8.704	\$ 6.093	
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 6.092,98	
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 11.805,98	

ACTIVIDAD →		Aligeramiento para placa de entrepiso en madera modificada				UN ⇐	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
MATERIALES	Residuos de madera Ret. Tamiz No. 40	kg	12	5%	\$ 30	\$ 378,00	
	Polímero sintético (216.F.E.L).	Gn	0,92	5%	\$ 2.000	\$ 1.932,00	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 2.310,00
	HERRAMIENTA Y EQUIPO						
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND				
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00	
	SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla		
	Mano de obra	HC	0,60	2	\$ 8.704	\$ 5.223	
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 5.222,56
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 7.932,56	

ACTIVIDAD →		Panel Puerta en guadua				UN ⇐	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
MATERIALES	Guadua	ml	6,4	5%	\$ 11.000	\$ 73.920	
	Pernos D=5/8"	UN	10	5%	\$ 1.392	\$ 14.616	
	Clavos de acero 1/8**1"	Lb	0,4	5%	\$ 2.050	\$ 861	
	Lámina de calibre 22	ml	1,2	5%	\$ 18.900	\$ 23.814	
	varilla roscada D=1/2"	UN	10	5%	\$ 1.160	\$ 12.180	
	Bórax	Kg	1	5%	\$ 2.784	\$ 2.923	
	Acido bórico	Kg	1	5%	\$ 2.877	\$ 3.021	
	Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	m2	0,5	5%	\$ 3.050	\$ 1.601	
	Mezcla de suelo cemento	m3	0,0075	5%	\$ 4.676	\$ 37	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 132.972,91
	HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND			
Herramienta menor		Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00	
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00	
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla		
	Mano de obra	HC	1,50	2	\$ 8.704	\$ 13.056	
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 13.056,39
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 146.429,30	

ACTIVIDAD →		Panel muro en guadua			UN ⇨	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
MATERIALES	Guadua	ml	7,8	5%	\$ 11.000	\$ 90.090,00
	Pernos D=5/8"	UN	14	5%	\$ 1.392	\$ 20.462,40
	Clavos de acero 1/8**1"	Lb	0,4	5%	\$ 2.050	\$ 861,00
	Lámina de calibre 22	ml	1,2	5%	\$ 18.900	\$ 23.814,00
	varilla roscada D=1/2"	UN	14	5%	\$ 1.160	\$ 17.052,00
	Bórax	Kg	1	0,05	2784	\$ 2.923,20
	Acido bórico	Kg	1	0,05	2876,8	\$ 3.020,64
	Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	m2	1	5%	\$ 3.050	\$ 3.202,50
	Mezcla de suelo cemento	m3	0,015	5%	\$ 4.676	\$ 73,64
	SUBTOTAL MATERIALES					
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND			
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla	
	Mano de obra	HC	1,50	2	\$ 8.704	\$ 13.056
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 13.056,39
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 174.955,77

ACTIVIDAD →		Panel Ventana en guadua			UN ⇨	m2
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
MATERIALES	Guadua	ml	7	5%	\$ 11.000	\$ 80.850,00
	Pernos D=5/8"	UN	12	5%	\$ 1.392	\$ 17.539,20
	Clavos de acero 1/8**1"	Lb	0,4	5%	\$ 2.050	\$ 861,00
	Lámina de calibre 22	ml	1,2	5%	\$ 18.900	\$ 23.814,00
	varilla roscada D=1/2"	UN	12	5%	\$ 1.160	\$ 14.616,00
	Bórax	Kg	1	0,05	2784	\$ 2.923,20
	Acido bórico	Kg	1	0,05	2877	\$ 3.020,64
	Malla hexagonal L2=1/2" Cb=22	m2	0,75	5%	\$ 3.050	\$ 2.401,88
	Mezcla de suelo cemento	m3	0,011	5%	\$ 4.676	\$ 54,00
	SUBTOTAL MATERIALES					
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND			
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 400,00	\$ 400,00
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla	
	Mano de obra	HC	1,50	2	\$ 8.704	\$ 13.056
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 13.056,39
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 159.536,31

ACTIVIDAD →		Vigas en guadua 8,5 cm. * 3,5 cm				UN ⇨	ML
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
MATERIALES	Guadua	MI	1	5%	\$ 11.000	\$ 11.550,00	
	Cola de carpintero	Gn	0,1	5%	\$ 17.100	\$ 1.796	
	Peroxido de hidrogeno al 2%	Lit	0,2	5%	\$ 3.000	\$ 630,00	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 13.975,50
	REND						
HERRAMIENTA Y EQUIPO	Herramienta menor	GI	1		\$ 400,00	\$ 400,00	
	SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 400,00
MANO DE OBRA	REND						
	Mano de obra	HC	0,50	#Hom. 1	Vir. Cdlla \$ 4.352	\$ 2.176	
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 2.176,06
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 16.551,56	

ACTIVIDAD →		Perfiles (RCFV) en l Relacion 40/60				UN ⇨	ML
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	
MATERIALES	Resina poliéster	gr	15	5%	\$ 8	\$ 130,73	
	MEK peroxido	gr	0,15	5%	\$ 14	\$ 2,13	
	Ceniza	gr	22,5	5%	\$ 1	\$ 23,63	
	Fibra de vidrio	Kg	0,8	5%	\$ 6.500	\$ 5.460,00	
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 5.616,48
HERRAMIENTA Y EQUIPO	REND						
	Herramienta menor	GI	1		\$ 800,00	\$ 800,00	
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 800,00	
MANO DE OBRA	REND						
	Mano de obra	HC	0,33	#Hom. 1	Vir. Cdlla \$ 4.352	\$ 1.436	
	SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 1.436,20
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD					\$ 7.852,68	

ACTIVIDAD →		Perfiles (RCFV) para muros divisorios Relacion 40/60				UN ⇔	ML	
	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	% DES	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL		
MATERIALES	Resina poliéster	gr	9	5%	\$ 8	\$ 78,44		
	MEK peroxido	gr	0,09	5%	\$ 14	\$ 1,28		
	Ceniza	gr	13	5%	\$ 1	\$ 13,65		
	Fibra de vidrio	Kg	0,8	5%	\$ 6.500	\$ 5.460,00		
	SUBTOTAL MATERIALES						\$ 5.553,36	
HERRAMIENTA Y EQUIPO			REND					
	Herramienta menor	Gl	1		\$ 800,00	\$ 800,00		
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						\$ 800,00		
MANO DE OBRA			REND	#Hom.	Vir. Cdlla			
	Mano de obra	HC	0,33	2	\$ 8.704	\$ 2.872		
SUBTOTAL MANO DE OBRA						\$ 2.872,41		
TOTAL	TOTAL ACTIVIDAD						\$ 9.225,77	

ANEXO 4. DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS

Agua Fría

Tramo: 1 - 3

Longitud: 2.00 mts

Para el cálculo del caudal se tuvo en cuenta una aproximación en las unidades de gasto

$$U_G = 12 \rightarrow 0.7 * U_G = 8.4 \Rightarrow Q = 0.43 lps$$

El diámetro para este tramo vendrá dado por:

$$\phi_{calc} = \sqrt{\frac{4 * Q(lps)}{\pi * V(m/s) * 1000}} = \sqrt{\frac{4 * 0.43}{\pi * 2 * 1000}} = 0.0165m = 0.65 pulg \Rightarrow \phi = 0.75''$$

Verificando la velocidad

$$V = \frac{4 * Q(lps)}{\pi * 1000 * (\phi * 0.0254)^2} = \frac{4 * 0.43}{\pi * 1000 * (1 * 0.0254)^2} = 1.51 m/s$$

Las pérdidas unitarias en este tramo serán:

$$h_f = \frac{10.67}{(D(m)^{4.87})} * \left(\frac{Q(m/s)}{C}\right)^{1.5} = \frac{10.67}{(0.75 * 0.0254)^{4.87}} * \left(\frac{0.43}{120 * 1000}\right)^{1.85} = 0.21$$

Las pérdidas totales del tramo son:

$$H_f = \alpha_{(accesorios)} * h_f * L = 1.5 * 0.21 * 2.0 = 0.64m$$

Tramo	U.G	0,7 U.G	Q(Lps)	D(pul)	V(m/s)	L(mts)	hf (mts)	Hf (mts)	Cota piezometrica		Presion
									Inicial	Final	
B1 1	15	10,5	0,512	1,00	1,01	0,70	0,07	0,08	0	0	4,90
1 2	3	2,1	0,186	0,50	1,47	0,30	0,33	0,15	0	1	3,75
1 3	12	8,4	0,430	0,75	1,51	2,00	0,21	0,64	0	0	4,26
3 4	3	2,1	0,186	0,50	1,47	0,30	0,33	0,15	0	1	3,11
3 5	9	6,3	0,349	0,75	1,22	1,15	0,15	0,25	0	0	4,01
5 6	3	2,1	0,186	0,50	1,47	0,80	0,33	0,39	0	1	2,61
5 7	6	4,2	0,267	0,75	0,94	1,60	0,09	0,21	0	0	3,79
7 8	2	1,4	0,159	0,50	1,25	0,80	0,24	0,29	0	2	1,50
7 9	4	2,8	0,213	0,75	0,75	0,50	0,06	0,04	0	0	3,75
9 10	3	2,1	0,186	0,50	1,47	0,80	0,33	0,39	0	0,5	2,86
9 11	1	0,7	0,131	0,75	0,46	3,90	0,02	0,14	0	1	2,61

Perdidas en la bajante

Tramo	U.G	0,7 U.G	Q(Lps)	D(pul)	V(m/s)	L(mts)	hf (mts)	Hf (mts)	Cota piezometrica		Presion
									Inicial	Final	
T B1	15	10,5	0,5116	1	1,01	2,35	0,07	0,26	5,23	0	4,98
B1 1	15	10,5	0,5116	1	1,01	0,70	0,07	0,08	0	0	4,90

ΣH_f Ruta critica (mts) = 1,48
 Altura del tanque (mts) = 5,23 Desde la cota 0

Para el cálculo de la montante se tuvo en cuenta que la vivienda estará habitada por cinco personas.

Montante

$$Q_{md} = 200 \frac{\text{lit}}{\text{hab} - \text{día}} * 5 \text{hab} = 1000 \text{lit/día}$$

$$Q_{md} = 0.0115 \text{lit/seg}$$

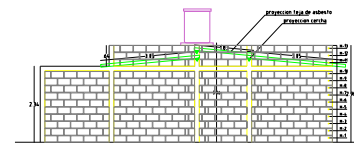
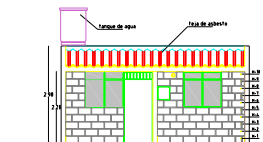
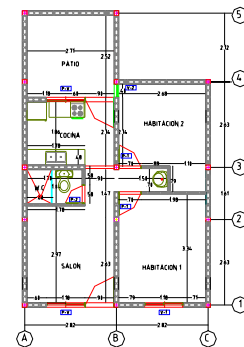
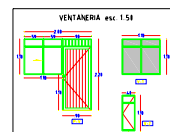
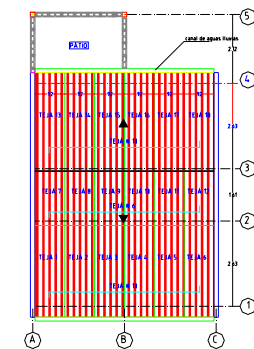
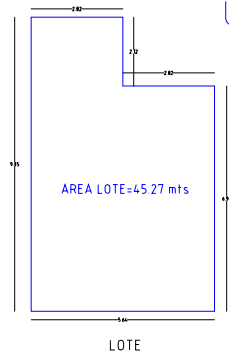
$$Q_{md_{\text{mon tan te}}} = Q_{md} * \frac{24 \text{horas}}{t_{\text{llenado}}(\text{horas})} \Rightarrow t_{\text{llenado}} = 4 \text{horas}$$

$$Q_{md_{\text{mon tan te}}} = 0.0115 * \frac{24}{4} = 0.069 \text{lit/seg}$$

$$\phi = \frac{1}{2}''$$

$$V = 0.54 \text{m/seg}$$

UNIDAD BASICA DE VIVIENDA



CONTIENE
PROPUESTA ARQUITECTONICA
UNIDAD DE VIVIENDA

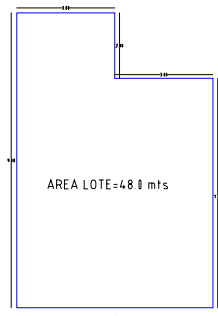
DISEÑO ARQUITECTONICO
Arq. JOSE FERNANDO GOMEZ H.
Mat. # 6670039870 de Santander

DIGITALIZO: ORDO. Muñoz MORALES
ESCALA 1 : 50

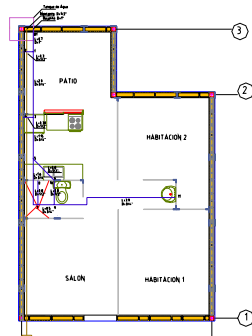
OBSERVACIONES:

PLANO No. DE
1 2

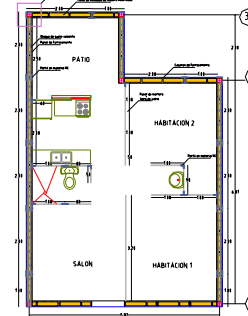
ANEXO 1



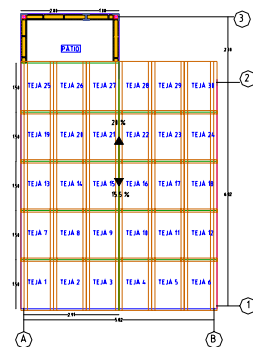
LOTE



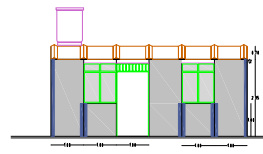
INSTALACION HIDRAULICA



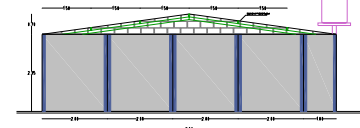
PLANTA PRIMER PISO



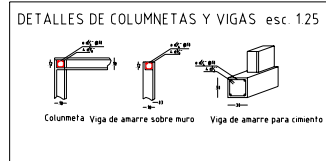
PLANTA DE CUBIERTAS



FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL



Instituto
INGENIERIA

Grupo
INME

CONTIENE

PROPUESTA PARA SISTEMA
CONSTRUCTIVO CON
MATERIALES ALTERNATIVOS
PARA VIVIENDA DE INTERES
SOCIAL

FERNANDO DIAZ GARZON
AUTORES
DANA L. MURILLO MESA

ESCALA 1 : 1 : 50

DIRECTOR DE PROYECTO

RICARDO ALFREDO CRUZ H.
DI: EN Ciencias Técnicas

OBSERVACIONES:

PLANO No. DE
2 2

ANEXO 2